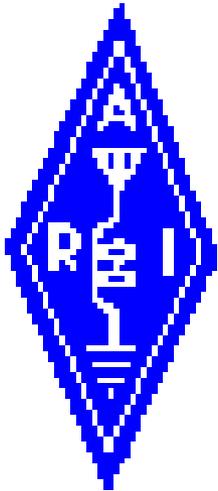


LA RADIOCOMUNICAZIONE IN EMERGENZA: SCENARI E OPPORTUNITÀ

Parma, Cinema Astra , 25 novembre 2017



Carlo Vignali, I4VIL
A.R.I. Sezione di Parma

**LA RADIOCOMUNICAZIONE
IN GALLERIA**

L'Italia ha recepito le direttive della Commissione Europea integrandole nella legge 264 dell' 8 ottobre 2006

<http://www.parlamento.it/parlam/leggi/deleghe/06264dl.htm>

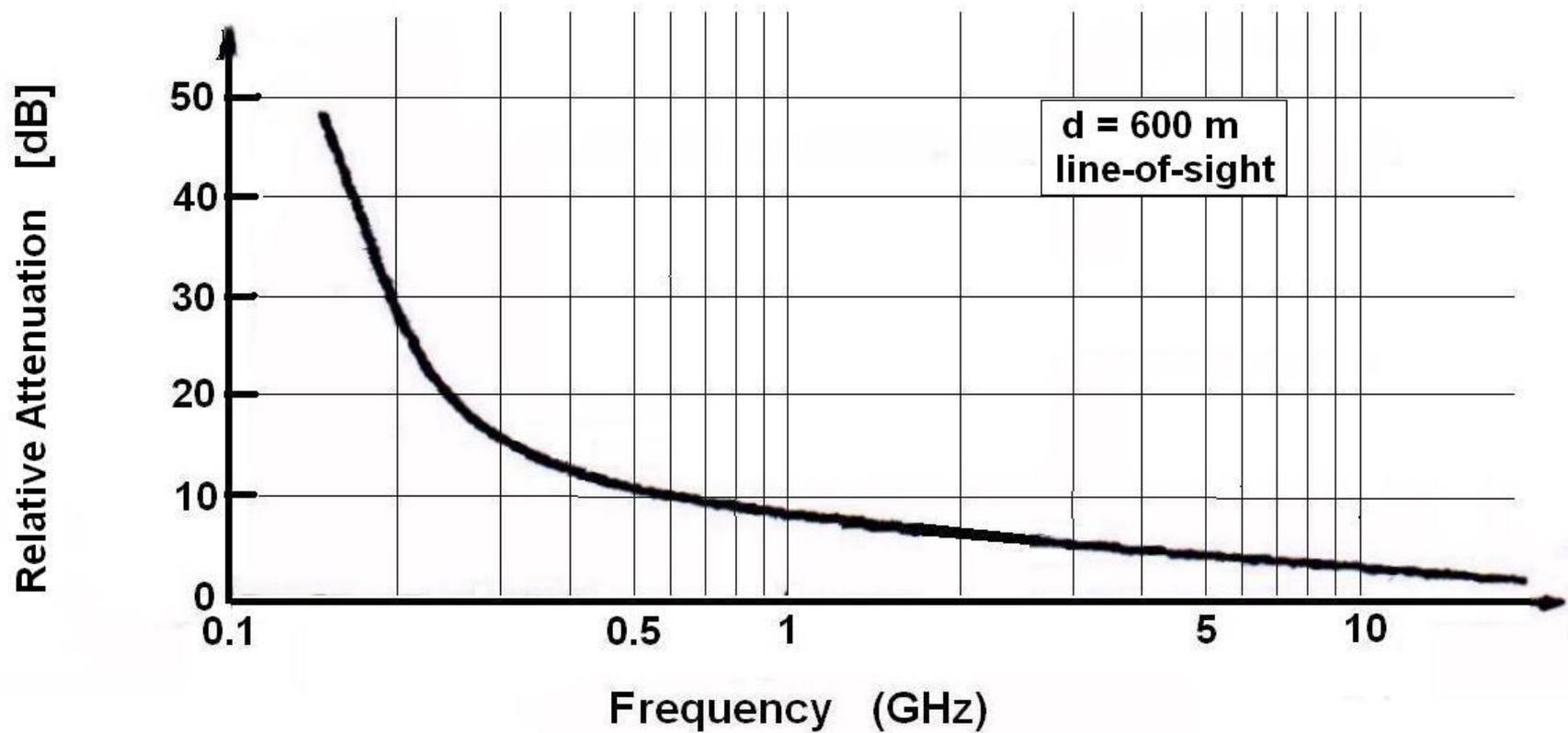
La legge prevede, tra l'altro, che per tutte le gallerie di lunghezza maggiore di 1000 m devono essere installati impianti per ritrasmissioni radio ad uso dei servizi di pronto intervento.

La propagazione delle onde radio in galleria è influenzata da parecchi fattori, come la forma e le dimensioni trasversali della galleria, la frequenza di lavoro, la polarizzazione dell'onda e i parametri elettrici della superficie interna della galleria (ε e σ).

E' stato osservato un apprezzabile effetto di focalizzazione delle onde in gallerie ad arco rispetto a gallerie a sezione rettangolare [*]. Inoltre, nelle gallerie con volta ad arco, è meno pronunciato l'effetto di interferenza prodotto dai multipli percorsi e riflessioni delle onde radio.

[*]

Shin-Hon Chen, Shyh-Kang Jeng - Dept of Electr. Eng. Nat., Taiwan Univ., Taipei
SBR image approach for radio wave propagation in tunnels with and without traffic
IEEE Transactions on Vehicular Technology (Volume: 45, Issue 3, Aug 1996)

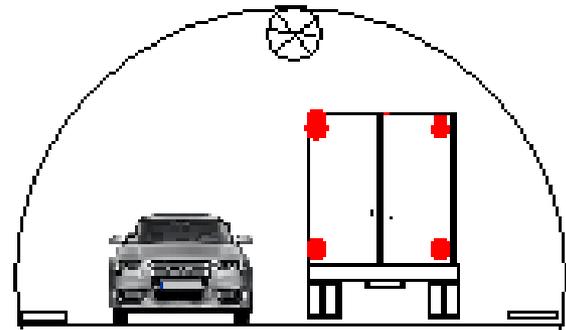


Attenuation in a tunnel. (Source: W.C.Jakes, Microwave Mobile Communications, John Wiley & Sons, New York, 1974)

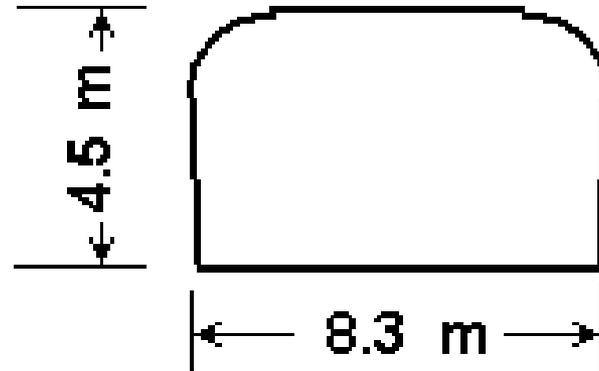
La figura precedente mostra un evidente frequenza di taglio nella risposta in frequenza. Frequenze basse che hanno lunghezza d'onda più larga del diametro dell'apertura, non si propagano all'interno della galleria, se non con forte attenuazione.

