

Propagazione delle onde radio

Lo spettro delle frequenze radio si divide in bande, chiamate solitamente con acronimi (LF per Low Frequencies o Onde Lunghe, MF per Medium Frequencies o Onde Medie, HF per High Frequencies o Onde Corte, etc.). La suddivisione che nel secolo scorso è stata fatta (Atlantic City 1947), e che viene riportata in tabella (Tab. 1), è legata alle caratteristiche peculiari di ogni porzione di frequenza o banda, ovvero delle varie onde radio presenti in tali bande; le onde radio che stanno a cavallo tra una porzione di banda e l'altra hanno caratteristiche simili. La porzione di banda delle microonde è stata suddivisa in sottobande identificate con una lettera; la banda X, ad esempio comprende le onde radio con frequenze da 8 a 12 GHz, la banda L le onde radio tra 1 e 2 GHz (Tab. 2).

Numero di banda	Simbolo	Gamma di frequenza
4	VLF Very Lows Frequencies	3-30 kHz
5	LF Low Frequencies	30-300 kHz
6	MF Medium Frequencies	300-3.000 kHz
7	HF High Frequencies	3-30 MHz
8	VHF Very High Frequencies	30-300 MHz
9	UHF Ultra High Frequencies	300-3.000 MHz
10	SHF Super High Frequencies	3-30 GHz
11	EHF Extra High Frequencies	30-300 GHz

Tab. 1

DESIGNAZIONE	Frequenze in MHz						
	Reference data for Radio Engineering		US Navy		RSGB		
I			100-150				
G			150-225				
P	225-390		225-390				
L	390-1.550		390-1.550		1.000-2.000		
S	1.550-5.200		1.550-3.900		2.000-4.000		
C	3.900-6.200		3.900-6.200		4.000-8.000		
X	5.200-10.900		6.200-10.900		8.000-12.000		
K	Ku	10.900-17.250	15.350-17.250	10.900-17.250	15.250-17.250	18.000-18.000	12.000-18.000
	Ka	36.000-36.000	33.000-36.000	36.000-36.000	33.000-36.000	26.500-26.500	26.500-40.000
Q	36.000-46.000		36.000-46.000		33.000-50.000		
U					40.000-60.000		
V	46.000-56.000		46.000-56.000				
W	56.000-100.000		56.000-100.000				

Tab. 2

Poiché le onde radio si propagano nello spazio libero alla velocità di circa $3 \cdot 10^8$ metri al secondo (300.000 Km al secondo), è facile intuire che esiste una correlazione diretta tra frequenza e lunghezza d'onda; l'equazione che le correla è

$$\lambda \cdot f = 3 \cdot 10^8$$

che si può anche enunciare: velocità della luce diviso frequenza uguale lunghezza d'onda; oppure velocità della luce diviso lunghezza d'onda uguale frequenza; essendo

λ = lunghezza d'onda in metri

f = frequenza in cicli al secondo

La propagazione nello spazio libero è tuttavia condizione assai rara; si verifica infatti quando antenne riceventi e trasmettenti sono situate distanti dall'influenza della superficie terrestre o da altri oggetti che possono assorbire, riflettere o rifrangere le onde radio. Se la potenza del trasmettitore è inviata ad un'antenna isotropica (un'antenna ideale che irradia allo stesso modo in tutte le direzioni), il fronte d'onda si irradia verso l'esterno come una sfera che si espande ad una velocità di $3 \cdot 10^8$ metri al secondo. L'intensità del segnale diminuisce con la distanza, dal momento che una data potenza si diffonde su un'area sempre più grande; la densità di potenza incidente in un punto lontano può essere calcolata (CCIR, 1978) e vale:

$$P_r = \frac{P_t}{4 \pi r^2}$$

essendo:

P_r = densità di potenza ricevuta in Watt al metro quadro

P_t = potenza trasmessa in Watt

r = distanza del punto dall'antenna in metri

Poiché la densità di potenza su lunghi percorsi di propagazione può assumere valori molto diversi, particolarmente nel campo delle microonde, si solito viene misurata in decibel (dB) relativi a 1 Watt, ossia dBW, oppure relativi a 1 milliwatt, cioè dBm, sempre relativi all'unità di superficie.

Per frequenze inferiori alle microonde (ovvero per lunghezze d'onda superiori) si preferisce misurare l'intensità del segnale (Volt/metro) piuttosto che la densità di potenza; se il Volt/metro è una misura "storica", dall'altra per le misure nel range delle microonde è più facile piuttosto usare l'effetto di riscaldamento termico causato dall'assorbimento di potenza. La conversione da densità di potenza a intensità di campo si ottiene con la formula:

$$V^2 = R \cdot P$$

essendo V la tensione in Volt, R la resistenza in Ohm e P la potenza in Watt; nel caso si sostituisce ad R l'impedenza caratteristica dello spazio libero, che è una costante e vale 377 ohm.

Viceversa si può passare dall'intensità di campo alla densità di potenza mediante la formula:

$$E^2 = Z_0 \cdot P_d$$

Dove E è l'intensità di campo in volt/metro, Z_0 è l'impedenza dello spazio libero e P_d è la densità di potenza in watt/metro quadro.

Sempre in argomento di misure, posso qui ricordare che la tensione al centro di un dipolo mezz'onda non terminato, inserito nel percorso di un'onda radio e allineato lungo l'asse del vettore elettrico (ovvero non si verifica perdita di polarizzazione) è data dalla formula:

$$V = \frac{E \lambda}{\pi}$$

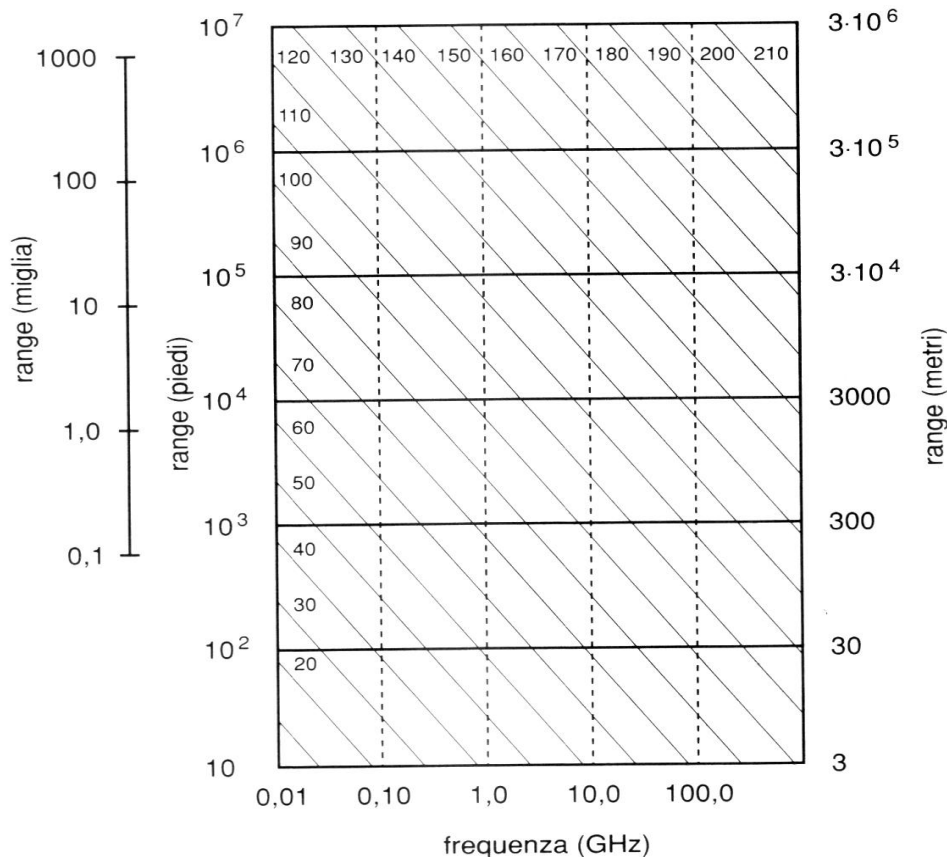
ove V è la tensione al centro del dipolo (in volt), E è l'intensità di campo (in Volt/metro) e λ è la lunghezza d'onda (in metri).

