

# A.R.I.

## Sezione di Udine

### Il Sole

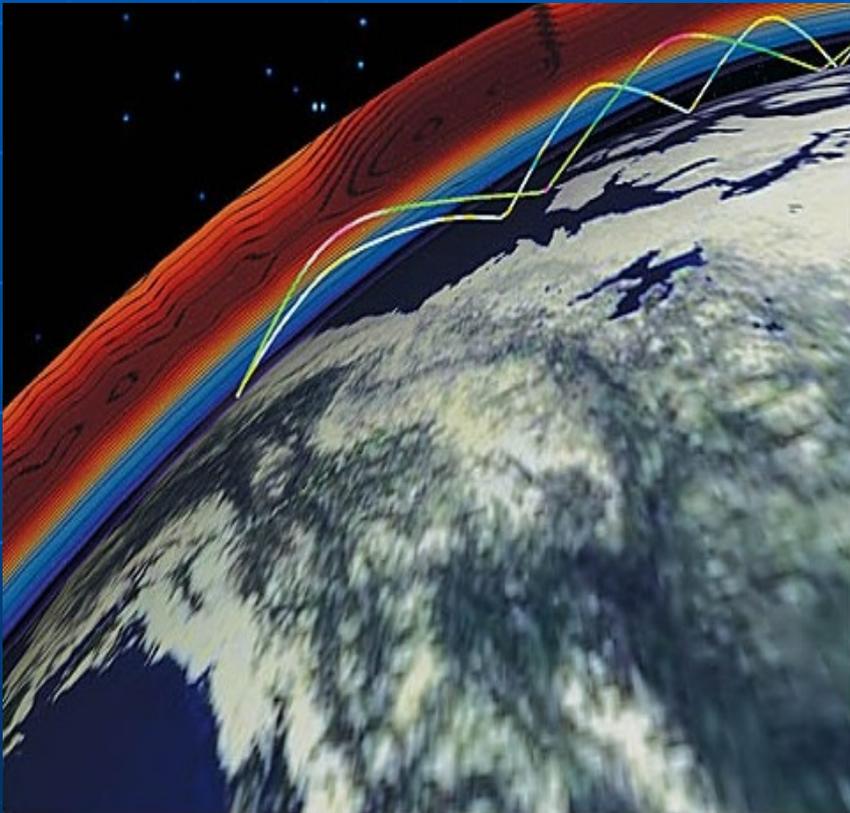
e

# la Propagazione Ionosferica dalle HF ai 160 metri

Parte 2°

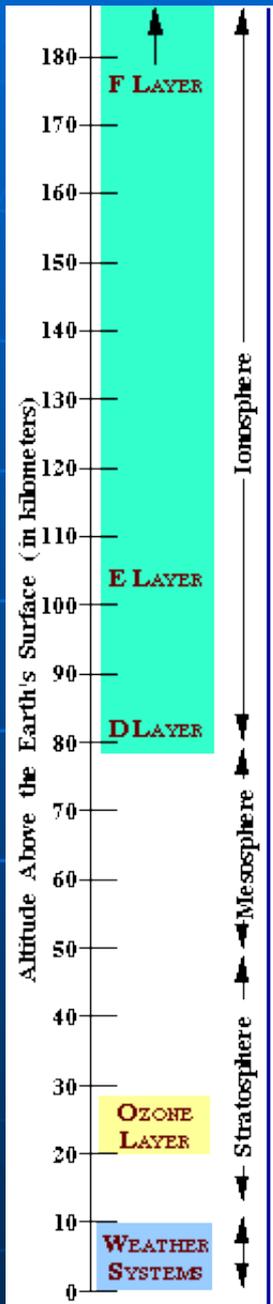
a cura di IV3PRK Pierluigi Mansutti

# Contenuti della seconda parte



- La ionosfera
- Gli strati ionosferici ed i loro effetti sulle radiocomunicazioni
- Le MUF e le LUF
- Le MUF nelle previsioni di propagazione
- Le perdite nel percorso
- L'intensità del segnale
- Il livello di rumore (noise)
- L'S.N.R.
- Come esempio, alcune analisi sul percorso Udine-Tokyo con Proplab Pro (Laboratorio di Propagazione Professionale)

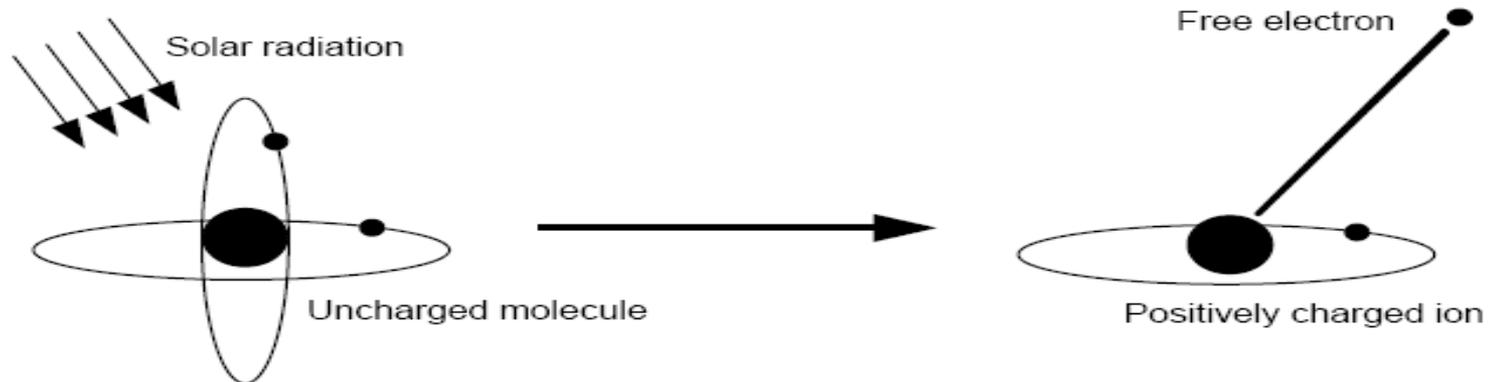
# L'atmosfera terrestre



- La parte più bassa, fino a 10 km., è la "Troposfera", composta da molecole di azoto ed ossigeno (il 99% è vapore acqueo) ad elevata densità, dove si sviluppano tutti i fenomeni meteorologici.
- Oltre i 10 km. inizia la "Stratosfera" dove la densità gassosa gradualmente diminuisce ed in seguito alla dissociazione delle molecole di ossigeno, si forma la fascia dell'ozono, con un picco a circa 25 km. di altezza.
- Verso gli 80 km. i gas sono talmente rarefatti che molti elettroni liberi, (staccati dagli atomi) possono sopravvivere per brevi periodi di tempo prima di venire catturati dai vicini ioni positivi. La presenza di queste particelle elettricamente cariche segnala l'inizio della "Ionosfera".

# Formazione della ionosfera

- Nelle collisioni delle radiazioni solari con i gas neutri dell'atmosfera, i fotoni di energia alle frequenze degli UV e di alcuni raggi X sono in grado di "staccare" un elettrone da un atomo di ossigeno, trasformandolo in un "Ione"
- Con il processo di ionizzazione avviene quindi:
  - La liberazione di un elettrone libero (carica negativa)
  - La produzione di un ione di ossigeno ( $O^+$ ) (carica positiva)
  - L'azzeramento di un fotone UV che ha consumato l'energia nella collisione e non prosegue verso la Terra (filtro UV).

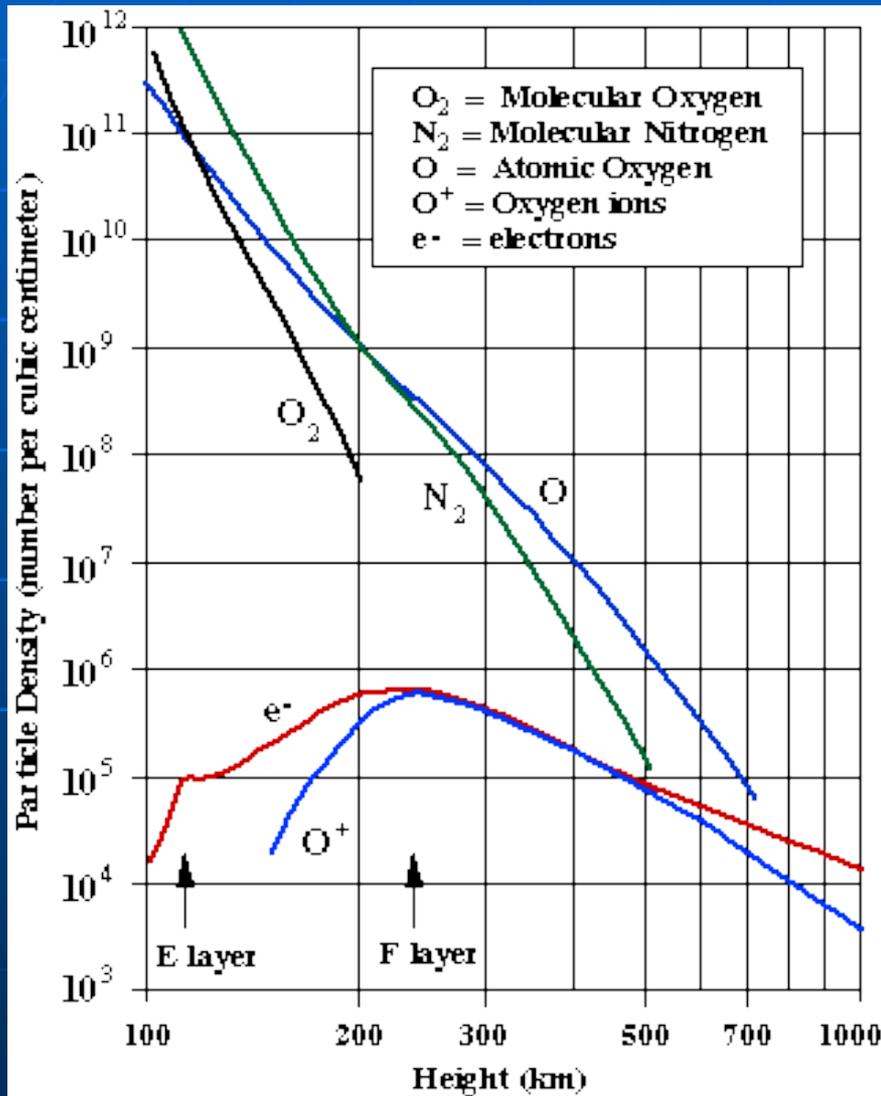


# Formazione della ionosfera

- Ai livelli più alti dell'atmosfera le radiazioni solari sono più forti, ma i gas molto rarefatti, per cui la ionizzazione è debole.
- Più si scende e più essa aumenta, ma si verifica anche il processo inverso per cui gli elettroni liberi vengono più facilmente "catturati" dagli ioni circostanti, ed alle quote più basse il processo di "ricombinazione" è molto più rapido.
- Il bilanciamento fra questi due processi determina la formazione dei diversi strati di ionizzazione.



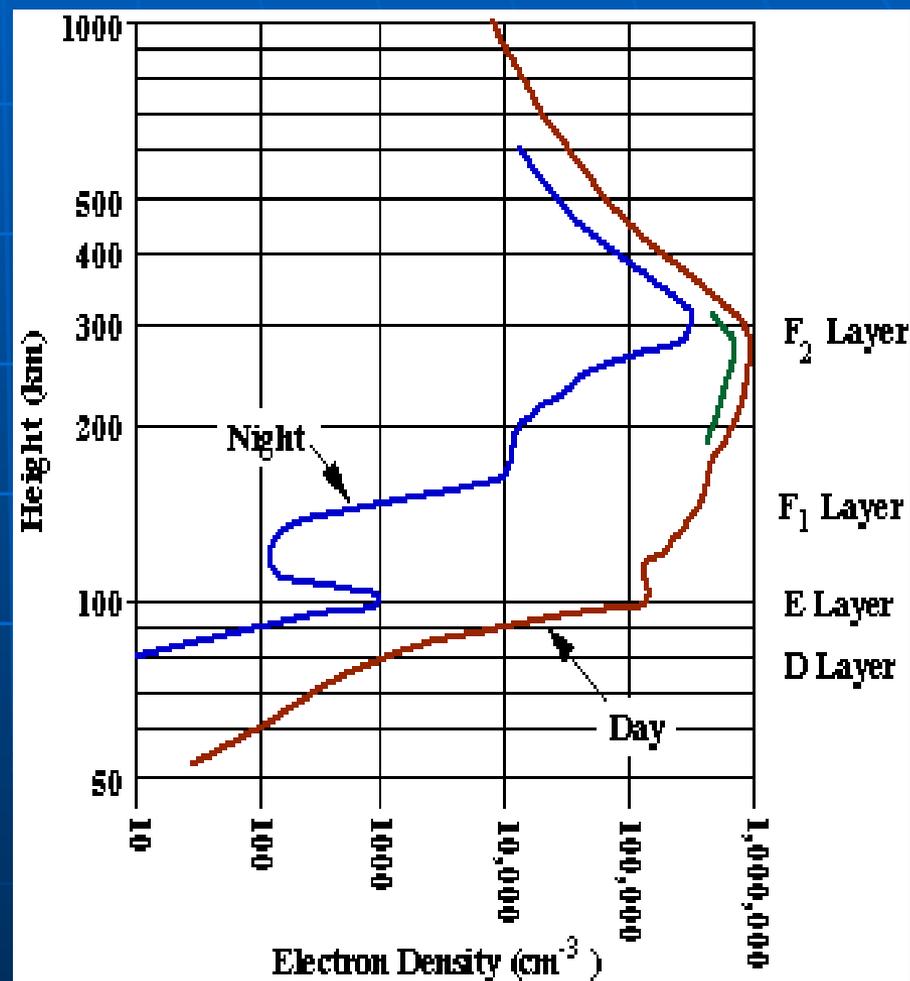
# La composizione della ionosfera



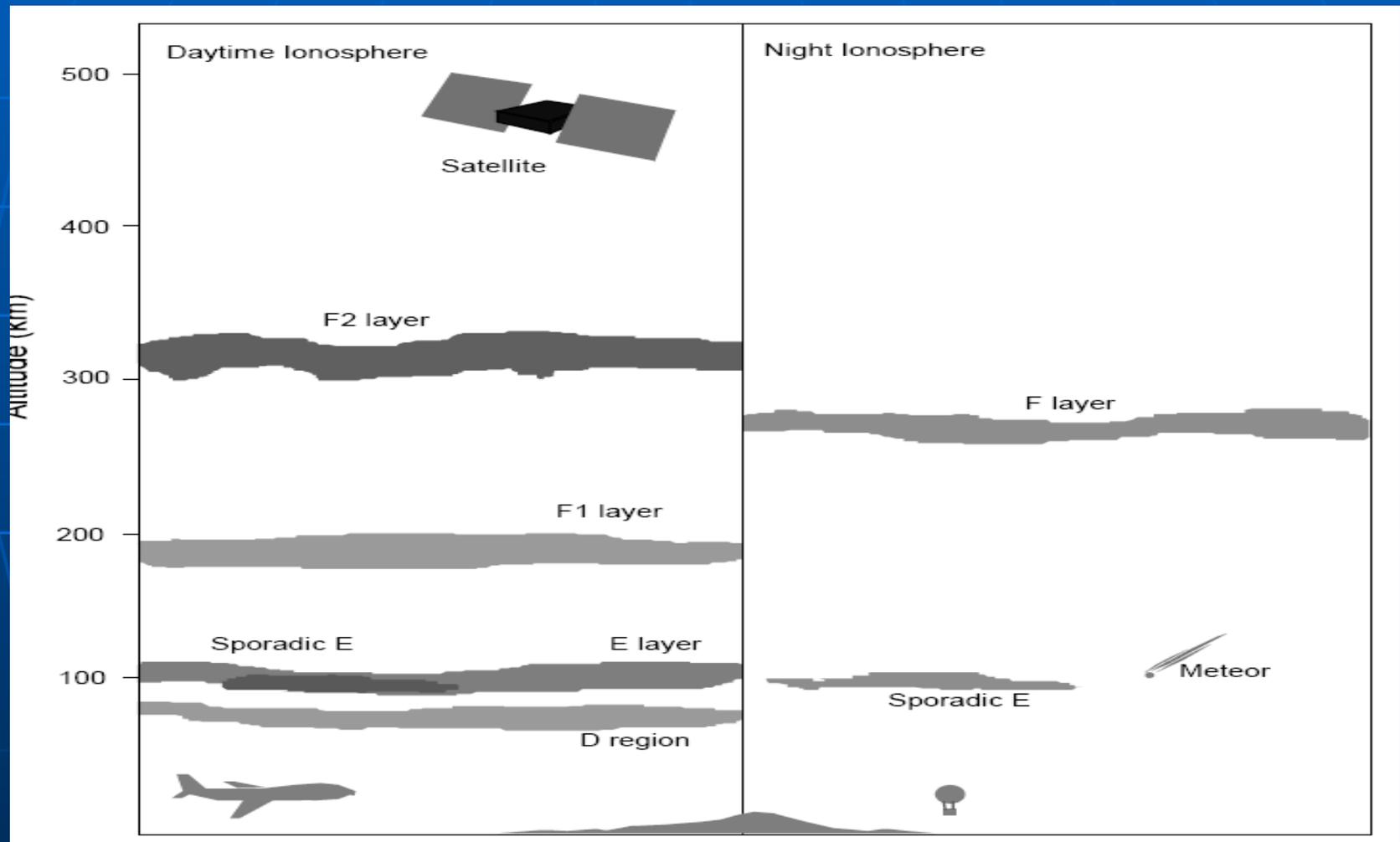
- All'altezza della massima ionizzazione (Strato F) la densità di elettroni è di circa 800.000 per cmc, con un rapporto di 1/500 rispetto a quella dei gas neutri.
- Alla quota di 100 km. invece scende fino a 20.000, ma per ogni elettrone libero ci sono oltre 100 milioni di atomi neutri.
- La durata media della vita di un elettrone nello strato E è di 20 secondi, nello strato F1 di 1 minuto, e nello strato F2 di 20 minuti.

# Le variazioni diurne e notturne della ionosfera

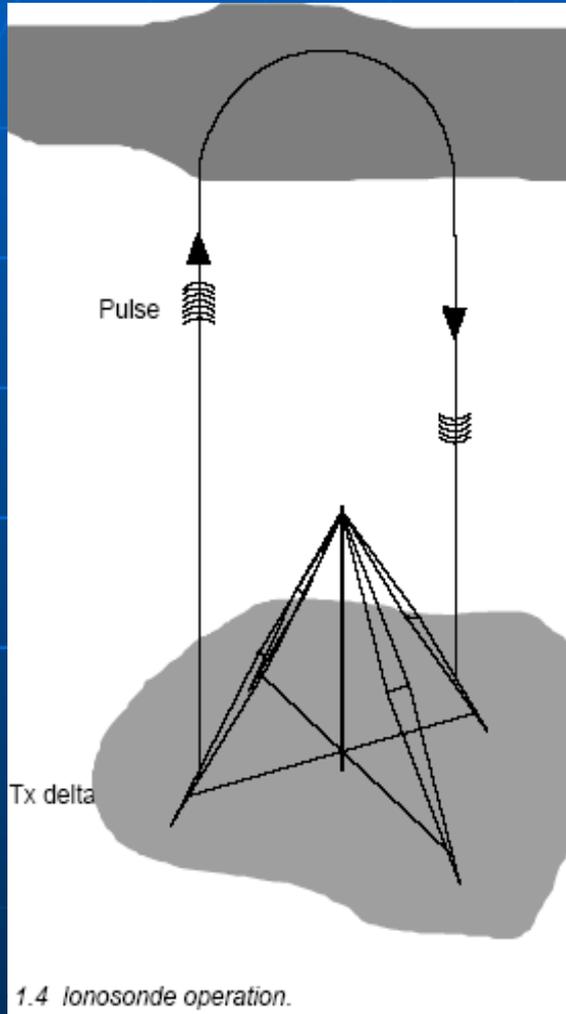
- E' evidente pertanto che il processo di ionizzazione avviene solamente in presenza delle radiazioni dirette del sole.
- Dopo il tramonto lo strato D si dissolve immediatamente
- lo strato E si riduce ad un livello residuo bassissimo
- lo strato F1 scompare e viene conglobato
- nello strato F2 (che di notte si chiama solo F), e raggiunge il minimo poco prima dell'alba, per riprendere poi prontamente con il sorgere del sole.