La presenza di ostacoli (autoveicoli e automezzi ingombranti) riducono la “luce” disponibile per il passaggio delle onde radio.

Questo fa traslare la curva di risposta verso destra con aumento della frequenza di taglio inferiore.

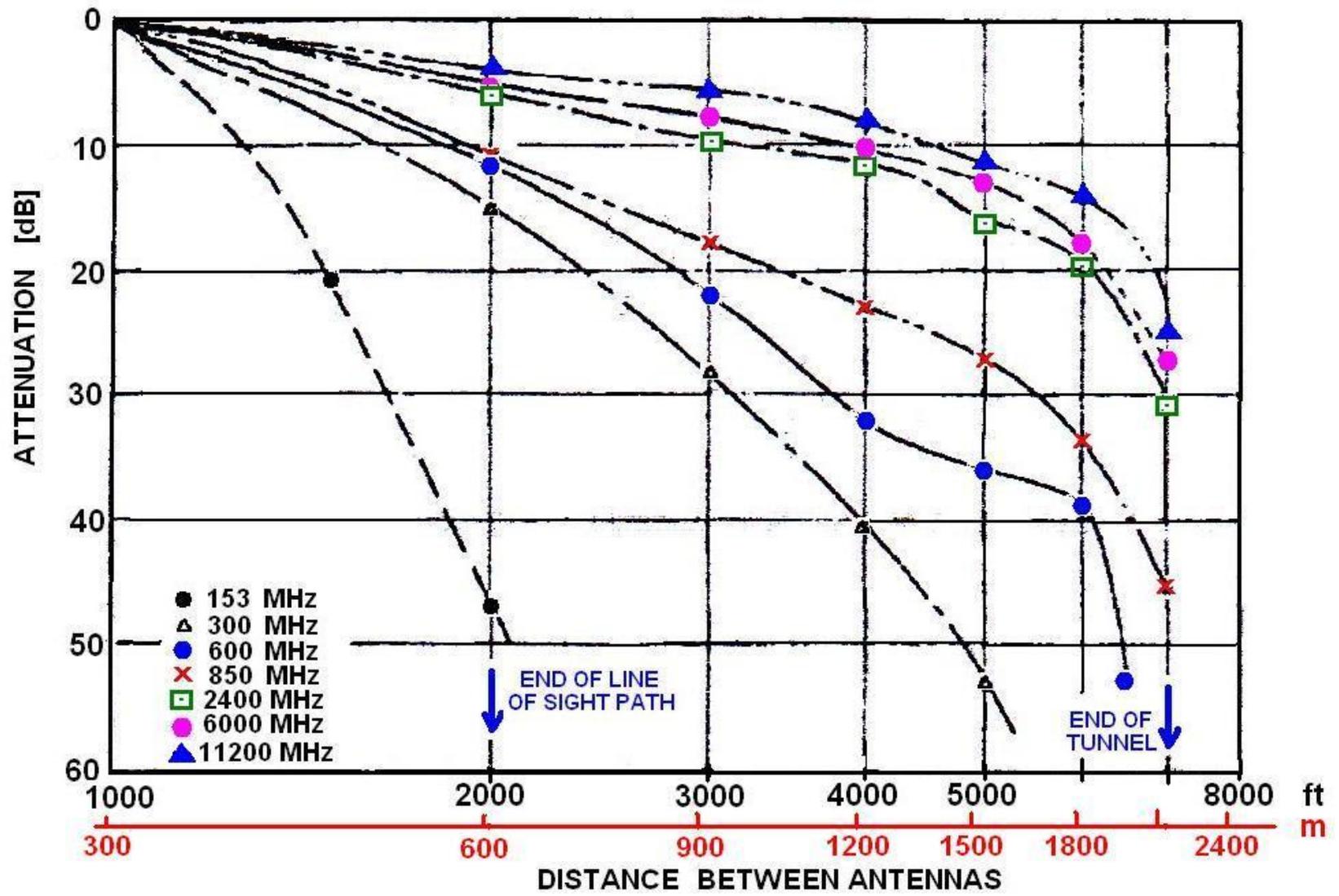


LINCOLN TUNNEL - New York - 1974



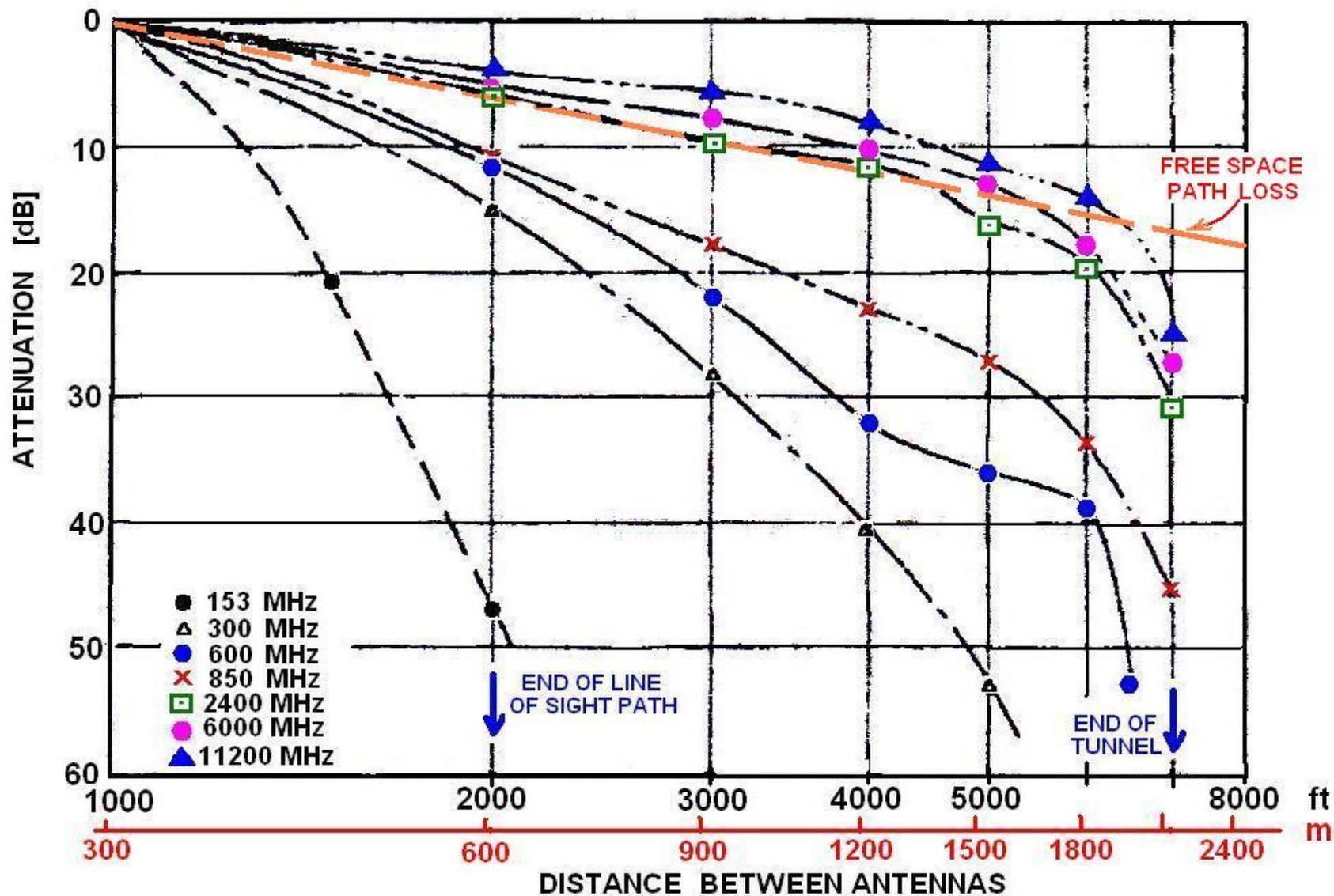
Misure effettuate all'interno del Lincoln Tunnel , tra midtown Manhattan (NY) ed il New Jersey, al di sotto del fiume Hudson.

