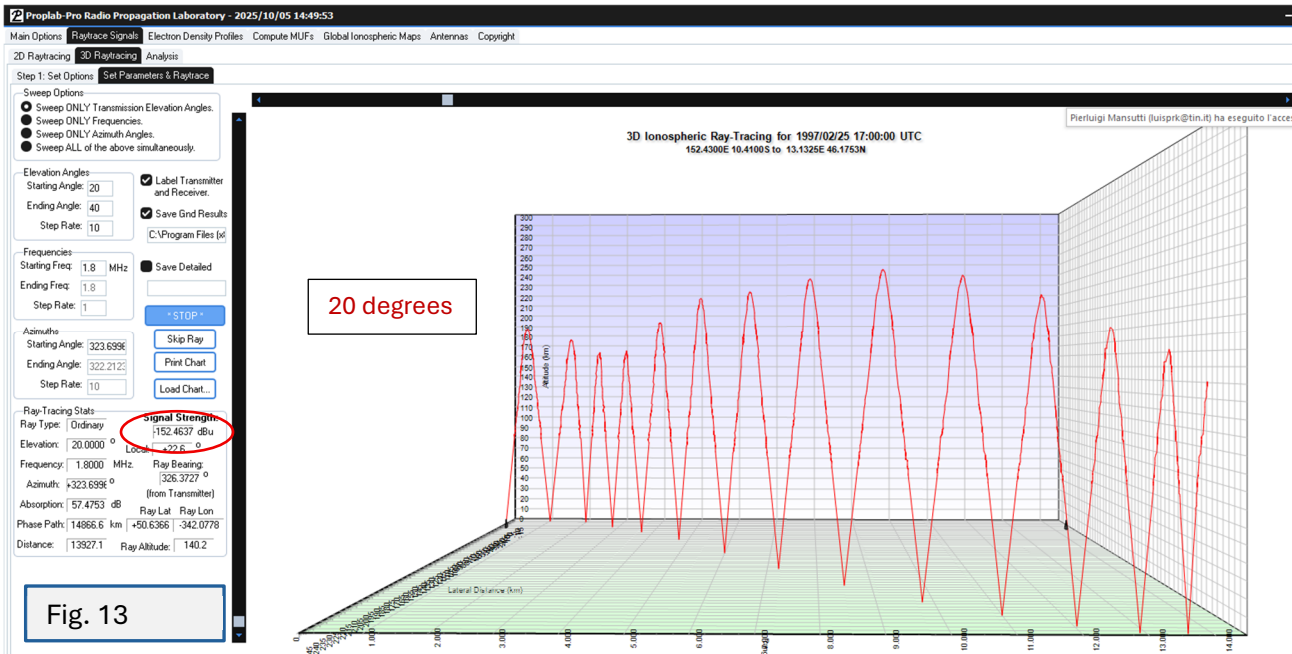


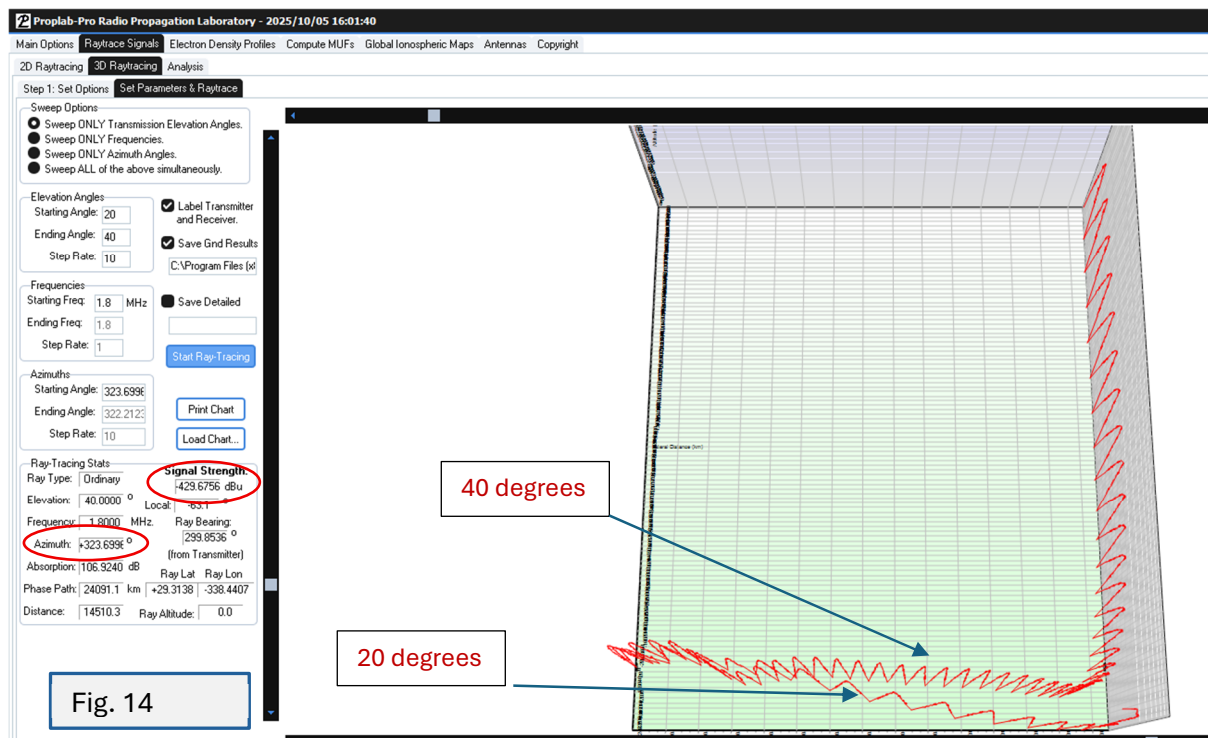
P29VXX: alla ricerca del DUCTING con Proplab Pro – Parte 2° concludendo con un interessante articolo di K9LA.

by Pierluigi “Luis” Mansutti, IV3PRK

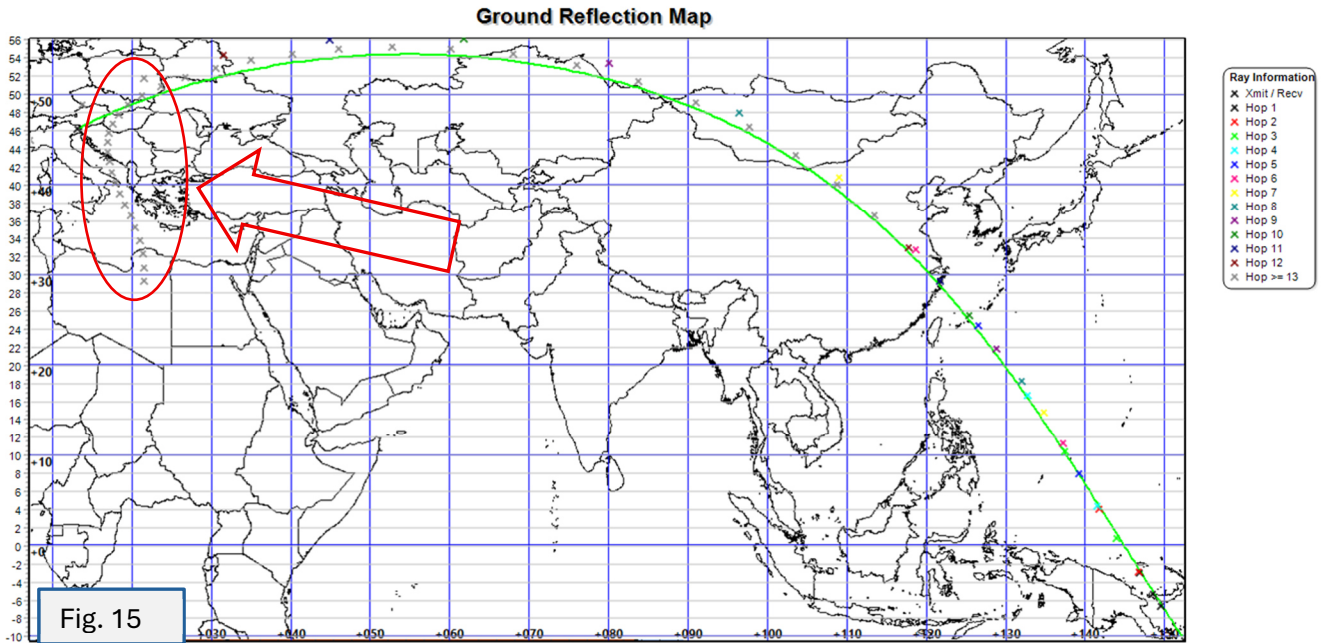
Dopo aver cercato invano il ducting anche sopra i 10 gradi, ho voluto vedere cosa succede, sempre alle 17.00 UTC, anche ad angoli più alti, dai 20 ai 40 gradi di radiazione (Fig. 13).