# Gli strati della ionosfera: giorno e notte

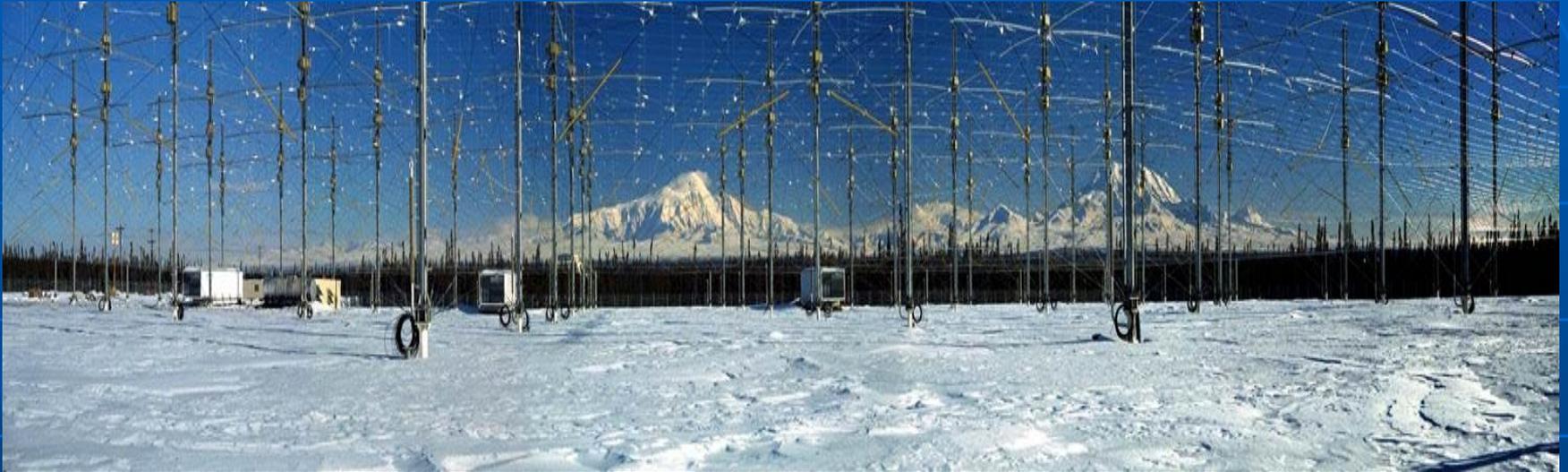


# Le osservazioni sulla Ionosfera



- La più importante caratteristica ai fini delle radio comunicazioni è la sua capacità di riflettere (ma più esattamente si tratta di rifrazione e non di riflessione) le onde elettromagnetiche.
- La gamma di frequenze che possono venire riflesse è legata al livello di ionizzazione nel punto di rifrazione e dipende dalle seguenti variabili:
  - Ora del giorno – zenith solare
  - Variazioni stagionali – winter anomaly
  - Variazioni di latitudine – lat. magnetica
  - Attività solare – ciclo undecennale
- La ionosfera è sondata continuamente da centinaia di ionosonde in tutto il mondo che ne rilevano la frequenza critica verticale, oltre la quale il segnale perfora lo strato, prosegue verso quelli superiori ed eventualmente si perde senza ritornare più a terra.
- Sulla base di queste rilevazioni sono state costruite le mappe ionosferiche mensili utilizzate per tutte le previsioni di propagazione (CCIR ed URSI).

# Lo studio della ionosfera: il programma HAARP



## HIGH FREQUENCY ACTIVE AURORAL RESEARCH PROGRAM

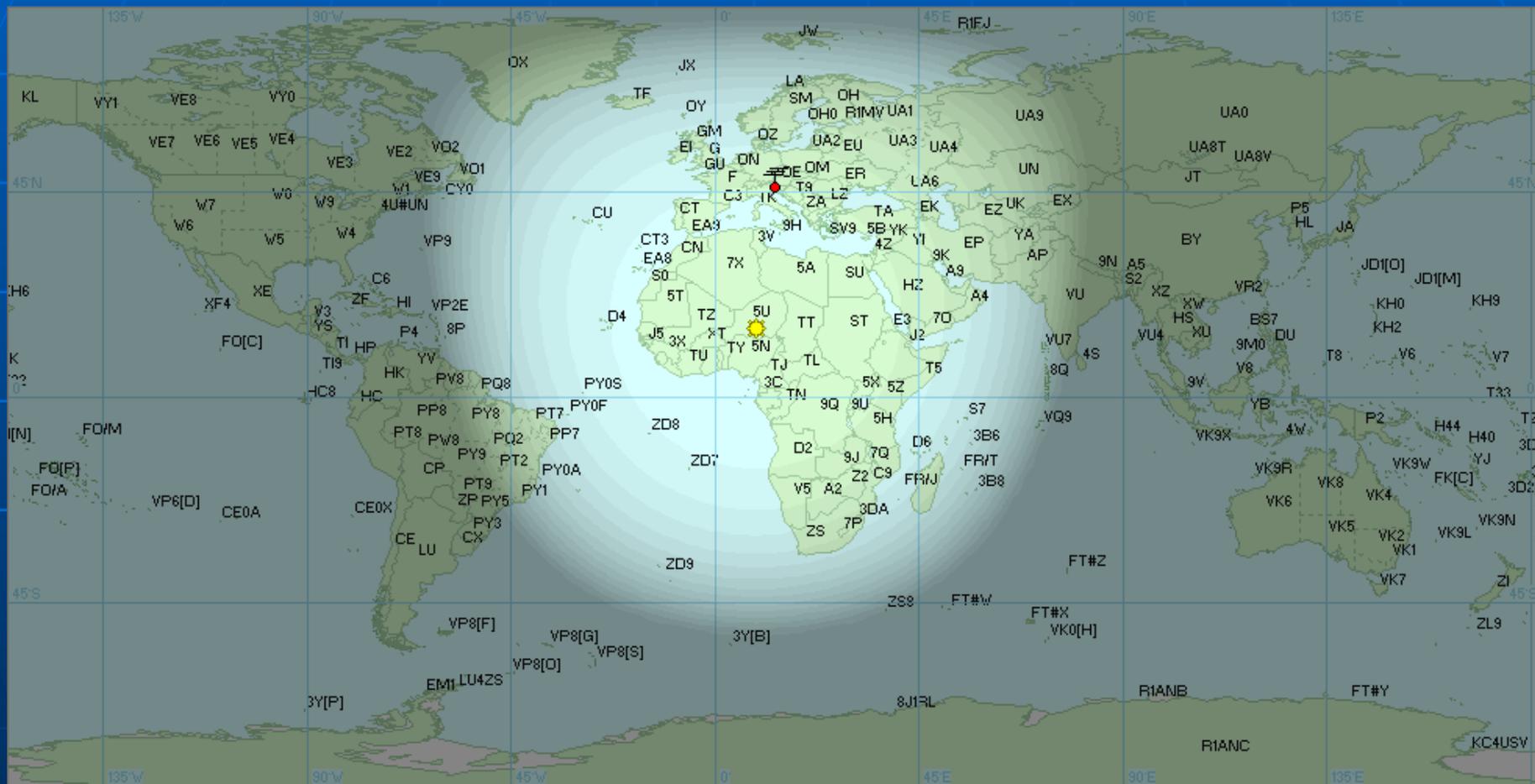
- ..... è qualcosa di più di una IONOSONDA !
- Tramite questa stazione scientifica in Alaska viene sondata verticalmente la Ionosfera utilizzando un TX di potenza fino a 3,6 milioni di watt ed un sistema di antenne con 180 dipoli incrociati
- Grafici, dati e risultati dei loro studi sono disponibili su <http://www.haarp.alaska.edu/haarp/tech.html>

# Lo strato D

- E' lo strato più basso della ionosfera, da circa 60 a 90 km., ed è sempre e solamente dannoso alle radio comunicazioni in quanto non è in grado di riflettere o deviare le onde radio ma solamente di assorbirle (determina le LUF).
- Gli assorbimenti sono inversamente proporzionali alla frequenza per cui rende inutilizzabili le gamme basse durante il giorno.
- Si forma al sorgere del sole e scompare immediatamente al tramonto (salvo deboli residui che influenzano solo i 160 metri).
- L'intensità di ionizzazione è legata al numero delle macchie ed allo zenith solare.
- Nel caso di tempeste solari è il primo a venire influenzato (in 8 minuti dall'evento) e provoca un forte incremento degli assorbimenti, anche alle frequenze più elevate (SWA).
- Le migliori opportunità di studiare gli effetti dello strato D vengono offerte dalle eclissi di sole ed un'esperienza diretta molto interessante l'abbiamo avuta con l'eclisse totale dell'11 agosto 1999.

# DX Atlas: mappa globale dello strato D

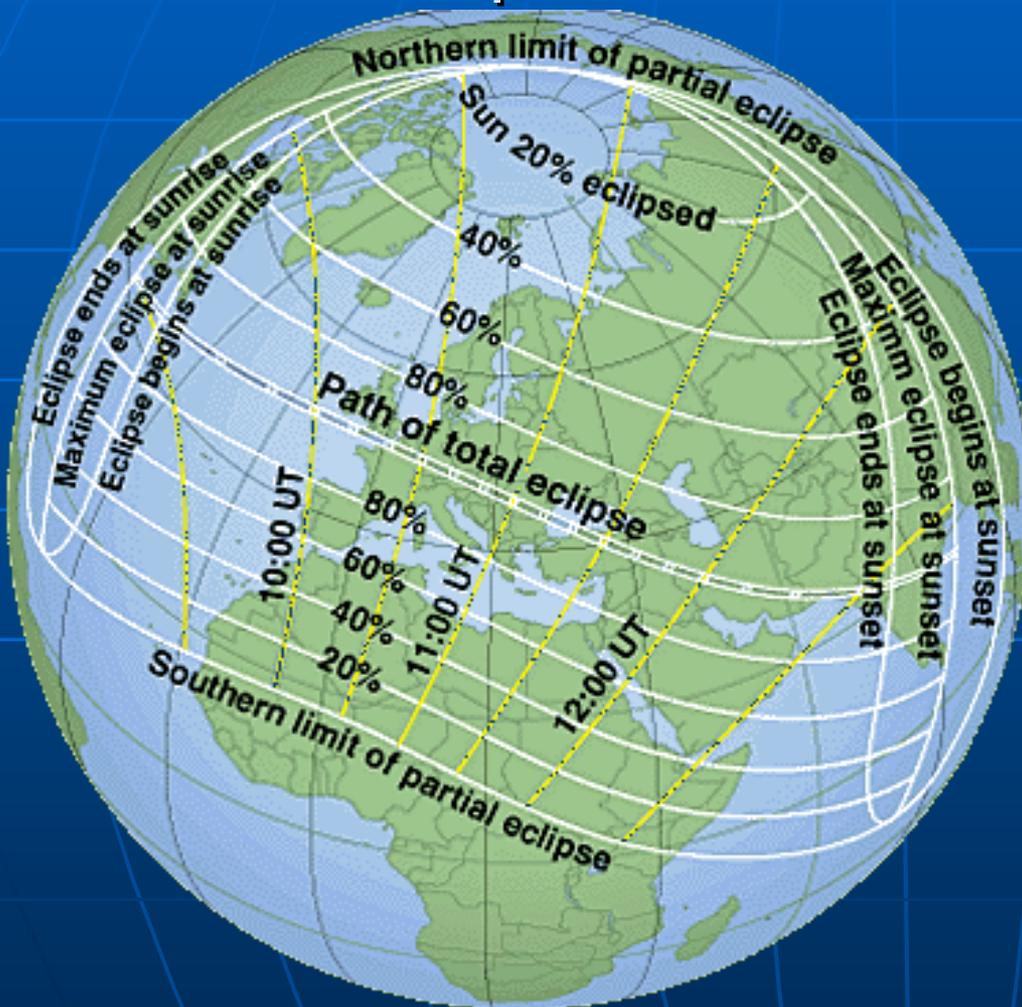
11 agosto – ore 11.30 Z – SSN 130 : intensità Ne/cmc 1500



IV3PRK

# L'eclisse solare dell'11 agosto 1999

provoca la scomparsa dello strato D



- Dal log di IV3PRK in 160 metri:
- fino alle 10.10Z: il solo rumore diurno della gamma;
- dalle 10.12 alle 11.32: n. 29 QSO dalle isole Shetland alla Turchia;
- alle 11.45 l'eclisse è terminata e tutti i segnali sono nuovamente riassorbiti nel rumore !

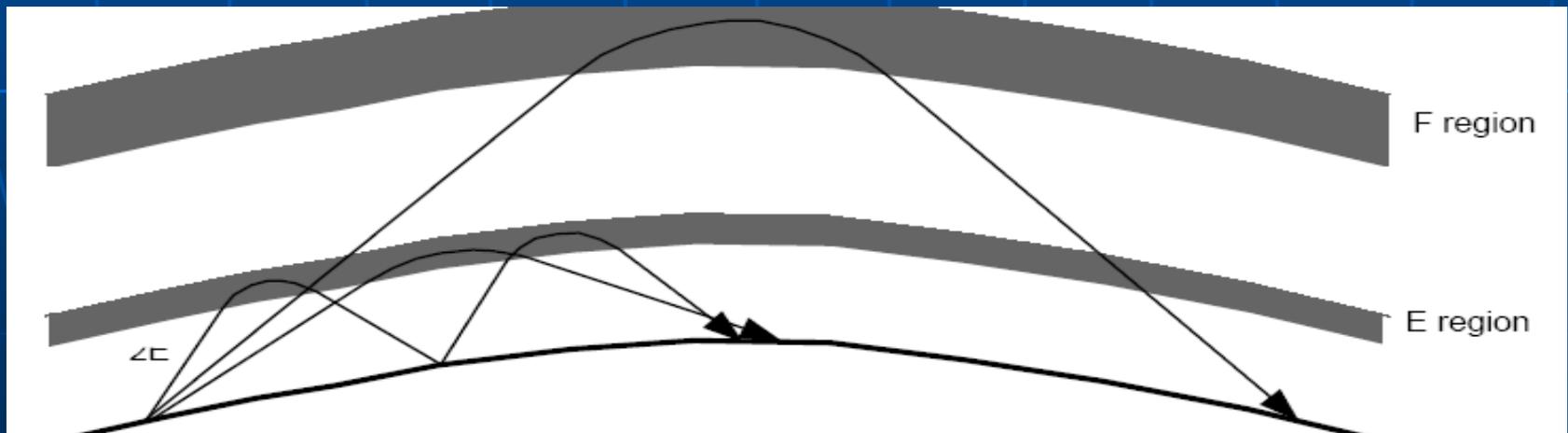
# L'eclisse solare dell'11 agosto 1999

Grid loc. collegati in 160 metri dalle 10.12 alle 11.32 Z da IV3PRK

1	IP41	IP51	IP61	IP71	IP81	IP91	JP01	JP11	JP21	JP31	JP41	JP51	JP61	JP71	JP81	JP91	KP01	KP11	KP21	KP31	KP41	KP51	KP61	KP71	KP81
0	IP40	IP50	IP60	IP70	IP80	IP90	JP00	JP10	JP20	JP30	JP40	JP50	JP60	JP70	JP80	JP90	KP00	KP10	KP20	KP30	KP40	KP50	KP60	KP70	KP80
9	IO49	IO59	IO69	IO79	IO89	IO99	JO09	JO19	JO29	JO39	JO49	JO59	JO69	JO79	JO89	JO99	KO09	KO19	KO29	KO39	KO49	KO59	KO69	KO79	KO89
8	IO48	IO58	IO68	IO78	IO88	IO98	JO08	JO18	JO28	JO38	JO48	JO58	JO68	JO78	JO88	JO98	KO08	KO18	KO28	KO38	KO48	KO58	KO68	KO78	KO88
7	IO47	IO57	IO67	IO77	IO87	IO97	JO07	JO17	JO27	JO37	JO47	JO57	JO67	JO77	JO87	JO97	KO07	KO17	KO27	KO37	KO47	KO57	KO67	KO77	KO87
6	IO46	IO56	IO66	IO76	IO86	IO96	JO06	JO16	JO26	JO36	JO46	JO56	JO66	JO76	JO86	JO96	KO06	KO16	KO26	KO36	KO46	KO56	KO66	KO76	KO86
5	IO45	IO55	IO65	IO75	IO85	IO95	JO05	JO15	JO25	JO35	JO45	JO55	JO65	JO75	JO85	JO95	KO05	KO15	KO25	KO35	KO45	KO55	KO65	KO75	KO85
4	IO44	IO54	IO64	IO74	IO84	IO94	JO04	JO14	JO24	JO34	JO44	JO54	JO64	JO74	JO84	JO94	KO04	KO14	KO24	KO34	KO44	KO54	KO64	KO74	KO84
3	IO43	IO53	IO63	IO73	IO83	IO93	JO03	JO13	JO23	JO33	JO43	JO53	JO63	JO73	JO83	JO93	KO03	KO13	KO23	KO33	KO43	KO53	KO63	KO73	KO83
2	IO42	IO52	IO62	IO72	IO82	IO92	JO02	JO12	JO22	JO32	JO42	JO52	JO62	JO72	JO82	JO92	KO02	KO12	KO22	KO32	KO42	KO52	KO62	KO72	KO82
1	IO41	IO51	IO61	IO71	IO81	IO91	JO01	JO11	JO21	JO31	JO41	JO51	JO61	JO71	JO81	JO91	KO01	KO11	KO21	KO31	KO41	KO51	KO61	KO71	KO81
0	IO40	IO50	IO60	IO70	IO80	IO90	JO00	JO10	JO20	JO30	JO40	JO50	JO60	JO70	JO80	JO90	KO00	KO10	KO20	KO30	KO40	KO50	KO60	KO70	KO80
9	IN49	IN59	IN69	IN79	IN89	IN99	JN09	JN19	JN29	JN39	JN49	JN59	JN69	JN79	JN89	JN99	KN09	KN19	KN29	KN39	KN49	KN59	KN69	KN79	KN89
8	IN48	IN58	IN68	IN78	IN88	IN98	JN08	JN18	JN28	JN38	JN48	JN58	JN68	JN78	JN88	JN98	KN08	KN18	KN28	KN38	KN48	KN58	KN68	KN78	KN88
7	IN47	IN57	IN67	IN77	IN87	IN97	JN07	JN17	JN27	JN37	JN47	JN57	JN67	JN77	JN87	JN97	KN07	KN17	KN27	KN37	KN47	KN57	KN67	KN77	KN87
6	IN46	IN56	IN66	IN76	IN86	IN96	JN06	JN16	JN26	JN36	JN46	JN56	JN66	JN76	JN86	JN96	KN06	KN16	KN26	KN36	KN46	KN56	KN66	KN76	KN86
5	IN45	IN55	IN65	IN75	IN85	IN95	JN05	JN15	JN25	JN35	JN45	JN55	JN65	JN75	JN85	JN95	KN05	KN15	KN25	KN35	KN45	KN55	KN65	KN75	KN85
4	IN44	IN54	IN64	IN74	IN84	IN94	JN04	JN14	JN24	JN34	JN44	JN54	JN64	JN74	JN84	JN94	KN04	KN14	KN24	KN34	KN44	KN54	KN64	KN74	KN84
3	IN43	IN53	IN63	IN73	IN83	IN93	JN03	JN13	JN23	JN33	JN43	JN53	JN63	JN73	JN83	JN93	KN03	KN13	KN23	KN33	KN43	KN53	KN63	KN73	KN83
2	IN42	IN52	IN62	IN72	IN82	IN92	JN02	JN12	JN22	JN32	JN42	JN52	JN62	JN72	JN82	JN92	KN02	KN12	KN22	KN32	KN42	KN52	KN62	KN72	KN82
1	IN41	IN51	IN61	IN71	IN81	IN91	JN01	JN11	JN21	JN31	JN41	JN51	JN61	JN71	JN81	JN91	KN01	KN11	KN21	KN31	KN41	KN51	KN61	KN71	KN81
0	IN40	IN50	IN60	IN70	IN80	IN90	JN00	JN10	JN20	JN30	JN40	JN50	JN60	JN70	JN80	JN90	KN00	KN10	KN20	KN30	KN40	KN50	KN60	KN70	KN80
9	IM49	IM59	IM69	IM79	IM89	IM99	JM09	JM19	JM29	JM39	JM49	JM59	JM69	JM79	JM89	JM99	KM09	KM19	KM29	KM39	KM49	KM59	KM69	KM79	KM89
8	IM48	IM58	IM68	IM78	IM88	IM98	JM08	JM18	JM28	JM38	JM48	JM58	JM68	JM78	JM88	JM98	KM08	KM18	KM28	KM38	KM48	KM58	KM68	KM78	KM88
7	IM47	IM57	IM67	IM77	IM87	IM97	JM07	JM17	JM27	JM37	JM47	JM57	JM67	JM77	JM87	JM97	KM07	KM17	KM27	KM37	KM47	KM57	KM67	KM77	KM87
6	IM46	IM56	IM66	IM76	IM86	IM96	JM06	JM16	JM26	JM36	JM46	JM56	JM66	JM76	JM86	JM96	KM06	KM16	KM26	KM36	KM46	KM56	KM66	KM76	KM86
5	IM45	IM55	IM65	IM75	IM85	IM95	JM05	JM15	JM25	JM35	JM45	JM55	JM65	JM75	JM85	JM95	KM05	KM15	KM25	KM35	KM45	KM55	KM65	KM75	KM85

# Lo strato E

- Si trova immediatamente sopra lo strato D, fra 100 e 120 km.
- Si forma, come lo strato D, al sorgere del sole e dopo il tramonto cala sensibilmente (la frequenza critica verticale scende sotto 0,5 MHz).
- E' in grado di riflettere le frequenze più basse, mentre quelle più alte vengono in parte assorbite nel loro attraversamento.
- Nel foglio excel [EFV.xls](#) qui collegato si può simulare la ionizzazione dello strato E, e calcolare l'impatto sullo stesso quando viene raggiunto da un segnale a radio frequenza.
- Viene così introdotto il concetto della EFV, che è la frequenza effettiva verticale corrispondente alla frequenza obliqua irradiata da un'antenna trasmittente: se l'EFV è inferiore alla FoE (frequenza critica verticale) il segnale viene riflesso a terra, altrimenti perfora e prosegue verso lo strato F.