Se invece il dipolo è terminato (collegato ad una linea di alimentazione con impedenza adattata), il valore di E viene dimezzato.

Per una corretta indagine sulla propagazione occorre sapere che esiste una attenuazione nello spazio libero, che è data dalla seguente formula:

$$L_{fr} = 32,44 + 20 \log_{10} f + 20 \log_{10} d$$

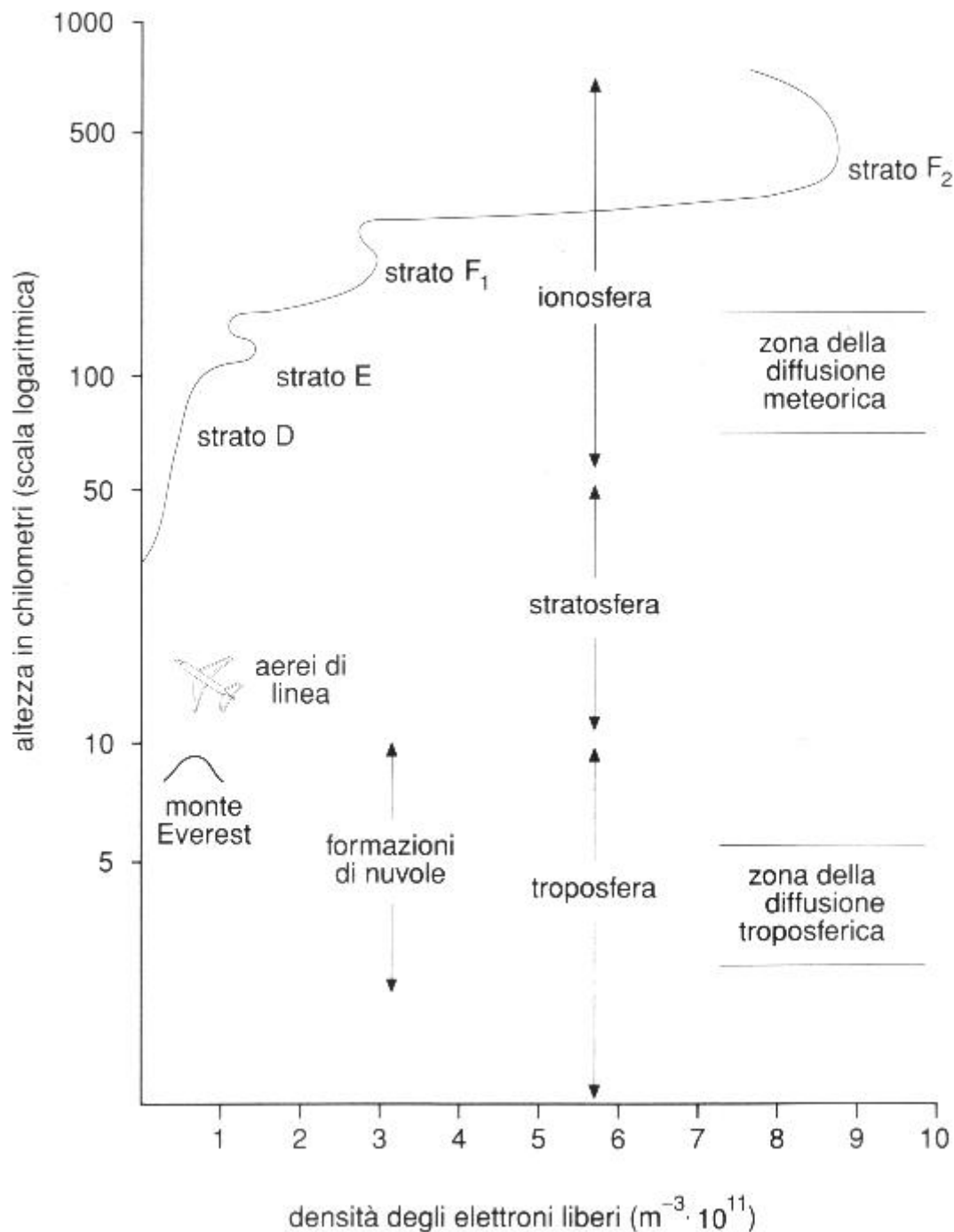
Dove L_{fr} è la perdita in spazio libero misurata di dB, f è la frequenza misurata in MHz e d è la distanza misurata in Km.



La figura mostra la perdita nello spazio libero in funzione della distanza, per frequenze da 1 MHz a 100 GHz (essendo le unità sulle linee diagonali espresse in dB).

Nota: la formula appena enunciata è inserita nel rapporto 252-2 del CCIR, il Comitato Consultivo Internazionale per la Radio, organismo interno all'ITU che stabiliva gli standard, e che ora fa parte del nuovo Settore delle Radiocomunicazioni dell'ITU stesso.

Il mezzo di propagazione



La propagazione delle onde radio comporta il passaggio delle radio onde attraverso l'atmosfera terrestre, che ha struttura e caratteristiche note ed illustrate da testi, manuali ed articoli, molti apparsi anche qui sulle pagine di Radio Kit. Giusto per avere sott'occhio uno schema semplificato, potete riferirvi alla figura qui sopra.

È schematizzato come la maggior parte dell'attività meteorologica e le formazioni nuvolose interessano, partendo dal suolo, i primi 10 Km ed è per tale motivo che sulle lunghe tratte gli aerei viaggiano a quote comprese tra 10 e 15 Km. La pressione dell'aria diminuisce con l'altezza (ne sanno qualcosa alpinisti e rocciatori...) e già a 30 Km la radiazione proveniente dal sole è sufficiente per generare elettroni liberi; comunque il primo strato ionizzato effettivamente ben definito, lo strato D, si manifesta a 70 Km. Al di sopra di esso la temperatura e la radiazione incidente aumentano e tra 120 e 450 Km si formano gli strati E, F1 e F2. Pertanto la ionosfera (ovvero quella regione nella quale si formano gli strati ionizzati) si estende da circa 50 Km a circa 600 Km.

