

## Propagazione sui 2 metri

### Troposfera e tempo meteorologico

La troposfera è lo strato più basso dell'atmosfera terrestre, che alle nostre latitudini geografiche si estende circa fino a 11 km d'altezza. Tutti i processi che determinano il nostro tempo meteorologico si svolgono nella troposfera, questa è limitata superiormente dalla tropopausa. Se le masse d'aria troposferiche sono ben mescolate, la temperatura e l'umidità relativa dell'aria decrescono abbastanza regolarmente, con l'aumento dell'altezza. Questa situazione però non è riscontrabile molto spesso in nessun luogo della terra. Una difformità interessante si manifesta per esempio in presenza di alta pressione meteorologica, caratterizzata notoriamente da belle giornate con poco o nessun vento. In tale caso l'aria troposferica non è mescolata in modo uniforme, ma vi è aria più calda, più asciutta e perciò più leggera disposta sopra altra aria più fresca, più umida e perciò più pesante. Nella zona di contatto tra le due masse d'aria la temperatura e l'umidità variano piuttosto repentinamente. Questo passaggio è chiamato inversione di temperatura. Queste inversioni, offrono interessantissime possibilità di collegamenti dx sulle VHF. Le condizioni per i migliori collegamenti avvengono con situazione di tempo bello, caldo, anticiclonico. Vediamo di seguito i vari modi di propagazione nella troposfera.

### Troposfera

La troposfera è lo strato dell'atmosfera a diretto contatto con il pianeta e contiene la più alta percentuale della massa di tutta l'atmosfera. È caratterizzata dalla densità dell'aria e la temperatura media varia verticalmente di 6 °C per chilometro. La troposfera ospita l'80% della massa d'aria e il 99% di tutto il vapore acqueo dell'atmosfera. Il vapore acqueo gioca un ruolo notevole nella regolazione della temperatura dell'aria perché assorbe l'energia solare e la radiazione termica dalla superficie del pianeta. La temperatura e la quantità di vapore acqueo decrescono rapidamente con l'altitudine. La temperatura diminuisce verso l'alto perché il suolo è la fonte indiretta del calore solare, e raggiunge il minimo a -60°C, -70°C, nella tropopausa. La concentrazione del vapore acqueo varia anche con la latitudine. Essa è massima all'altezza dei tropici, dove può superare il 3%, e diminuisce verso le regioni polari. Tutti i fenomeni atmosferici avvengono all'interno della troposfera, tuttavia le turbolenze possono estendersi fino alla porzione inferiore della stratosfera. Troposfera vuol dire "regione di mescolamento" ed è così chiamata a causa delle vigorose correnti d'aria convettive che avvengono al suo interno. Il confine superiore dello strato varia in altezza da 8 km alle alte latitudini a 18 km sopra l'equatore. La sua altezza inoltre varia con le stagioni, maggiore in estate e minore in inverno. Una stretta zona chiamata tropopausa separa la troposfera dallo strato successivo, la stratosfera. La temperatura dell'aria nella tropopausa rimane costante all'aumentare dell'altitudine.

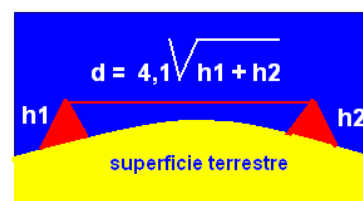
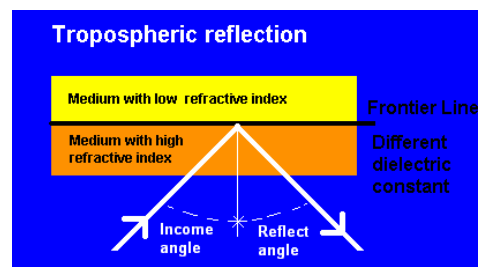
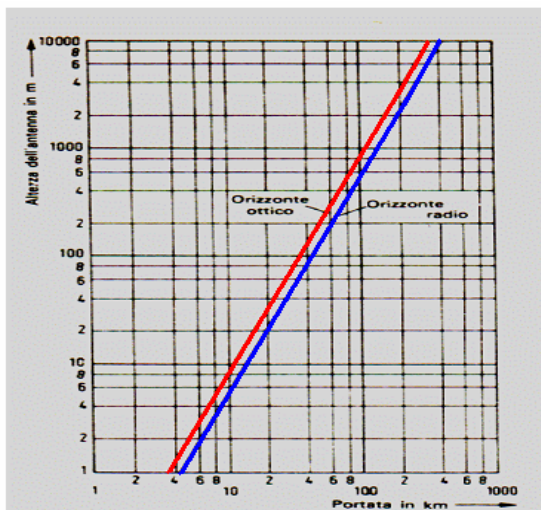
### Rifrazione di un'onda elettromagnetica

La teoria di Maxwell dice, che nel mezzo più denso, la luce (la radiazione elettromagnetica, si comporta analogamente alla radiazione luminosa) rallenta la sua corsa e perciò subisce una deviazione, ossia rifrazione, perché ogni fascio d'onde trasversali (di cui è costituita) varia la lunghezza d'onda per mantenere costante la frequenza per soddisfare la relazione fondamentale: Frequenza = velocità della luce/lunghezza d'onda. Il raggio di luce propagandosi nel mezzo più denso rallenta, e la parte superiore di ogni onda frontale sorpassa la parte inferiore, con il risultato che il raggio si incurva verso il basso. L'ampiezza di questo "incurvamento" è direttamente proporzionale all'indice di rifrazione, che è strettamente legato alla densità ottica del mezzo. L'indice di rifrazione è funzione della costante dielettrica. La radiazione elettromagnetica, che si propaga attraverso la troposfera terrestre, quindi in un mezzo più denso del vuoto, subisce una deviazione (rifrazione) sulla superficie di separazione fra i due mezzi aventi costante dielettrica diversa, alla stessa maniera della luce che passando da un mezzo meno denso ad un più denso è deviata. Interpretando la teoria elettromagnetica di Maxwell, il termine più denso sta a significare, avente costante dielettrica maggiore.

### Portata ottica

Il collegamento può avvenire in qualsiasi momento poiché le antenne "si vedono". La distanza massima copribile è limitata dalla curvatura terrestre e dipende dall'altezza delle antenne dei due corrispondenti. La portata ottica può essere calcolata con la seguente formula empirica, che tiene conto anche dell'indice di rifrazione dell'aria (d è espresso in Km e h è espresso in metri):  $d = 4,1 \sqrt{h_1 + h_2}$

Il limite di questi collegamenti è dato dall'orizzonte ottico, anche se la presenza della troposfera migliora la situazione teorica, poiché l'indice di rifrazione dell'aria è maggiore di 1 (1,00033), e questo causa sempre una certa rifrazione che può aumentare la portata ottica anche di un 20%.