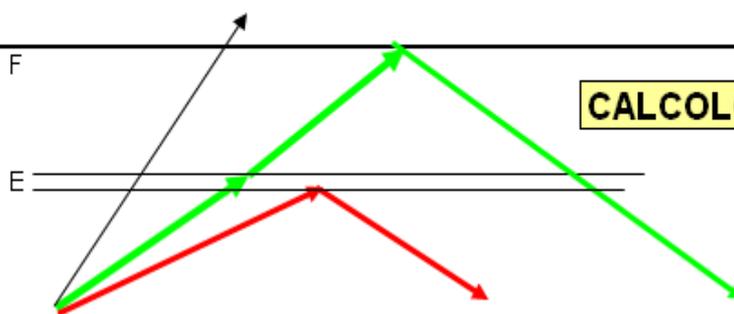
# Esempio di calcolo della frequenza critica verticale "EFV" su foglio Excel "EFV.xls"

## CALCOLO frequenza critica verticale dello strato E

SSN	30		
Zenith solare	90	Cos(Z) =>	0,0001
FoE=0.9*[(180+1.44*SSN)*COS(Z)]*0.25		FoE => MHz	<b>0,35</b>

## CALCOLO frequenza verticale effettiva - EFV

Freq. Oper. MHz	<b>1,8</b>	Ang.Incid.	75	Freq.verticale effettiva	
Angolo radiazione	<b>15</b>	Coseno	0,258819	MHz =>	<b>0,47</b> <b>perfora verso lo strato F !</b>

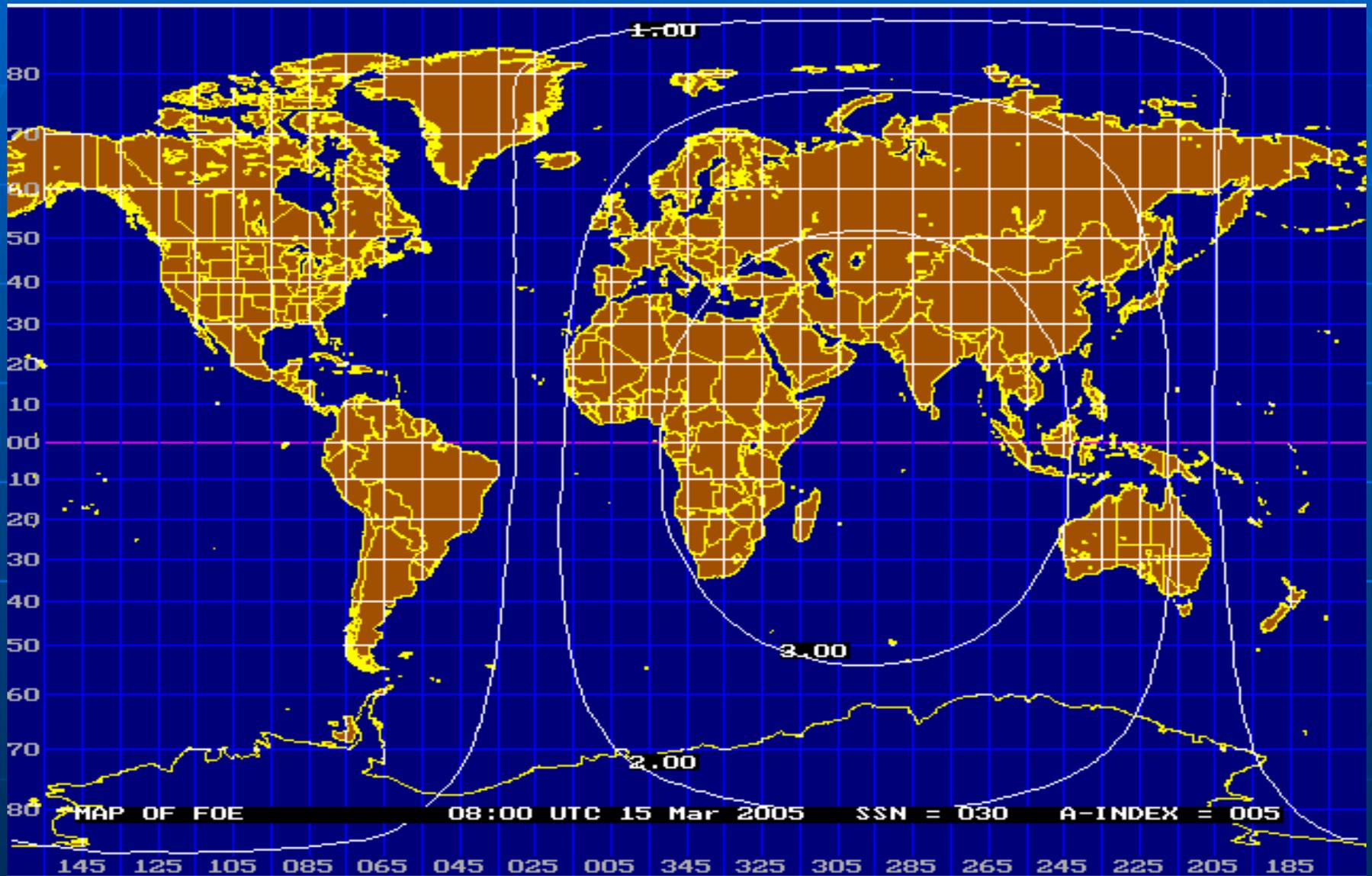


## CALCOLO frequenza critica o frequenza del plasma

Numero elettroni per cm3	400	4E+02 = per mc.	N	N
Fc = (9 * 10^6) * SQR ( N )			Fc ==> MHz	<b>0,18</b>

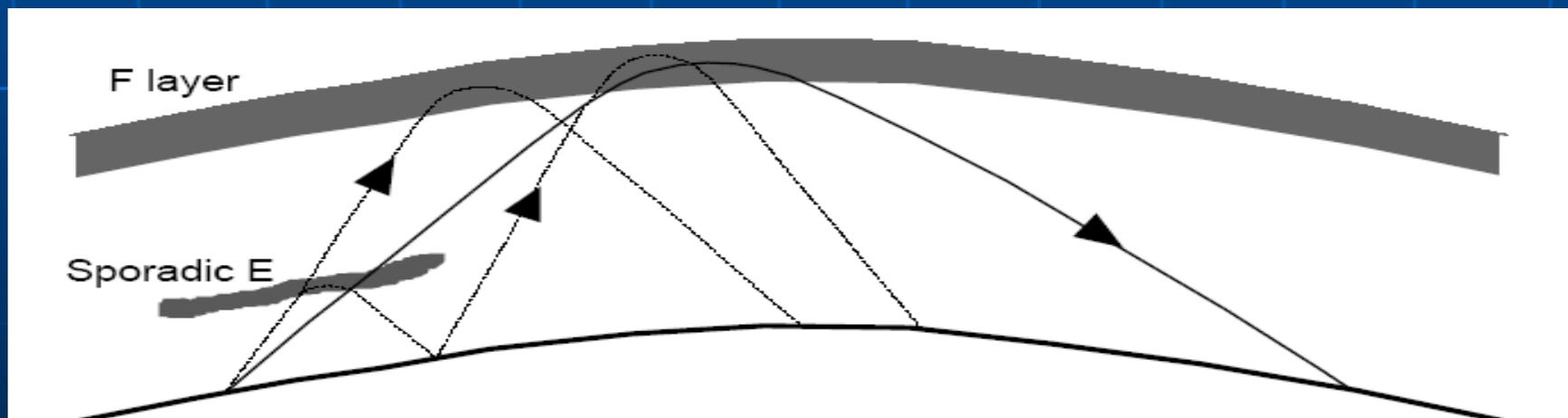
**Per la riflessione è necessario ridurre la frequenza o ridurre l'angolo di radiazione**

# Proplab Pro: Mappa globale dello strato E



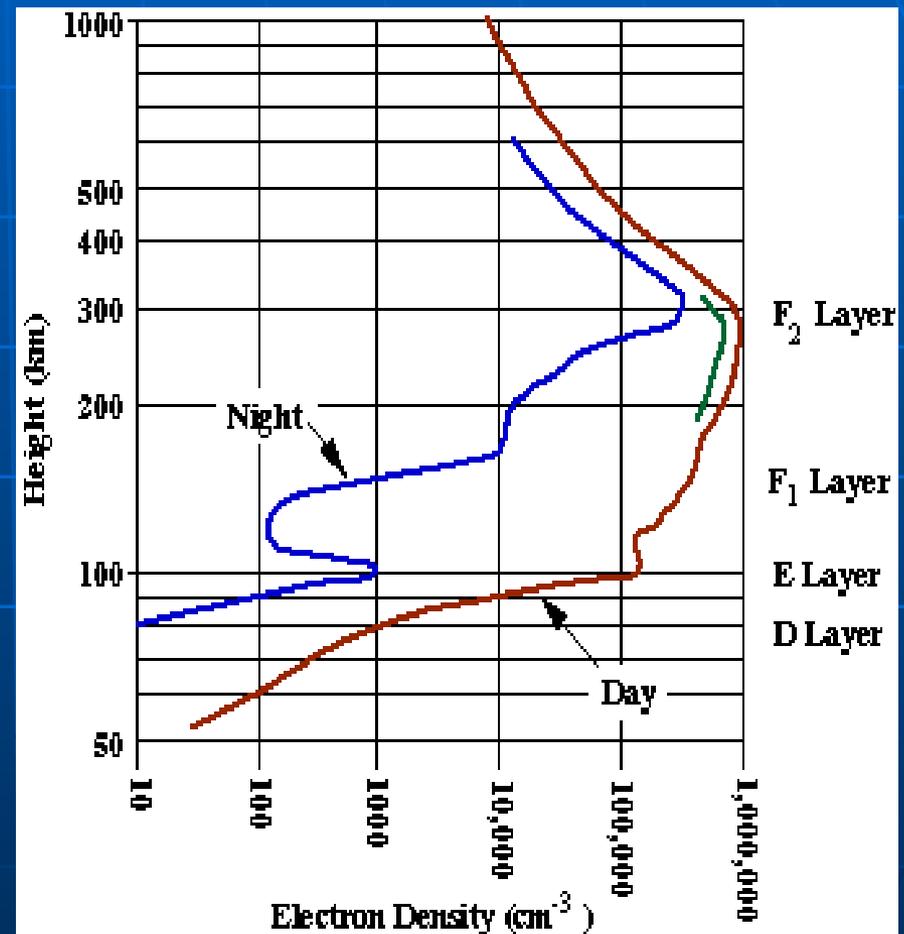
# Lo strato E sporadico

- E' uno strato anomalo, non prevedibile, chiamato Es perché si forma improvvisamente alla stessa altezza dello strato E, fra 100 e 130 km.
- Appare alle medie latitudini preferibilmente dal mese di maggio ad agosto nella tarda mattinata o verso il tramonto ed in dicembre di sera; alle alte latitudini si accompagna spesso all'aurora nelle ore notturne, provocando strani fenomeni di propagazione.
- Ha un'estensione limitata, anche solo 100-200 km. di diametro, con un'intensità di ionizzazione in grado di riflettere frequenze molto alte fino alle VHF.
- In HF la sua presenza è rilevata dall'improvvisa apparizione di segnali molto forti sulle brevi distanze.



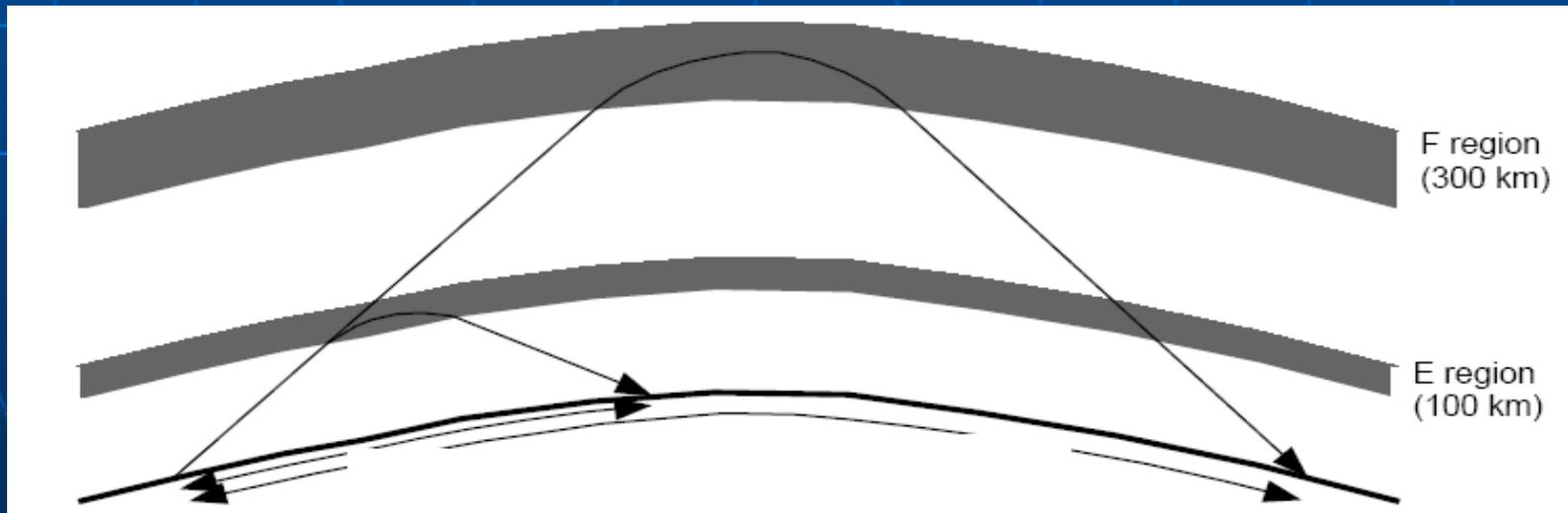
# Lo strato F1

- Si trova sopra allo strato E, fra 150 e 200 km., e ne segue lo stesso andamento, in quanto legato solo allo zenith ed al numero delle macchie solari.
- L'intensità di ionizzazione non è molto elevata e può riflettere frequenze fino a circa 10 MHz.
- E' presente solo di giorno; la sera di unisce allo strato F2, lasciando al suo posto una "valle" di ionizzazione addirittura più bassa dello strato E notturno.



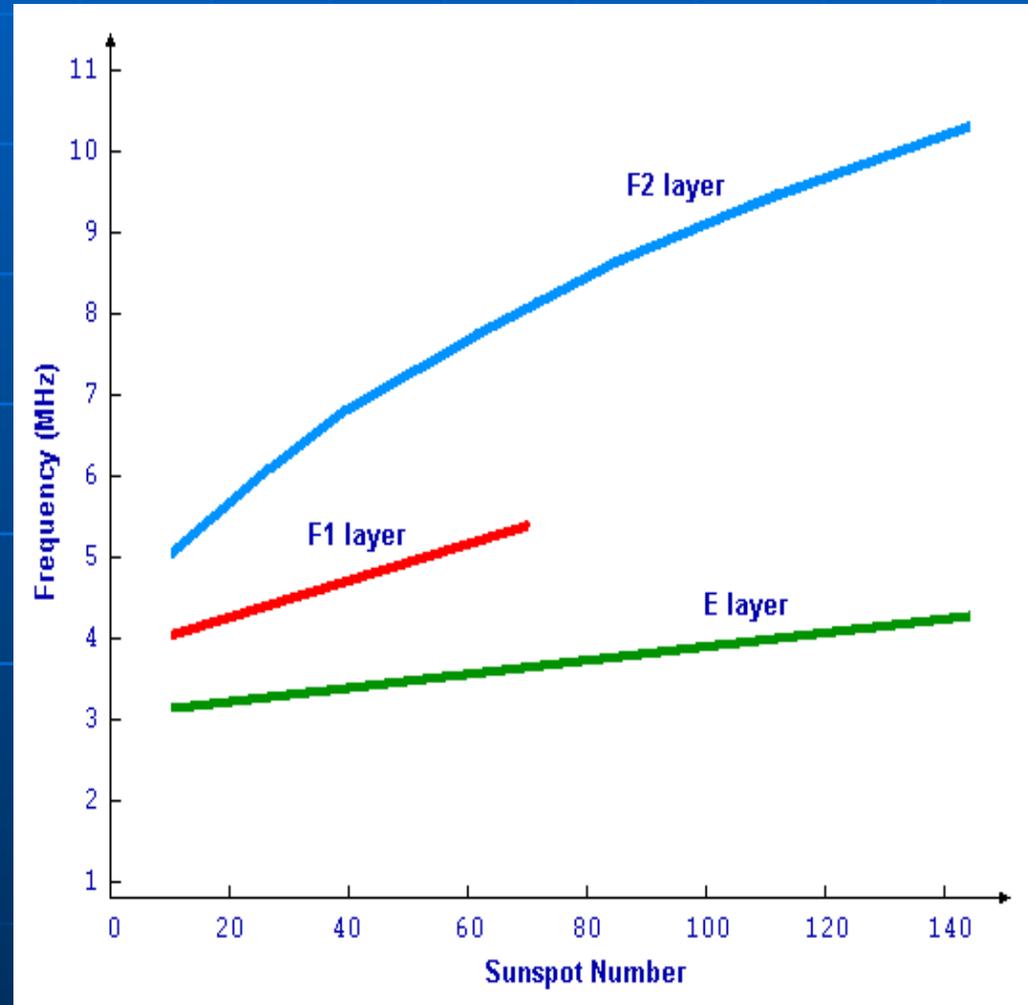
# Lo strato F2

- E' indubbiamente quello più importante, indispensabile per le comunicazioni DX in onde corte.
- La sua altezza, da 250 a 450 km., e l'intensità della ionizzazione permettono di coprire lunghe distanze, oltre 3.000 km., con un solo balzo.
- A differenza degli strati sottostanti, non è regolato dalla posizione del sole e pertanto è sempre presente, giorno e notte.



# Lo strato F2

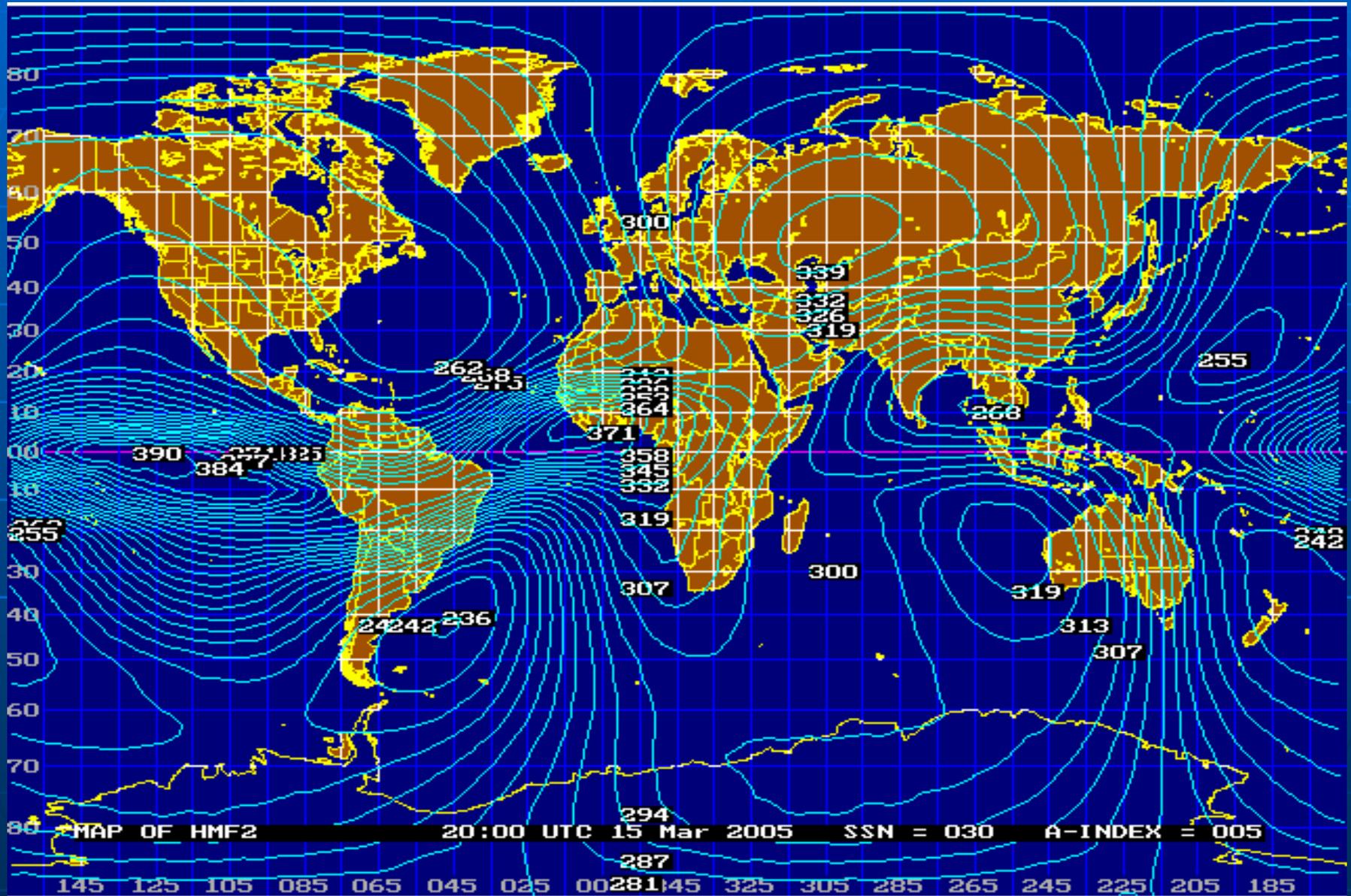
- Comincia a svilupparsi circa un'ora prima dell'alba quando lo strato F si sdoppia in F1 ed F2, raggiunge il massimo di ionizzazione un'ora dopo la levata del sole e la mantiene, con picchi variabili, fino a dopo il tramonto.
- Esprime una forte variabilità in relazione all'attività solare ed al campo geomagnetico.
- La sua frequenza critica verticale "FoF2" è molto più alta degli altri strati ed è molto più sensibile alla variazione del numero delle macchie solari



# Lo strato F2

- Il mantenimento della ionizzazione notturna è dovuto alla bassa densità molecolare a queste altitudini ed alla scarsa capacità di ioni ed elettroni di ricombinarsi, ma un ruolo importante è svolto dal campo magnetico terrestre.
- L'atmosfera terrestre è immersa nel campo geomagnetico e gli elettroni prodotti dalle radiazioni solari vengono trattenuti da queste linee di campo, ove sono costretti a ruotare a spirale (gyrofrequency), ostacolando la ricombinazione in atomi neutri.
- Questo si chiama "controllo geomagnetico" della ionizzazione dello strato in quanto la distribuzione degli elettroni è determinata dal campo magnetico terrestre.
- Ecco perché le mappe ionosferiche dello strato F2 sono complesse e distorte in confronto a quelle degli strati inferiori soggetti a "controllo solare".
- Oltre alla variabilità della ionizzazione, e quindi delle frequenze critiche verticali "FoF2", è molto importante anche la continua variabilità dell'altezza dello strato riflettente, che determina - in combinazione con l'angolo d'irradiazione del segnale - la lunghezza del salto percorribile (da 2.500 a 4.000 km. con il minimo angolo possibile).