Sono state impiegate diverse frequenze e riportate le attenuazioni relative. Per i primi 2000 ft (610 m) le antenne TX e RX sono in portata ottica; oltre, una leggera elevazione le sottrae alla vista.



Signal loss versus antenna separation

(Source: William C. Jakes, *Microwave Mobile Communication*, John Wiley & Sons, New York, 1974)



Signal loss versus antenna separation

(Source: William C. Jakes, *Microwave Mobile Communication*, John Wiley & Sons, New York, 1974)

Misure più recenti condotte in tunnel di servizio con diametro di 8 metri riportano come “usable communications distance”:

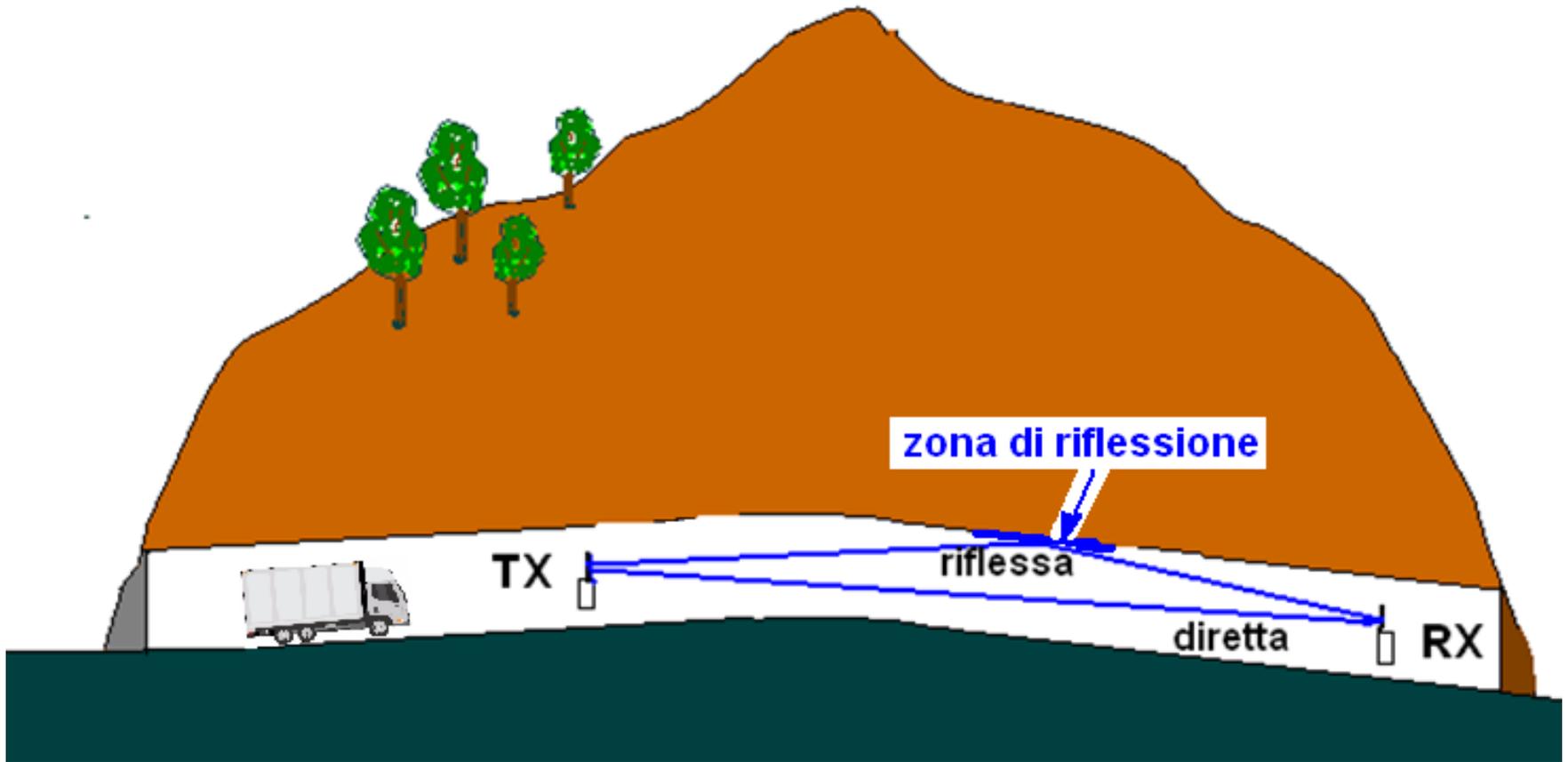
- 160 MHz, 5 W → max. 300 m
- 400 MHz, 2 W → max 700 m con ripetitori ogni 700 m
- 900 MHz, 3 W → max. 1500 m con ripetitori ogni 1500 m
- 6 GHz, 3 W → “reliable communication for the entire 13 mile length of the tunnel”