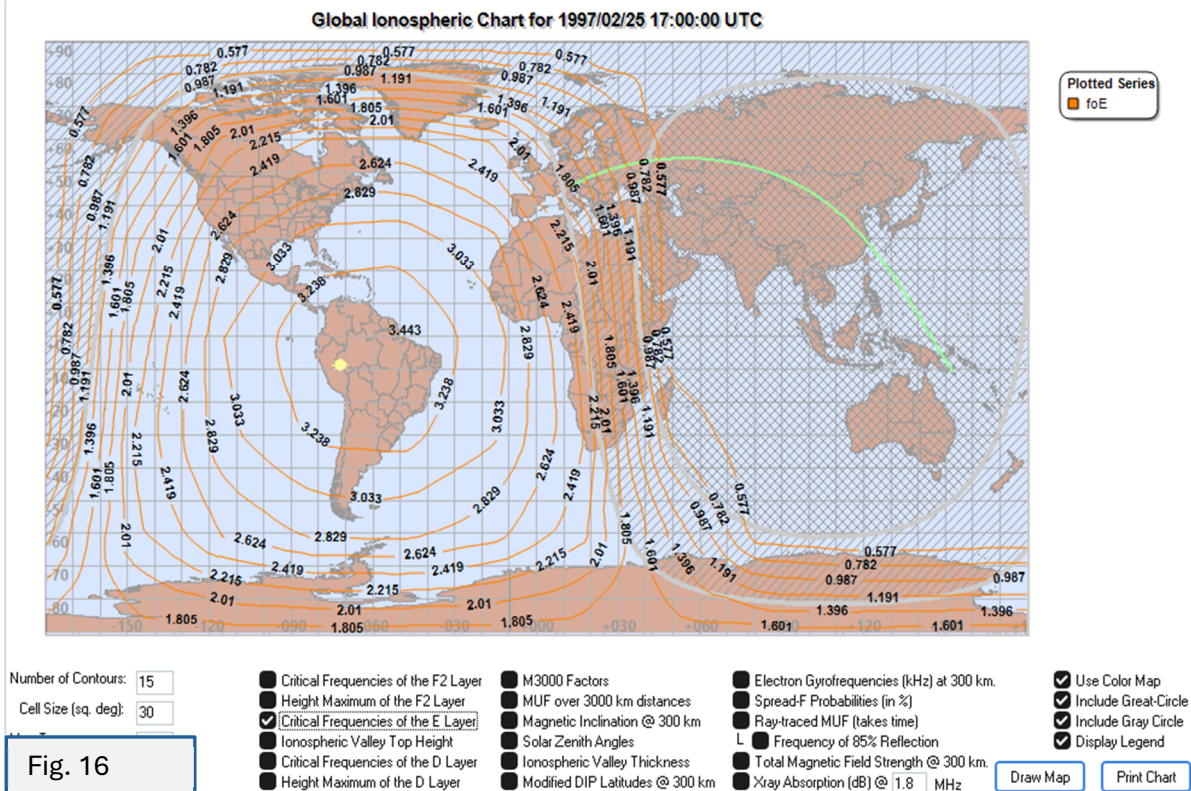
A questi angoli elevati, il raggio attraversa lo strato E lungo l'intero percorso e l'unica modalità di propagazione è tramite riflessioni via strato F. Gli assorbimenti diminuiscono gradualmente ad ogni singolo salto, ma il loro numero aumenta. Quindi, a 20 gradi, dopo 13 salti F, l'intensità del segnale scende a $-152 \text{ dB}\mu\text{V}$ e ne servono altri due per raggiungere il ricevitore (con $-236 \text{ dB}\mu\text{V}$). Ancora peggio a 40 gradi come chiaramente illustrato nel sottostante screenshot (Fig. 14).



Il percorso a 40 gradi, dopo oltre 30 riflessioni via strato F, la prima delle quali raggiunge quasi 300 km di altezza - piuttosto insolita a 1,8 MHz - termina con un'intensità del segnale infinitamente bassa, o meglio, inesistente, di - 429 dB μ V. Ma ciò che sorprende è l'enorme deviazione verso sud, dalla Polonia alla Libia, con un numero incredibile di salti molto ripidi (Fig. 15). Tutto ciò non ha alcun effetto pratico, ma deve essere visto solamente come uno dei misteri della propagazione a 160 m!



In ogni caso, credo di aver trovato una spiegazione a questa deviazione esaminando le frequenze critiche dello strato E, una delle mappe ionosferiche globali disponibili in Proplab (Fig. 16). Alle 17:00 UTC, lo strato E sta per lasciare l'Europa orientale, che si trova tra il tramonto e la gray-line, ma è ancora fortemente ionizzato e, anziché riflettere i raggi a 1,8 MHz, li costringe a deviare lungo i suoi gradienti verso sud, dove proseguono con riflessioni via strato F molto brevi e totalmente inutili.



Ora, portiamo l'orario della nostra analisi alle 18:40 UTC, quando l'intero percorso di 14.485 km si trova in completa oscurità, bilanciato e lontano dai limiti di tramonto/alba, come illustrato in Fig. 17. Purtroppo, devo tagliare gli screenshot di questa parte per ridurre ulteriormente le dimensioni del file da caricare, per cui seguono qui solo i commenti del test.

Con la certezza che qualsiasi possibilità di QSO potesse verificarsi solo ad angoli molto bassi, ho ripetuto l'analisi 3D da 1 a 5 gradi alle 18:40 UTC, notando alcune differenze rispetto a quelle effettuate un'ora e quaranta minuti prima.

A 1 e 2 gradi di elevazione, il raggio, dopo 7 salti uniformi e con perdite elevate via strato E, termina con un'intensità di segnale inutile (-162, -178 dB μ V). A 3 gradi, a differenza di quanto accaduto alle 17.00 UTC, entra immediatamente in un condotto molto efficiente, ma viaggia oltre l'obiettivo e non riesce a uscirne. A una distanza compresa tra 14 e 15 mila km, potrebbe trovare un buco - ovvero un'irregolarità nella ionizzazione nello strato E sottostante - troppo debole in quel punto per riflettere verso l'alto il raggio, lasciandolo scendere a terra. L'intensità del segnale al ricevitore potrebbe essere molto elevata, grazie ai bassi assorbimenti finora accumulati (solo 14 dB). A volte questo accade, causando così un tipico caso di propagazione spotlight.

Ma PropLab-Pro lavora con numeri mediati e non rileva irregolarità giornaliera. Pertanto, il raggio continua il suo viaggio nel condotto raggiungendo l'Africa occidentale dopo 17.668 km, con un'intensità del segnale di -35 dB μ V/m (-118 dBm), superiore al MDS di un buon ricevitore, sufficiente per essere rilevato. A 4 e 5 gradi, dopo un primo salto via F, il raggio entra in modalità ducting ed esce appena oltre il nostro ricevitore con buoni segnali. Questi potrebbero essere più forti uscendo prima, in condizioni di spotlight, ma non succede ad angoli più elevati.