### **Propagazione per rifrazione e diffrazione troposferica**

Le onde possono seguire leggermente la curvatura terrestre estendendo il radio orizzonte. Le onde subiscono un incurvamento verso il basso, (rifrazione) causato dalla presenza di masse d'aria stratificate in regioni aventi costante dielettrica diversa. Le distanze copribili possono essere indicativamente attorno ai 100 – 150 km. La diffrazione e' una propagazione non rettilinea dell'onda elettromagnetica incidente sul contorno degli oggetti. Se ci sono delle montagne in direzione della stazione corrispondente e nel caso di un alto angolo d'irradiazione che colpisce la montagna ci puo' essere una diffrazione del segnale che, nonostante molti dB di attenuazione, puo' consentire buoni collegamenti dx e che permette di svolgere un discreto traffico via tropo in vhf, anche a quelle stazioni che operano per esempio nelle valli alpine. Esistono poi fenomeni di superirrefrazione, come le inversioni di temperatura, che meritano un discorso a parte.

### **Propagazione per inversione di temperatura**

La causa forse piu' comune di rifrazione atmosferica e' dovuta alla cosiddetta *inversione termica*. Normalmente la temperatura nella bassa atmosfera (100 m. – 3000 m.) diminuisce regolarmente e in maniera costante con l'aumentare dell'altezza, se per motivi atmosferici in una certa zona, questa costante diminuzione non e' rispettata, cioe' la temperatura ricomincia ad aumentare, avviene il fenomeno dell'inversione di temperatura che da' luogo ad un incurvamento delle onde superiore al normale. Le portate per riflessione ottenibili dipendono dall'altezza dell'inversione, che in casi eccezionali puo' essere anche a 8 km. di altezza, e anche dall'angolo d'irradiazione dei segnali. Con un'altezza di irradiazione di 8 km. si ottiene dunque una portata di circa 800 km, pero' in pratica le altezze sono minori, per cui e' raro il caso di giungere oltre i 300 Km. Il dx per inversione e' spesso riconoscibile da una lenta evanescenza con poca profondita'. I collegamenti su percorsi prevalentemente marittimi sono favoriti dal fatto che il mare si presenta come una superficie uniforme, mentre in terra, a parte gli ostacoli naturali, le stesse varie condizioni del terreno influenzano gli strati d'aria superiori.

### **Troposcatter**

Questo tipo di propagazione troposferica e' provocato da turbolenze al limite superiore della troposfera che generano in continuita' delle inversioni in miniatura, la diffusione si deve alle rifrazioni multiple di agglomerati d'aria di diversa densita', che fanno da rifrangente per i segnali, per dare meglio l'idea, la diffusione (scatter=irradiazione diffusa) e' composta da simultanee rifrazioni da moltissimi piccoli oggetti. I collegamenti tropo-scatter sono possibili in qualsiasi momento anche se richiedono apparecchiature ed antenne efficaci, poiche' l'attenuazione provocata da questi ripetuti "rimbalzi" e sparpagliamenti, e' molto maggiore che non nella normale propagazione troposferica. La distanza dei collegamenti dipende molto dalle attrezzature, poiche' il segnale in arrivo per diffusione e' di norma debole, comunque con una stazione media sono possibili collegamenti di 500-800 e anche piu' Km. I segnali per diffusione troposferica, sono caratterizzati da una forte evanescenza, causata dal continuo mutare delle condizioni delle microcelle di diffusione e dai percorsi casuali che possono fare i segnali riflessi giungendo fuori fase al ricevitore (distorsione).

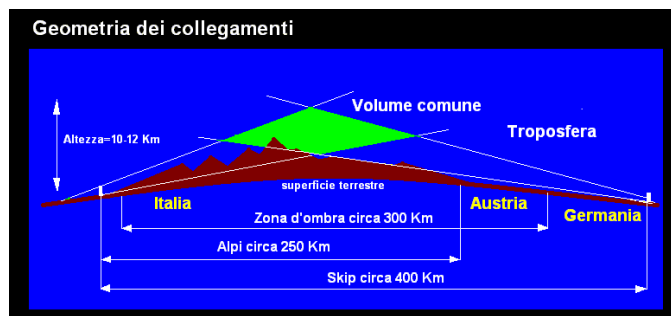
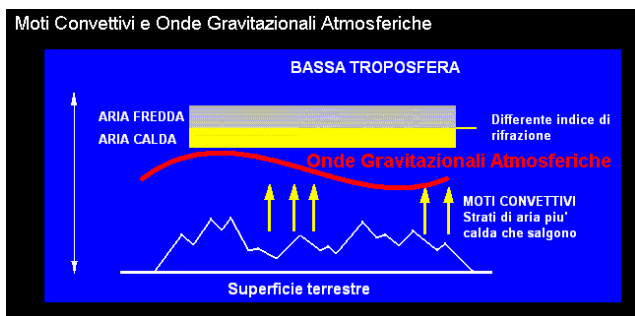
### **Propagazione per Condotti (Duct) Troposferici**

Nel caso di inversioni di temperatura con superficie molto estesa, che si formano soprattutto sopra i mari, possono avvenire rifrazioni multiple dei segnali ad opera dell'inversione, e riflessioni multiple ad opera della superficie terrestre, quindi si ha una propagazione per salto doppio o multiplo. L'inversione di temperatura innesca una caduta del contenuto di umidita' in quota (100- 1000m.) che determina la formazione del condotto. La variazione di indice di rifrazione e' dovuta al diverso tenore di umidita' nei vari strati dell'aria. Le onde radio sono bloccate come dentro una guida d'onda fra uno strato di inversione e la terra o fra due strati di inversione, seguendo perfettamente la curvatura terrestre, riuscendo a coprire distanze considerevoli. In questo caso si ha una debole attenuazione del segnale, che spesso e' ascoltabile solo alle estremita' di questa "guida d'onda" e le condizioni sono buone su aree geografiche relativamente piccole. Il fenomeno di propagazione per "Ducting" troposferico, si verifica spesso, principalmente nei mesi caldi, tra il Veneto e la Puglia, i condotti si formano sopra il mare Adriatico e consentono collegamenti su percorsi di 700 – 800 Km., in casi eccezionali il condotto puo' estendersi fino alla Grecia. Personalmente ho realizzato parecchi collegamenti tra il mio qth (Thiene –Vi, wwl: jn55rq) e la Puglia, con segnali fortissimi, lo stesso fenomeno avviene anche per i 50 Mhz. La scorsa estate ho ascoltato alla stessa ora del pomeriggio, via ducting, due stazioni in zona 7, dal Gargano, che trasmettevano rispettivamente una in 144 mhz e l'altra sui 50 mhz, a dimostrazione che se la guida d'onda e' presente per i 2 metri, puo' essere accessibile anche per i 6 metri. Come gia' detto, in alcune zone della terra, soprattutto sopra i mari, le inversioni termiche sono presenti quasi con continuita', e ad altezze molto modeste, infatti la zona piu' comune per la formazione dei condotti troposferici si estende da 100 m fino a 1000 m di altitudine, difficilmente si verificano a quote superiori, presumibilmente poiche salendo in quota la densita' dell'aria diminuisce progressivamente, riducendo sempre di piu' la probabilita' che si formi il condotto troposferico. Le condizioni meteo necessarie perche' si formino questi condotti sono: Alta pressione barometrica (su un'area piuttosto vasta), buona insolazione e assenza di vento. Per mezzo del ducta si possono superare lunghissime distanze, 1000 Km non sono una rarita', i 2000 Km. sono stati superati ripetutamente e sono stati effettuati collegamenti record via ducting, tra le coste della California e le isole Hawaii, in pieno Oceano Pacifico, con uno skip di 4000 Km. Una caratteristica della propagazione per ducting troposferico e' che i due corrispondenti devono trovarsi dentro o nelle vicinanze del condotto. Nel caso in cui le antenne si trovino in posizione elevata, e il condotto si formi solamente a pochi metri dal suolo, il segnale non riesce ad entrare nel condotto stesso. I condotti si possono formare solamente su superfici piatte o a bassa curvatura (e quindi altitudine)