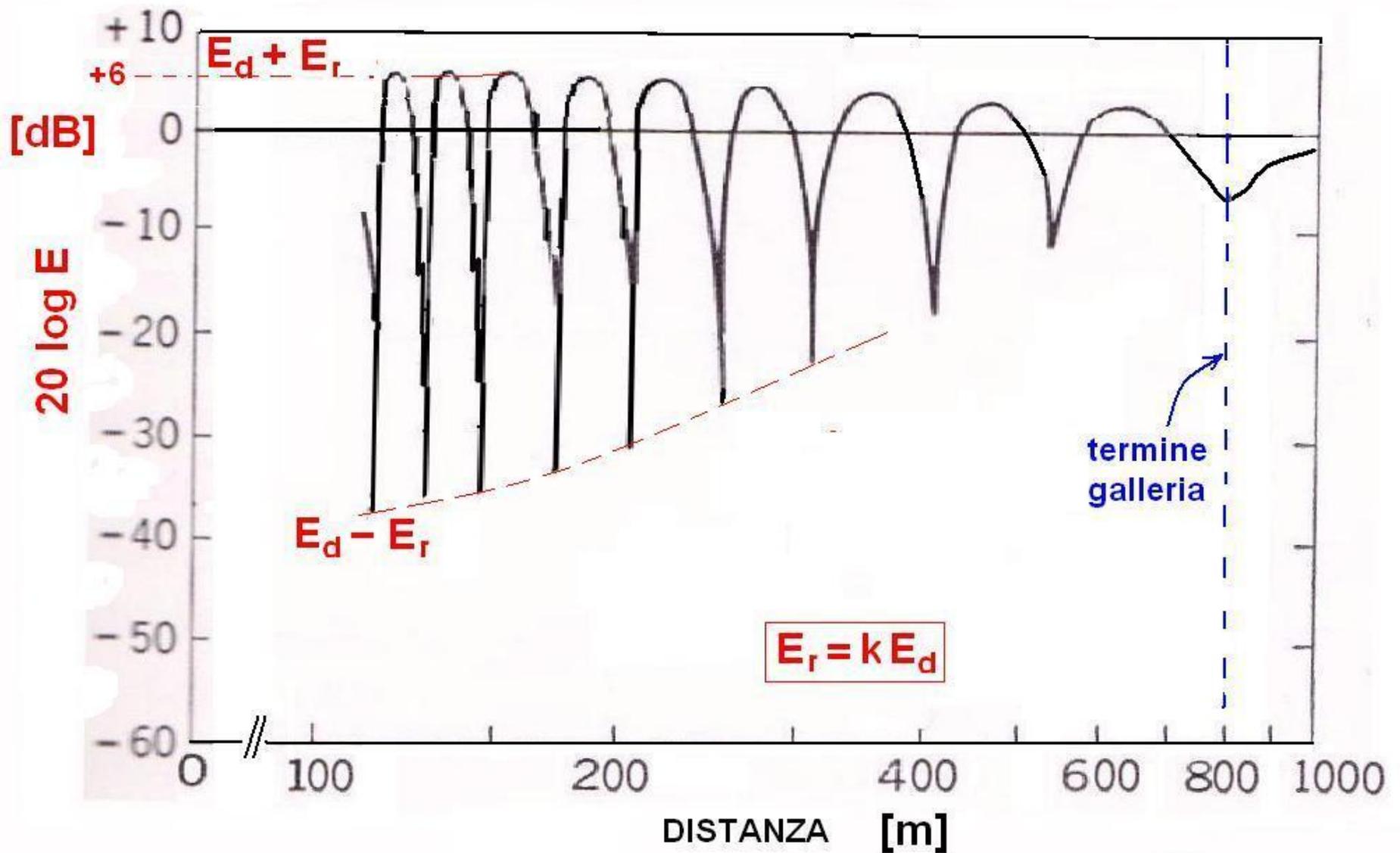
J.DeHaan, M.L.Jacobs - *Tunnel Communications Test Results* -
US Department of Interior, Bureau of Reclamation (1998).

La letteratura suggerisce che le migliori frequenze per uso radio portatile nelle gallerie sono comprese nella regione dei 3 -10 GHz. Ma il problema sta nel fatto che non ci sono apparati commerciali, compatti, omologati, ecc... disponibili sul mercato a queste frequenze.

Per le prove occorre spesso ricorrere ad apparati radio amatoriali, di costo contenuto, ma non sufficientemente “pratici” e di dimensioni eccessive per l’uso hand-held.

Modello semplificato di interferenza tra due onde radio





Esempio semplificato di interferenza tra due onde radio con differenti percorsi.
 Variazione del campo elettrico risultante.

RICEZIONE IN DIVERSITA' (DIVERSITY)

Diversità spaziale –

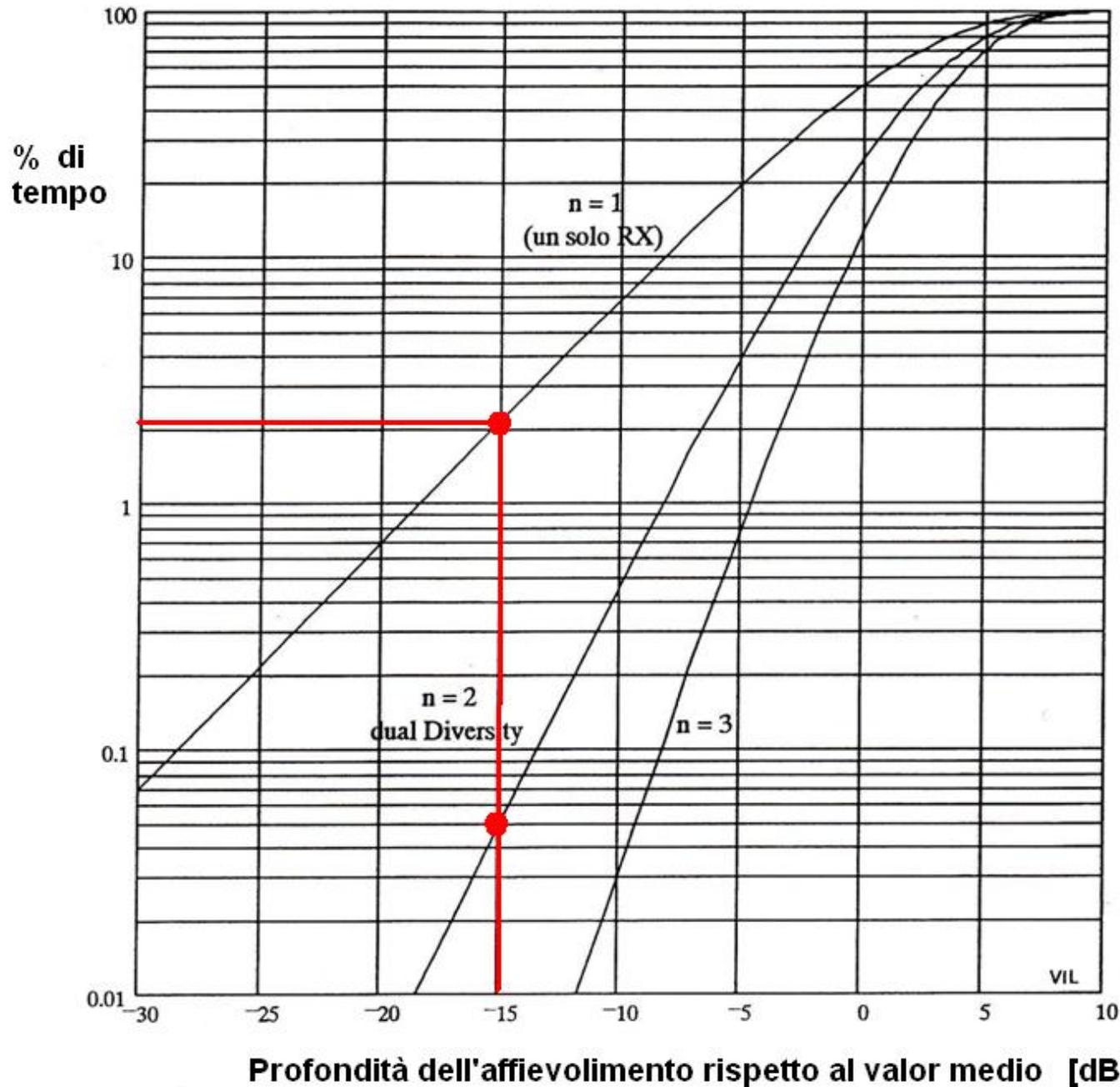
il segnale viene ricevuto attraverso due (o più) antenne separate nello spazio (almeno decine di lunghezze d'onda) con due ricevitori.