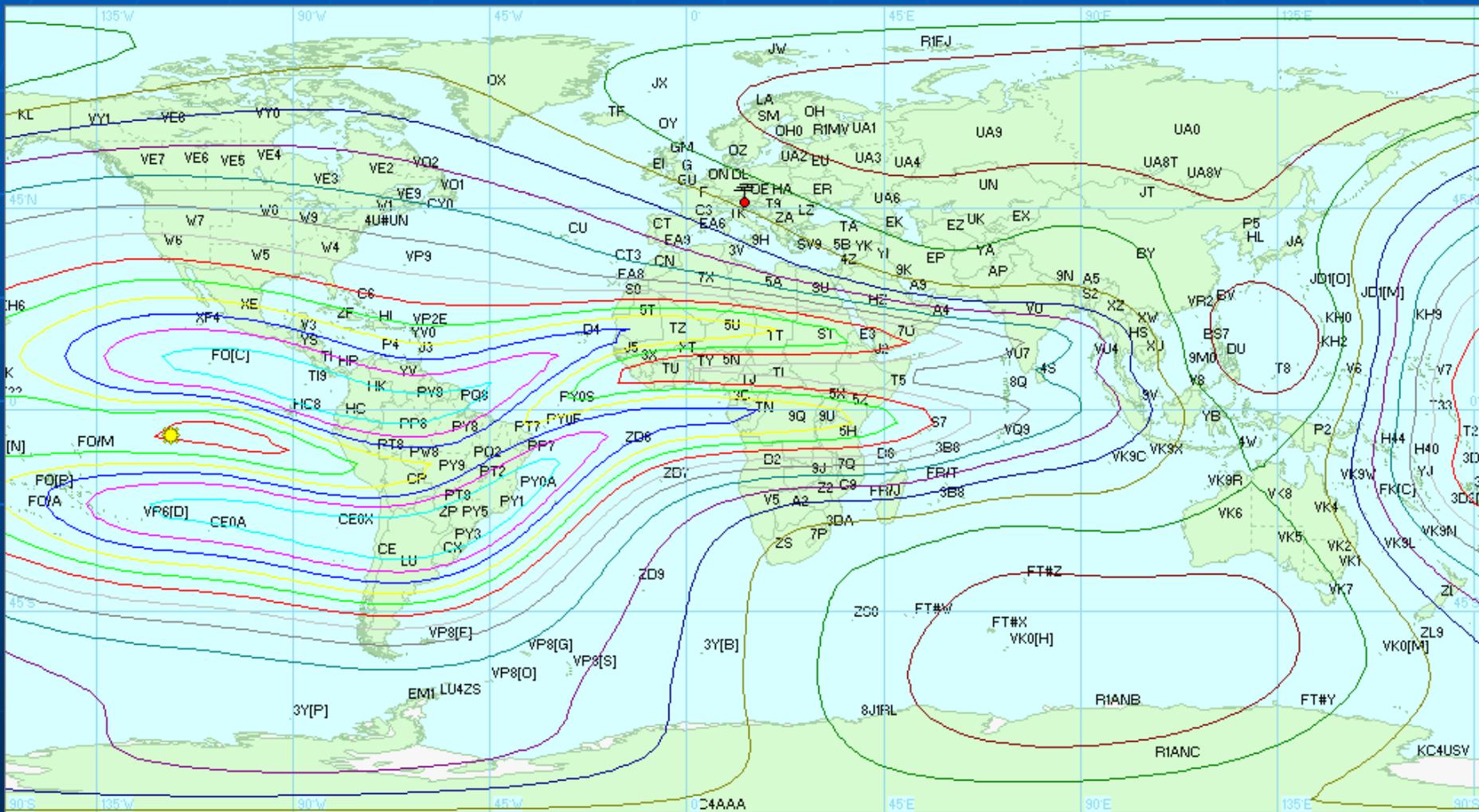
# Mappa globale dell'altezza dello strato F2 – da PropLab Pro



# Mappa globale FoF2 del 6 marzo – ore 20.00Z – SSN 42 = da Dx Atlas

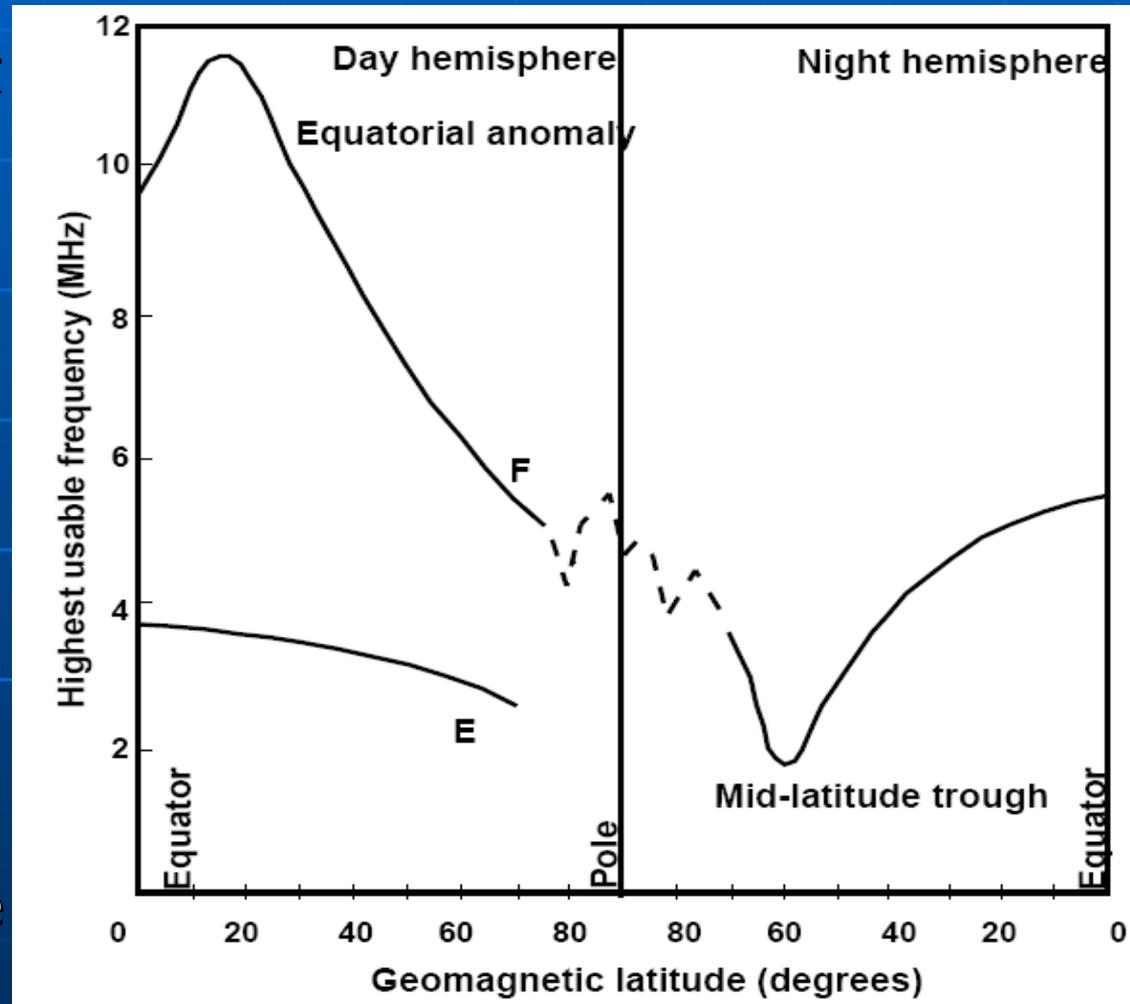
Si nota l'anomalia equatoriale con i due massimi a 12,5 MHz su FO/C e su ZP

l'area sotto il sole è a 8,4 MHz – minimi su UA9/0, DU e VK0 a 2,7 MHz

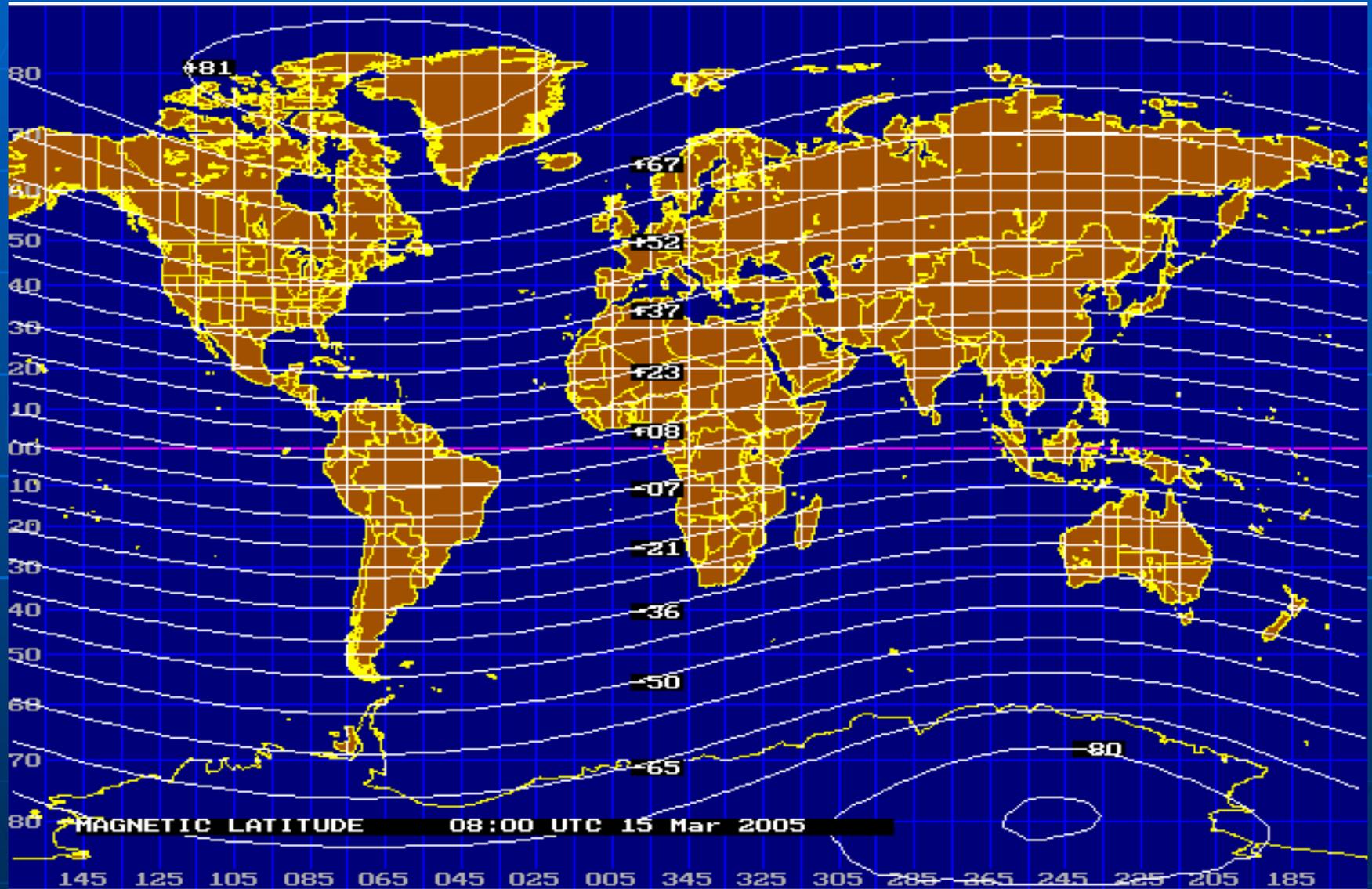


# Le anomalie nello strato F2

- La più nota è la “Winter anomaly” per cui, contrariamente agli strati sottostanti, le frequenze diurne sono più elevate nei mesi invernali.
- Il picco massimo della FoF2 si registra comunque agli equinozi di marzo e settembre verso mezzogiorno.
- Qui a lato sono invece illustrate le anomalie legate alla latitudine geomagnetica: l’anomalia equatoriale e la depressione notturna alle medie latitudini



# Mappa globale della Latitudine Magnetica - PropLab Pro

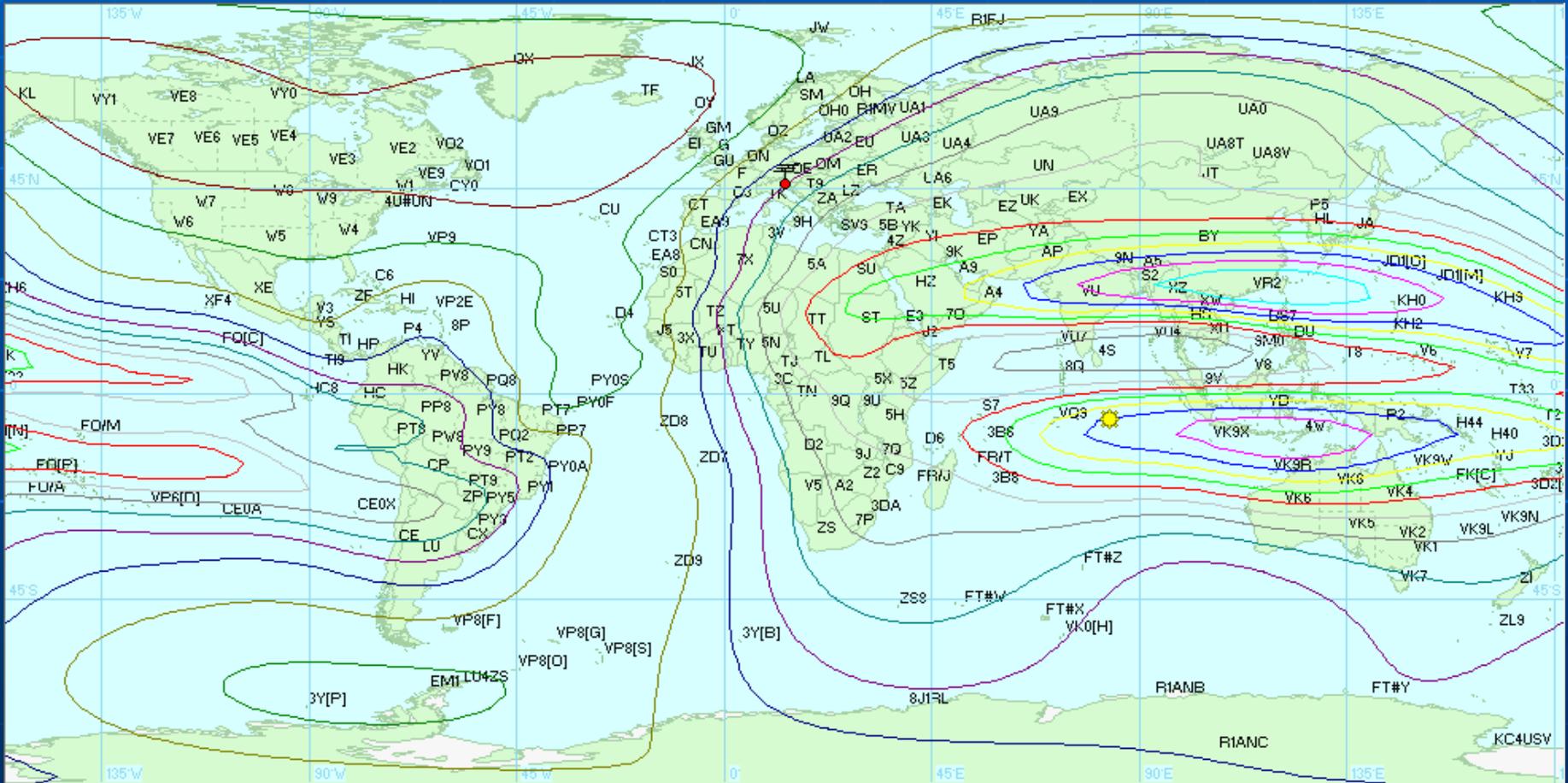


# La MUF

- Per ogni percorso c'è una Massima Frequenza Utilizzabile "MUF", caratterizzata dalla distanza da coprire (MUF3000, MUF4000) e determinata dallo stato di ionizzazione in prossimità del punto di riflessione.
- Il segnale HF viene rifratto nell'area di massima ionizzazione dello strato - quella più alta - e pertanto, per la migliore efficienza è opportuno avvicinarsi il più possibile alla MUF, ma non superarla.
- Qualsiasi frequenza più elevata perfora lo strato e viene persa, e **ciò indipendentemente dalla potenza impiegata**: dieci kw si perdono "tutti", così come un solo watt !
  - Per realizzare il collegamento ci sono due alternative:
    - Scendere sulla banda di frequenza immediatamente inferiore
    - Alzare l'antenna o, ... più semplicemente, passare alla verticale!
- Nel caso di percorsi DX naturalmente sono necessari più salti e per ognuno di essi è necessario verificare la MUF al punto di controllo intermedio.
- La MUF più bassa condiziona le possibilità del collegamento e diventa quindi la MUF per quel percorso DX - a quell'ora - in quel mese - in quella fase di attività solare.

# Mappa delle MUF3000 – 7 marzo – 06.30 z – SSN 42 = Dx Atlas

Notare il massimo di 36 MHz su VR2 e VK9X, mentre all'equatore magnetico (VU4) è di 20 MHz. Da IV3 all'estrema Siberia la MUF è un canale diretto fra 15 e 16 MHz

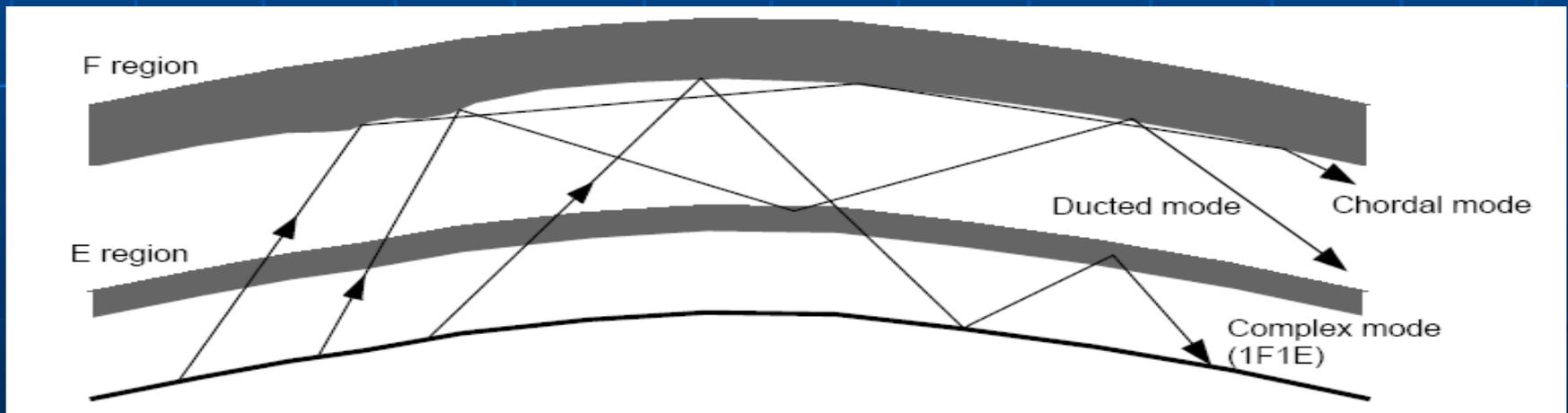


# La LUF

- La LUF (Lowest Usable Frequency) è la frequenza più bassa che può essere utilizzata per una comunicazione soddisfacente.
- L'intensità del segnale ricevuto dipende dalla potenza trasmessa, dal guadagno e direttività di entrambe le antenne e dalle perdite lungo il percorso.
- Inoltre essa dipende dal livello di rumore, atmosferico e locale, al punto di ricezione e dal tipo di modulazione usata.
- La LUF aumenta con l'attività solare, per i maggiori assorbimenti ionosferici, e d'estate e nelle aree tropicali per gli elevati disturbi atmosferici ma a differenza della MUF, che è completamente dipendente dalle caratteristiche della ionosfera,
- può essere in qualche modo controllata e corretta
  - migliorando l'antenna e/o aumentando la potenza irradiata
  - cambiando il tipo di modulazione con larghezza di banda più stretta.

# Modi complessi di propagazione

- Oltre ai modi semplici di propagazione, via E o via F, molto spesso la comunicazione avviene con salti misti che si adattano ai diversi gradi di ionizzazione nei lunghi tragitti, ma a volte si verificano condizioni speciali che consentono DX eccezionali con segnali molto forti :
- Il Pederson Ray: il segnale, molto vicino alla frequenza critica, percorre lunghe distanze lungo la parte più alta dello strato senza perforarlo – interessa le bande più alte in quanto solo giornaliero, ma molto instabile.
- Il ducting mode: ne beneficiano soprattutto le bande più basse quando il segnale viene incanalato nella "valle" che si forma di notte fra lo strato F ed il residuo dello strato E, dove la ionizzazione rimane sufficiente a rifrangere più volte verso l'alto le frequenze di 1,8 MHz – si realizzano collegamenti impensabili con segnali fortissimi grazie ai ridotti assorbimenti.