.....

Infine, ho impostato l'orario di analisi alle 20.00 UTC – alba su Misima – orario del mio QSO con P29VXX - l'unico in Italia e il più occidentale d'Europa per questa DXpedition – ed è stato il motivo di tutto questo sforzo per cercare di comprendere i tanti misteri della propagazione a 160 metri.

Diamo anche un'occhiata, in Fig. 21, al profilo della “Plasma freq. along path” che risulta cambiato da quello di Fig. 3, rilevato tre ore prima.

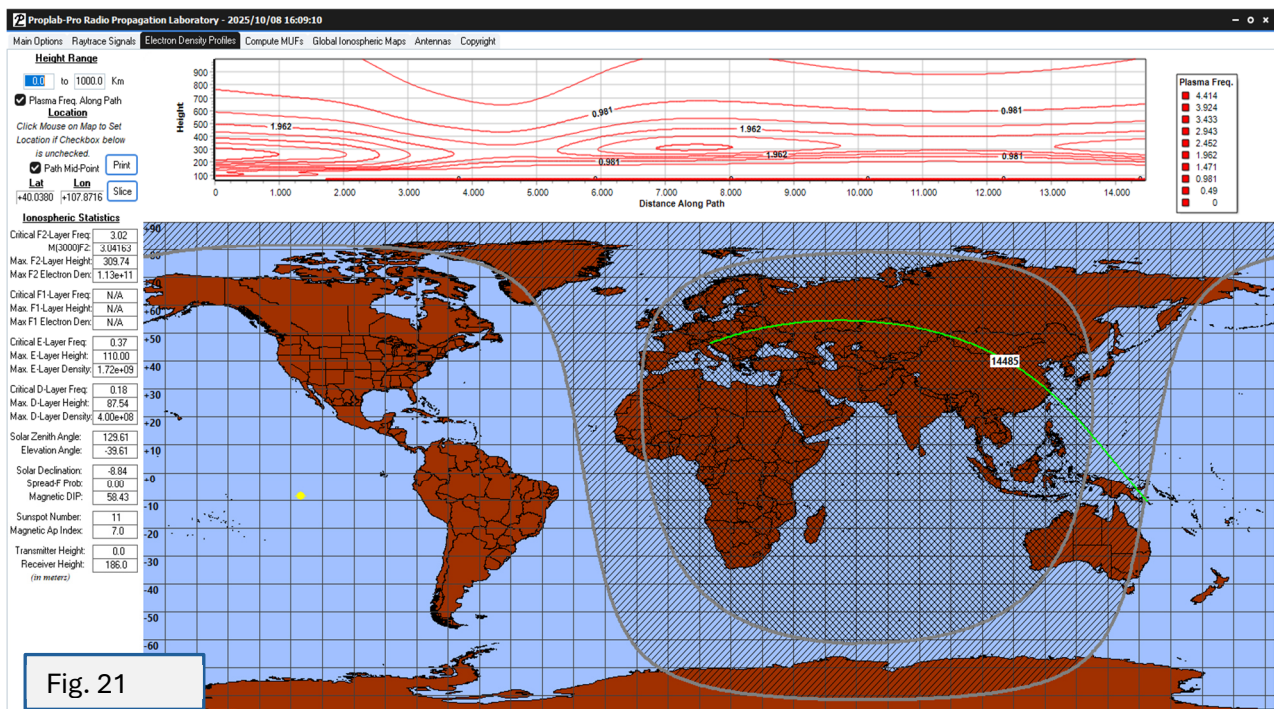


Fig. 21

Nonostante le differenze del plasma lungo il percorso, i risultati dell'analisi agli angoli più bassi (1 e 2 gradi) non mostrano alcuna variazione dopo tre ore. Cioè, a 1° - e solo a 1 grado - il raggio, dopo

3 salti via E, entra in un condotto molto piccolo e vi rimane intrappolato fino a morire a causa delle eccessive perdite, con deviazione verso sud, proprio come visto in precedenza (Fig. 22).

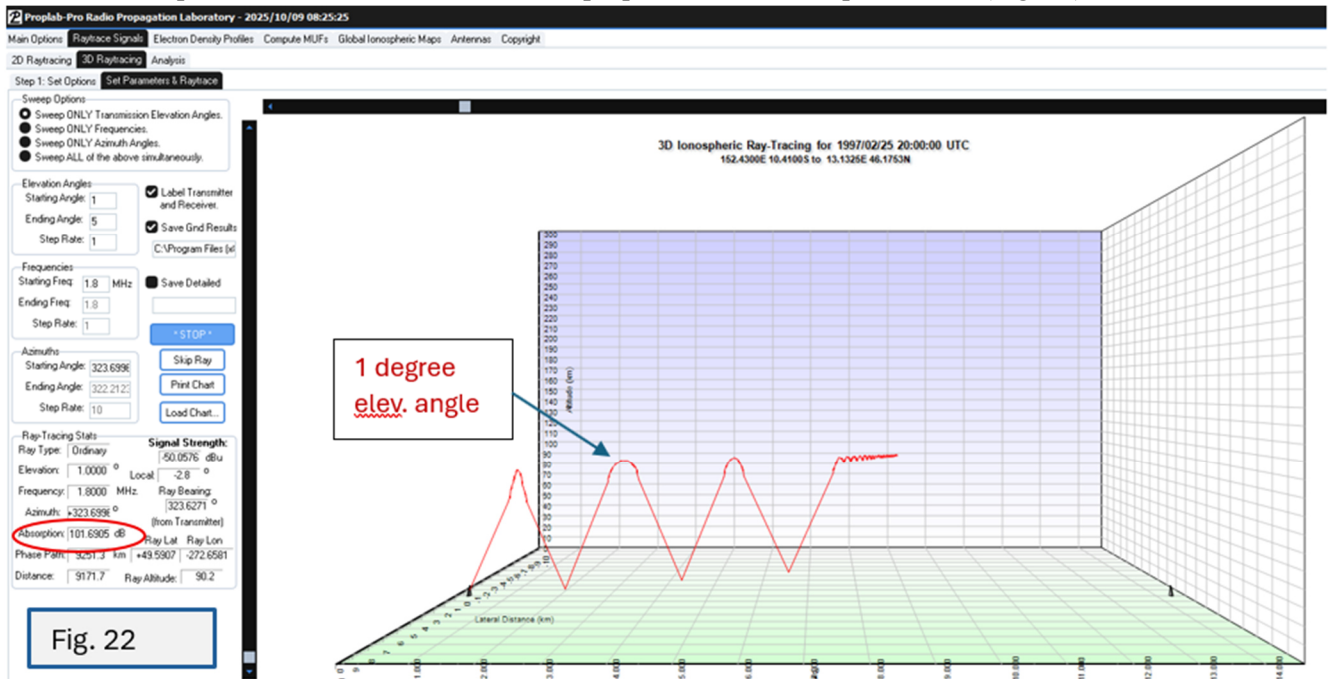


Fig. 22

A 2° , il raggio viaggia tramite salti di 2.000 chilometri via strato E, ma subisce circa 30 dB di perdite ionosferiche e riflessioni a terra per ogni salto; Proplab lo porta fino al termine con un'incredibile discesa del segnale a $-203 \text{ dB}\mu\text{V}$, ma, ovviamente, è già inutilizzabile subito dopo il secondo salto.

A 3, 4 e 5 gradi, dopo un singolo salto E, il raggio entra in ducting molto efficiente ma, ancora una volta, non riesce a uscirne, e torna al suolo dopo 19.000 chilometri, nell'Oceano Atlantico. Come accennato in precedenza, è possibile che il raggio incontri irregolarità nei gradienti ionosferici in qualsiasi punto, dovute a variazioni giornaliere, che bloccano il rimbalzo verso l'alto, consentendogli di scendere. Probabilmente, questo fu lo spotlight del mio QSO (linea tratteggiata in Fig.23).