Diversità di frequenza - Occorre trasmettere l'informazione contemporaneamente su due frequenze. E', quindi, molto meno probabile che il fading si presenti contemporaneamente sulle due frequenze.

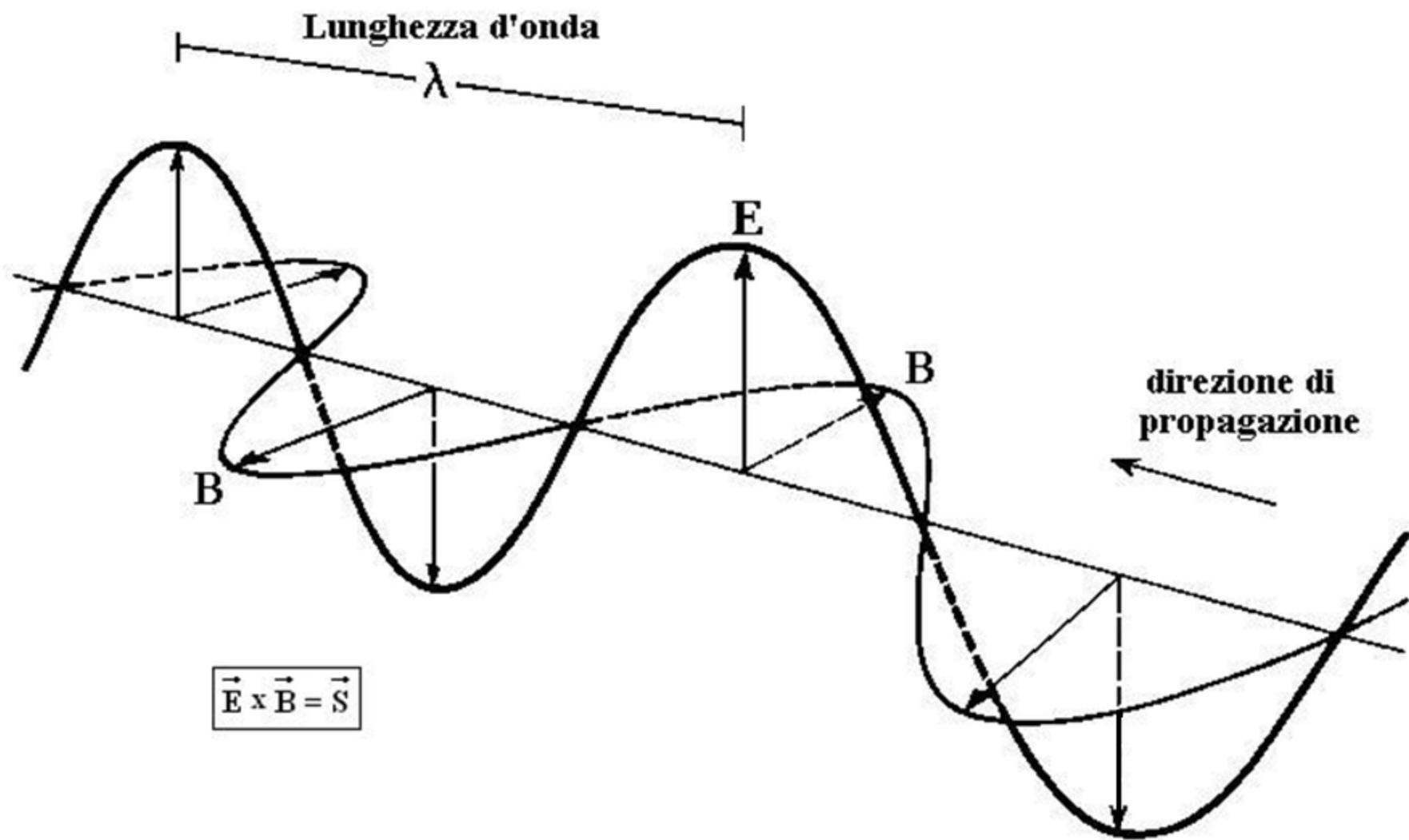
Normalmente il sistema di diversità spaziale è da preferire dato che si occupa un solo canale di frequenze.