Sono i raggi del sole ad influenzare maggiormente l'atmosfera terrestre: la radiazione solare infatti è responsabile della formazione degli strati ionizzati oltre a creare le situazioni climatiche regionali e globali. La radiazione del sole è strettamente legata e dipendente dal ciclo delle macchie solari, che è ormai consolidato essere di circa 11 anni; tali macchie, conteggiate da 0 a 200, sono disturbi osservati sulla superficie del sole. Il numero medio di macchie solari viene reso noto dal Sunspot Index Data Centre di Bruxelles (<http://sidc.oma.be>), una divisione del ROB (Royal Observatory of Belgium, Av. Circulaire 3, 1180 Bruxelles, Belgium) e dal Telecommunications Services Centre di Boulder, Colorado (<http://www.spaceweather.com>). Nella pratica esistono due "official sunspot numbers"; il primo, il "Boulder Sunspot Number", è calcolato dal NOAA Space Environments Center ed usa la seguente formula escogitata da Rudolph Wolf nel 1848:

$$R = k (10g + s)$$

Dove R è il numero di macchie, g è il numero di gruppi di macchie sul disco solare, s è il totale dato da ogni macchia in ogni gruppo, k è un fattore scalare variabile che considera le condizioni di osservazione ed il tipo di telescopio utilizzato (e difatti vengono combinate le osservazioni da diversi osservatori, ognuno con il suo fattore k).

Il numero di Boulder (riportato quotidianamente su spaceweather.com) è generalmente il 25% più alto dell'altro indice ufficiale detto "International Sunspot Number", pubblicato giornalmente dal già citato SIDC di Bruxelles. Entrambi i modi di calcolare il numero di macchie solari derivano dalla stessa formula di base, ma incorporano dati da differenti osservatori e osservazioni.

Solitamente si ha una buona misura del reale numero di macchie solari visibili sul disco del sole dividendo per 15 entrambe le misurazioni ufficiali (mai guardare il sole direttamente, servirsi sempre di una immagine riflessa o proiettata su un foglio di carta bianca catturata dal proprio telescopio amatoriale).

Un elevato numero di macchie solari è indice di condizioni migliori per le comunicazioni in HF su lunghe distanze e può anche portare a propagazioni impreviste su lunga distanza nella banda delle VHF.

Ma essendo calcolato secondo una media mobile, il numero di macchie solari può non dare un'indicazione precisa delle condizioni giornaliere o orarie.

Il flusso solare è invece una misura dell'attività solare effettuata a 2.8 GHz ed è probabilmente l'indicazione migliore per conoscere le condizioni ionosferiche in tempo reale; viene continuamente misurato e registrato su una scala, di solito in un range numerico da 60 a 260. Le stazioni radio WWV e WWVB (Fort Collins, Colorado) e WWVH (Hawaii) del National Bureau of Standards (NITS) degli USA trasmettono informazioni orarie sui dati ionosferici (<http://www.blrdoc.gov/timefreq>).

Il rumore

Visto quanto possono le macchie solari sulla propagazione delle onde radio, va detto che è il rapporto segnale-rumore (S/N) il fattore determinante per stabilire la bontà di una comunicazione, e dipende dal livello assoluto del segnale, dal rumore esterno che si genera nel mezzo di propagazione e dal rumore interno generato dagli apparati trasmettenti e ricevitori.

Nelle Onde Corte le comunicazioni vengono in genere limitate dal rumore esterno, quindi predomina il rumore che si genera nel mezzo di propagazione; nelle VHF ed oltre, il fattore determinante è dato dal rumore generato all'interno dei primi stadi del ricevitore. Se sulle VHF, UHF e bande superiori si utilizzano antenne ad alto guadagno e posizionate in alto per aumentare l'intensità dei segnali ricevuti, nelle HF questi accorgimenti sono tutt'altro che utili in quanto aumenterebbe proporzionalmente anche il rumore e non si migliora, quindi, il rapporto segnale-rumore.

Il rumore esterno proviene sostanzialmente da tre sorgenti per la qual cosa si parla di rumore galattico, rumore atmosferico e rumore artificiale (prodotto cioè dall'uomo). La misura dell'intensità del rumore nei collegamenti radio è data da

$$N = k \cdot T \cdot BW$$

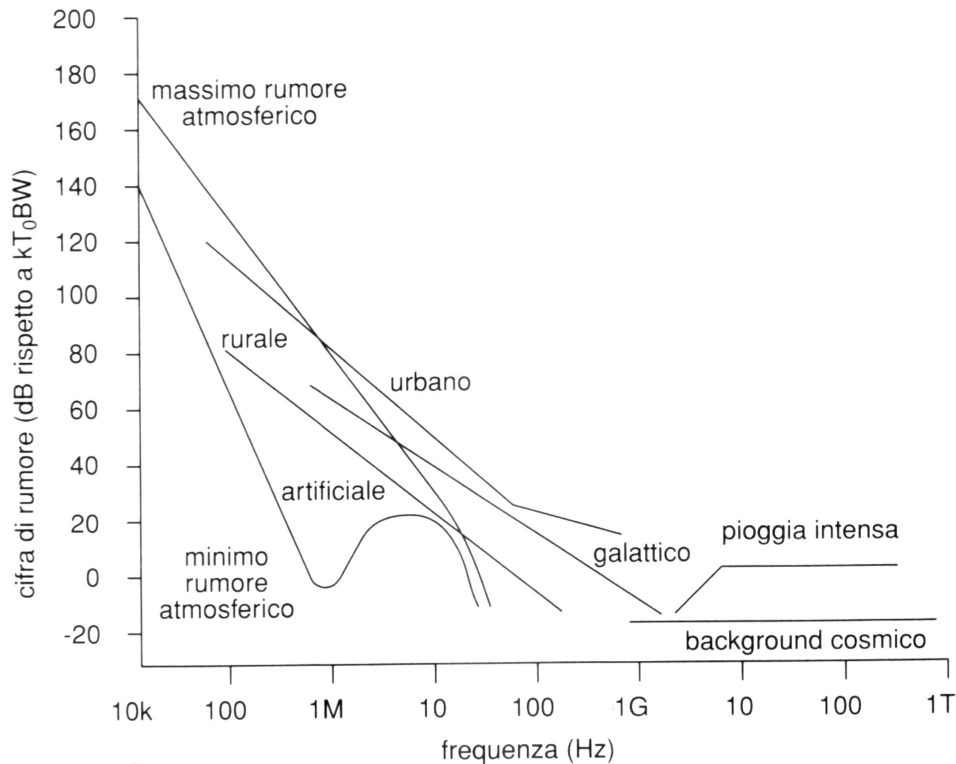
dove N è la potenza di rumore in Watt, k è la costante di Boltzman ($1,38 \cdot 10^{-23}$), T è la temperatura in gradi assoluti (Kelvin) e BW è la larghezza di banda (Band Width).

Nei collegamenti radio il rumore viene misurato in termini di potenza di rumore disponibile da un'antenna senza perdite e può essere espresso con la seguente

$$P_n = F_a + B - 204$$

dove P_n è la potenza totale in dBW, F_a è la cifra di rumore dell'antenna in dB, $B = 10 \log_{10} BW$ (larghezza di banda in Hz) e 204 è $10 \log_{10} kT$, ipotizzando una temperatura $T = 290$ K (17°C).