### **Propagazione per mezzo di celle convettive**

Il modo di propagazione e' simile all'ordinaria propagazione troposferica, ma che trae vantaggi sostanziali da piccole variazioni locali nell'atmosfera, come la formazione di celle convettive, che producono una serie di rifrazioni lungo il percorso. I collegamenti tra il mio qth e le stazioni a nord delle Alpi, e' da attribuirsi a mio avviso a questo tipo di propagazione, la morfologia del terreno (montagne elevate e valli profonde) agevola la formazione delle celle convettive, responsabili di quelle turbolenze e variazioni nella densita' a umidita' dell'aria che come gia' detto producono una curvatura del radio segnale. La mia ipotesi e' che le aperture verso la Germania che interessano il mio qth siano da attribuirsi alla rifrazione dovuta alla presenza di piu' celle convettive lungo il percorso favorite anche dalla morfologia del terreno (montagne elevate e valli profonde), la natura accidentata del suolo agevola la

formazione delle celle, che grazie alle già citate irregolarità di pressione, umidità e temperatura potrebbero causare un'efficace rifrazione del radiosegnale. Quindi l'allineamento di una serie di celle convettive lungo la tratta, renderebbe possibile la diffusione del segnale radio vhf permettendoli di superare le alpi e, in altre parole, potrebbero essere viste come un treno di lenti con capacità rifrangenti. L'efficacia di questa rifrazione è abbastanza elevata, anche se non paragonabile in termini di intensità dei segnali a quella dovuta alla "Ducting propagation", poiché le perdite lungo il percorso possono essere notevoli. Inoltre, rispetto alla rifrazione per "Ducting" troposferici è molto più instabile e l'evanescenza è molto più marcata. Tuttavia i collegamenti sono possibili anche con antenne di modeste dimensioni, personalmente ho utilizzato anche una log periodica da 5 elementi con buoni risultati. Le celle convettive normalmente iniziano vicino al suolo e salgono di circa 1 km ogni 3 ore, pertanto in un pomeriggio estivo, alle ore 15 possono trovarsi ad un'altezza di 3 chilometri. Questa è l'altezza necessaria per superare le montagne e infatti i collegamenti sono molto più facili nelle ore del pomeriggio. Questo tipo di propagazione è stato confermato (anche se non ancora provato) da recenti studi del comitato di ricerca per la propagazione dell'RSGB. Ritengo che la forte evanescenza e instabilità dei segnali sia accentuata dalla mia vicinanza alle montagne (8 km.) che possono anche causare delle riflessioni indesiderate, introducendo ulteriori perdite, un progressivo allontanamento dovrebbe migliorare lo skip e attenuare la presenza del qsb negativo.

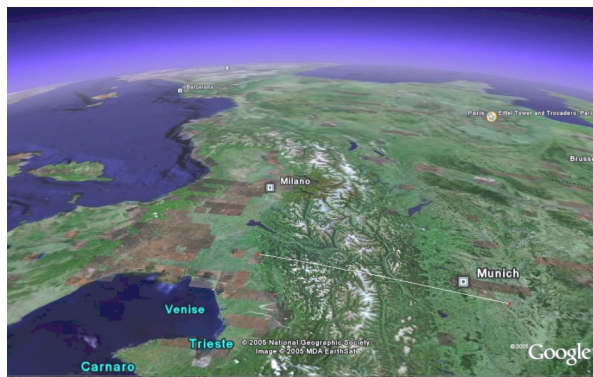
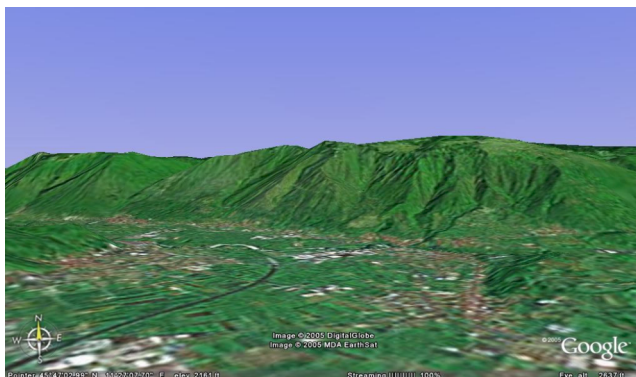


### L'Irraggiamento del sole e la Morfologia del territorio determinano la Formazione delle celle Convettive

L'irradiazione solare sulla superficie terrestre ha un ruolo molto importante sulla propagazione dei segnali VHF all'interno della troposfera, poiché determina il riscaldamento degli strati d'aria. La morfologia del territorio influenza in maniera determinante le condizioni di propagazione nella troposfera, noi sappiamo che i collegamenti su percorsi marini, sono favoriti oltre che dalla mancanza d'ostacoli naturali anche dalle migliori condizioni troposferiche indotte dalle masse d'acqua che possono formare vaste aree d'inversione di temperatura che si possono trasformare in veri e propri condotti troposferici, all'interno dei quali i treni d'onde possono viaggiare con relativamente bassa attenuazione. Dalla conformazione della terra dipende quindi una serie di fattori quali: la diversa distribuzione dei raggi solari sulle varie zone della superficie terrestre, la diversa capacità termica delle varie zone della terra, la differente disponibilità di vapore acqueo, la deviazione delle masse d'aria in movimento alle quote più basse. Ciascuna conseguenza ha una diretta ricaduta sulla dinamica e sulle condizioni dell'atmosfera. Venendo al percorso troposferico in esame, siamo in presenza di una tratta prevalentemente montuosa, con vette molto alte e vallate profonde, difficile quindi da analizzare poiché la morfologia del terreno è complessa. Tuttavia, la presenza di profonde vallate sembra favorire per effetto del diverso riscaldamento del suolo, la formazione di moti convettivi che dovrebbero essere il sostegno della propagazione verso la Germania. Il possibile allineamento di queste celle convettive dovrebbe formare un insieme di lenti capaci di portare i segnali oltre le alpi. Quest'allineamento non sempre è possibile e non sempre è in grado di sostenere la propagazione, a conferma della forte instabilità dei segnali soggetti a rapida e improvvisa evanescenza. Le stazioni arrivano anche molto forti per poi scomparire e ricomparire nuovamente dopo alcuni minuti.