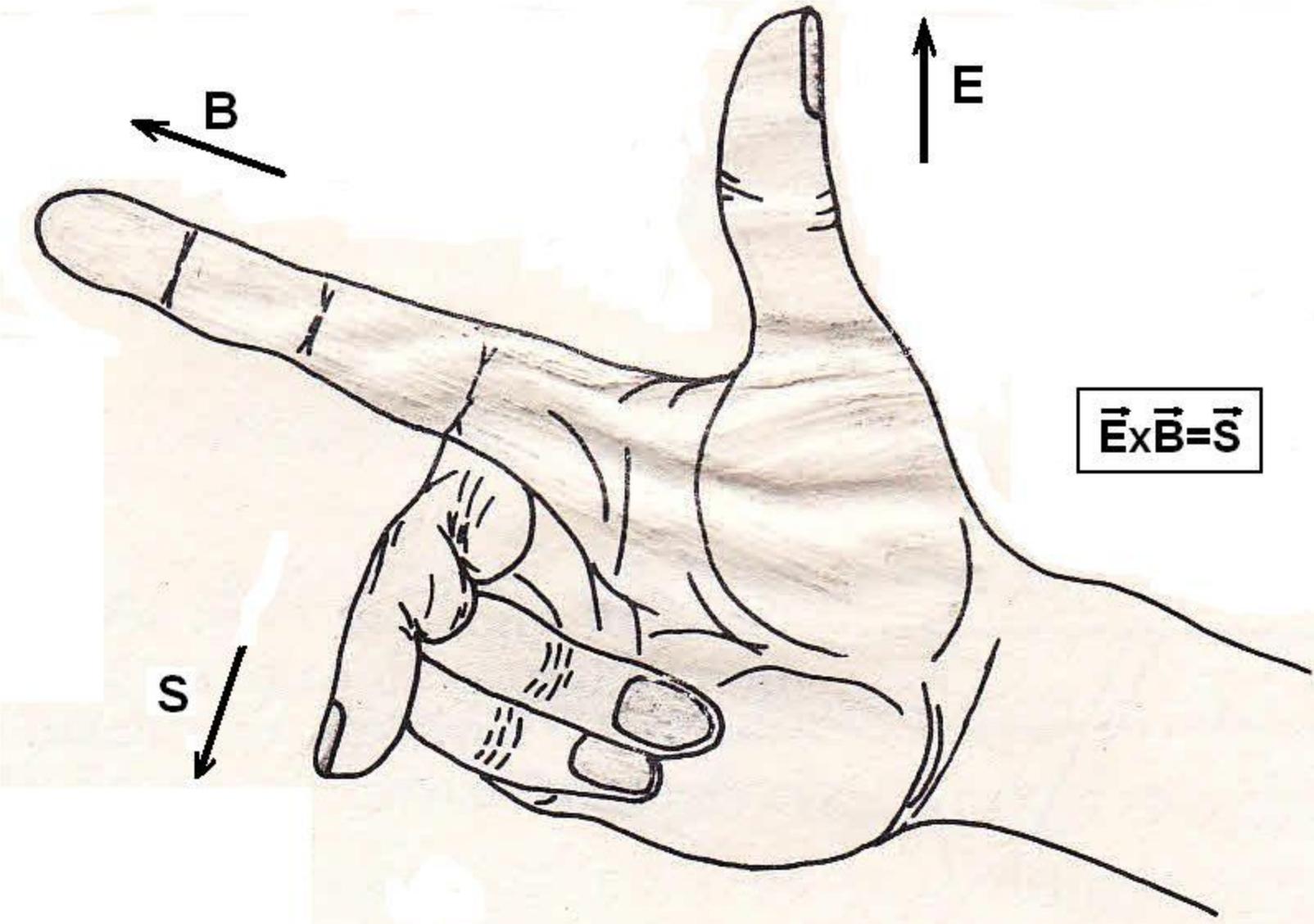
Per applicazioni in emergenza, questo è applicabile su mezzi mobili. Per l'uso portatile, invece, per la sua maneggevolezza, è da preferire l'uso della diversità in frequenza.

RICEZIONE DIVERSITY



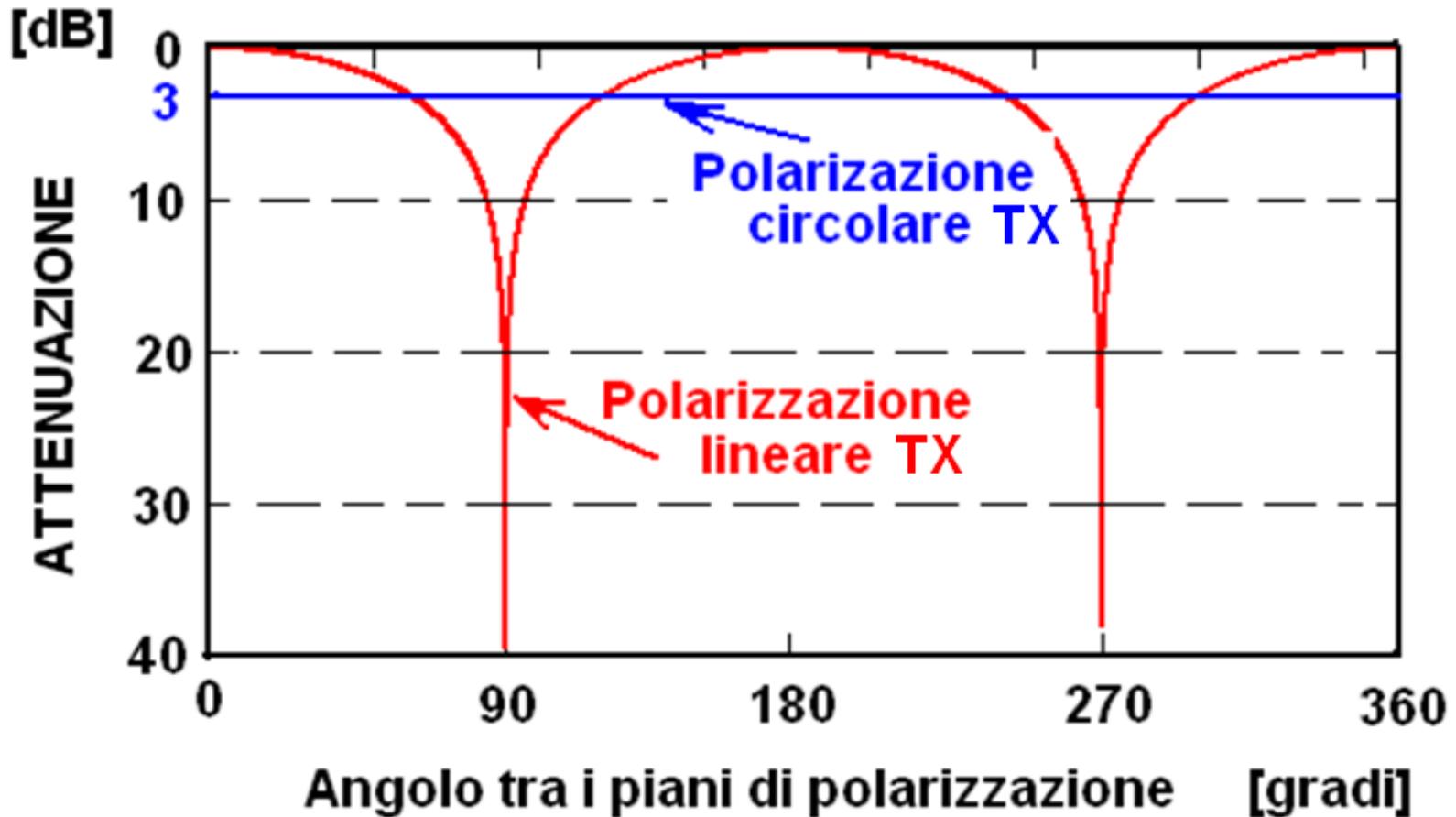
Se, per esempio, con un solo RX, si ha un affievolimento di 15 dB per il 2.2 % del tempo, con diversità doppia ciò accade solo per il 0.05 % del tempo (48 volte meno frequente)