Le informazioni sul rumore atmosferico e su quello artificiale vengono riportate nelle pubblicazioni del CCIR [International Radio Consultative Committee, l'organizzazione che ha dato poi luogo alla ITU-T, International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Bureau; questa la definizione ufficiale: ITU-T is responsible for studying technical, operating, and tariff Questions and issuing Recommendations on them, with the goal of standardizing telecommunications worldwide. The ITU-T combines the standards-setting activities of the predecessor organizations formerly called the International Telegraph and Telephone Consultative Committee (CCITT) and the International Radio Consultative Committee (CCIR) – vedi <http://www.itu.int/home/index.html>].



In questa figura sono riportati alcuni valori tipici di rumore.

Il rumore galattico ha origine da sorgenti che si trovano al di fuori dell'atmosfera terrestre, come il Sole e le stelle, e si estende da circa 15 MHz a 100 MHz; al di sotto di questo range di frequenze esso è limitato dall'assorbimento atmosferico.

Il rumore atmosferico è la sorgente principale di rumore nelle bande delle Onde Medie e delle Onde Corte ed è dovuto prevalentemente a scariche di fulmini; è quindi rilevante nella stagione piovosa nelle regioni tropicali come l'Africa equatoriale ed ha il suo valore più basso alle latitudini elevate, durante le ore notturne; viene trasmesso alle lunghe distanze dalle onde spaziali.

Il rumore artificiale può essere trasmesso allo stesso modo; viene generato dalle linee ad alta tensione, da macchinari industriali, dai tubi fluorescenti, dai motori elettrici e da una miriade di altre apparecchiature. L'analisi dei percorsi di propagazione richiede di solito il calcolo della distanza tra trasmettitore e ricevitore ed è utile conoscere anche l'orientamento del percorso. Questi risultati possono essere calcolati con le seguenti equazioni:

$$1) \cos D = \sin A \sin B + \cos A \cos B \cos L$$

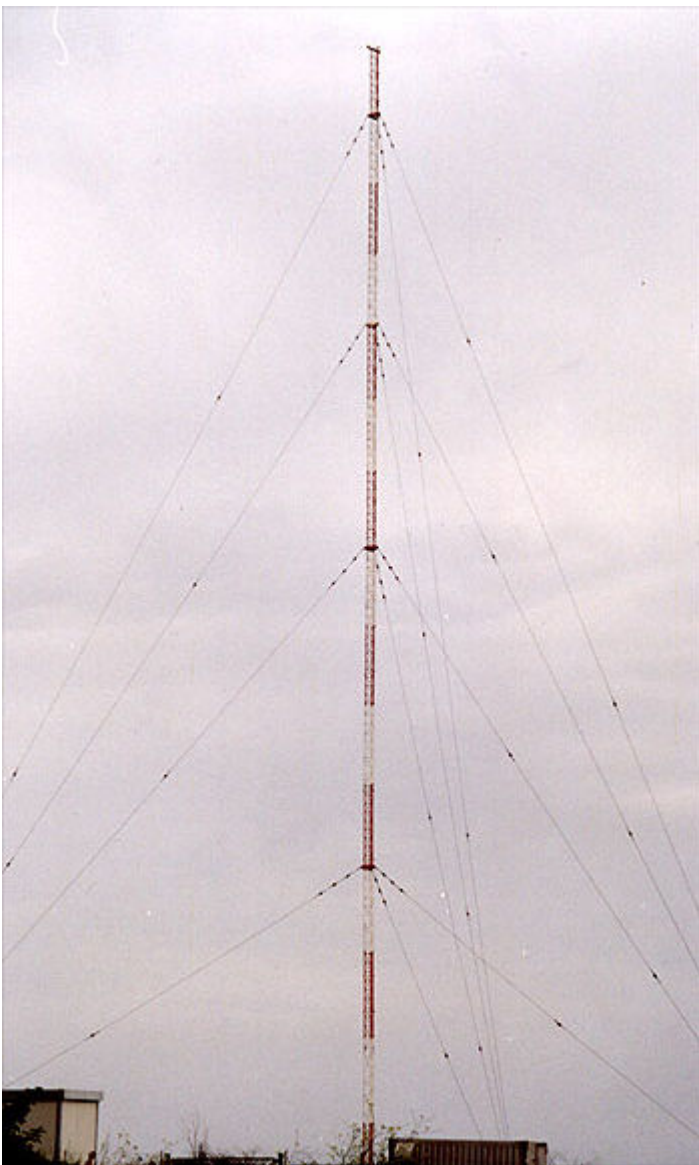
$$2) \cos C = \frac{\sin B - \sin A \cos D}{\cos A \sin D}$$

Vengono presi in considerazione i due punti A e B sulla superficie della Terra, dove A è il punto di latitudine A, in gradi, B è il punto di latitudine B, in gradi, L è la differenza in longitudine tra A e B, C è l'orientamento vero del ricevitore rispetto al trasmettitore, che può essere di $360^\circ - C$ se si calcola un valore negativo; D è la distanza in gradi lungo il percorso del gran circolo, che può essere convertita in chilometri moltiplicandola per 111,111 (ossia: 1 arco di grado = 111,111 Km). Si dice "gran circolo" l'estensione di un circolo massimo di una sfera, cioè del più gran circolo che si possa fare direttamente attorno ad una sfera.

Onde Medie e Onde Lunghe

Nelle bande di frequenza medie e basse, fino intorno ai 3 MHz, si sfrutta la propagazione terrestre dell'onda invece di quella spaziale, poiché l'onda spaziale viene fortemente assorbita dallo strato D durante le ore diurne.

Le antenne per Onde Lunghe ed Onde Medie sono di solito corte rispetto alla lunghezza d'onda, per cui si utilizzano radiatori di tipo verticale, che hanno il non trascurabile vantaggio della massima radiazione agli angoli bassi rispetto all'orizzonte e di irradiare onde polarizzate verticalmente. Il vantaggio di irradiare con bassi angoli è intuitivo: non si debbono intercettare gli strati spaziali riflettenti, il segnale utile è quello diretto e va lanciato per essere raccolto il più lontano possibile. Circa l'utilizzo della polarizzazione verticale, il motivo è presto detto: l'attenuazione di un'onda terrestre polarizzata verticalmente è molto inferiore a quella dell'onda a polarizzazione orizzontale; per esempio l'attenuazione di un'onda terrestre polarizzata verticalmente a 2 MHz su un suolo medio è di 45 dB a 30 Km (questa misura viene riportata un po' da tutti i libri di divulgazione scientifica e dai testi in uso agli studenti universitari), mentre per un segnale polarizzato orizzontalmente sarebbe di circa 95 dB. Ecco quindi che si utilizza quasi sempre la polarizzazione verticale. Un paio di esempi della regola ed una sua eccezione.



L'antenna dell'impianto RAI di Capo Vaticano che trasmette i programmi di Radio Uno su 999 kHz (potenza dell'impianto 2 kW, foto Andrea Borgnino, "the Italian HF Archive" <http://www.mediasuk.org/archive/index.html>).