Ho avuto modo di discutere con il Dr. Volker Grassmann, DF5AI, che è stato in passato ricercatore al Max Planck Institute (Facoltà di Aeronautica) circa le varie condizioni di propagazione troposferica. DF5AI mi faceva notare come la propagazione via Tropo non può essere generalizzata, ma bensì studiata in relazione alla morfologia locale del territorio dove si svolge il collegamento. Ogni tratta ha le sue caratteristiche indotte dalla conformazione fisica del territorio, cioè dalla presenza di masse d'acqua, valli e catene montuose che influenzano significativamente i movimenti d'aria nella troposfera.

### Analisi dei collegamenti Transalpini



La città di Thiene si trova al margine estremo della pianura veneta ai piedi dell'altopiano di Asiago. Le pendici delle montagne si trovano a circa 8 km di distanza e il take off verso nord risulta completamente coperto (foto in alto a sinistra). Tuttavia i collegamenti con le stazioni del sud della Germania sono abbastanza frequenti, nonostante sulla carta siano quasi impossibili.

Ho cercato di spiegarmi quale tipo di fenomeno supporti la propagazione sulle tratte transalpine, come evidenziato nella foto in alto a destra.

### Celle convettive

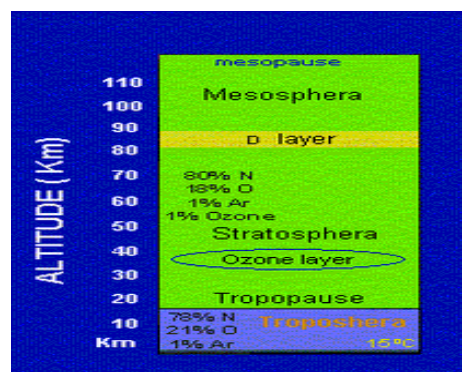
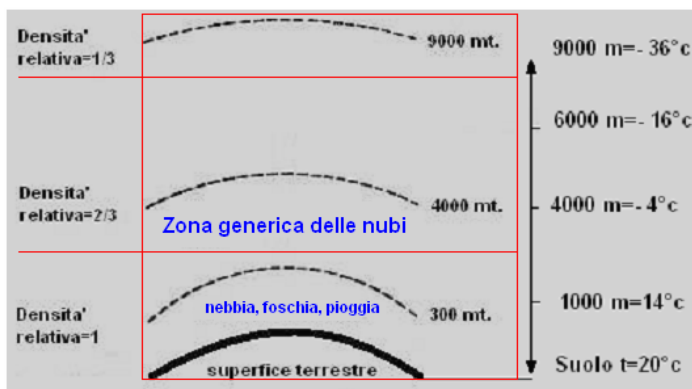
L'aria si muove perché la superficie terrestre è riscaldata in modo diseguale. Al variare della temperatura, varia la densità dell'aria e quindi la pressione atmosferica, si formano quindi delle forze che tendono a ripristinare l'equilibrio barico, mettendo in moto l'aria. Come nella realtà ciò avvenga è piuttosto complesso, perché molte sono le variabili che entrano in gioco, ma in termini ideali la cosa è piuttosto semplice. Prendendo a prestito il classico esempio della pentola d'acqua posta su un fornello, avremo che l'acqua immediatamente sopra la fonte di calore si riscalda e dilatandosi diviene più leggera e si porta verso l'alto, determinando una parziale diminuzione di pressione sul fondo della colonna centrale e un aumento di pressione in superficie. Si è, in tal modo, creata una disomogeneità barica tra la colonna centrale, sopra il fornello, e le pareti laterali (fredde), nascono così delle forze che tendono a ripristinare l'equilibrio alterato, mettendo in moto l'acqua: dal centro verso le pareti, in superficie, e dalle pareti verso il centro, sul fondo. Avremo così, quella che, in termini tecnici, assume il nome di **cella convettiva**. Il sistema appena descritto vale pari pari anche in atmosfera ogni qual volta il sistema di circolazione sia di dimensioni relativamente limitate (dalle decine di metri fino alle decine di chilometri come nel caso delle brezze). In termini generici, i moti delineati caratterizzano anche la circolazione generale dell'atmosfera terrestre, determinata dalla differente insolazione tra polo ed equatore. Su grandi scale però altri fattori, conseguenza della rotazione terrestre e della diseguale distribuzione di mari e terre emerse, divengono importanti, determinando così, ad esempio, la formazione della fascia dei grandi *anticicloni perenni*, come l'Anticiclone delle Azzorre, ma anche di venti superficiali caratteristici come gli *alisei*. Le aree più favorevoli all'instaurarsi di celle convettive a piccola o media scala sono quelle ove il suolo presenta grande varietà per copertura e per natura (brezze mare-terra), o dove il terreno risulti particolarmente accidentato (brezze valle-monte), infatti, la variabilità di pendenza crea una disomogeneità di riscaldamento in conseguenza della diversa esposizione del suolo ai raggi solari.

### Azione delle Onde Gravitazionali Atmosferiche

Un contributo importante che sostiene la propagazione VHF sopra le Alpi, viene a mio avviso dalle onde Gravitazionali Atmosferiche. La presenza della catena delle Alpi genera una serie di onde gravitazionali che si propagano dalla superficie fino ai limiti della troposfera e anche oltre. L'azione delle O.G. sulle bolle d'aria sostenute dai moti convettivi sarebbero la causa delle irregolarità che causano il variare dell'indice di rifrazione e quindi in grado di supportare la propagazione delle onde elettromagnetiche.