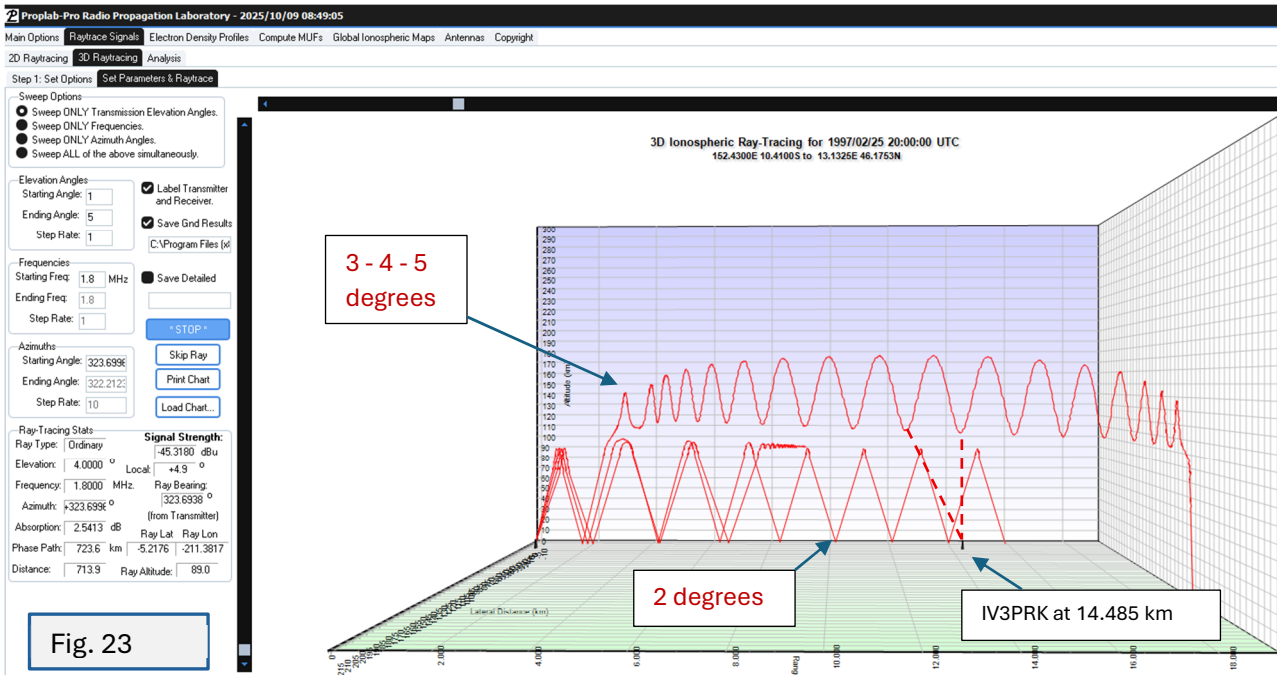
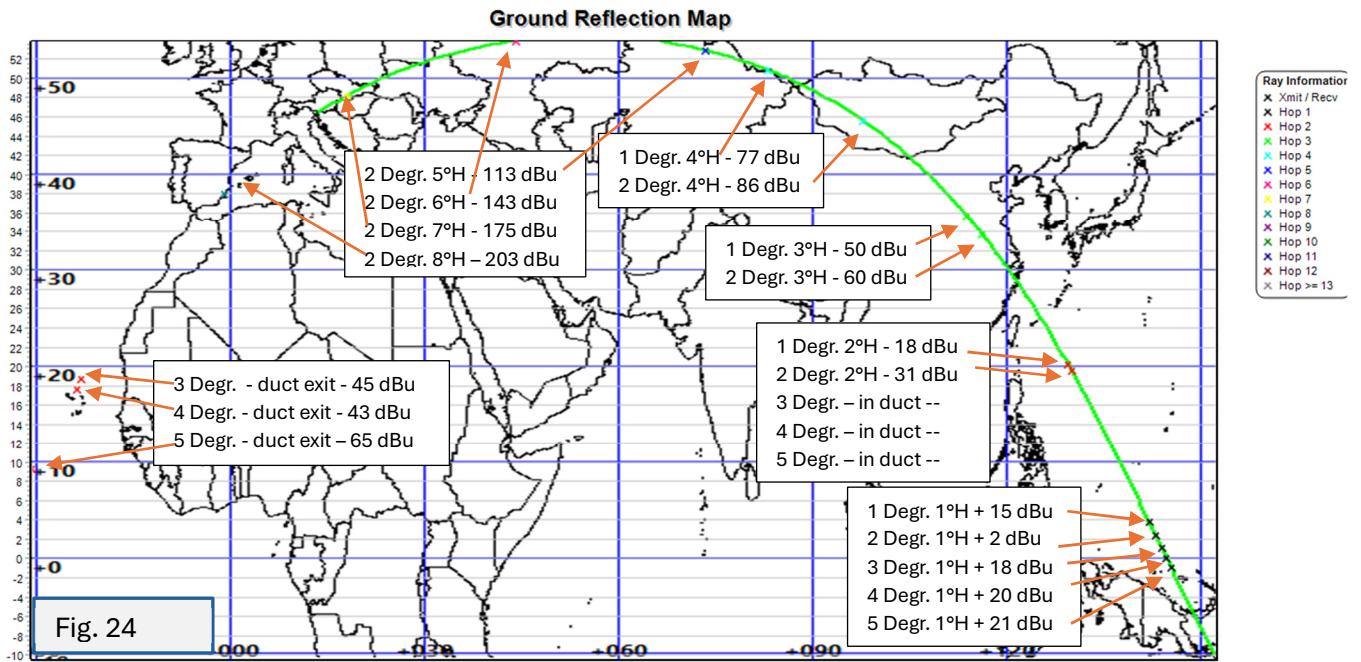


Fig. 23

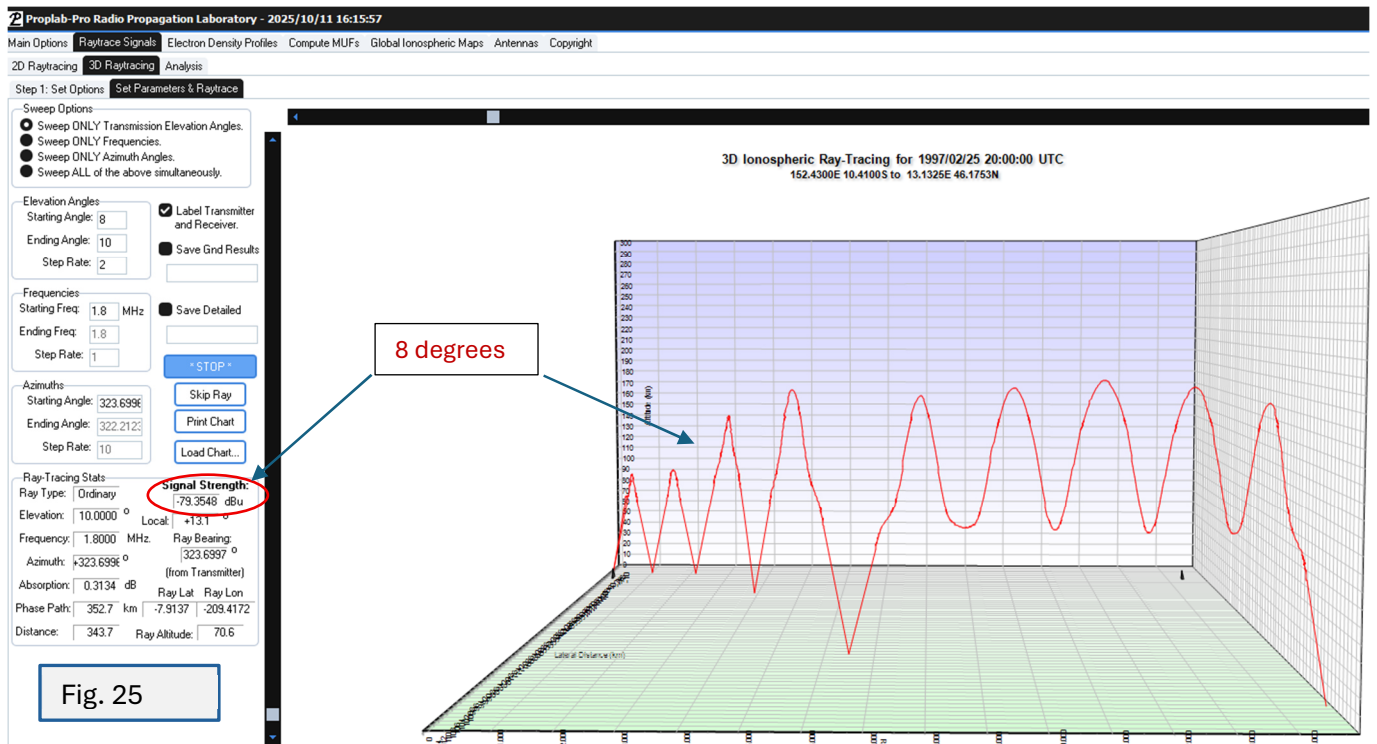
Nella mappa seguente vediamo i punti in cui il raggio di P29VXX in 160 m tocca terra e la relativa intensità del segnale (sebbene estremamente bassa) per tutti e cinque i gradi d'irradiazione.