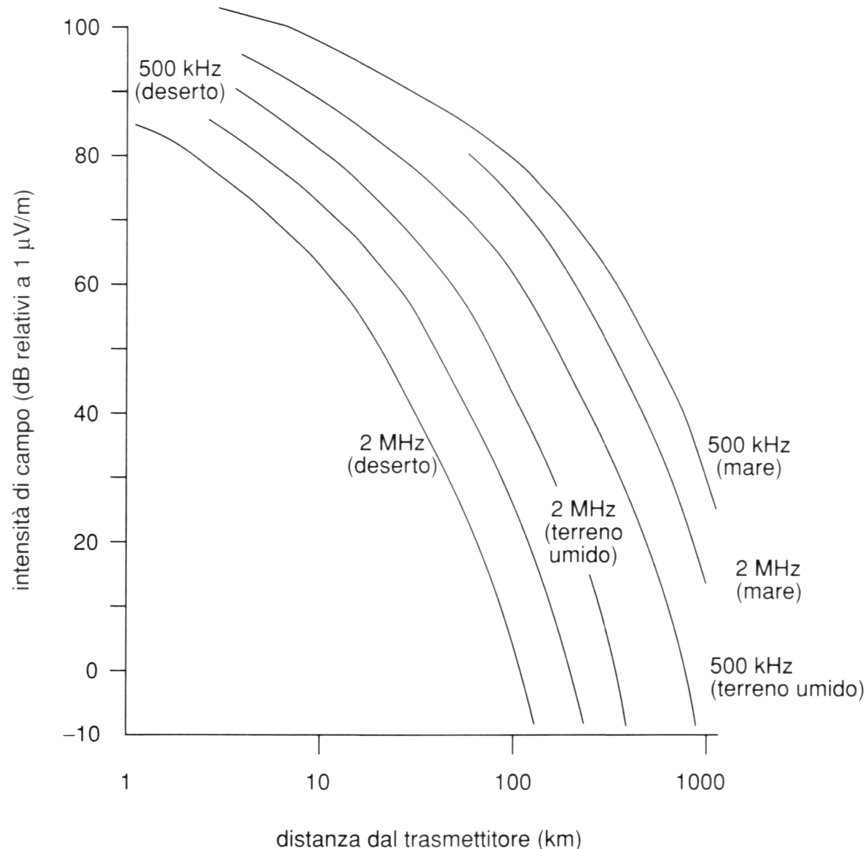
L'antenna alta 282 metri utilizzata per il trasmettitore ad Onde Lunghe a 189 kHz dell'impianto RAI di Caltanissetta (foto Andrea Borgnino, "the Italian HF Archive" <http://www.mediasuk.org/archive/index.html>).



Qui si vede l'antenna sperimentale CFA (Cross Field Antenna) ad Onde Medie utilizzata dalla RAI nella postazione di Sanremo; il palo alla destra dell'antenna sostiene una filare obliqua a polarizzazione mista, che irradia Radio Uno su 1188 kHz (foto Andrea Borgnino, "the Italian HF Archive" <http://www.mediasuk.org/archive/index.html>).

Poiché le onde di terra polarizzate verticalmente generano correnti indotte nel suolo, l'attenuazione dipende anche dalla conduttività e dalla costante dielettrica del terreno. L'acqua salata in assenza di moto ondoso offre una bassa attenuazione mentre la sabbia del deserto o il ghiaccio polare danno luogo ad un'attenuazione elevata e di conseguenza consentono una copertura ridotta delle comunicazioni. Le irregolarità del terreno, come colline o montagne e i mari mossi (al contrario di quelli calmi) riducono la copertura. Esperimenti di radioascolto portati avanti dal sottoscritto con altri soci AIR (Associazione Italiana Radioascolto) in posti diversi con orografia differente, per tipologie di ascolto in Onda Media, danno ampiamente ragione di quanto sopra.

In documenti che non è facile qui riprodurre, il CCIR pubblica una serie di grafici che mostrano l'intensità di campo del segnale ricevuto in microvolt al metro e in decibel relativi a $1 \mu\text{V/m}$, per distanze fino a 1000 Km. Vengono evidenziate anche le frequenze da 500 kHz a 10 MHz e le condizioni di superficie omogenee, dall'acqua del mare al suolo arido. Alcune di queste curve sono evidenziate in figura: sono state calcolate prendendo in considerazione un trasmettitore da 1 kW che alimenta un'antenna monopolo omnidirezionale.



I valori dell'intensità di campo sono proporzionali alla radice quadrata della potenza e devono essere di conseguenza ricalcolati per potenze diverse, oppure quando si impiegano antenne diverse, con guadagni maggiori o direttive.

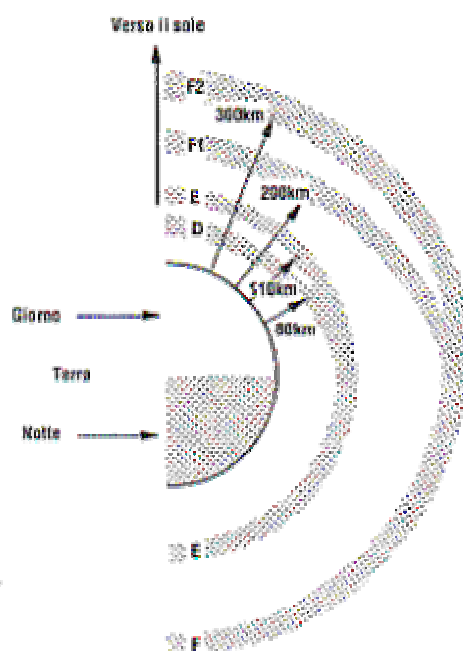
La propagazione dell'onda di terra in Onda Media ha il vantaggio di essere prevedibile ma ha una copertura limitata, che non dipende molto dalle condizioni ionosferiche e dalle loro variazioni diurne e stagionali. Sono ottenibili coperture fino a 1000 Km sull'acqua del mare (nel DX Camp di primavera del gruppo di Torino dell'AIR, svolto proprio in riva al mare, sono stati valutate con attenzione le emissioni di diversi centri trasmettenti in Onda Media e gli ascolti danno ragione di questa misura ma anche di un altro curioso fenomeno, già individuato da Millington nel 1949: l'intensità di campo aumenta quando il fronte dell'onda passa dalla terra al mare), mentre in zone desertiche la copertura può essere limitata a poche decine di Km, a meno che si usino potenze elevate e antenne direzionali.

Un limite che purtroppo si ha nell'ascolto delle Onde Medie è l'interferenza durante le ore notturne tra l'onda di terra e l'onda spaziale provenienti dallo stesso trasmettitore, a causa dell'assenza dello strato assorbente D che dà luogo al fading che ben conosciamo (affievolimento rapido ed intenso dei segnali ricevuti). Una soluzione praticabile per migliorare l'ascolto è quella di utilizzare il guadagno/attenuazione RF del ricevitore, trovando sperimentalmente una posizione ottimale; o eventualmente l'attenuatore d'antenna.