### Limite della troposfera

La distanza dei collegamenti dx, in VHF viene influenzata dall'altezza della troposfera, o meglio dall'altezza di quella parte della troposfera dove la densità dell'aria e di conseguenza di quelle variazioni di cui ho già precedentemente parlato, e' ancora sufficiente per consentire una rifrazione dell'onda elettromagnetica. Fino a 300 metri dal suolo, la densità dell'aria e' uniforme, per ridursi a 2/3 ad un'altezza di 4000 metri e di 1/3 a 9000 metri dal suolo. La troposfera contiene il 90% dell'atmosfera terrestre e il 99% del vapore acqueo; e' formata per il 21% di ossigeno molecolare (O<sub>2</sub>), per il 78% di azoto molecolare (N<sub>2</sub>) e sono presenti in quantità del tutto trascurabile (1-2%) anche altri gas. La zona dove e' più probabile trovare le condizioni per un'efficace rifrazione, per quanto detto sopra, si trova negli strati più bassi della troposfera. Fino a 300 metri di altezza, troviamo particelle di polvere, foschia, umidità e variazioni di temperatura, man mano che si sale l'atmosfera diventa via via più pura e meno densa, riducendo progressivamente le capacità di rifrazione. E' questo il motivo per cui gli strati di inversione (Condotti troposferici) sono presenti fino ad altezze indicative che arrivano ai 1000 m. Per consentire il collegamento, la rifrazione deve avvenire in un'area definita della troposfera, denominata "volume comune". Nella Tropopausa, la temperatura e' costante (-60 gradi C°), la densità dell'aria e' molto bassa e quindi non sono possibili variazioni dell'indice di rifrazione di nessun genere. In linea di principio, la temperatura della terra diminuisce di circa 6 gradi centigradi ogni 1000 metri di altitudine, questo a causa della progressiva riduzione della densità dell'aria



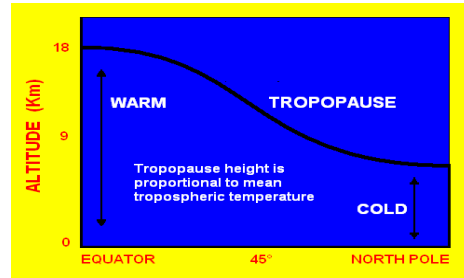
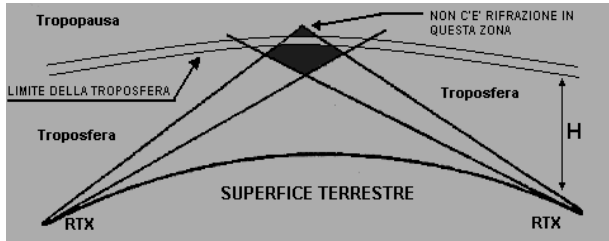
### Altezza della troposfera

Una ragione delle migliori condizioni estive per il dx sulle Vhf potrebbe essere la maggior rifrazione per il radio orizzonte più grande, dovuto alla maggiore umidità dell'aria più calda e al maggiore gradiente di temperatura. L'altezza della troposfera varia a seconda delle stagioni e della latitudine. Questo influenza le possibilità dei nostri collegamenti a lunga distanza. La tropopausa e' il limite superiore della troposfera, che contiene le celle di diffusione in grado di diffondere (Scatter) i nostri radio segnali. Il limite della tropopausa e' quindi il punto più alto dove possiamo trovare queste celle. Uno dei motivi delle migliori condizioni di propagazione dei mesi estivi, potrebbe essere dovuto alla maggiore altezza della tropopausa in estate. A proposito dell'aumento del radio orizzonte, e' stato calcolato che per effetto del riscaldamento dell'aria e del contenuto di vapore acqueo, il raggio reale della

terra di 6375 Km, possa assumere un valore virtuale due volte e mezzo maggiore, come se fosse 16000 Km. Questo significa che l'attenuazione su un percorso puo' ridursi di ben 60 dB (incremento di 1000 volte della tensione in arrivo), rendendo un collegamento a oltre 300 Km di distanza, da impossibile ad abbastanza buono.

### Volume comune

E' quella zona nella troposfera dove puo' avvenire la rifrazione del segnale , e' un'area ampia e indefinita , e che dipende tra le altre cose dagli agli angoli di irradiazione delle antenne , e' legata alle continue variazioni e turbolenze dell'atmosfera comunque per quanto gia' detto si puo' trovare ad altezze in genere fino a 3 – 4 Km. In quest'area i fasci d'onda dei corrispondenti si incrociano per cosi' dire in un volume "comune" della troposfera, il posizionamento in altezza di questa zona ,influenza la distanza del collegamento. Quest'area ha come limite superiore la tropopausa, sopra di essa, non essendoci variazioni di alcun genere non puo' esserci rifrazione.



### Evanescenza

A causa della diffusione del segnale dovuta a tantissime riflessioni simultanee che possono arrivare fuori fase al ricevitore, ci puo' essere una piu' o meno forte distorsione del segnale, per avere una buona ricezione e' necessario che tutti i piccoli segnali risultanti dalle micro rifrazioni arrivino in fase al ricevitore. Il fading lento dei segnali tropo e' da attribuire soprattutto ai cambiamenti nelle condizioni di rifrazione nell'atmosfera, mentre il fading rapido e' causato dai movimenti delle irregolarita' su piccola scala che sono responsabili del processo di "scatter".

### E sporadico iper denso

Lo strato Es puo' raggiungere livello di densita' elettronica anche piu' del doppio rispetto all'E ordinario diurno.

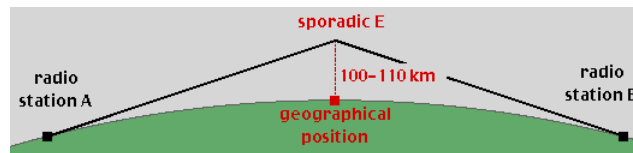
Dalla densita' di ionizzazione delle nubi di E sporadico, dipende la frequenza che è rimandata a terra, il dx sui 144 Mhz si presenta nell'1% dei casi in cui è accertato l'Es utile per le frequenze HF. Per elevare le MUF oltre i 50 Mhz, sono necessari agglomerati iperdensi con concentrazione elettronica N elevatissima e in grado di Deviare raggi radenti fino a 200 Mhz, questo accade in maniera meno marcata rispetto ad esempio ai 50 Mhz, dove nei mesi estivi, le aperture sono quasi giornaliere.

L'improvviso accorciarsi dello skip sui 50 Mhz , puo' essere un' indicatore che le MUF d'E sporadico sono salite fino alla gamma dei 2 metri . Ma che cosa innesca il repentino aumento delle MUF? A questa domanda non sappiamo dare una risposta.

E' solo possibile formulare delle ipotesi come:

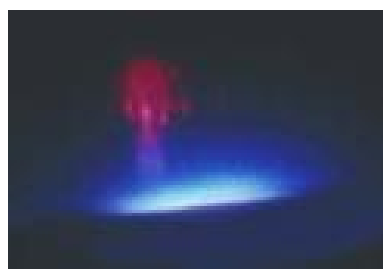
- ablazione meteorica
- fenomeni meteorologici (temporali)

Vorrei di seguito approfondire quest'ultima ipotesi che deriva da una ricerca condotta dal Dr. Volker Grassmann-DF5AI.