# Le MUF nelle previsioni di propagazione

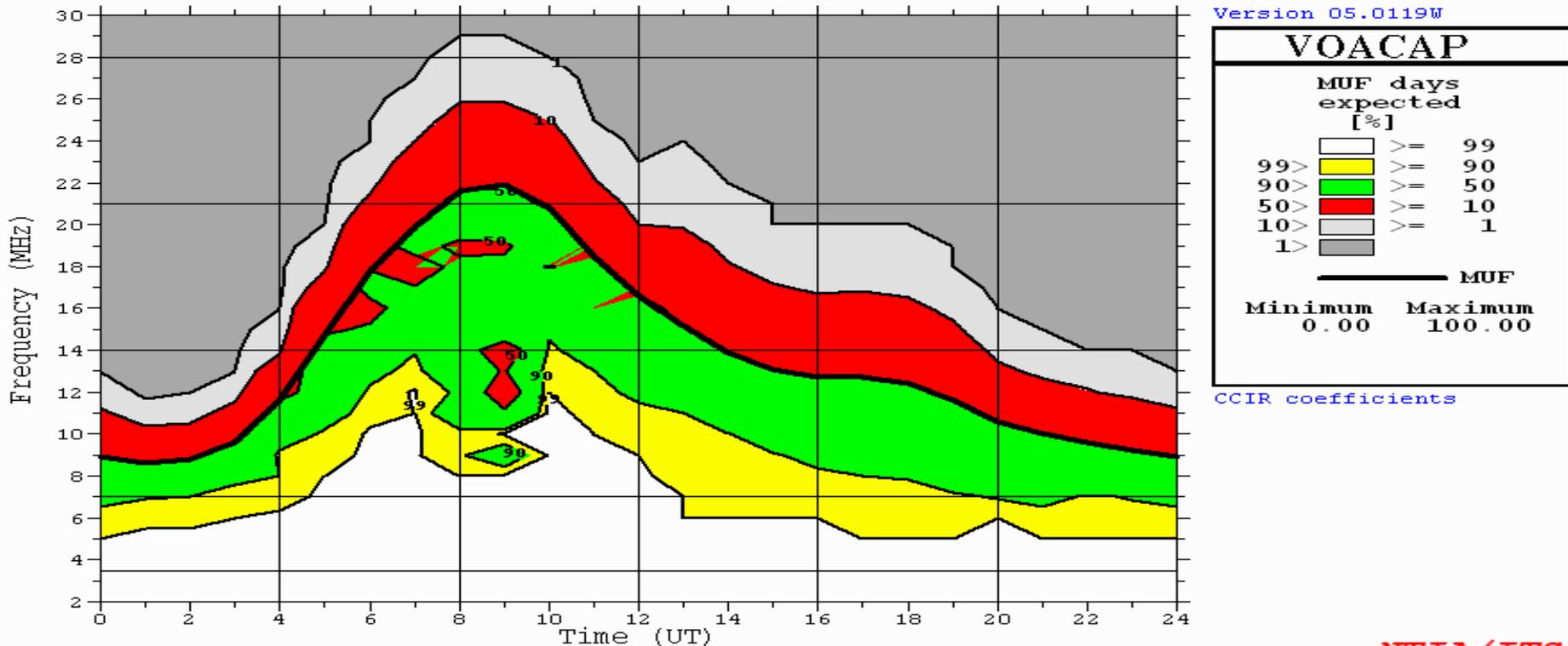
- Bisogna fare molta attenzione a distinguere il significato di MUF utilizzato nelle previsioni di propagazione ionosferica.
- In tal caso MUF (maximum usable frequency) è un concetto statistico ed è la distribuzione media mensile di tutte le massime frequenze osservate per un determinato percorso per ogni giorno, ora ed SSN.
- In altre parole la MUF è la frequenza prevista per il 50% del tempo, ossia per 15 giorni al mese, a condizione di bassi indici di attività geomagnetica ( $A_p$  e  $K$ ), senza considerare quindi quelli eventualmente disturbati da tempeste ionosferiche.
- Per garantirsi una maggiore affidabilità si usa la FOT (frequency of optimum traffic) che si ottiene moltiplicando la MUF per 0,85 e che è prevista per il 90% del tempo, 27 giorni al mese.
- Però un DXer è sempre alla ricerca dei collegamenti più difficili e pertanto deve puntare all'utilizzo della HPF (highest possible frequency) che si ottiene moltiplicando la MUF per 1,15 e che prevede una possibilità di successo del 10%, cioè di 3 giorni al mese.
- Naturalmente tutto questo viene fornito automaticamente da quasi tutti i programmi di previsione.

# Previsione MUF con il programma VOACAP

per il percorso Udine-Tokyo nel mese di marzo con n. 30 macchie solari

```

Mar      2005          SSN = 30.          Minimum Angle= 3.000 degrees
UDINE    TOKYO          AZIMUTHS          N. MI.          KM
46.05 N  13.23 E - 35.67 N  139.77 E    40.92  325.97    5113.5    9469.5
XMTR 2-30 IONCAP #24[samples\SAMPLE.24 ] Az= 0.0 OFFaz= 40.9    1.000kW
RCVR 2-30 2-D Table [DEFAULT\SWWHIP.VOA ] Az= 0.0 OFFaz=326.0
3 MHz NOISE = -145.0 dBW      REQ. REL = 50%      REQ. SNR = 30.0 dB
MULTIPATH POWER TOLERANCE = 3.0 dB      MULTIPATH DELAY TOLERANCE = 0.100 ms
    
```



NTIA/ITS

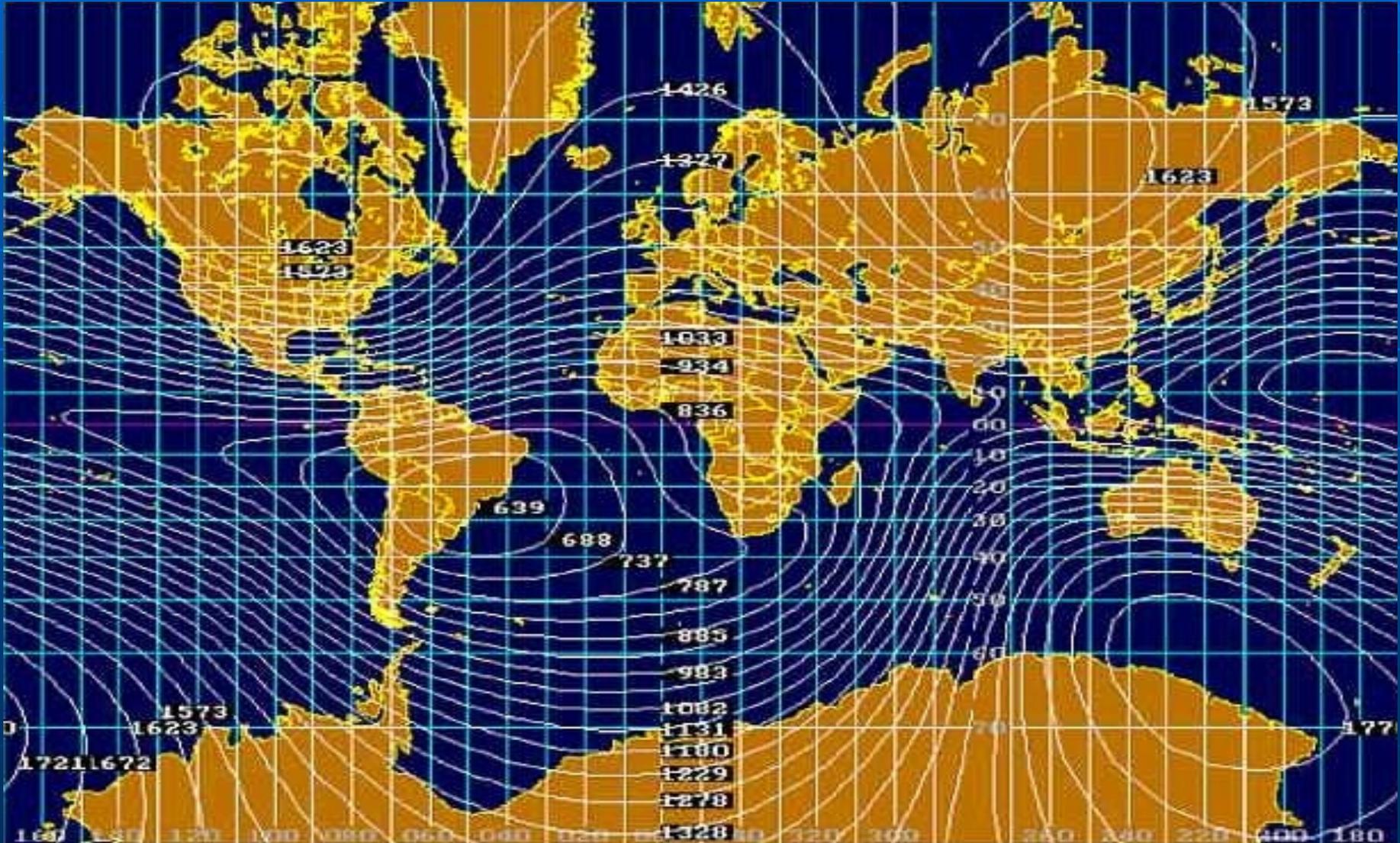
- Il calcolo delle MUF è certamente essenziale nelle previsioni di propagazione, ma dobbiamo tenere in considerazione l'intensità del segnale in rapporto al rumore.
- La ionizzazione e le MUF sono indispensabili per l'apertura delle bande alte (10, 12 e 15 metri)
- Gli assorbimenti e le LUF sono invece il fattore limite per le bande basse (160, 80 e 40 metri)
- Ciò significa che per le gamme intermedie (30, 20 e 18 metri) sono importanti sia le MUF che gli assorbimenti.

In ogni caso la comunicazione è possibile solo se il percorso è aperto ed il segnale raggiunge il ricevitore con una intensità al di sopra del rumore

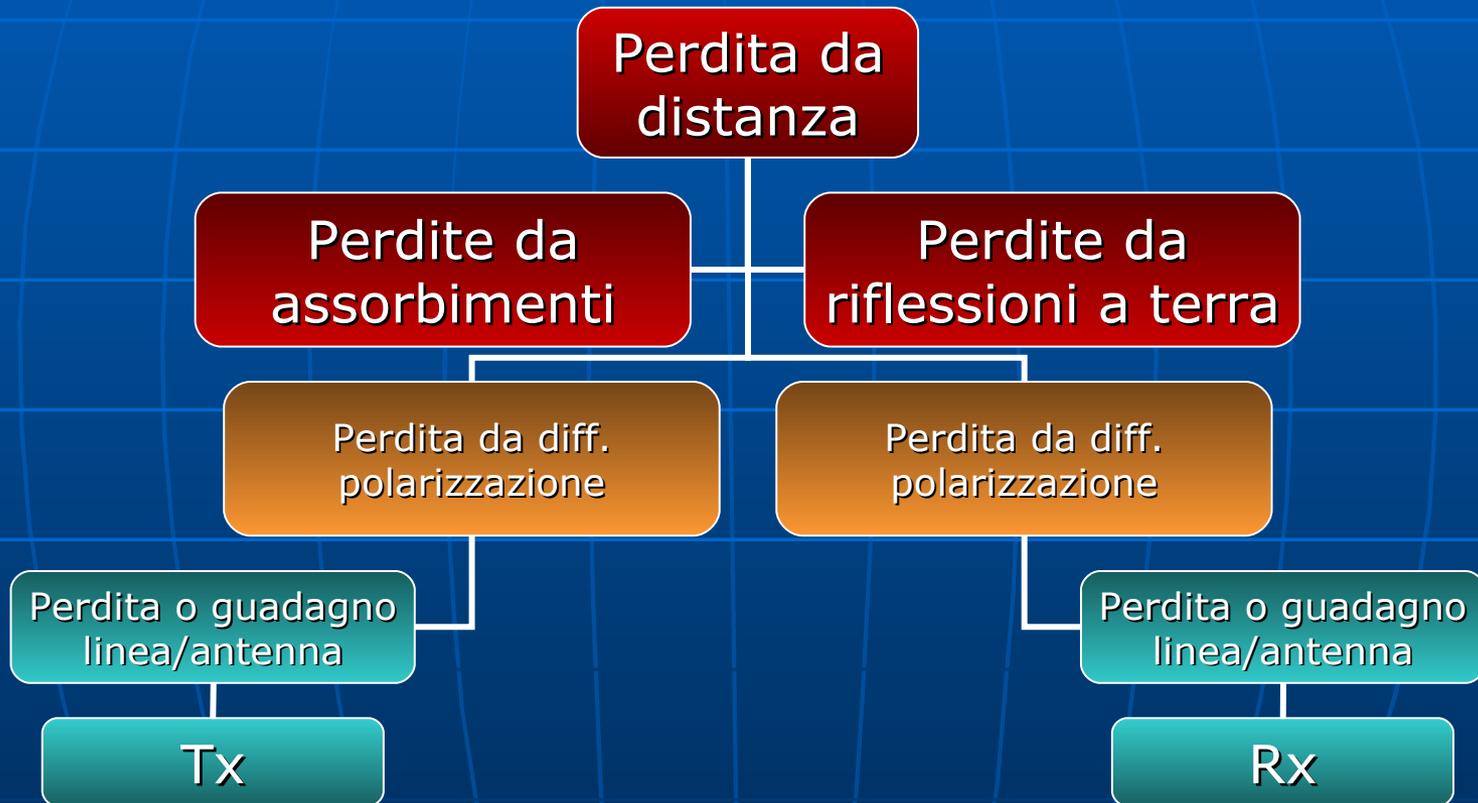
## ed a questo punto la faccenda si complica ...

- Oltre alla frequenza operativa (QRG) ci sono altre tre frequenze che determinano gli aspetti della propagazione:
- Frequenza del Plasma: in una data posizione nella ionosfera rappresenta la densità degli elettroni e deve essere sempre superiore alla frequenza critica verticale (EFV) della QRG.
- Frequenza di Collisione (Fc), fra gli elettroni e gli atomi neutri che li circondano, determina gli assorbimenti ed è più elevata nella parte più bassa della ionosfera. E' importante confrontare la frequenza operativa con quella di collisione: più la QRG è elevata rispetto alla Fc e minori sono gli assorbimenti.
- Gyrofrequency: è la frequenza con cui gli elettroni girano a spirale attorno alle linee del campo geomagnetico. Varia da 0,6 a 1,6 MHz a secondo della latitudine e pertanto crea problemi solo in 160 metri.

# Proplab Pro – Mappa globale della “Gyrofrequency”



# Cosa succede al segnale radio nel viaggio dal trasmettitore al ricevitore



# Perdite da distanza

- La potenza di un'onda elettromagnetica che si propaga nello spazio diminuisce in misura inversamente proporzionale al quadrato della distanza percorsa ed alla frequenza:

$$Pd = [ 32,5 + 20*\text{Log}(d) + 20*\text{Log}(f) ]$$

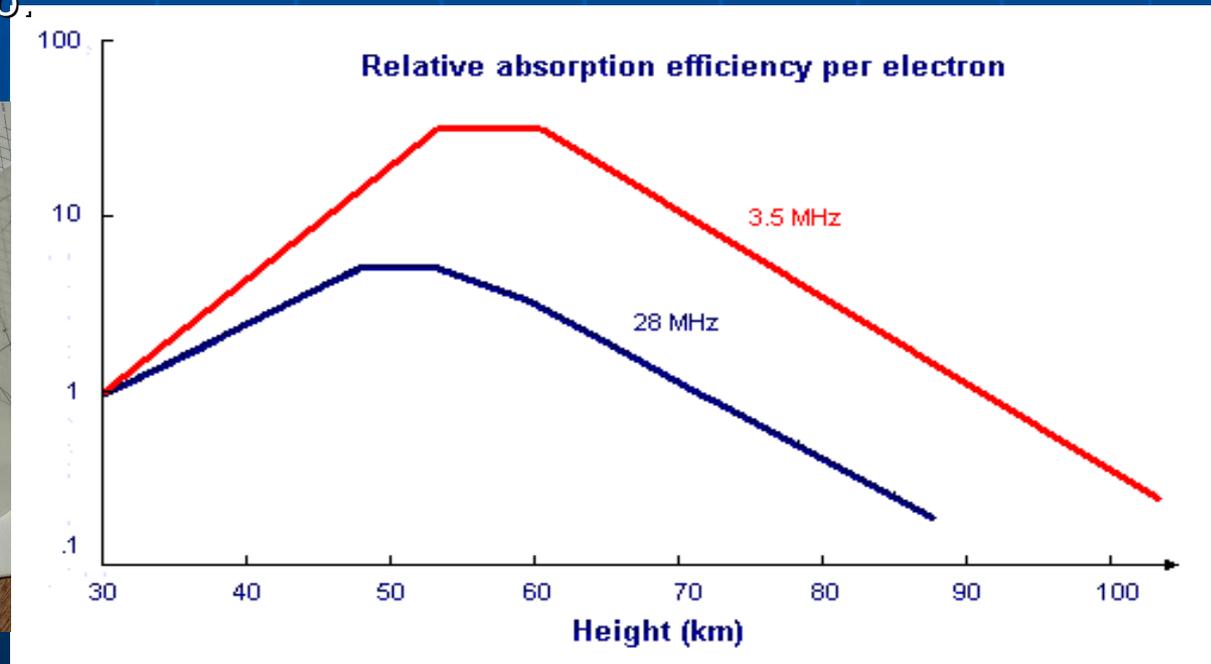
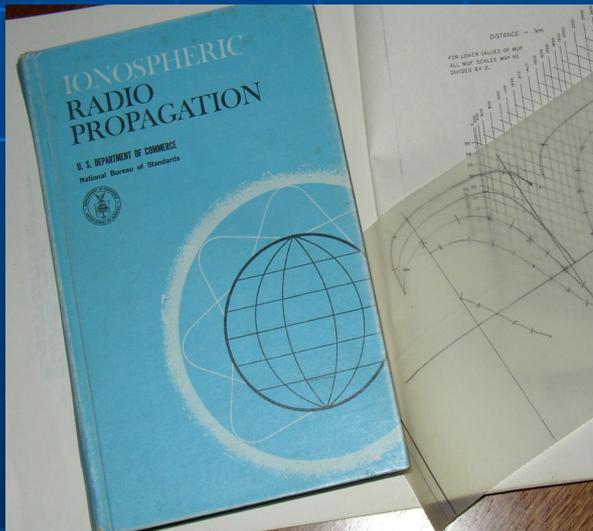
- La distanza è quella effettivamente percorsa nello spazio e vanno poi aggiunti gli effetti correttivi da focusing (positivi) o defocusing (negativi) per ogni riflessione

Frequenza MHz	Perdita dB
1,8	5
3,5	11
7	17
14	23
21	26
28	29

Distanza Km.	Perdita dB
10	20
100	40
1000	60
3000	70
10000	80
30000	90

# Le perdite da assorbimenti

- Il segnale che attraversa la ionosfera fa oscillare gli elettroni sulla propria frequenza e più bassa essa è (ossia maggiore lunghezza d'onda) più grande è il numero degli elettroni che vengono intercettati e che vanno a collidere e trasferire l'energia sui vicini atomi e molecole neutre.
- Ciò avviene soprattutto quando la frequenza del segnale (QRG) è vicina a quella di collisione ( $F_c$ ) e poiché questa diminuisce con l'altezza, è evidente che l'indice di assorbimento è molto più elevato nella regione D (40-80 km.) e per le bande più basse (80-160 metri).
- K.Davies in "Ionospheric Radio Propagation" fornisce nomogrammi e formule e per calcolare gli assorbimenti, che ho trasferito nel foglio excel **Loss.xls** qui collegato.



# Esempio calcolo delle perdite su foglio Excel "Loss.xls"

## PERDITE SUL PERCORSO IONOSFERICO N.ro 1

da IV3PRK a

### DISTANCE LOSS

Frequenza =====>

1,8

0,2552725

Distanza in km. =====>

10.000

4

perdita ==>> 118 dB

### ABSORPTION LOSS

N.macchie solari ®	30		1,111	30		1,111	30		1,111
Zenith solare (X)	90	0,001	0,005623413	90	0,001	0,005623	90	0,001	0,0056234
Angolo radiazione	15	75	3,86	15	75	3,86	15	75	3,86
Frequenza oper.	1,8			1,8			1,8		
Gyro Frequency	1,2	1,5	0,444444444	1,4	1,5	0,475624	1,4	1,5	0,4328255
Assorbimenti per singolo salto ==>			4,61			4,94			4,49
N.ro salti con zenith solare a	90	3	13,84	90	2	9,87	90	0	-

N.B.: devono essere aggiunti i coefficienti di correzione per latitudine, stagione e... disturbi solari !

Tot. perdite da assorb. per n. 5 riflessioni ionosferiche ==>> 24 dB

### GROUND LOSS

NR riflessioni con	ang.basso		ang.alto		Perdite
su mare		0,5		0,2 ==>	0
su terra	1	3		5 ==>	3
su neve	3	6		8 ==>	18

Totale perdite per n. 4 riflessioni a terra ==>>> 21 dB

### Potenza segnale in dBm

Potenza trasmessa

1.000 watt

pari a 60 dBm

**TOTALE PATH LOSS**

**162 dB**

**-102 dBm**

# Le perdite da riflessioni a terra

- Sono molto importanti nei collegamenti DX a lunga distanza, soprattutto quelli che richiedono molti salti.
- Fortunatamente la Terra è coperta per il 78% da oceani, dove le perdite sono molto basse, ma
- la maggior parte delle terre emerse (e della popolazione radiantistica), si trova nell'emisfero settentrionale, di cui una vasta area coperta da nevi o ghiaccio.
- La tabella è solo indicativa e non tiene conto della frequenza:

Per ogni riflessione su	Angolo inc.	Perdita dB	Angolo inc.	Perdita dB
Mare	basso	0,5	alto	0,2
Terra	basso	3	alto	5
Neve	basso	6	alto	8

# Le altre perdite

- Alle perdite inevitabili subite nel percorso ionosferico e nelle riflessioni sul terreno devono ancora essere aggiunte le
- probabili perdite dovute alla diversa polarizzazione del segnale irradiato (o ricevuto) dall'antenna con quella del segnale che entra (o esce) dalla ionosfera. Esse dipendono dalla direzione del segnale rispetto a quella delle linee del campo magnetico, dalla latitudine e dalla frequenza. Sono più importanti sulle bande basse e ciò spiega perché in certe località (es. ZS o VK6) è molto più efficiente in 160 metri la polarizzazione orizzontale, mentre in altre (Europa e Nord America) fortunatamente è meglio quella verticale.
- Eventuali perdite ohmiche nelle linee di trasmissione e nelle antenne trasmettenti e riceventi.
- Il guadagno (o le perdite) dovuto all'allineamento del lobo di radiazione verticale dell'antenna con l'angolo di radiazione previsto dal collegamento.