La propagazione in HF

La propagazione nella banda HF, ovvero da 3 a 30 MHz, è sicuramente quella più variabile e meno prevedibile, in quanto dipende dall'altezza e dall'intensità di ionizzazione degli strati della ionosfera. Nel corso degli ultimi decenni ed in maniera sempre più massiccia con l'avvento dei personal computer e la loro diffusione, si sono raccolti molti dati, che opportunamente inseriti in basi di dati ed analizzati, hanno reso possibili le previsioni (come per le previsioni del tempo atmosferico) con un grado ragionevole di precisione statistica; e comunque le sonde ionosferiche, che costantemente vengono lanciate ed utilizzate per la conferma delle previsioni, possono valutare le condizioni in tempo reale. Eventi non prevedibili come i brillamenti solari (flares) fanno tuttavia in modo che la propagazione in HF sia sempre caratterizzata da un determinato grado di incertezza (come d'altronde succede per la maggior parte delle onde radio), per cui le previsioni possono essere fatte sempre e comunque solo in termini probabilistici.

La ionosfera (la parte di atmosfera che più influisce sulla propagazione in HF) si estende da circa 80 Km a 300 Km al di sopra della superficie terrestre e si divide in strati ionizzati distinti per caratteristiche e influenza sulle onde radio. Si hanno variazioni nell'altezza e nell'intensità di ionizzazione degli strati su base diurna e su base stagionale a causa della rotazione e della posizione della terra rispetto al Sole; si hanno anche variazioni sul periodo più lungo, secondo il ciclo delle macchie solari, che dura circa 11 anni.

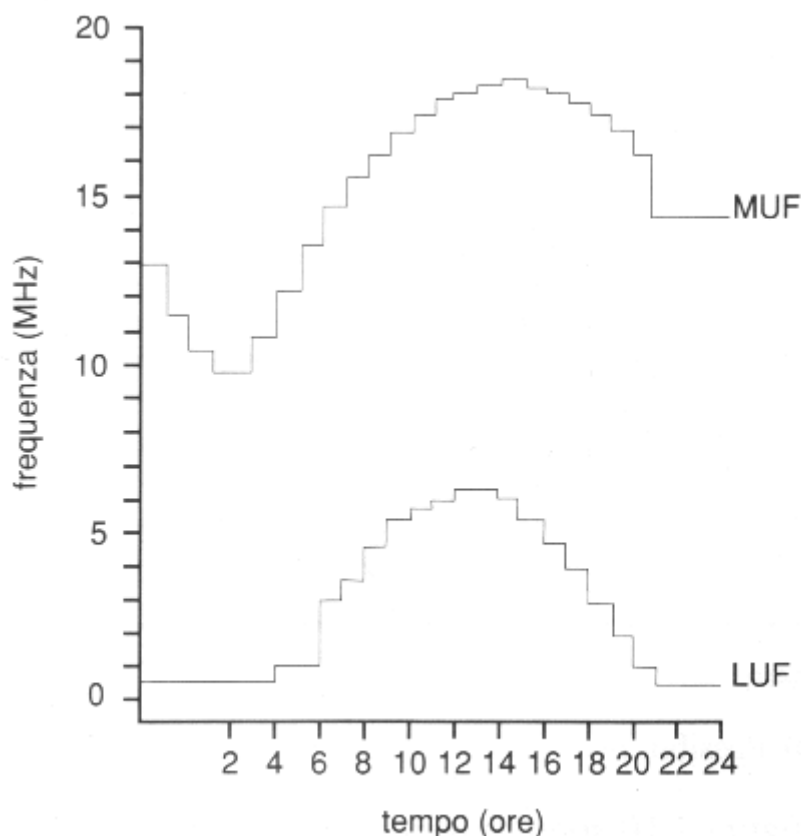


La figura qui sopra è riportata simile o uguale un po' in tutti i libri e sicuramente è apparsa più volte anche su Radio Kit (questa è presa da "Elementi di propagazione ionosferica" di Mimmo Martinucci, ed. C&C); la riporto per comodità (ed anche perché ripetita juvant...). La variazione diurna è chiaramente mostrata: si nota che durante le ore notturne, quando la radiazione incidente è al minimo in quanto la ionosfera è nel cono d'ombra della Terra, la ionosfera stessa comprende due strati sottili simili, a 110 Km e a 200 Km circa, chiamati rispettivamente strato E e strato F. Durante le ore diurne questi due strati aumentano di spessore ed intensità e lo strato F si divide in due strati distinti, detti F1 ed F2, a 200 e 300 Km circa. Inoltre di giorno a 80 Km si forma lo strato D, che svanisce di notte.

Si hanno variazioni simili con le stagioni: alle latitudini Nord durante i mesi estivi è presente un livello maggiore di ionizzazione rispetto ai mesi invernali, mentre si verifica una situazione opposta nell'emisfero Sud.

Lo strato D, di cui abbiamo parlato precedentemente quando si è trattato della propagazione in Onda Media, si trova in realtà ad un'altitudine che varia da 50 Km a 90 Km ed assorbe le frequenze nelle bande delle Onde Medie e delle Onde Corte più basse (va ricordato che la suddivisione per bande, ancorché scientifica, è accademica quindi affatto netta e precisa: si possono perciò trovare delle onde radio che, pur appartenendo a bande differenti, hanno caratteristiche comuni). Le frequenze più alte passano invece attraverso lo strato D, subiscono un'attenuazione e possono essere riflesse a terra dallo strato E a distanze fino a 2000 Km.

Si prende qui in esame il prospetto riassuntivo relativo ad un calcolo effettuato per un collegamento da Londra a Lisbona: la distanza è di 1656 Km lungo la curvatura terrestre, mentre diventa di 1757 Km se si prevede una riflessione sullo strato F2. Lo schema mostra la MUF (Maximum Usable Frequency) o massima frequenza usabile e la LUF (Lowest Usable Frequency) o minima frequenza usabile; quando la LUF supera la MUF la comunicazione spaziale in Onda Corta non risulta possibile. La MUF è determinata dal grado di ionizzazione dello strato, mentre la LUF è solitamente determinata dall'attenuazione del percorso a salti multipli e dal livello di rumore nel luogo di ricezione. La frequenza di trasmissione ottimale FOT (Frequency of Optimum Transmission) è la frequenza che da luogo alla disponibilità massima del collegamento e alla minima perdita di percorso; di solito vale circa il 90 % della MUF.



Le comunicazioni per onda di terra e per onda spaziale in Onda Corta sono ancora ampiamente utilizzate per servizi a bassa capacità su lunghe distanze, come per esempio nelle trasmissioni aeronautiche terra-aria e viceversa, nonostante l'aumentata disponibilità di servizi satellitari.

Tra i tanti servizi di questo tipo ricevibili costantemente per tutto l'arco del dì e della notte, vi propongo l'ascolto di Stockholm Radio, secondo la schedule che il Long Distance Operational Control propone:

- 3494 kHz (night time)
- 5541 kHz H24
- 8930 kHz H24
- 11345 kHz H24
- 13342 kHz H24
- 17916 kHz H24
- 23210 kHz (day time)

Tutte le frequenze sono in fonia USB, quasi tutte le frequenze H24 sono facilmente ricevibili a Torino con ricevitori tutt'altro che sofisticati (Sangean ATS 909) e con captatori poco più che decenti; i servizi aeronautici effettuati da Stockholm Radio sono ampiamente riportati sulla rete Internet all'indirizzo www.stockholmradio.telia.com/aero che comunque avvisa: Monitored frequencies intended for Flight Safety and Flight Regularity traffic only as defined in ICAO publication Annex 10, Volume II, Chapter 5.