### E sporadico e il ruolo dei temporali nella generazione delle irregolarita' del plasma

Ogni anno tra Maggio e Agosto i radioamatori realizzano centinaia di collegamenti sulla lunga distanza (800-3.500 km) in 144 MHz. Tutte queste comunicazioni sono possibili grazie a delle irregolarita' nel plasma ionosferico all'altezza della regione E , chiamate E sporadico. Si hanno quindi collegamenti a singolo e talvolta anche a doppio salto. Occasionalmente forti temporali si verificano in prossimita' del centro (punto di riflessione) dei percorsi dei radio collegamenti L'ipotesi e' quella che i temporali siano una possibile fonte d'innesco per l'E sporadico soprattutto per i fenomeni piu' intensi, responsabili dell'innalzamento delle MUF sopra i 144 mhz. Questa ipotesi tuttavia non e' del tutto accettata dalla comunita' internazionale dei radioamatori poiche' l'effetto dei temporali sulla formazione dell'E sporadico non e' stata ancora dimostrata con convinzione scientifica, anche se recentemente e' stata pubblicata una recensione sull'autorevole rivista scientifica „Nature“ dove si discute in merito alla connessione tra temporali e ionosfera la cui traduzione e' riportata di seguito.



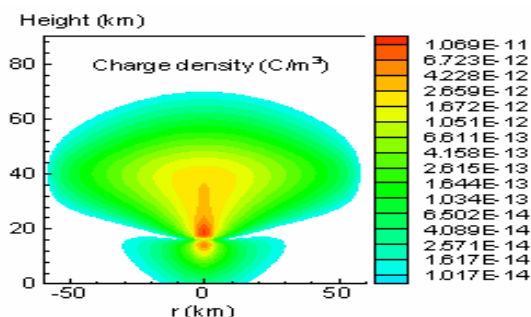
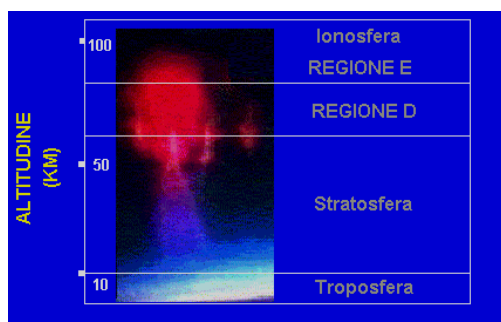
### Lightning-induced intensification of the ionospheric sporadic E layer

C. J. Davis and C. G. Johnson - Nature 435, 799-801 (9 June 2005) | doi: 10.1038/nature 03638

TRADUZIONE: Una possibile correlazione tra i temporali e la ionosfera è stata ipotizzata fin dagli anni 20. Per spiegare questa relazione sono stati proposti parecchi meccanismi e misurazioni. Che dimostrano come i fulmini interagiscono con la bassa ionosfera ed evidenziano come all'interno dello strato E sporadico si localizzino strutture con elevata densità elettronica nella regione E della ionosfera alle medie latitudini che interagiscono con la propagazione delle onde radio. Queste strutture possono essere modulate dai temporali. In questo caso identifichiamo a livello statistico, un'intensificazione e un'abbassamento in altitudine dell'Es alle medie latitudini sulla ionosfera soprastante i temporali. Poiché non si è trovato un analogo responso nella regione E senza fulmini, possiamo concludere che queste intensificazioni localizzate di Es possono essere attribuite ai fulmini. Con molta probabilità il fenomeno può essere spiegato con le onde gravitazionali che propagandosi verticalmente, trasferiscono energia dal luogo del fulmine alla ionosfera o scariche elettriche verticali, oppure da una combinazione di questi due meccanismi.

### Possibili effetti legati agli sprites

Si tratta di fenomeni simili ai fulmini che si sviluppano però nella stratosfera ad un'altezza compresa tra i 10 e i 100 chilometri, avvengono quindi delle scariche elettriche della durata di qualche decimo di secondo che si sviluppano a causa della differenza di potenziale tra le nubi e l'alta atmosfera. Tali eventi arrivano ad interessare la regione E e potrebbero impattare in maniera significativa sulla struttura della ionosfera.



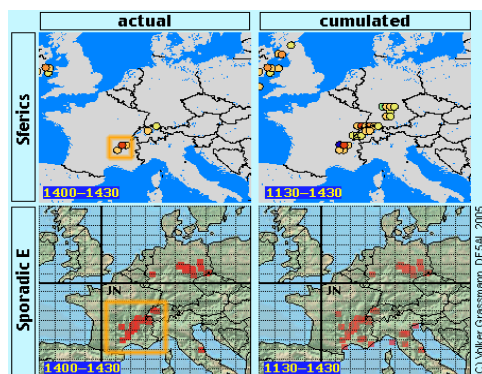
Sviluppo in verticale di uno sprite, la scarica si propaga dalla troposfera fino ad un'altezza di 100 chilometri, coinvolgendo direttamente la Ionosfera (regione D e regione E). Gli eventi più estesi hanno un diametro che può arrivare a 100 Km. e possono propagarsi in un volume di 10000 chilometri cubi.

### Il progetto

Il progetto consiste nell'investigare la correlazione spazio-temporale tra le aperture di Es in 144 MHz e i temporali.

**Propagazione sui 144 MHz:** costantemente monitorata attraverso i report di molti OM attivi che registrano data, ora, frequenza e posizione geografica.

**Temporali:** rappresentata dalla registrazione delle sferiche (impulsi radio a bassa frequenza emessi dai fulmini) pubblicati da vari istituti meteorologici su internet.