Proviamo ora con un esempio a stimare "indicativamente" tutto il sistema delle perdite per valutare le possibilità di un collegamento.

*E' un semplice esercizio a solo scopo didattico!*

*I programmi di previsione della propagazione, che esamineremo più avanti, forniscono risultati attendibili in pochi secondi.*

Tenendo presente questa tabella delle relazioni fra dBm e...

Potenza	dBu su 1 watt	dBm	Emf su 50 ohm	dBu su 1uV	dBu su 50uV	S-meter
1000 W	30	60	223,61 V	167	133	
100 W	20	50	70,71 V	157	123	
1 W	0	30	7,07 V	137	103	
1 mW	-30	0	223,6mV	107	73	
5e-7 w	-63	-33	5 mV	74	40	S 9 +40
5e-9 w	-83	-53	500 uV	54	20	S 9+20
5e-11 w	-103	-73	50 uV	34	0	S 9
7,81e-13 w	-121	-91	6,25 uV	16	-18	S 6
2e-14 w	-137	-107	1 uV	0	-34	
7,63e-16 w	-151	-121	0,2 uV	-14	-48	S 1
1,19e-17 w	-169	-139	0,02 uV	-32	-66	MDS

## ...possiamo calcolare l'Intensità del segnale ricevuto

- La potenza del segnale all'ingresso del ricevitore in dBm (dB sotto un milliwatt) è pari al guadagno della potenza trasmessa (in dB sopra 1 mW) meno tutte le perdite del percorso (in dB), più i guadagni o meno le perdite delle antenne in trasmissione ed in ricezione.
- Considerato l'ingresso a 50 ohm di tutti i ricevitori, viene calcolata l'intensità del segnale in microvolt e la corrispondente lettura dello S-meter.
- Analizziamo le perdite su alcuni possibili percorsi Udine-Tokyo in bassa attività del ciclo solare:

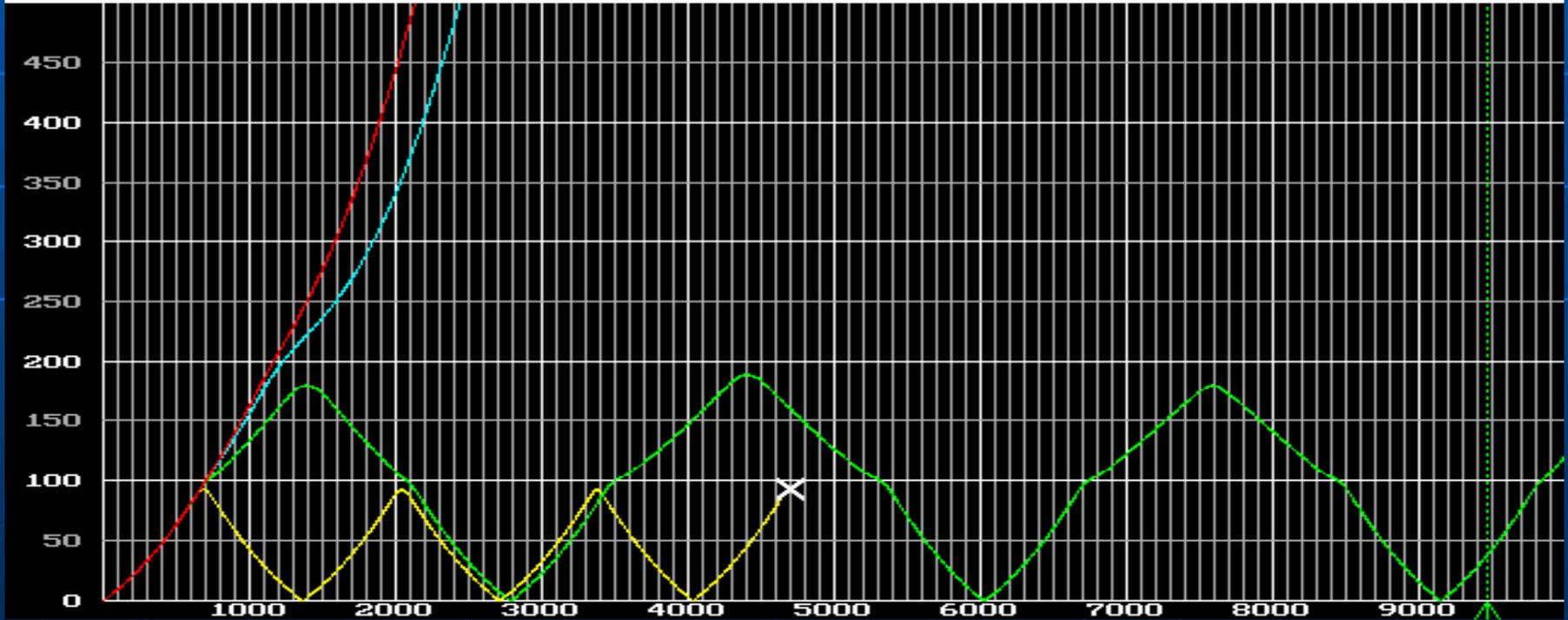
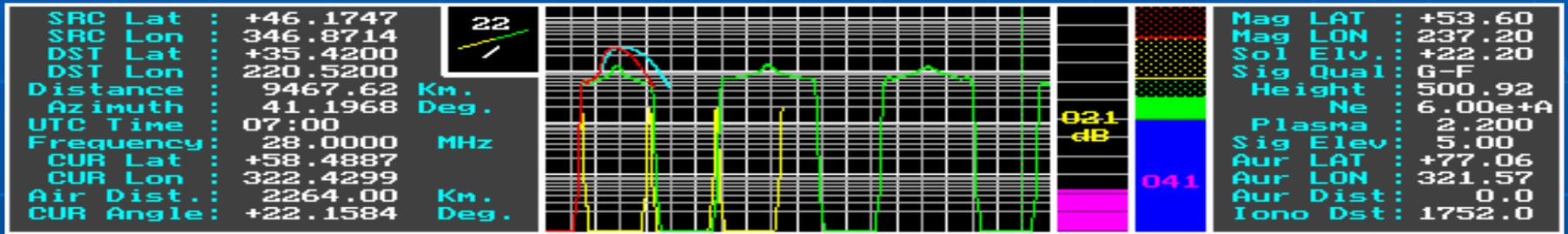
	<b>14 MHz</b> – S.P. 4F2 – Ang. 7°	<b>28 MHz</b> – L.P. 10F2 -Ang. 6°	<b>1,8 MHz</b> – 5F2 -Ang. 15°
Potenza trasmessa 1 KW	+60 dBm	+60 dBm	+ 60 dBm
Perdita distanza	-135 dB	-151 dB	-118 dB
Perdite assorbimenti	-16 dB	-8 dB	-24 dB
Perdite riflessioni a terra	-18 dB	-10 dB	-21 dB
Tot. perdite nel percorso	-169 dB	-169 dB	-163 dB
Perdite o (guadagni) antenne	6 dB	12 dB	-6 dB
<b>Potenza ricevuta al Rx DX</b>	<b>-103 dBm</b>	<b>-97 dBm</b>	<b>-109 dBm</b>
<b>Intensità segnale/S-meter</b>	<b>uV 1,56 / S-4</b>	<b>uV 1,95 / S-5</b>	<b>uV 0,78 / S-3</b>

# Proplab Pro – Udine/Tokyo – ore 07.00z – sweep frequenze – Angolo fisso a 5°

Traccia gialla=7 MHz: si esaurisce per assorbimenti dopo 4 salti via E

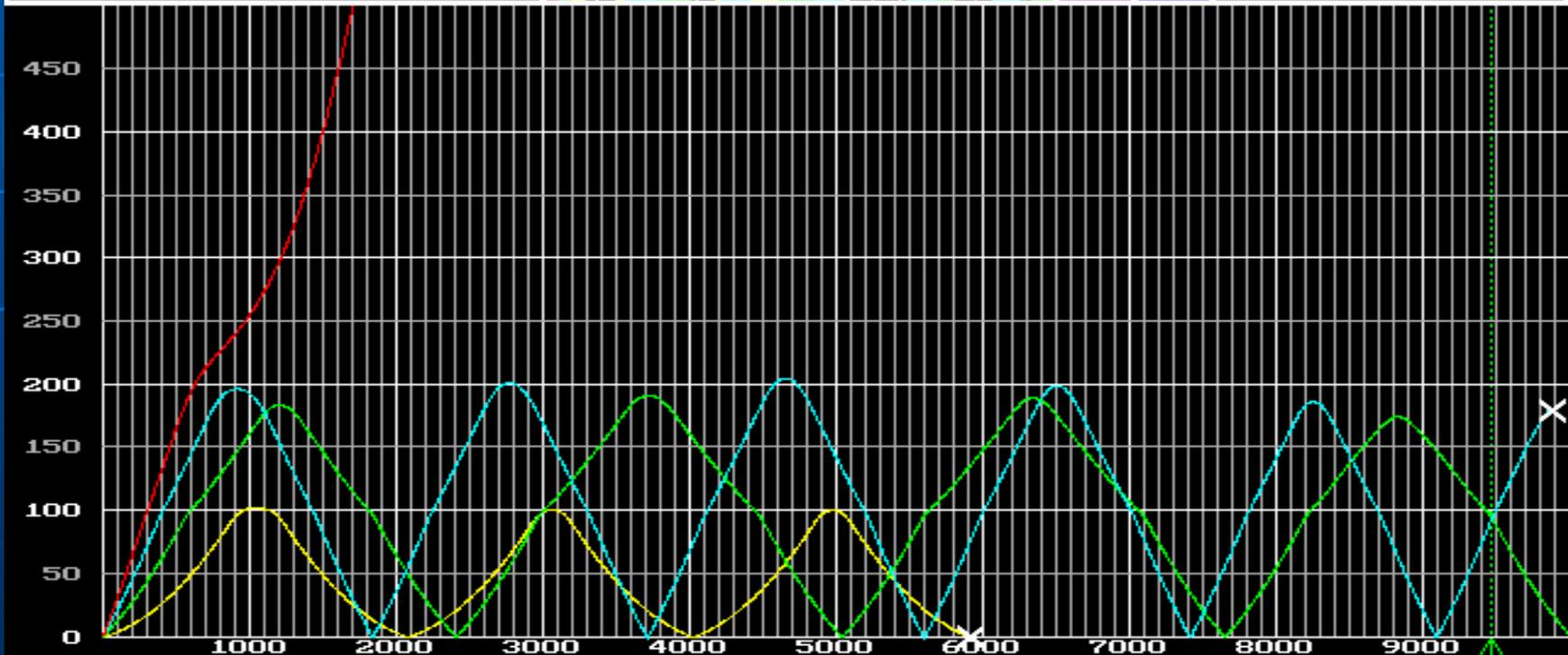
T. verde=14 MHz: raggiunge la destinazione con tre salti via F1 prolungatii nello strato E

Tracce azzurra= 21 MHz e rossa= 28 MHz : perforano completamente

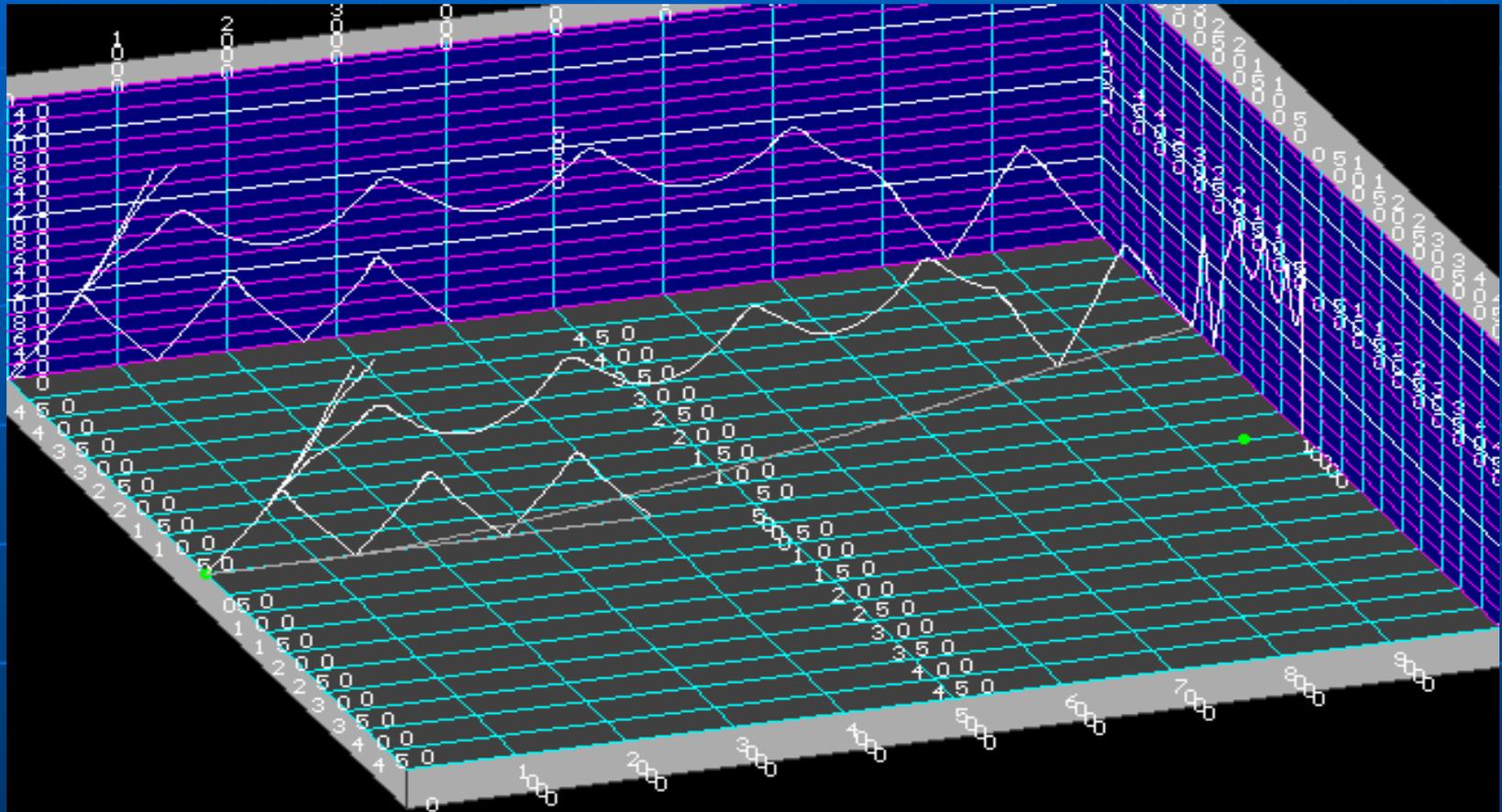


Proplab Pro – stesso percorso con sweep dell'angolo – ore 07.00z – 14 MHz  
 Traccia gialla= 2° : si esaurisce per assorbimenti dopo tre salti via E  
 verde= 7° : raggiunge la destinazione con 4 salti via F1 (con curvatura in E)  
 azzurra= 12° : con 5 salti semplici via F1; traccia rossa= 17°: perfora tutti gli strati

SRC Lat : +46.1747	26			Mag LAT : +52.71
SRC Lon : 346.8714				Mag LON : 243.50
DST Lat : +35.4200				Sol Elv. : +21.19
DST Lon : 220.5200				Sig Qual : GOOD
Distance : 9467.62 Km.				Height : 500.01
Azimuth : 41.1968 Deg.				Ne : 6.07e+9
UTC Time : 07:00				Plasma : 2.212
Frequency : 14.0000 MHz				Sig Elev : 17.00
CUR Lat : +56.4417				Aur LAT : +76.22
CUR Lon : 328.5575				Aur LON : 327.80
Air Dist. : 1844.00 Km.				Aur Dist : 0.0
CUR Angle : +26.1588 Deg.				Iono Dst : 1636.0



**Proplab Pro** - in modalità tridimensionale con effetti del campo geomagnetico  
stessa analisi precedente - alle ore 07 z. con angolo di radiazione a 5° è possibile solo  
in 14 MHz con ducting E-F1 e deviazione (skewing) verso nord – Segnale di S 7



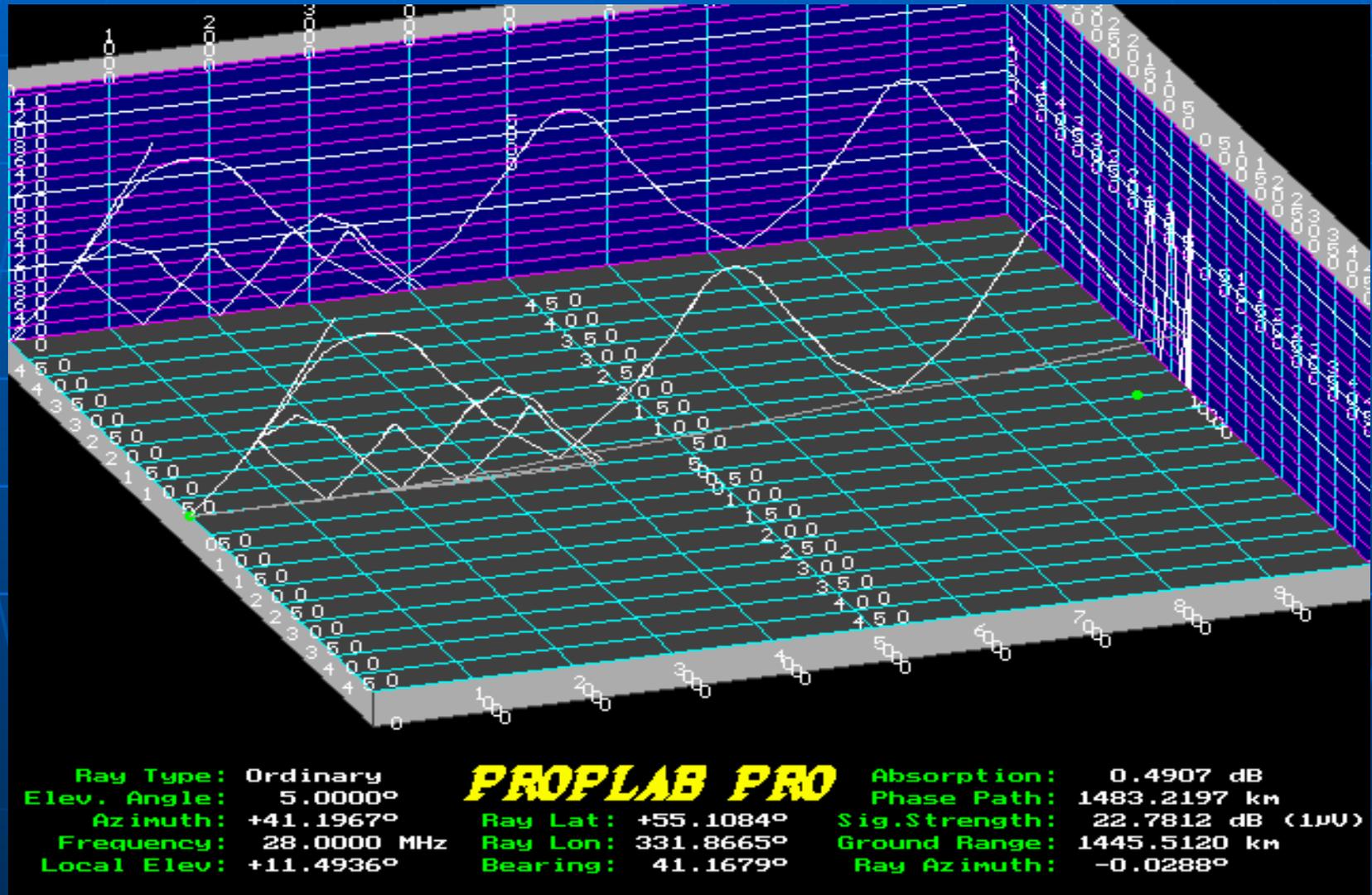
Ray Type: Ordinary  
Elev. Angle: 5.0000°  
Azimuth: +41.1967°  
Frequency: 28.0000 MHz  
Local Elev: +12.1432°