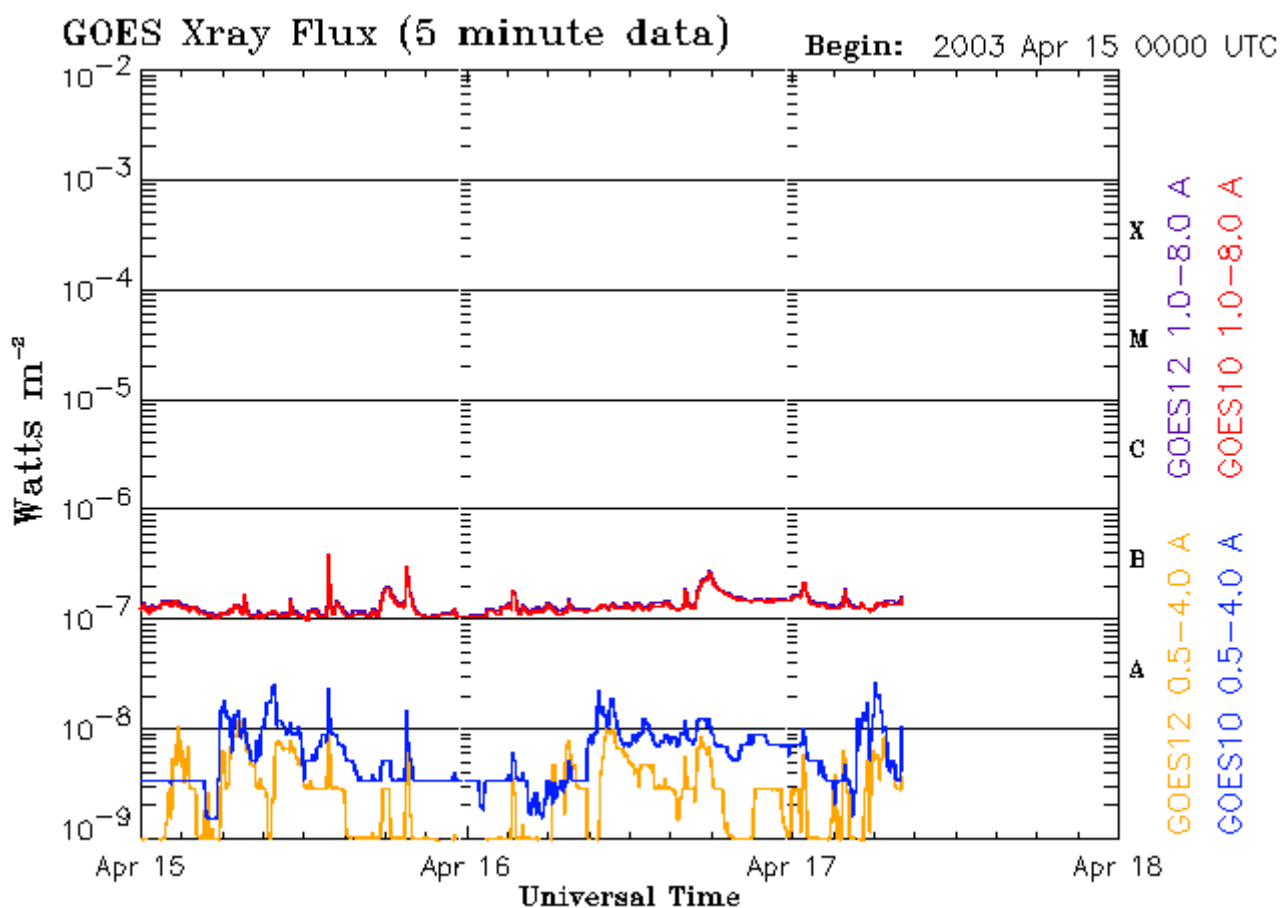
Il servizio aeronautico di Stockholm Radio utilizza 12 trasmettitori HF/SSB, AEG-Telefunken e Rockwell-Collins, ognuno con potenza commutabile tra 1 kW e 20 kW; le antenne usate sono rombiche, dipoli e log-

periodiche. I ricevitori usati sono i CR300 e CR90 della Standard e IC-R71 della Icom; le antenne utilizzate per la ricezione sono un misto di cortine TCI orizzontali e verticali log-periodiche, oltre che dipoli e verticali omnidirezionali (dati del 1999).

Per gli amanti della ricezione delle bande marittime in Onda Corta, ricordo che Stockholm Radio offre anche il servizio Seaphone in HF, sempre in USB; le frequenze costantemente monitorizzate, e quindi quelle dove è statisticamente possibile ascoltare in fonìa il maggior volume di traffico, sono:

- ch 420 dalle 21:00 alle 05:00 UTC (4122-4414 kHz full duplex)
- ch 801 H24 (8195-8719 kHz full duplex)
- ch 1203 H24 (12236-13083 kHz full duplex)
- ch 1608 dalle 05:00 alle 21:00 UTC (16381-17263 kHz full duplex)