Dobbiamo renderci conto che nessun QSO in 160 m. sarebbe possibile in Europa occidentale, né tramite i normali salti ionosferici - a causa delle perdite eccessive - né tramite ducting - troppo lungo - a meno che il raggio non incontri qualche irregolarità ed esca dal condotto, causando lo SPOTLIGHT.

Naturalmente, a 3, 4 e 5 gradi - essendo nel condotto - non c'è traccia del raggio fino al suo punto di uscita, che è molto più lontano. La propagazione in ducting si estende ben oltre il percorso previsto verso il Nord Italia, raggiungendo la zona delle isole di Capo Verde (Fig. 24).

Controlliamo, a questo punto, il ray tracing ad angoli più alti: a 6 gradi vediamo un ducting molto simile a quella a 5°, fino a Capo Verde, mentre a 8 gradi, dopo due salti via E, a causa del maggiore angolo di radiazione, il raggio raggiunge la parte inferiore dello strato F e fa due salti via F prima di entrare in un breve ducting ed uscirne nel nord Italia, ma con un segnale debole (-79 dBuV), che era già ridotto dagli assorbimenti e dalle perdite per riflessione al suolo nei primi quattro salti. (Fig. 25).



A partire dai 10 gradi, non si riscontra più alcun ducting e l'unica modalità di propagazione in 160 metri, su questo percorso, avviene tramite un numero crescente di salti via E ed F, ma con perdite proibitive (Fig. 26).

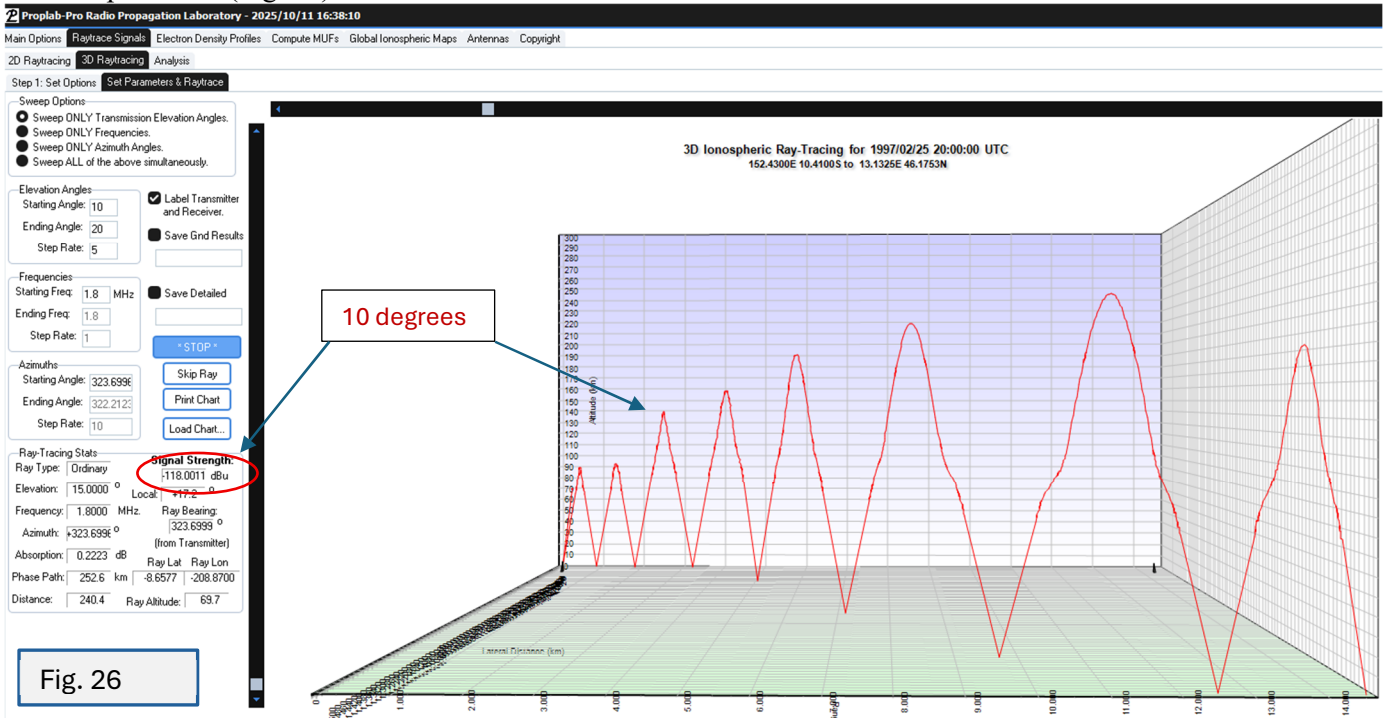


Fig. 26

Degno di nota è la pronunciata deviazione verso nord, che inizia ad un angolo di radiazione di 10 gradi e porta il raggio fino in Scozia, come mostrato nella seguente mappa. (Fig. 27).