Utilizzando le osservazioni di molti OM, abbiamo registrato la distribuzione spazio-temporale dell'apertura di Es nell'Europa centrale avvenuta il 27 Giugno 2004 confrontandola con la registrazione meteorologica delle sferiche sull'Europa

### Discussione

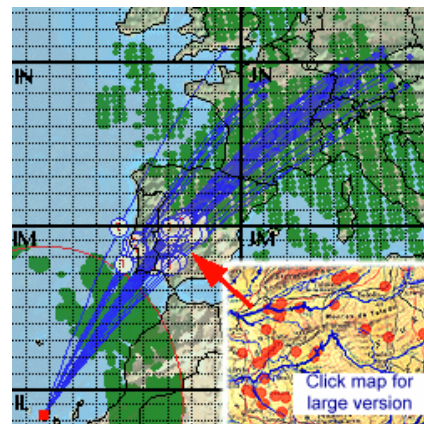
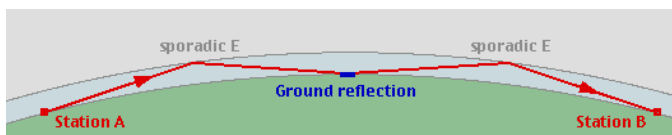
Durante il mese di Giugno un'alta attività di E sporadico e di sferiche sono molto comuni; e non è una sorpresa che entrambe possano verificarsi nella stessa posizione geografica. In questo caso particolare tuttavia, l'E sporadico e la posizione delle sferiche, mostra una distribuzione spazio-temporale molto simile. Questi risultati indicano che gli effetti convettivi di un temporale generando

onde gravitazionali che si propagano dalla bassa atmosfera all'atmosfera superiore stimolino la generazione dell'E sporadico? E' possibile che questo risultato indichi un processo dinamico alle medie latitudini simile a quanto avviene nell'atmosfera tropicale dove alcuni fenomeni come TID (Disturbi ionosferici mobili) e spread F equatoriale sono davvero causati dai moti convettivi dei temporali? Non possiamo al momento rispondere a questa domanda perché i dati raccolti non sono ancora sufficienti e non è possibile addirittura escludere del tutto un risultato casuale. Tuttavia noi crediamo che questi risultati siano motivo di ulteriori e più approfonditi studi e motivo di una più stretta collaborazione tra gli esperti scientifici e gli OM operanti sulle VHF (simile a quanto avvenne negli anni 60' e 70' con la ricerca sull'Aurora). Le osservazioni dei radio amatori possono solamente rilevare la presenza dell'apertura di Es e la presenza contemporanea di temporali. I dati scientifici sono invece necessari per analizzare il fenomeno nel dettaglio per esempio con l'utilizzo di radar ionosferici e ionosonde nell'area dell'Europa centrale

### Propagazione E sporadico a doppio salto

**IPOTESI:** La riflessione al suolo al centro del percorso potrebbe essere supportata da importanti corsi d'acqua, come analizzato per una serie di qso tra le Canarie e la Germania in uno sud. Infatti estrapolando i dati di entrambe le stazioni è possibile stabilire il punto mediano di riflessione. La superficie terrestre è un riflettore piuttosto scarso dei segnali VHF. Quando nel punto centrale di riflessione c'è acqua (un oceano o un grande lago) la riflessione è molto più efficiente. Questo appare ancora più vero dalle analisi di alcuni qso fatte dall'amico Volker DF5AI, dove appare evidente come la riflessione terrestre nel punto mediano sia supportata da alcuni importanti corsi d'acqua. Nella figura in basso infatti evidenzia una serie di collegamenti tra le isole canarie e Germania dove il punto mediano coincide con un'area geografica in Estremadura - Spagna ricca di fiumi. Questa discussione focalizza l'attenzione sulla posizione geografica delle riflessioni al suolo, molte altre osservazioni sembrano correlate con la posizione di laghi o fiumi importanti in grado di supportare una riflessione dell'onda incidente. Tuttavia il concetto della riflessione attraverso laghi e fiumi deve essere considerata una speculazione che è davvero supportata da molti esempi anche se una verifica finale non è ancora disponibile. Anche se questo fenomeno veramente esiste, non può spiegare tutti i casi di propagazione Es a doppio salto. In alcuni casi sembra che le riflessioni siano correlate alla posizione delle rotaie delle linee ferroviarie.

La capacità riflettente della terra varia da eccellente a estremamente scarsa. Dipende dalla posizione geografica: l'acqua salata presenta una costante dielettrica  $K=81$  e una conduttività  $G=5$  S/m, area agricole o coperte da foreste presentano una costante dielettrica  $K=13$  e  $G=0,006$  S/m mentre le aree urbane e industriali in genere presentano un  $K=3$  e  $G=0,0015$  S/m.



### Propagazione transequatoriale sui 144 mhz

La propagazione trans equatoriale è basata sulla riflessione delle onde radio nella regione F2 ionosferica che si estende da 250 a 500 Km di altitudine. Questo strato non riflette i segnali VHF e perfino i 50 mhz vengono riflessi solo in determinati momenti favorevoli e durante i periodi di alta attività solare. Perché in certe circostanze sono possibili collegamenti sui 144 Mhz tra stazioni situate all'incirca alla stessa latitudine ma in emisferi opposti?

La massima frequenza riflessa dalla regione F2 dipende dalla combinazione di parecchi fattori:

- Densità di ionizzazione presente
- L'angolo di irradiazione del segnale nella ionosfera
- La presenza di irregolarità nella ionizzazione
- Collegamenti a singolo salto non sono possibili in 144 mhz perché la ionizzazione non è mai così alta da permettere ad un segnale di superare l'orizzonte per raggiungere lo strato F2 con un angolo di incidenza così piccolo da essere riflesso.

Una possibile spiegazione del fenomeno è da ricercarsi nella presenza di molte irregolarità che assieme ad elevate ionizzazioni e bassi angoli incidenti, permettono al segnale di essere riflesso verso terra anziché perdersi nello spazio.

Un'anomalia che senza alcun dubbio influenza il meccanismo è l'anomalia equatoriale, una curvatura ionosferica a cavallo dell'equatore geomagnetico, dove per 20° a nord e a sud (significa una fascia larga circa 4000 Km.), la ionosfera ha uno sviluppo cupolare. Questa struttura presenta due regioni, una a nord e l'altra a sud dell'equatore dove la ionosfera è inclinata verso l'alto. La curvatura fa sì che il segnale arrivi con un'angolo di attacco più basso e sufficiente e deviarlo verso l'emisfero opposto dove viene riflesso nuovamente verso terra. In questa regione ionosferica curva, si crea in determinate circostanze una gigantesca guida d'onda in grado di supportare il segnale per migliaia di chilometri.

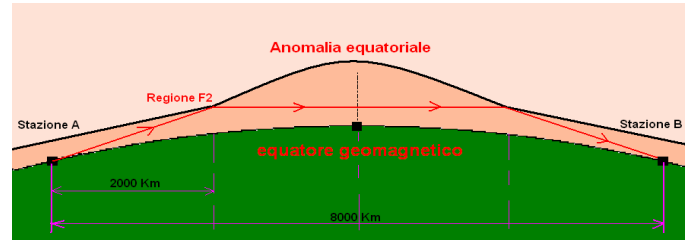


Fig. ANOMALIA EQUATORIALE: Perché il meccanismo della TEP funzioni è necessaria un'elevata ionizzazione in entrambi i lati della regione ionosferica curva. Sui 144 mhz la ionosfera è molto esigente e critica, pertanto le condizioni favorevoli in grado di supportare le aperture sono davvero rare. Lo strato F deve avere di base un'elevata ionizzazione residua e questo si verifica durante la fase massima del ciclo solare. Inoltre gli emisferi devono essere equamente illuminati dal sole (periodi equinoziali) con condizioni di tempo meteorologico buono corrispondente ad estesi fronti di alta pressione in entrambi i lati dell'equatore. Nella figura è illustrato in sintesi il percorso del segnale: la prima riflessione avviene nella regione F2 ad una distanza di oltre 2000 Km. dal trasmettitore. Sui 144 Mhz, grazie alle antenne direttive ad alto guadagno e poste a parecchie lunghezze d'onda dal suolo è possibile ottenere angoli d'irradiazione molto bassi e quindi per un semplice effetto trigonometrico è possibile ottenere distanze di salto decisamente più lunghe rispetto alle gamme HF.