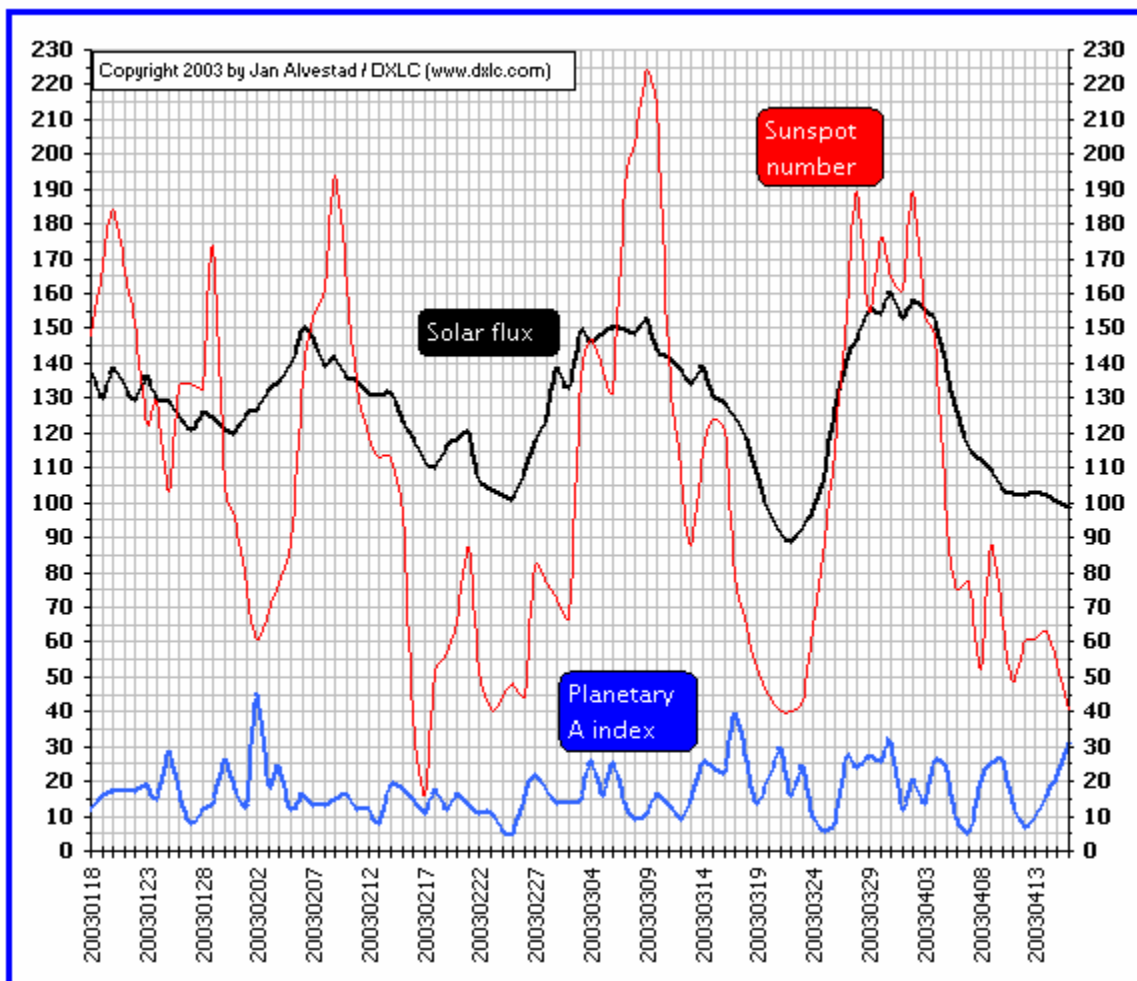
Un altro sito interessante è quello del NOAA-SEC, National Oceanic and Atmospheric Administration Space Environment Center (http://sec.noaa.gov/rt_plots/xray_5m.html) che ci fornisce via Internet l'aggiornamento in tempo reale del flusso solare per le lunghezze d'onda da 0,05 a 0,4 e da 1 a 8 Ångstrom, grazie ai satelliti GOES; tale sito è interessante perché grandi brillamenti solari su queste lunghezze d'onda causano evanescenze profonde nel campo delle Onde Corte (nell'emisfero ovviamente illuminato da sole).



Updated 2003 Apr 17 08:11:05 UTC

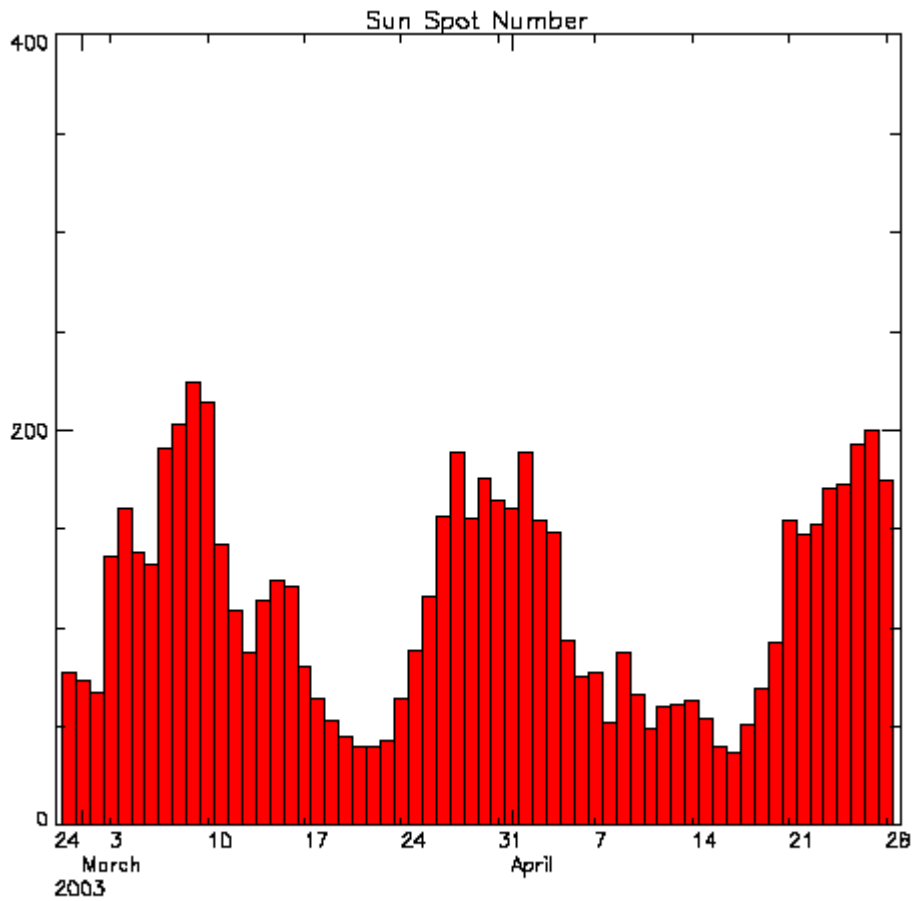
NOAA/SEC Boulder, CO USA

Altro bel posto dove andare a fare una interessante navigazione è quello del DX Listener Norway Club che propone il Solar Terrestrial Activity Report costantemente aggiornato; l'URL è www.dxl.com/solar. Ci sono anche molte altre interessanti informazioni e risultati di studi e ricerche (le carte dei cicli solari, le carte dei venti e dei fasci di elettroni emessi ciclicamente dal Sole, splendide fotografie della corona solare e dei brillamenti, etc.).



Cartina del 17 Aprile 2003 – 03:10 UTC

Tra i tanti luoghi interessanti da visitare sulla rete Internet vi vorrei anche segnalare lo Space Weather Web Server dell'ESA (l'Agenzia Spaziale Europea, cui collabora anche l'Italia) all'URL <http://www.estec.esa.nl/wmwww/wma/spweather/> da dove ho prelevato il diagramma che compare qui sotto relativo alla presenza di macchie solari nel mese di Aprile 2003; un bell'esercizio da fare è prendere il quaderno di stazione (quello dove gli OM appuntano i loro collegamenti o quello dove gli appassionati di radioascolto appuntano i dati sui loro ascolti) e controllare se effettivamente un maggior o minore numero di macchie solari è coinciso con un maggior o minore mole di collegamenti o ascolti, ed in quali bande.



Preliminary data from the GOES Satellite at W75d*

Plot Created: 29/April/2003

Nel caso qualcuno munito di telescopio ed opportuni filtri si voglia mettere a fare la conta delle macchie solari, ricordo che secondo lo Space Environment Center il calcolo delle macchie solari viene fatto utilizzando la formula $R = k(10g + s)$, dove con g si intende il numero di concentrazioni di macchie o regioni, s è il numero totale delle singole macchie in ogni regione e k è un fattore scalare che corregge le condizioni di osservazione.