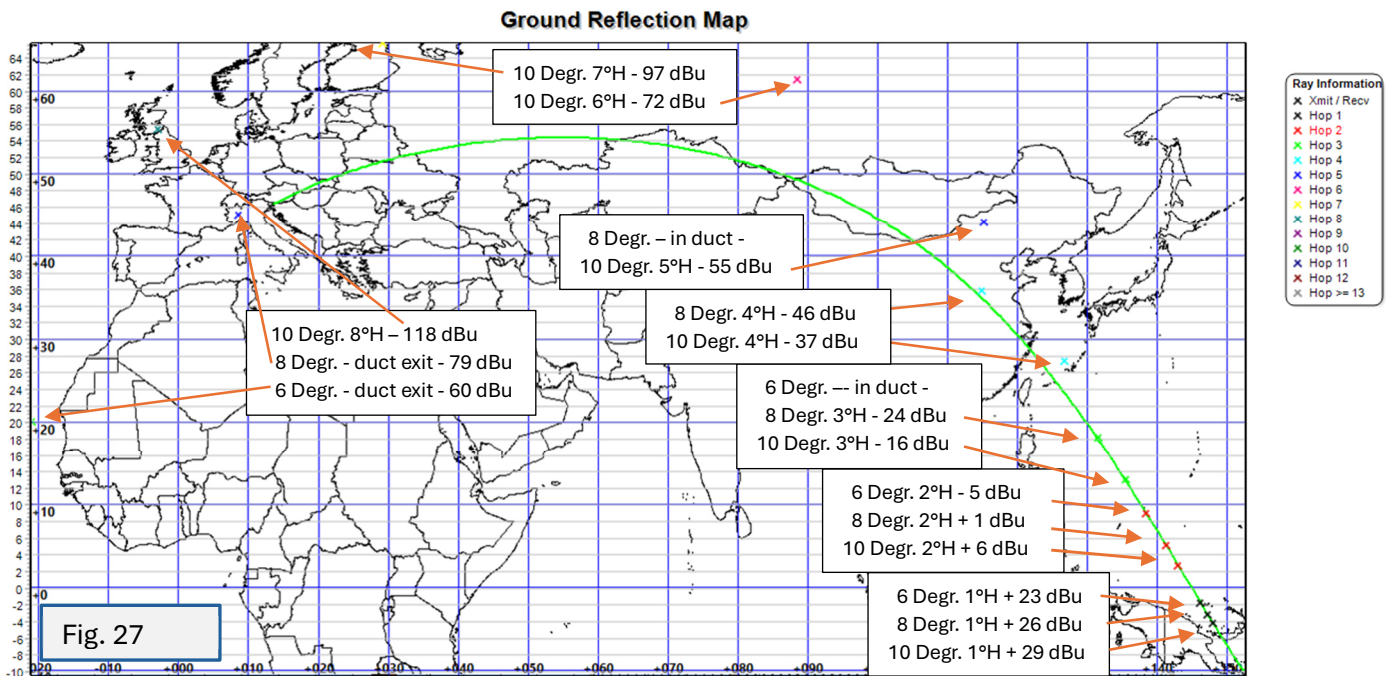


Fig. 27

A conclusione di questa analisi in ray-tracing del percorso di P29VXX verso l'Europa il 25 febbraio 1997, si conferma che, se c'è stata una qualsiasi possibilità di contatto in 160 metri, ciò è avvenuto ad angoli di radiazione molto bassi – tra 3 e 8 gradi – in modalità DUCTING, ma solo se si fosse verificata una qualche lacuna o irregolarità nella ionosfera sottostante il condotto, a causa di variazioni solari o geomagnetiche giornaliere: un caso di propagazione non prevedibile. Proplab Pro v.3

utilizza la "Ionosfera di Riferimento Internazionale del 2007" che è, a tutti gli effetti, uniforme e omogenea e non riflette le variazioni quotidiane del mondo reale.

P29VXX trasmetteva sull'antenna verticale *Titanex* e IV3PRK riceveva su un eccellente array verticale a 4 elementi in fase, entrambi con angoli molto bassi, rendendo così possibile il QSO.

Aumentando l'angolo di radiazione, da 15 a 20 gradi, le riflessioni sono più ripide, con singole perdite di assorbimento ridotte, dovute alla maggiore incidenza verticale attraverso la ionosfera, ma la distanza di salto è sempre più breve e quindi ne sono necessarie molte di più per coprire l'intero percorso. Innalzando l'angolo, il raggio penetra anche più profondamente nello strato F. (Fig. 28).

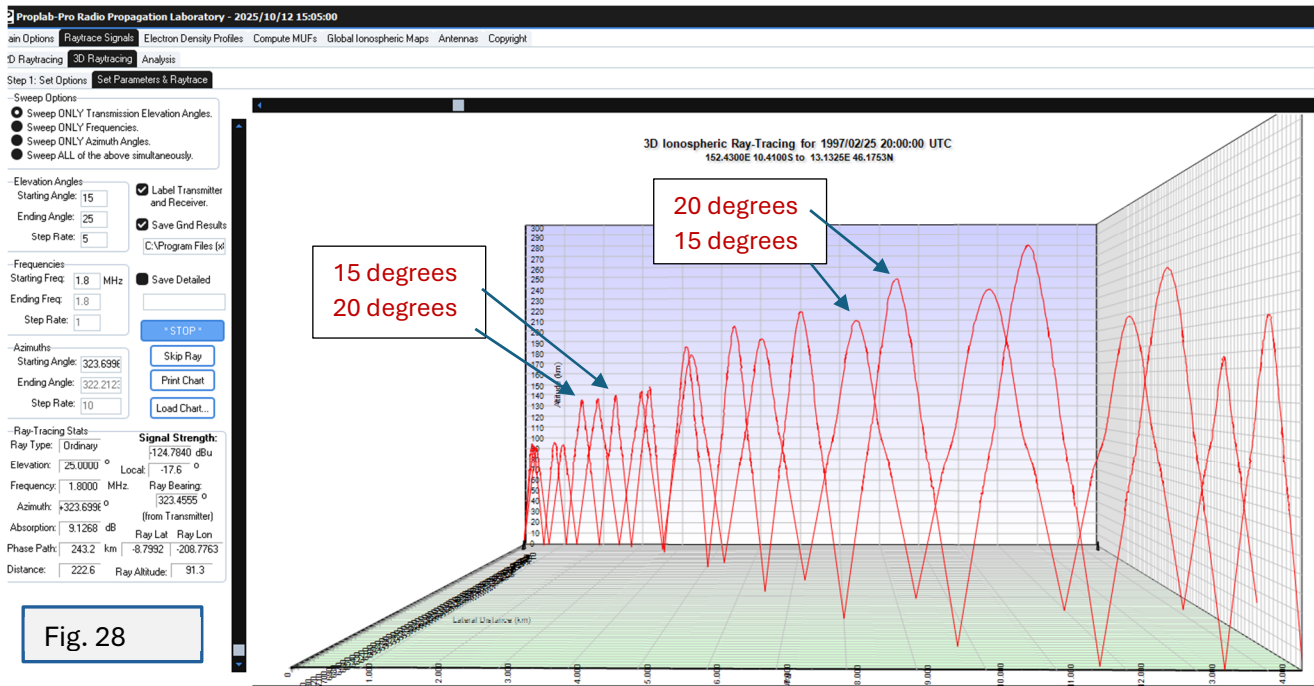


Fig. 28

Inoltre, rafforzando la tendenza iniziata a 10 gradi, man mano che l'angolo aumenta, il raggio devia verso nord ma, in ogni caso, gli assorbimenti sono così elevati da ridurre il segnale a livelli insignificanti sin dall'inizio della seconda metà del percorso, come illustrato in Fig. 29.