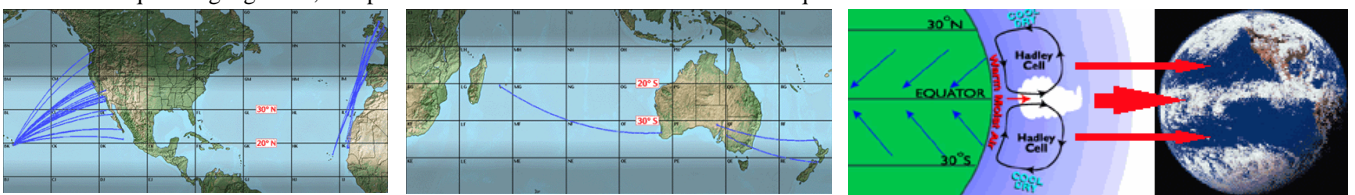
### Comportamento della Ionosfera in VHF

Riporto di seguito una tabella che riporta il comportamento della ionosfera in VHF. I dati sono riferiti ad un segnale che transita per una sola volta e irradiato con un'angolo di 90°. Per effetto delle fisiologiche variazioni del plasma (attività solare, posizione geografica, ora) i dati possono variare di un fattore di +/- 10. Per un'elevazione di 10° tutti i numeri diventano circa 4 volte più grandi.

Influence of the ionosphere at VHF	100MHz	200MHz
Change of phase path length	-400m	-100m
Change of group path length	+400m	+100m
Refraction	0.02deg	0.005deg
Phase change	-48000deg	-24000deg
Frequency shift	6Hz	3Hz
Time shift	1.3microsec	0.3microsec
Polarisation rotation	380deg	95deg
Absorbition	0.05dB	0.012dB

### Collegamenti troposferici sulle lunghissime distanze e celle di Hadley: Analisi dei collegamenti troposferici superiori ai 3000 km di distanza.

I qso troposferici su distanze che superano i 3000 km devono essere considerati come una rarità. Non mancano però le segnalazioni di parecchi collegamenti dx su portate da 3000 fino a 6000 km, dai 144 mhz ai 5,78 ghz, che evidenziano un numero sistematico di possibilità. Tutti questi eventi si localizzano in 4 aree geografiche ben definite, caratterizzate dal fatto di trovarsi in una fascia a cavallo dell'equatore geografico, compresa tra 20° a nord e a sud della linea equatoriale.



I percorsi propagativi si estendono sopra larghe superfici marine. La frequenza degli eventi sembra evidenziare degli anni di alta e bassa attività. Infatti, tutti questi straordinari qso sono strettamente correlati. Per esempio: i qso tra le Hawaii e gli USA continentali, tra le isole Canarie e le isole Britanniche, tra Capo Verde e la penisola Iberica, tra le Reunion nell'Oceano Indiano e l'Australia occidentale e anche tra l'Australia e la Nuova Zelanda, possono essere interpretati nella stessa maniera. Su entrambi i lati dell'equatore, noi troviamo le Celle di Hadley, che creano una fascia dove si localizzano: calma di venti, alte temperature e cielo libero da nuvole con il risultato finale di avere degli strati d'inversione troposferica sopra gli oceani.

Questa è la spiegazione principale dei collegamenti dx ma non abbiamo ancora capito i dettagli. A prima vista, l'occorrenza dei collegamenti appare correlata con il movimento annuale del sole e con la variazione annuale della temperatura della superficie del mare, che raggiunge il picco uno o due mesi dopo il solstizio d'estate (emisfero nord) e con il solstizio d'inverno (emisfero sud) rispettivamente. Questo approccio può spiegare i massimi di Agosto delle aperture dx sopra i 3000 km nel settore Africa/Europa e nel settore Australiano in Dicembre e Gennaio, ma non è in grado di spiegare per esempio i collegamenti tra Hawaii e California. Qui ci possiamo aspettare una intensa stagione di dx perché nel pacifico orientale sono presenti spesso intense inversioni troposferiche. Il numero di qso tuttavia mostra un netto picco nel mese di Luglio, difficile da spiegare. Questi eccezionali collegamenti troposferici possono essere interpretati come delle guide d'onda troposferiche, ma ci sono numerosi fattori ancora poco chiari e che richiedono una maggiore investigazione.



## Conclusion

Con questo articolo si conclude la serie dedicata allo studio della propagazione sulle gamme amatoriali HF e VHF. Per chi interessato il piano completo dell'opera pubblicata su Radio Rivista e' il seguente:

- Propagazione sui 160 metri
- Propagazione sugli 80 metri
- Propagazione sui 40 metri
- Aurora sui 40 metri
- Propagazione sui 20 metri
- Propagazione sui 15 metri
- Propagazione sui 10 metri
- Propagazione sulle gamme Warc
- Propagazione sui 6 metri
- Propagazione sui 2 metri

**Un ringraziamento particolare al Dr. Volker Grassmann, DF5AI , per la preziosa consulenza. Il materiale relativo all'effetto dei temporali sulla propagazione e alla propagazione Es doppio salto, deriva dalle ricerche condotte dall'amico Volker.**

Flavio Egano - ik3xtv

Amateur radio propagation studies [www.qsl.net/ik3xtv](http://www.qsl.net/ik3xtv)

---

## Bibliografia:

Propagation studies- DF5AI Dr. V.Grassmann

“Arbeits und Stationspraxis im Funkfernverkehr” di G.Gerzelka

“Antenne linee e propagazione” di N.Neri, I4NE

“Come si diventa Cb e Radioamatore” di M.Miceli, I4SN

Top of pageRutherford Appleton Laboratory, Chilton, Oxfordshire OX11 0QX, UK

“Everyday vhf,uhf, and shf propagation” di P.Hansen, OZ1RH

ARRL Handbook

Nature 435, 799-801 (9 June 2005) | doi: 10.1038/nature03638

vhfdx.net – EA6VQ

Mappe geografiche realizzate con Google Earth

Foto dei fulmini tratta dal sito web del corriere della sera [www.corriere.it](http://www.corriere.it)