### **PROPLAB PRO**

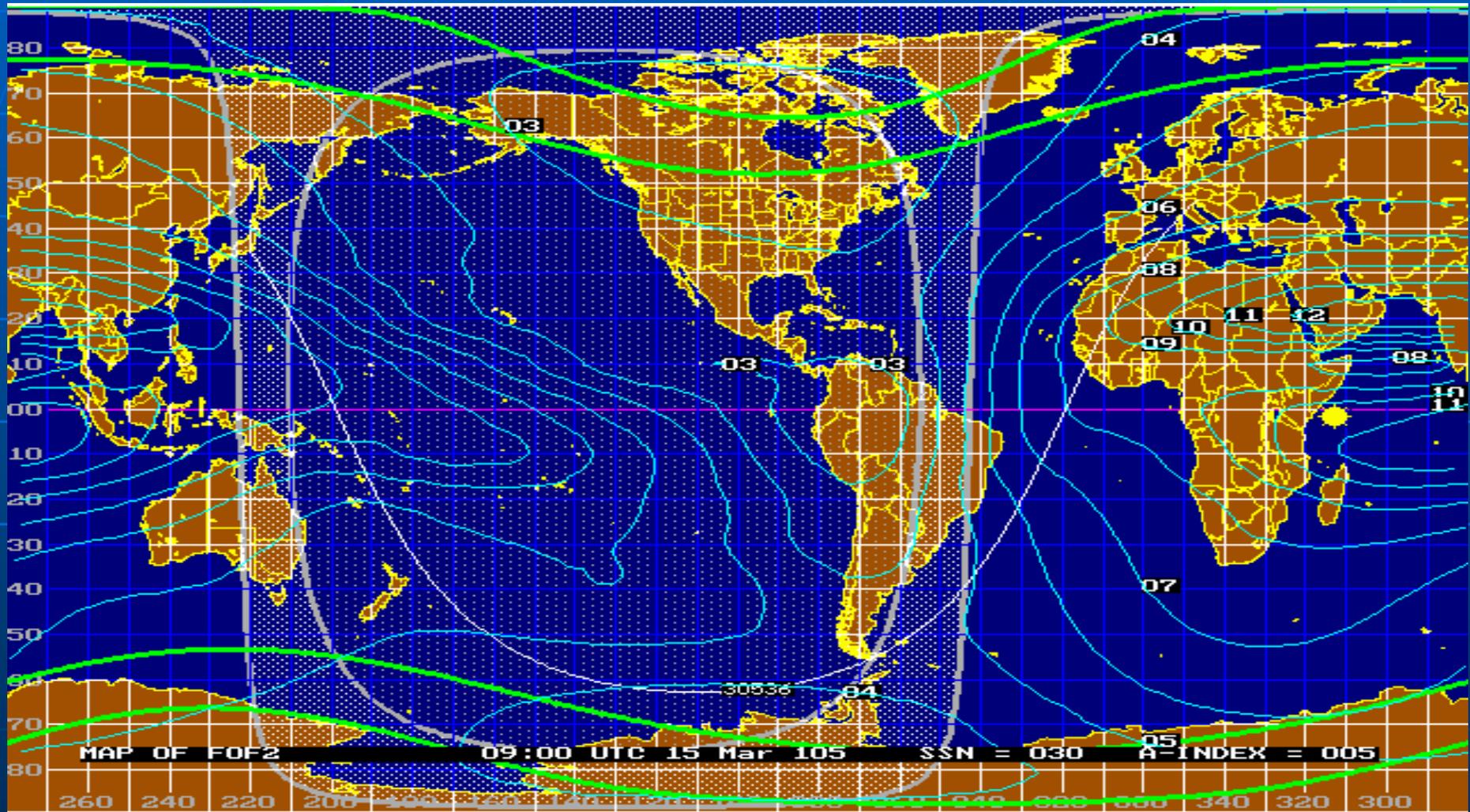
Ray Lat: +54.5231°  
Ray Lon: 333.1787°  
Bearing: 41.1709°

Absorption: 0.3973 dB  
Phase Path: 1376.0791 km  
Sig.Strength: 23.5426 dB (1µV)  
Ground Range: 1339.2102 km  
Ray Azimuth: -0.0259°

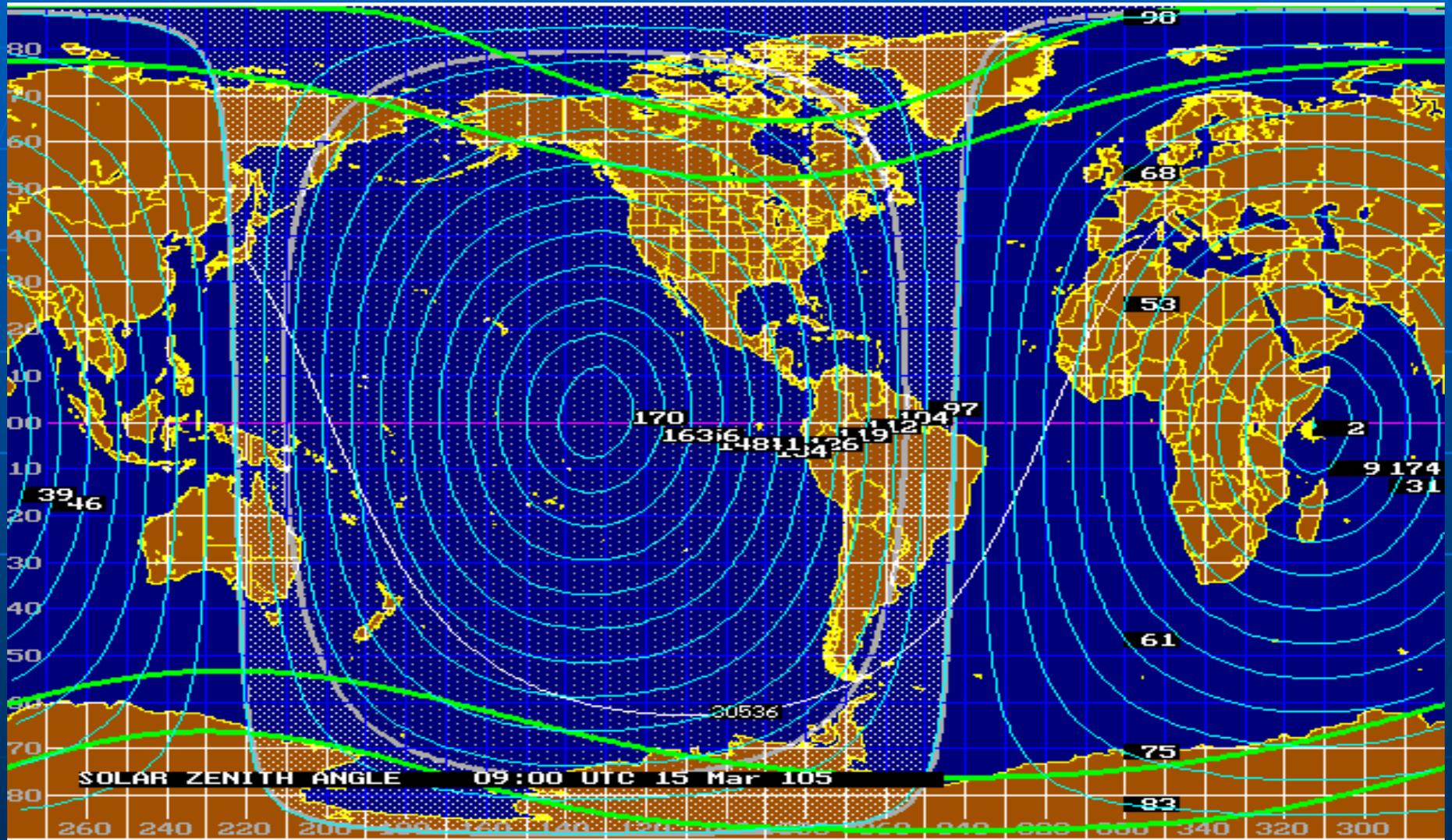
Qui sotto è esaminato lo stesso percorso Udine/Tokyo solo un'ora più tardi, alle 08z:  
la traccia dei 7 MHz si ferma dopo tre salti via E; anche quella dei 14 MHz non riesce più a raggiungere gli strati superiori; il collegamento è possibile solo in 21 MHz



# Proplab Pro – mappa globale MUF FoFE - SSN 30 percorso Udine/Tokyo – via lunga – ore 9.00z - mese di marzo

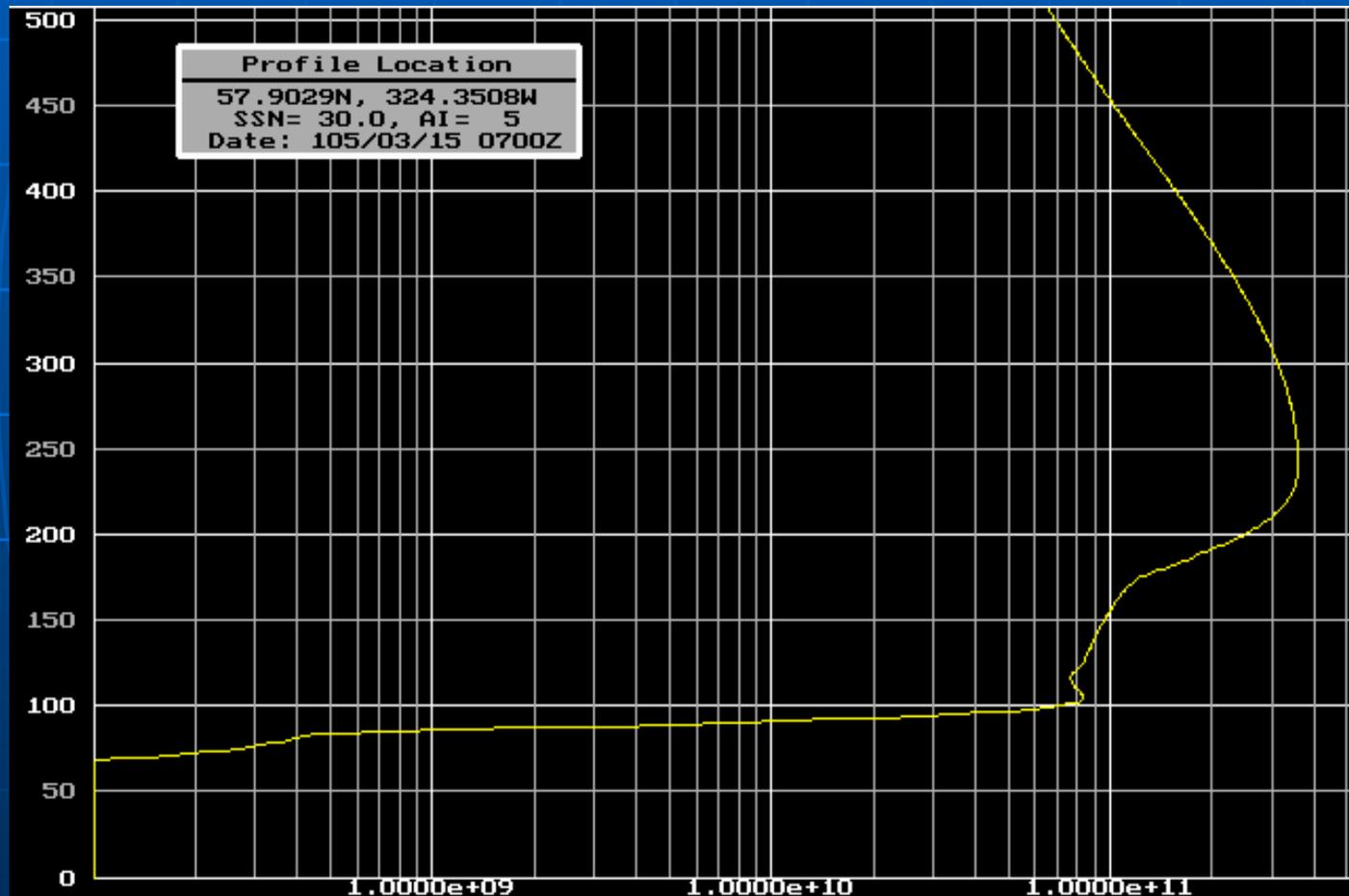


# Angoli dello zenith solare sul percorso via lunga verso JA



# PropLab Pro: Profilo della ionosfera – mese di marzo – ore 07.00 z

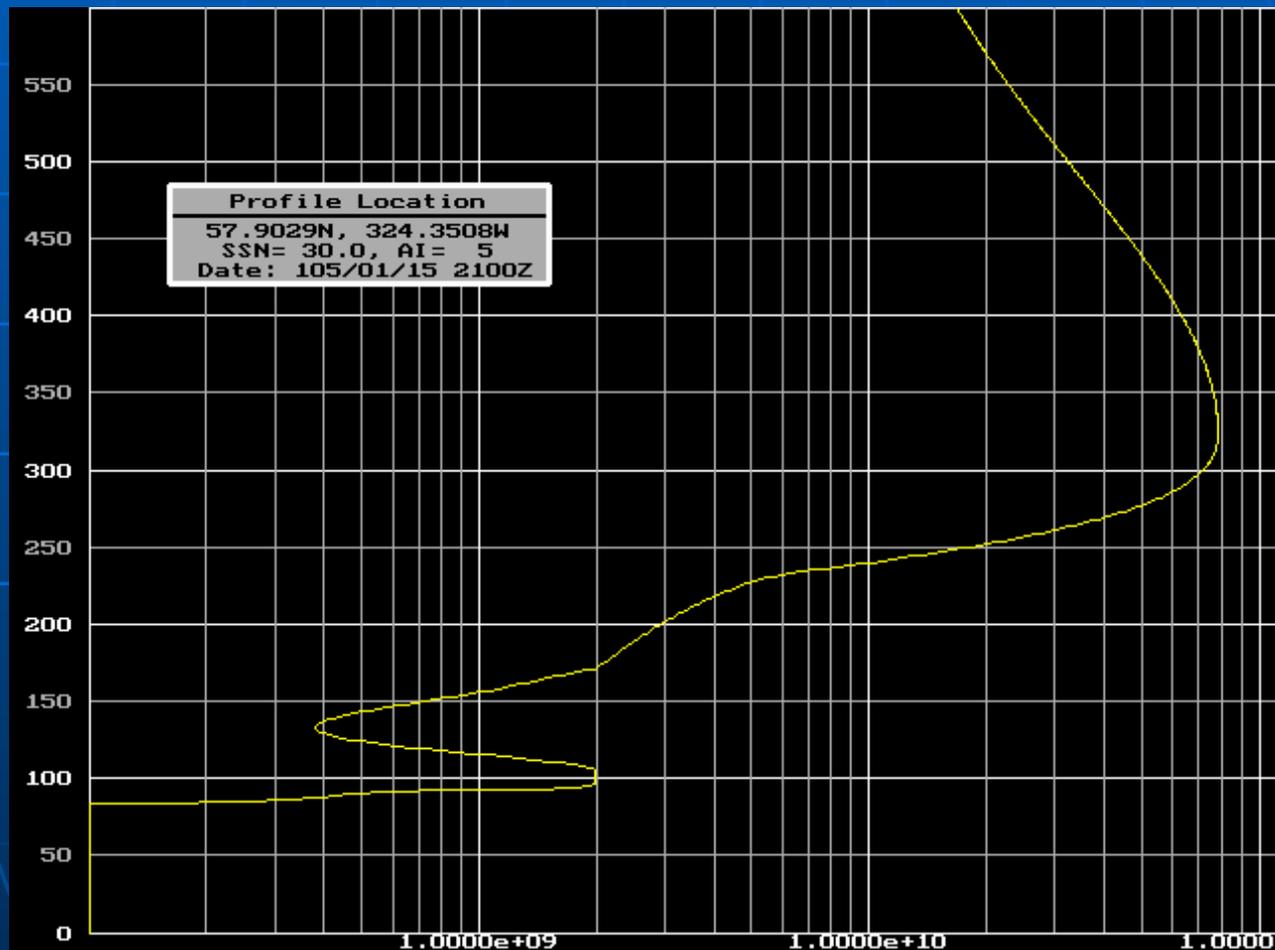
Sul primo punto di controllo, in Russia, del percorso Udine/Tokyo



IV3PRK

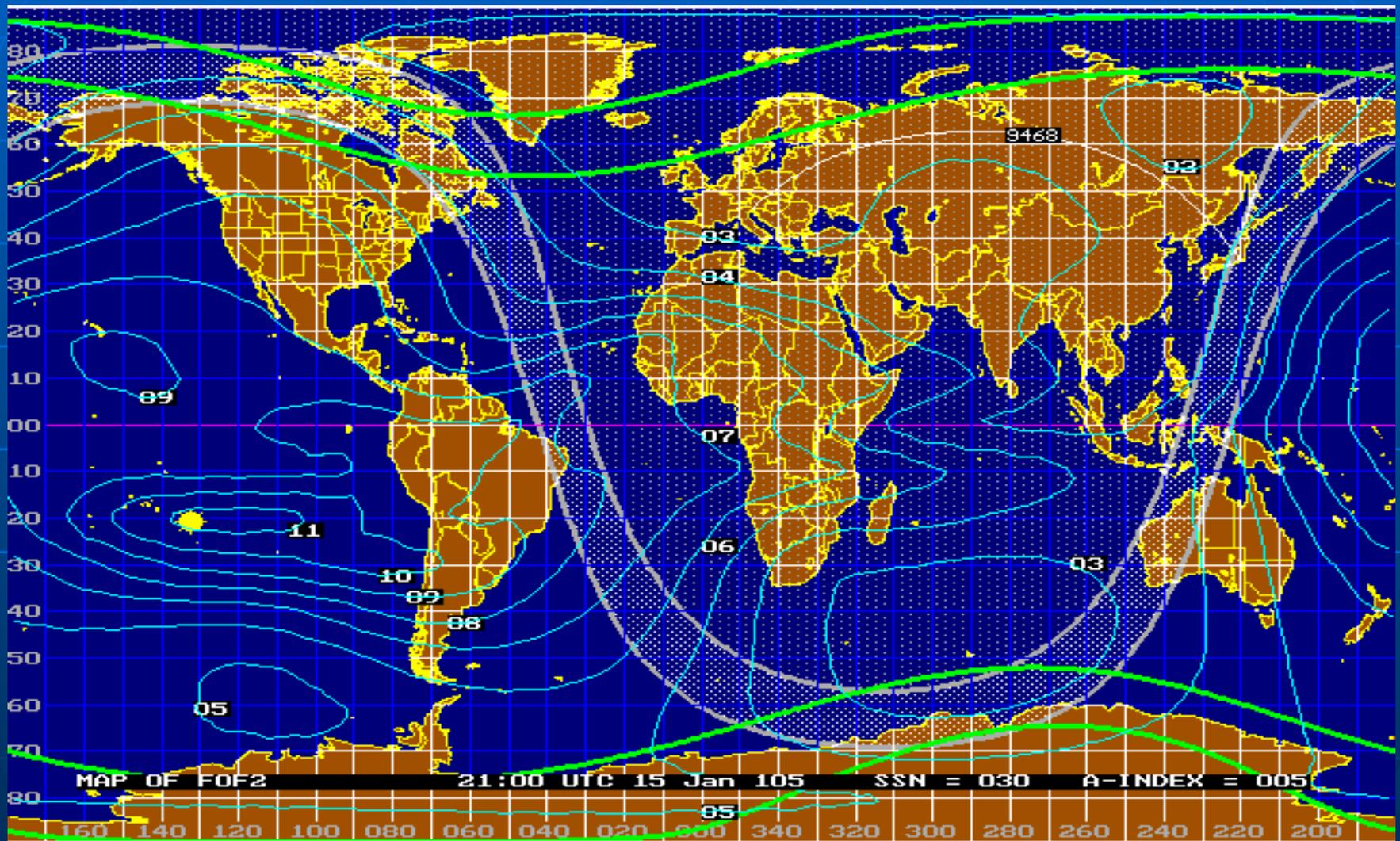
# PropLab Pro: Profilo della ionosfera –mese di gennaio– ore 21.00 z

Sul primo punto di controllo, in Russia, del percorso Udine/Tokyo



IV3PRK

# Proplab Pro – mappa globale MUF FoFE con percorso Udine-Tokyo alle ore 21.00z del mese di gennaio

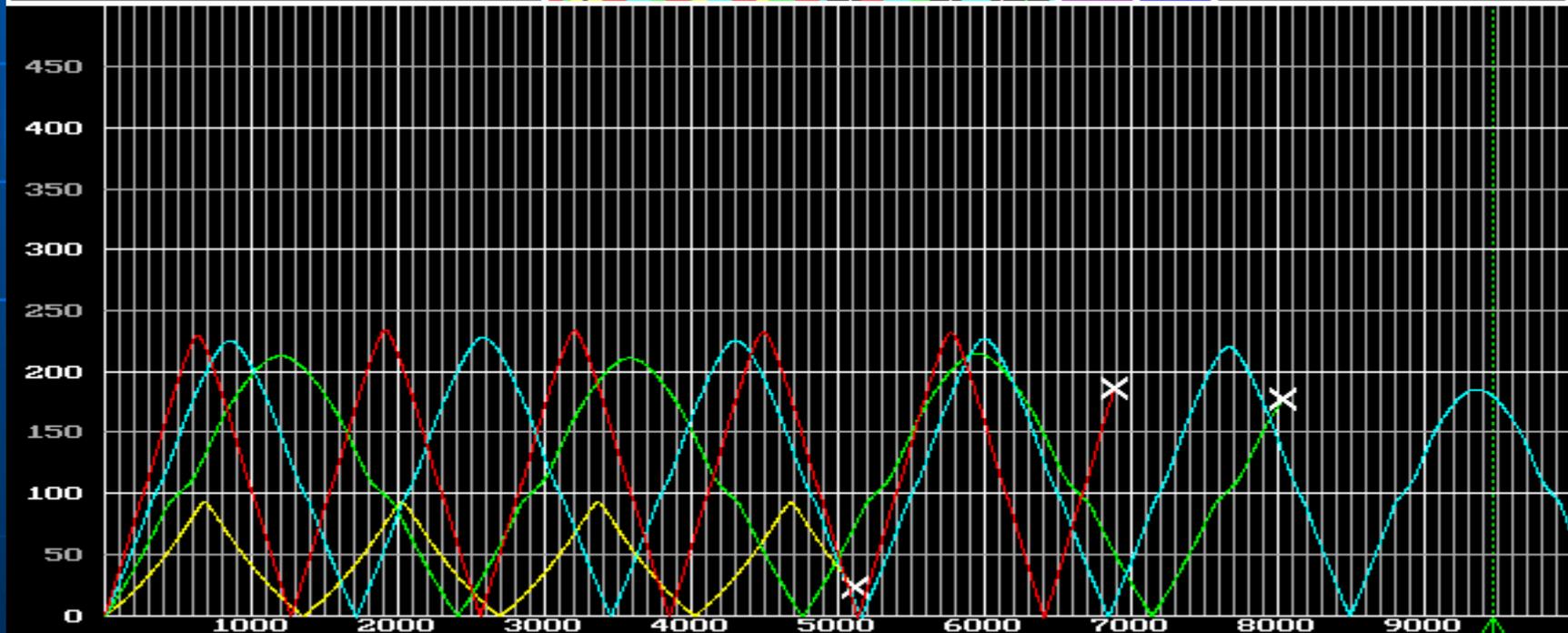
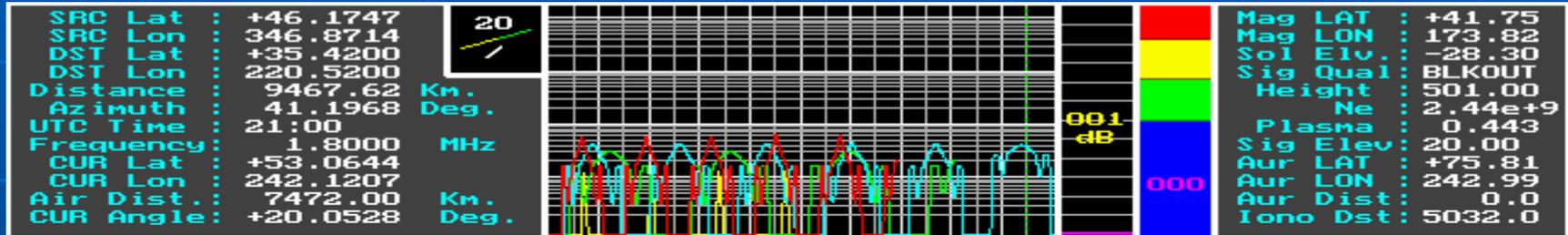