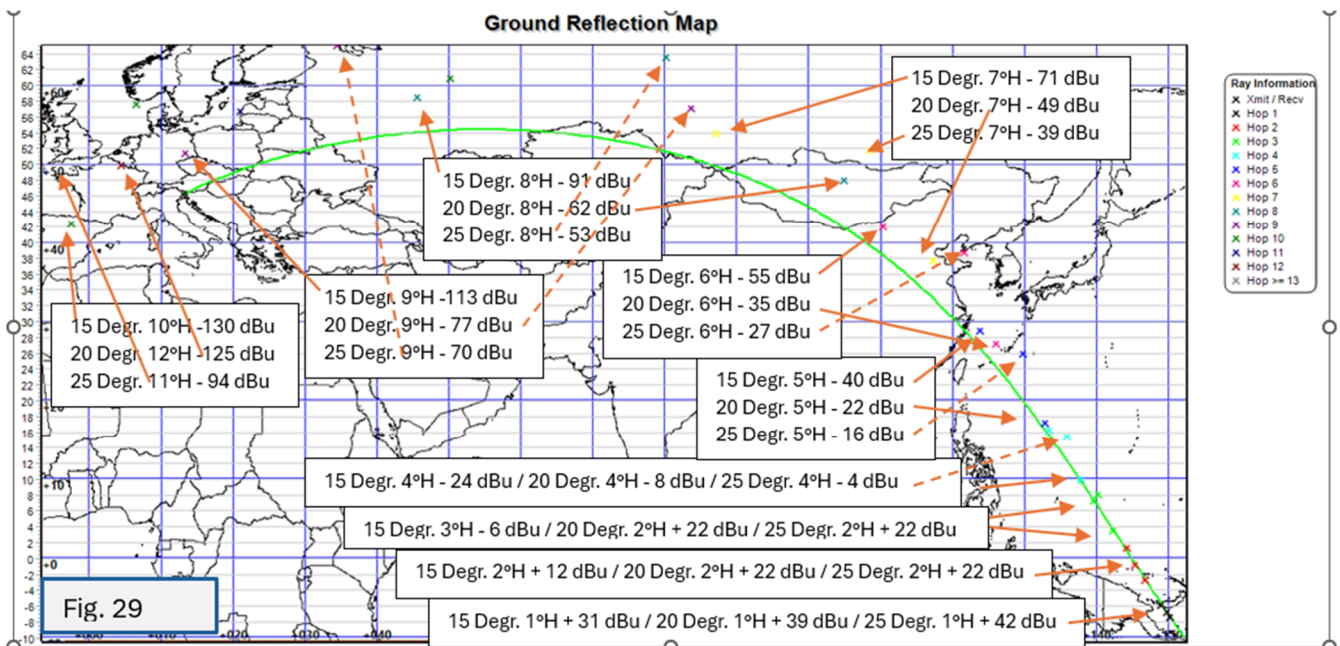


Fig. 29

In sintesi, il metodo avanzato di ray-tracing di Proplab Pro non concorda con la precedente analisi del Prof. Brown, NM7M. Bob utilizzava una versione precedente del programma e non ha trovato alcuna prova di ducting verso l'Europa, attribuendo il mio QSO con P29VXX a riflessioni ionosferiche standard. Tuttavia, tutte le iterazioni eseguite con Proplab-Pro versione 3, a tutti gli angoli di radiazione e in momenti diversi, hanno dimostrato che nessun QSO fosse possibile in 160 tramite normali riflessioni via strato E od F, né a bassi, né ad alti angoli, a causa delle perdite proibitive.

L'unica possibilità potrebbe essere stata fornita da condizioni di propagazione eccezionali concentrate su aree molto ristrette – SPOTLIGHT, per l'appunto – dopo un lungo percorso in ducting, ottenibile solo ad angoli di radiazione molto bassi.

Per rafforzare le mie conclusioni, aggiungo alcuni estratti di un articolo molto interessante scritto da Carl Luetzelschwab, K9LA, nel 2005 e pubblicato sul numero di dicembre di *CQ Magazine* con il titolo: "*Ducting and Spotlight Propagation on 160m*" e scaricabile da mio sito. È il seguito di un altro eccellente articolo pubblicato su *CQ Magazine* tra marzo e aprile 1998 da Cary Oler (*Solar Terrestrial Dispatch*) e T. Cohen, N4XX: "*The 160-Meter Band: An Enigma Shrouded in Mystery*", anch'esso scaricabile dalla pagina "Propagazione" (in fondo) del mio sito web.

Carl, dopo aver analizzato con Proplab il percorso di STØRY verso il suo QTH in Indiana (era un'altra DXpedition tedesca nel marzo 2003), ha concluso con questi commenti:

Il meccanismo fisico per il ducting.

«Come Oler e Cohen hanno menzionato nel loro articolo, c'è una buona ragione per cui il ducting si verifica in 160 m. Per capirlo, osserviamo la densità elettronica in funzione dell'altitudine nel punto medio del percorso alle 03:30 UTC. La Figura 3 mostra cosa vedrebbe un'onda elettromagnetica lungo il percorso mentre viaggia da STØRY al mio QTH. L'asse orizzontale rappresenta la densità elettronica (per metro cubo) e l'asse verticale l'altezza dal suolo in km. (Si tratta, più chiaramente, dello stesso tipo di profilo ionosferico che abbiamo visto nella parte 1° in Figura 4 riguardante il percorso da P29VXX a IV3PRK)).

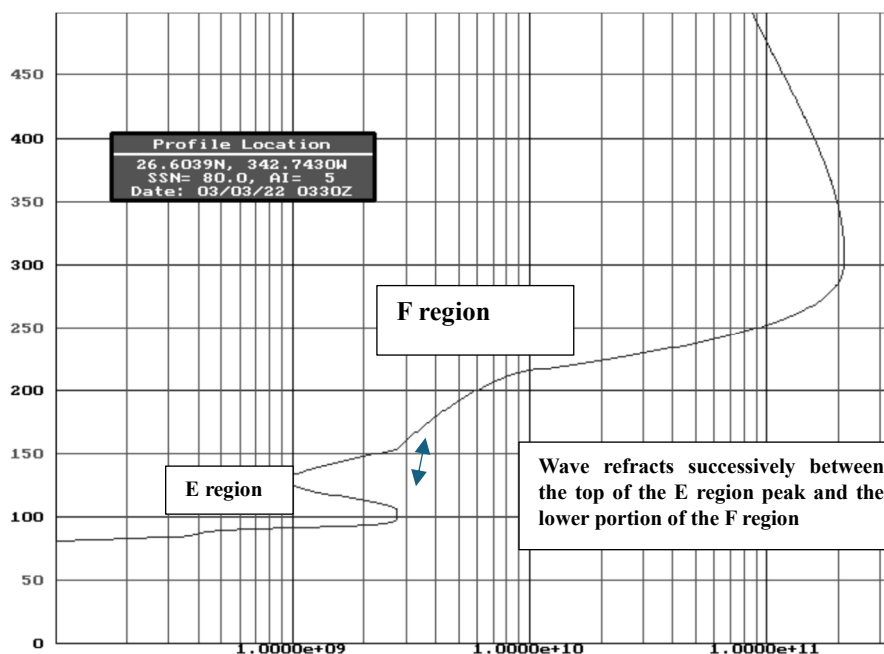


Figure 3 – Electron Density versus Altitude in the Dark Ionosphere

La ionosfera notturna, in condizioni di campo geomagnetico calmo, presenta una valle nella densità di elettroni al di sopra del picco della regione E (Nota 2). Questo forma una barriera naturale superiore e inferiore per il passaggio di un raggio elettromagnetico. Tornando alla Figura 2 e notando l'apogeo (circa 155 km) e il perigeo (circa 110 km)

della traccia del raggio nel condotto, si nota che si rifrange successivamente tra la parte superiore del picco della regione E e la porzione inferiore della regione F.

Nota 2: Questa valle si sviluppa nell'oscurità. La valle è praticamente inesistente durante il giorno. In condizioni di campo geomagnetico perturbato, la valle (soprattutto alle latitudini più elevate) può riempirsi di elettroni precipitanti, annullando così il meccanismo di canalizzazione.

L'entrata nel condotto.

«Proplab Pro dimostra che l'intervallo di angoli di radiazione per entrare nel condotto è piuttosto ridotto. Ciò ha senso, poiché devono essere soddisfatte due condizioni per poter entrare. L'angolo di radiazione deve essere sufficientemente elevato da superare il picco della regione E. Ma non può essere troppo elevato, altrimenti attraverserà anche la regione F. Ciò che complica questo fenomeno è l'indice di rifrazione, che determina l'entità della rifrazione dell'onda elettromagnetica. Questa dipende da due fattori critici: la vicinanza della frequenza del segnale alla girofrequenza degli elettroni e l'angolo tra il campo magnetico terrestre e la direzione di propagazione dell'onda elettromagnetica. Sebbene il meccanismo del ducting (la valle di densità elettronica) possa essere presente in tutto il mondo - nella ionosfera notturna - entrare nel condotto potrebbe essere più facile su alcuni percorsi rispetto ad altri, anche a partire dallo stesso QTH, proprio per queste considerazioni.