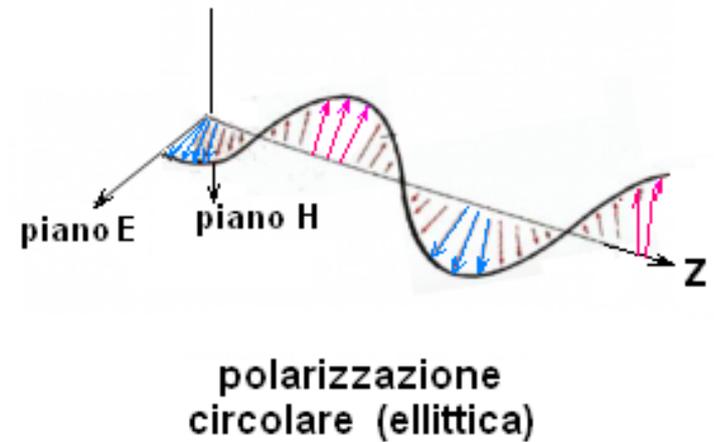
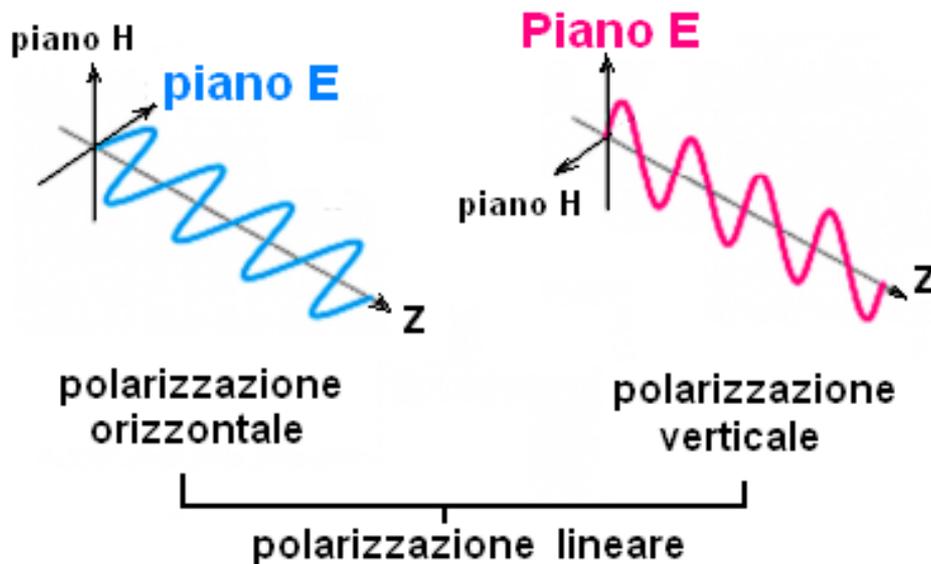
$$\vec{E} \times \vec{B} = \vec{S}$$

ATTENUAZIONE PER DISALLINEAMENTO PIANI DI POLARIZZAZIONE



(Ricevitore con antenna con polarizzazione lineare)

POLARIZZAZIONE LINEARE E CIRCOLARE (ELLITTICA)



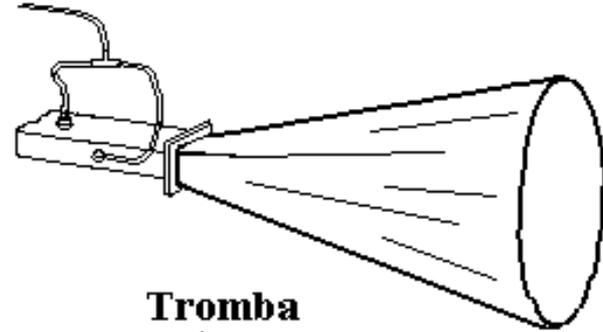
il piano di polarizzazione (piano E) ruota mentre l'onda avanza

ANTENNE

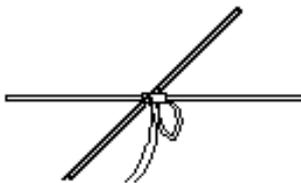
Polarizzazione circolare



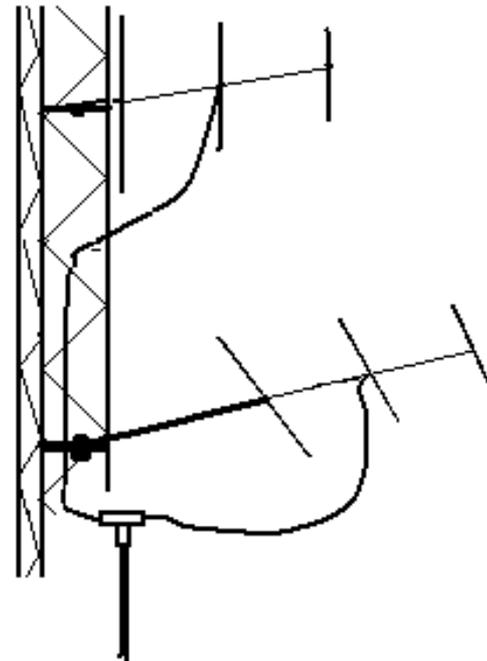
Elica



Tromba



**Turnstile
(Crossed Yagi)**



Dual offset yagis

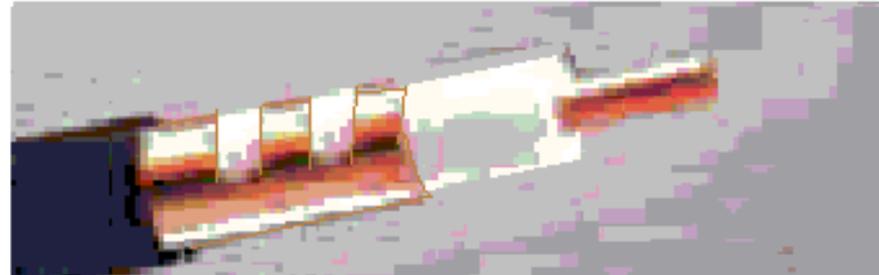
ONDA ELETTROMAGNETICA

polarizzazione ANTENNA

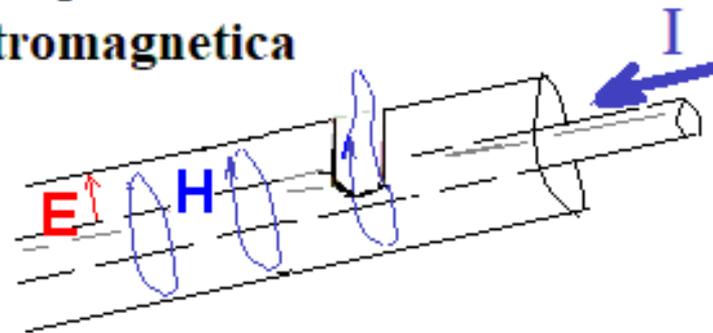
| | polarizzazione lineare | | polarizzazione circolare | |
|--------------|------------------------|----------|--------------------------|----------|
| | H | V | RHCP | LHCP |
| orizzontale | 0 | ∞ | 3 | 3 |
| verticale | ∞ | 0 | 3 | 3 |
| circolare dx | 3 | 3 | 0 | ∞ |
| circolare sx | 3 | 3 | ∞ | 0 |

Attenuazione (in dB) da mismatching di polarizzazione

LINEA FESSURATA



**Fuoruscita del campo H e
generazione di onda elettromagnetica**



I diversi segnali ricevuti dalle reti radio dei vari servizi di soccorso devono pervenire ad un'unica porta d'ingresso al sistema, sia esso costituito da antenne o da cavo fessurato.