La permanenza nel condotto.

«Una volta che l'onda elettromagnetica entra nel condotto, deve rimanervi, a volte per distanze molto lunghe. Ciò richiede che la ionosfera notturna sia stabile, in modo che la valle di densità elettronica mantenga le sue caratteristiche necessarie. Generalmente, questo è il caso, tranne come citato nella nota 2, quando la precipitazione di particelle cariche dovuta all'attività aurorale può riempire la valle soprattutto nella parte di un percorso ad alte latitudini.

L'uscita dal condotto.

«La spiegazione più plausibile per l'uscita del raggio in piena oscurità è un'irregolarità nella ionosfera dovuta a una variabilità giornaliera. Sappiamo che queste irregolarità esistono, ma non le conosciamo bene perché sono molto dinamiche. Il modello della ionosfera in Proplab Pro è, a tutti gli effetti, uniforme e omogeneo nella ionosfera oscura, e non riflette la ionosfera del mondo reale...

Una buona analogia per descrivere le irregolarità nella ionosfera è data da nubi stratificate. Visto da lontano, uno strato di nubi stratificate appare molto omogeneo, come una coltre di nubi solide. Ma a un esame più attento, si notano piccole valli, piccoli grumi e persino, forse, qualche piccolo foro. Questo si traduce in possibili irregolarità nel meccanismo della valle (mostrato sopra nelle Figure 3, 4 e 21). Si ricordi che la quantità di rifrazione subita da un'onda per un dato gradiente di densità elettronica è inversamente proporzionale al quadrato della frequenza. Pertanto, tra tutte le nostre bande HF, quella dei 160 m. necessita del gradiente minimo (irregolarità minima) per avere un impatto sulla rifrazione. Questo è anche il motivo per cui le onde radio in 160 m. non raggiungono altezze eccessive nella ionosfera, essenzialmente fino a circa 200 km. Ad esempio, tornando alla Figura 3, potrebbe esserci troppa ionizzazione nella barriera superiore in un dato punto, che farebbe sì che un'onda ascendente si rifrangerebbe verso il basso con un angolo più ripido, così che attraverserebbe lo strato E fino a terra invece di proseguire nel condotto. Oppure potrebbe non esserci abbastanza ionizzazione nello strato inferiore, il che non permetterebbe che un'onda discendente si rifrangerebbe verso l'alto per continuare il ducting.

Per riassumere le tre sezioni "entrare nel condotto", "restare nel condotto" e "uscire da un condotto", penso sia meglio dire che l'intero processo di ducting può essere un affare delicato, il che implica una bassa probabilità.

La propagazione Spotlight.

«La propagazione a riflettore - SPOTLIGHT - è definita come una piccola area geografica che è favorita da una buona propagazione in un dato momento. Oler e Cohen hanno suggerito che lo spotlight sia semplicemente il risultato imprevedibile dell'uscita dal DUCTING. Sono pienamente d'accordo con questo, e credo che le irregolarità nella ionosfera ne siano generalmente la causa.

Questo è un concetto interessante su cui riflettere. Potrebbe benissimo esserci molta RF che vibra lassù nel condotto (in base a molti ray-tracing con Proplab Pro che indicano che entrare in un condotto e rimanerci è più facile che uscirne), ma la fortuna di trovare nella ionosfera oscura un'irregolarità che possa portare giù l'onda RF al tuo QTH, determina se hai un QSO o meno.

La variabilità giornaliera della ionosfera.

«In precedenza, ho detto che le irregolarità nella ionosfera sono il risultato della variabilità giornaliera della stessa. È interessante approfondire la questione per capire cosa causa queste variazioni quotidiane. Due scienziati dell'Università di Boston hanno fatto proprio questo. Hanno analizzato 34 anni (1957-1990) di dati sulla frequenza critica della regione F2 ed i risultati sono molto rilevanti anche per la propagazione in 160 metri nelle regioni ionosferiche inferiori. Hanno iniziato elencando le cause della variabilità dello strato F, che rientrano in tre ampie categorie, come riportato nella tabella seguente.

| Radiazione solare ionizzante | Vento solare/Attività geomagnetica/Elettrodinamica | Atmosfera neutra (v. nota sottostante) |
|--|--|---|
| Brillamenti solari Var. dalla rotazione solare (27 giorni) Formazione e decadim. regioni attive Var. stagionale declinazione solare Var. annuale della distanza Sole-Terra Var. del ciclo solare (11 e 22 anni) Epoche solari di periodo più lungo | Variabilità giornaliere minori Sottotempeste Tempeste magnetiche Struttura del settore FMI/vento solare Precipitazioni di particelle cariche Effetto fontana alle basse latitudini Campi elettrici magnetosferici Convezione plasma ad alte latitudini Flussi di plasma allineati al campo Campi elettrici da fulmini | Maree solari e lunari Onde acustiche e gravitazionali Onde planetarie Oscillazioni quasi biennali Accoppiamenti bassa atmosfera Fenomeni superficiali (terremoti) Fenomeni superficiali (vulcani) |

«Nota: il termine "atmosfera neutra" si riferisce al fatto che solo circa uno su un milione di atomi e molecole presenti nell'atmosfera è ionizzato. Pertanto, la maggior parte dell'atmosfera è costituita da particelle neutre (non ionizzate) e il suo moto può essere influenzato dagli elementi riportati nella terza colonna. Poiché gli ioni positivi hanno la stessa massa delle particelle neutre e collidono con esse ad alta velocità, gli ioni positivi vengono trasportati dal moto delle particelle neutre. Gli elettroni seguono quindi gli ioni positivi per mantenere la neutralità di carica. In sostanza, gli elettroni sono legati alle particelle neutre e pertanto la ionosfera è soggetta agli stessi moti del resto dell'atmosfera.

«Riflettiamo su questi risultati. La categoria che probabilmente comprendiamo meglio, la radiazione solare ionizzante, contribuisce meno alla variabilità giornaliera della regione F2. Le altre due categorie sono significativamente maggiori della categoria della radiazione solare ionizzante e hanno un contributo pressoché uguale. Ogni giorno impariamo sempre di più sul contributo della categoria vento solare/attività geomagnetica/elettrodinamica, ma credo che abbiamo ancora molta strada da fare per comprendere i processi coinvolti nel contributo della categoria atmosfera neutra.

«Vorrei ribadire che l'analisi dei due scienziati della Boston University è stata condotta per la regione F2. Tuttavia, le tre ampie categorie dovrebbero essere molto rilevanti anche per la variabilità giornaliera delle regioni ionosferiche inferiori, dove si propaga la nostra RF in 160 m. In effetti, immagino che la categoria dell'atmosfera neutra giochi un ruolo ancora più importante sui 160 m rispetto alle nostre bande HF più alte (dove la regione F2 è molto importante). In altre parole, per la propagazione sui 160 m nelle regioni ionosferiche inferiori, la categoria dell'atmosfera neutra potrebbe contribuire in modo maggiore alla variabilità totale rispetto al 15% citato in studi precedenti.

Riepilogo.

«Questo articolo ha mostrato perché il ducting è necessario per spiegare i QSO a lunga distanza sui 160 metri. Ha anche ipotizzato che la causa generale della propagazione dei segnali spotlight sia un'irregolarità nella ionosfera che lascia uscire il segnale dal condotto e scendere al suolo. Questo articolo ha anche esaminato alcune nuove informazioni sulla variabilità giornaliera della ionosfera. Infine, questo articolo suggerisce, come altri, che i complessi processi nell'atmosfera neutra probabilmente svolgono un ruolo molto importante nei nostri DX sui 160 metri. Sfortunatamente, non abbiamo ancora una piena conoscenza di questi processi, quindi esserci in 160 metri ogni notte è l'unico modo per assicurarsi di sfruttare al meglio quelle "buone" notti.