Le linee fessurate possono essere utilizzate su un'ampia gamma di frequenze, ma non con le stesse caratteristiche.

Fessure di una certa grandezza possono essere troppo grandi e lasciar fuoriuscire le frequenze alte in un breve percorso e, invece, possono essere troppo strette per le frequenze basse permettendo solo una debole emissione e per un percorso molto più lungo.

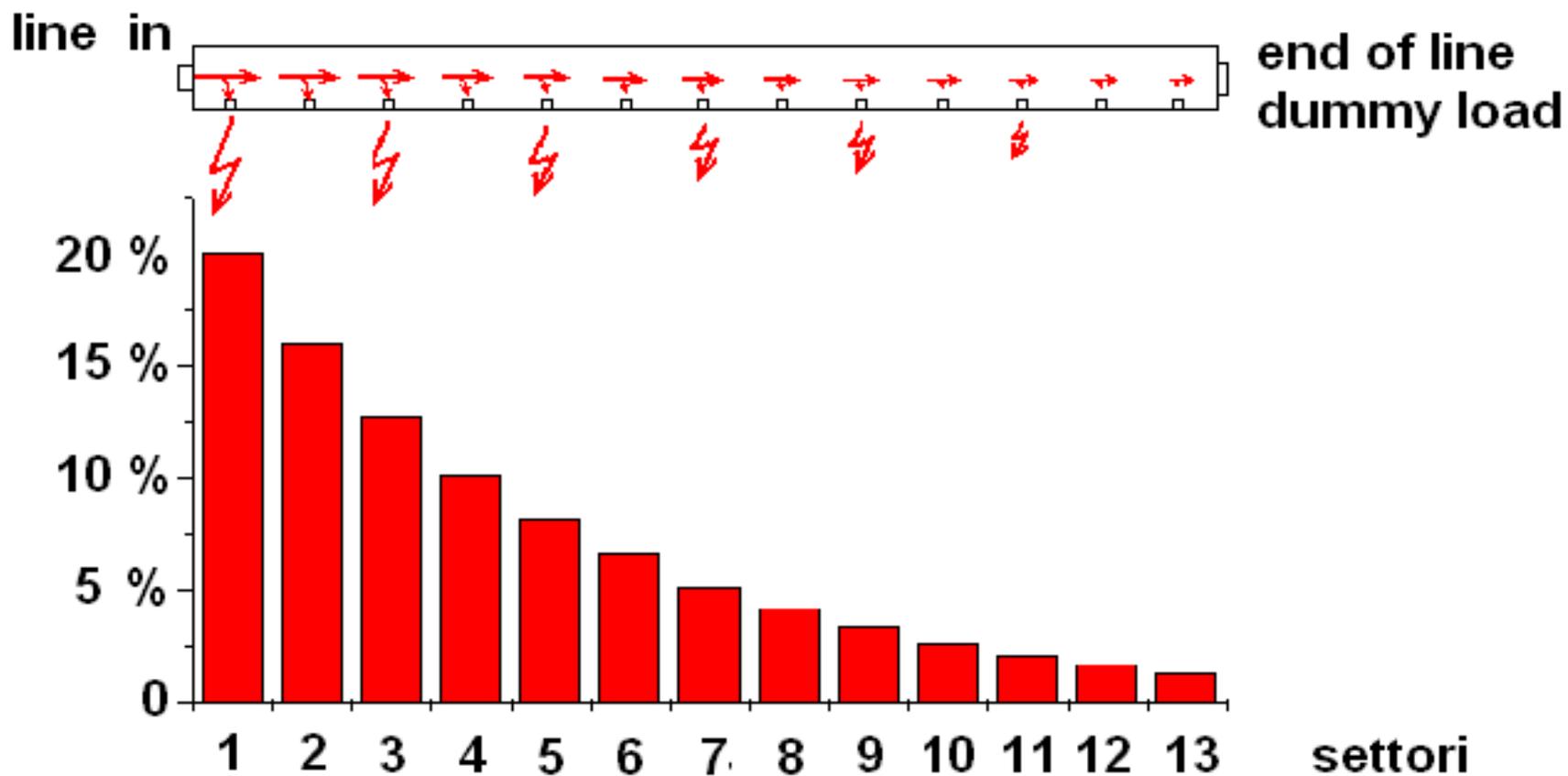
La progressiva attenuazione del segnale nella linea fessurata per eccessivo irraggiamento alle frequenze più elevate deve venire compensata con l'inserimento di amplificatori di linea a determinati intervalli.

Ciò porta ad una notevole complessità del sistema ed a una inevitabile serie di compromessi tecnici.

Spesso si sceglie un sistema radiante ibrido (antenne + linea fessurata che si distribuiscono i servizi sulle varie gamme di frequenza).

Le linee fessurate, in ogni caso, richiedono un'accurata progettazione e sono molto delicate, vulnerabili (dal fuoco, per esempio) e richiedono molta manutenzione.

Emissione di potenza RF da linea fessurata standard



Supponiamo di suddividere la linea fessurata in N settori dove ogni settore (dotato di un certo numero di fessure) lasci fuoriuscire una percentuale x della potenza presente in linea **in quel settore**.

Per ogni settore si può scrivere, quindi, che la perdita di potenza (per irraggiamento) è proporzionale al valore della potenza nello stesso settore.

Questo viene descritto da una equazione differenziale del tipo:

$$\frac{dW}{dx} = -k W \quad k = \text{costante}$$

che ha soluzione del tipo:

$$W(x) = W_0 e^{-kx} \quad (\text{decadimento esponenziale})$$

La potenza irraggiata per settore assume una distribuzione con decadimento esponenziale, ben lontano dall'essere uniforme come desiderato

Bisognerebbe produrre linee fessurate con numero di fessure che aumentano con la distanza dall'ingresso della linea.

Ed anche costruite in modo che la potenza immessa venga irraggiata del tutto a fine linea.

Calcolate ad hoc, quindi, con costi notevolissimi di produzione

TETRA e COMUNICAZIONI IN GALLERIA

Frequenze UHF “basse” penetrano molto più facilmente tra gli edifici cittadini rispetto alla telefonia cellulare (2 GHz) .

Con un piccolo numero di trasmettitori il sistema TETRA permette alti livelli di copertura e conseguente riduzione dei costi di infrastruttura grazie all'uso di frequenze relativamente basse (380-390 MHz) con “celle” molto grandi.

Ma,... in galleria?

In galleria si ottengono migliori prestazioni (minori attenuazioni e più grande distanza utile) con frequenze elevate (> 1.5 GHz)

TETRA e COMUNICAZIONI IN GALLERIA

Per le comunicazioni in galleria, si potrebbero mantenere i numerosi vantaggi del sistema TETRA spostandone l'uso a frequenze più elevate (ora è diventata disponibile una banda attorno a 850 MHz)

Altre considerazioni :

economiche

il costo del sistema cresce con la frequenza d'uso,

pratiche

non si possono dotare i volontari con più apparecchiature, ognuna destinata ad uso particolare