# Proplab Pro – gennaio - ore 21.00z - Udine/Tokyo – 1,8 MHz

Traccia gialla= 5°: si ferma per assorbimenti dopo 4 salti via E

verde= 10°: si ferma all'ultimo passaggio in ionosfera

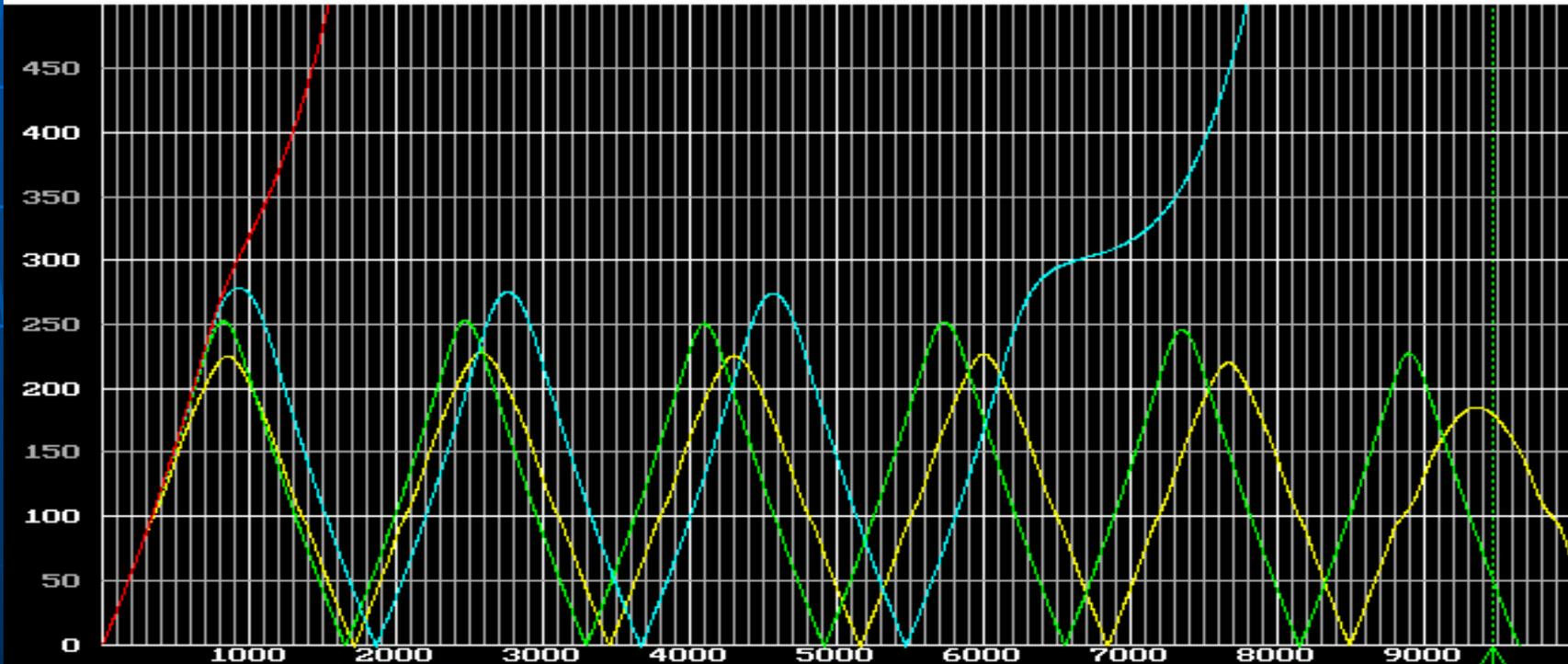
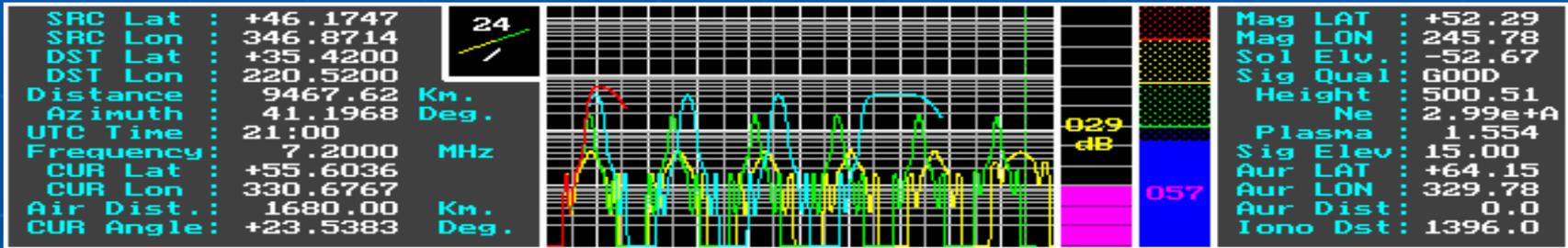
azzurro= 15° arriva a destinazione con 5 salti F2 - rosso=20°: si ferma al 6° salto



# Proplab Pro – gennaio - ore 21.00z verso JA – angolo 15°

Traccia gialla=1,8 MHz: 5 salti via F2 - verde= 3,6 MHz: 6 salti via F2

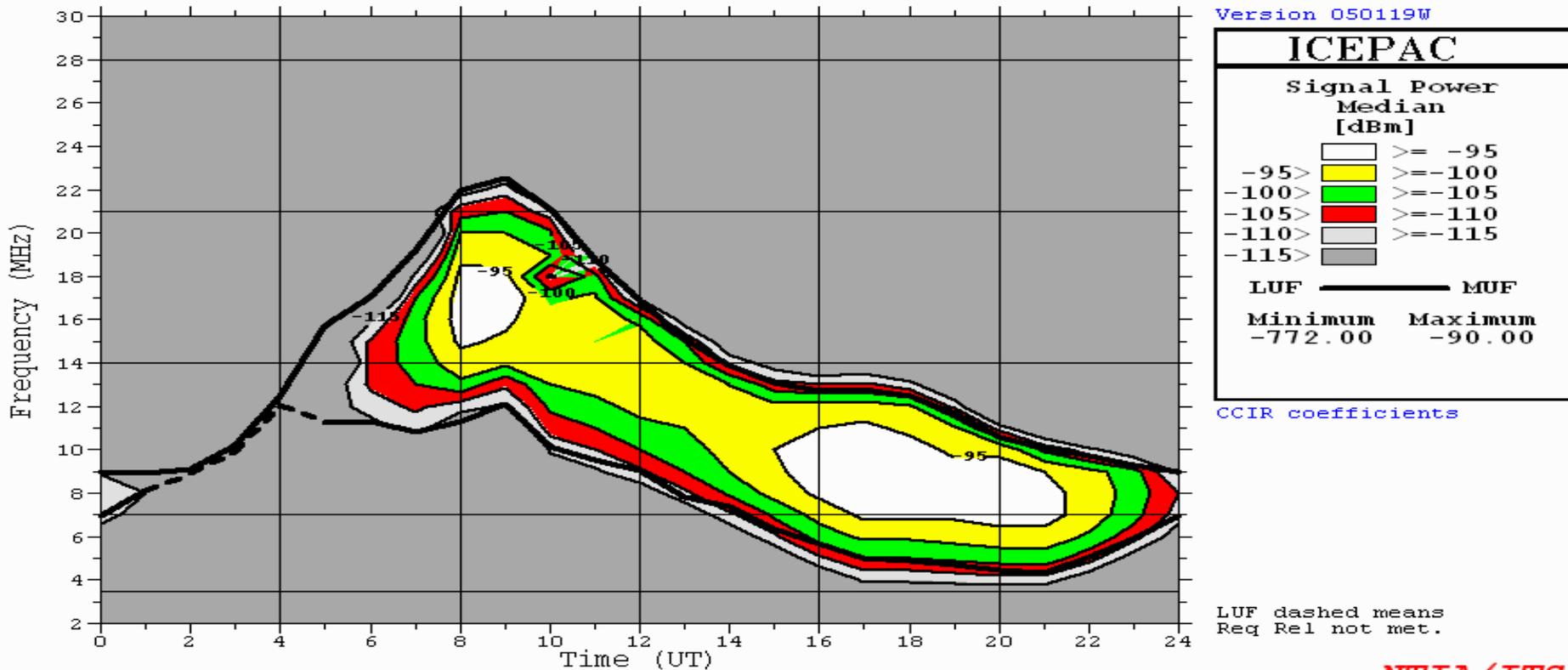
azzurro= 5,4 MHz: al quarto salto perfora - rosso=7 MHz: perfora subito



# Intensità del segnale in dBm con il programma ICEPAC per il percorso Udine-Tokyo – mese di marzo – SSN = 30

```

MAR      2005          SSN = 30.      Qeff= 0.0      Minimum Angle 3.00 deg
UDINE    TOKYO
46.05 N  13.23 E - 35.67 N 139.77 E   40.92 325.97   5113.5   9469.5
XMTR 2-30 HF MUFES#34[samples\SAMPLE.34] Az= 0.0 OFFaz= 40.9   1.000kW
RCVR 2-30 HF MUFES#34[samples\SAMPLE.34] Az= 0.0 OFFaz=326.0
3 MHz NOISE = -145.0 DBW      REQ. REL = .50      REQ. SNR = 10.0 DB
MULTIPATH POWER TOLERANCE = 3.0 DB  MULTIPATH DELAY TOLERANCE = 0.100 MS
    
```



# S.N.R.

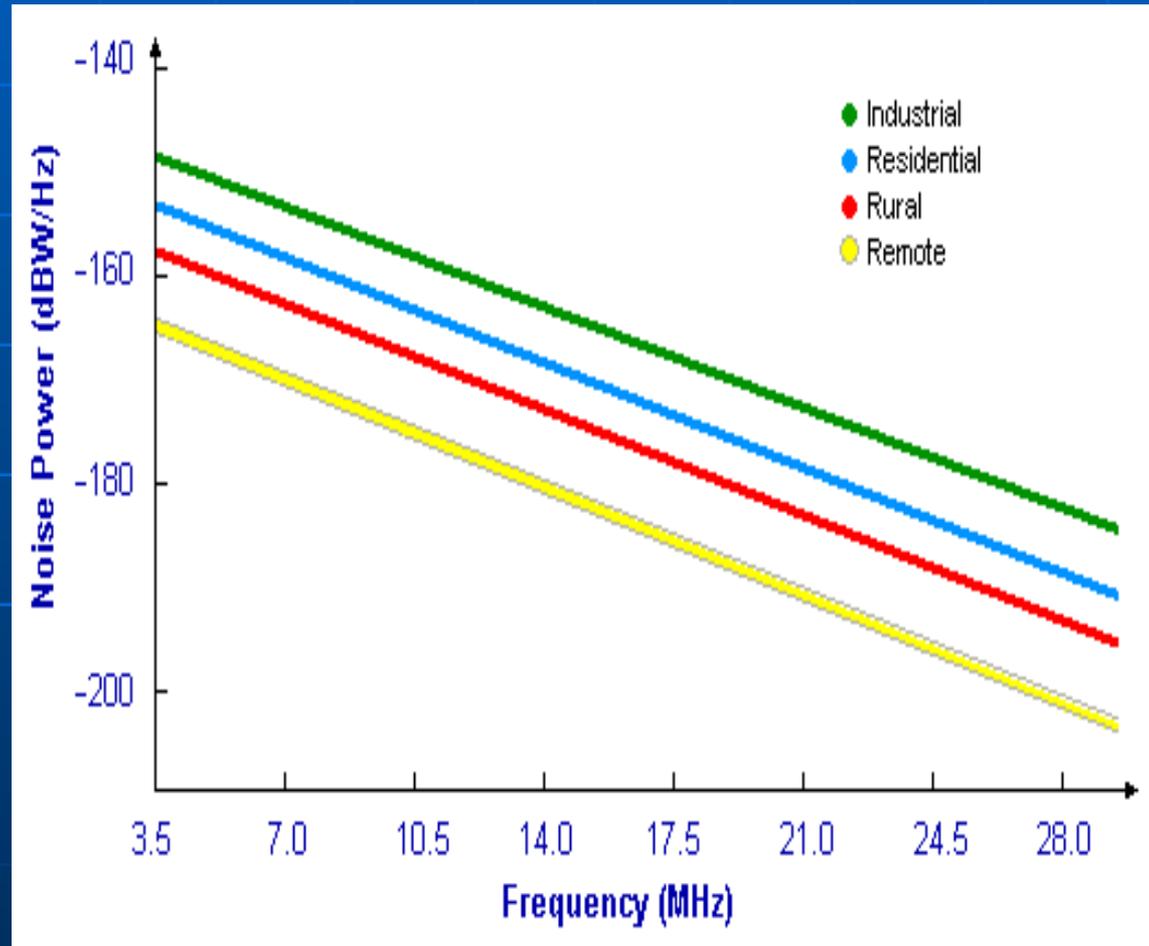
- Ma l'intensità del segnale che raggiunge il ricevitore rappresenta solo la metà del problema!
- L'antenna, oltre al segnale desiderato proveniente da una direzione e con un angolo ben definiti, riceve purtroppo anche il "noise" da tutte le direzioni e con qualsiasi angolo: rumore sia atmosferico, che extraterrestre, che quello generato dalle attività umane.
- Il ricevitore accetta nella sua banda passante sia il segnale che i disturbi, e la capacità di estrarre solo l'informazione utile dipende dalla qualità dei filtri dell'apparecchio e dell'orecchio umano, ma prima ancora dalla differenza di livello fra i due, ossia da "quanto il segnale ricevuto è più forte del rumore sottostante".
- Questo è il "S.N.R. – Signal to Noise Ratio", oggi il parametro più significativo ed usato per definire la qualità di una comunicazione radio ed è determinato dalla seguente relazione:
  - $SNR (dB) = 10 + 10 \text{ Log (larghezza di banda in Hz)}$
- A seconda delle esigenze può variare da:
  - 70/90 dB richiesti per la ricezione di una Broadcasting in AM – a 10 kHz
  - 40/70 dB per un collegamento in SSB – larghezza di banda a 2,5 kHz
  - 10/40 dB per un collegamento in CW – larghezza di banda a 250 Hz
  - -10/10 dB per un collegamento in condizioni estreme in CW – a 100 Hz

# Il noise

- Il noise è descritto come una radiazione a larga banda di scariche elettriche di origine sia naturale che dalle attività umane.
- In ogni caso è un segnale radio e si propaga quindi come qualsiasi altro segnale sulla propria frequenza: se è più bassa della frequenza critica rimane confinato nella bassa ionosfera, se è più alta buca anche l'F2 e perciò generalmente non dà fastidio sulle bande alte, ma per quelle basse ... rimane sempre un problema!
- Il rumore di origine atmosferica ha carattere stagionale, nasce soprattutto nelle aree tropicali, e si propaga di notte attraverso la ionosfera.
- Al sorgere del sole però anche esso viene assorbito come gli altri segnali e ci rimane solo il rumore di origine locale, quello generato dalle scariche dei fulmini vicini. Il momento migliore sulle bande basse è proprio quello che precede l'alba, quando gli assorbimenti tagliano il noise proveniente dall'Est, ma non ancora i segnali DX provenienti dall'Ovest !
- Altri rumori sono quelli di origine galattica, piuttosto debole, e quello solare che può essere importante nei periodi di massima attività del ciclo ed influenzare maggiormente le bande alte. Esso può perforare la ionosfera in senso inverso e di giorno, quando il sole è alto, portare un caratteristico disturbo sulla gamma dei 10 metri.

# Il noise

- Ma le altre fonti di rumore sono locali, originate dall'attività umana.
- Come per quello atmosferico, anche questo genere di rumore è stato studiato e classificato per aree.
- E' ovvia la maggior rumorosità di una zona industriale rispetto ad una isola remota, ma appare chiara la peggiore situazione sulle basse frequenze (a 3,5 MHz il noise è di circa 30 dB più elevato che a 28 MHz).
- Attenzione comunque che questi sono valori statistici medi, e che la situazione locale varia nel corso della giornata.



# S.N.R.

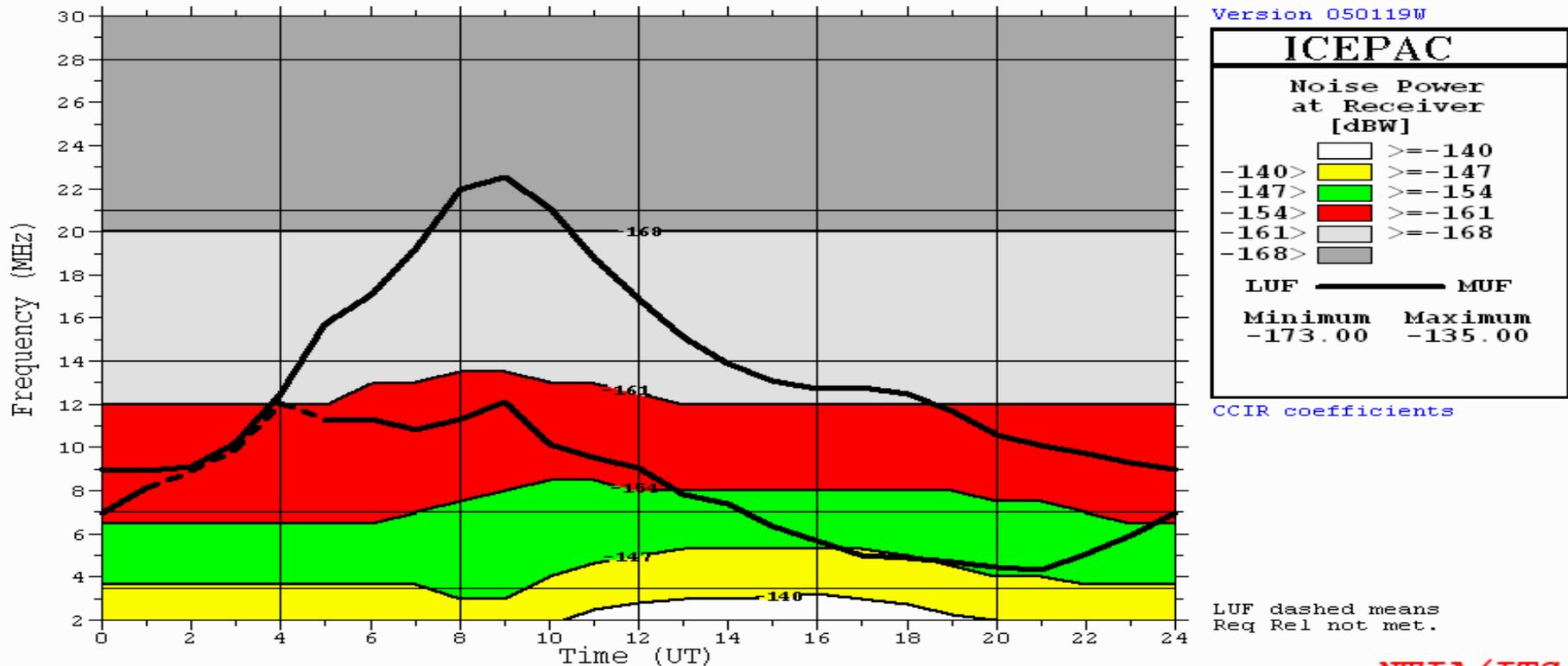
- Alla precedente tabella su tre possibili collegamenti Udine-Tokyo aggiungiamo i dati del rumore, ricavati dal grafico precedente (dBm = dBW - 30) ed otteniamo il parametro fondamentale: il Rapporto Segnale/Rumore
- L'SNR è nettamente favorevole in 10 metri, via lunga, ma attenzione che è un percorso critico: la MUF deve essere sufficientemente alta in tutti i 10 punti di riflessione !

	<b>14 MHz</b> - S.P. 4F2 - Ang. 7°	<b>28 MHz</b> - L.P. 10F2 -Ang. 6°	<b>1,8 MHz</b> - 5F2 -Ang. 15°
Potenza trasmessa 1 KW	+60 dBm	+60 dBm	+ 60 dBm
Tot. perdite nel percorso	-169 dB	-169 dB	-163 dB
Perdite o (guadagni) antenne	6 dB	12 dB	-6 dB
<b>Intensità del Segnale</b>	<b>-103 dBm</b>	<b>-97 dBm</b>	<b>-109 dBm</b>
<b>Intensità del Rumore</b>	<b>-135 dBm</b>	<b>-155 dBm</b>	<b>-115 dBm</b>
<b>S.N.R.</b>	<b>32 dB</b>	<b>58 dB</b>	<b>6 dB</b>
	E' possibile un tranquillo QSO anche in SSB	Si può ridurre <u>di molto</u> la potenza	Siamo ai limiti. Qui la potenza è necessaria

# Intensità del Noise in dBW con il programma ICEPAC sul percorso Udine-Tokyo – mese di marzo – SSN = 30

```

MAR 2005          SSN = 30.      Qeff= 0.0      Minimum Angle 3.00 deg
UDINE             TOKYO          AZIMUTHS      N. MI.      KM
46.05 N  13.23 E - 35.67 N  139.77 E  40.92  325.97  5113.5  9469.5
XMTR  2-30 HF MUFES#34[samples\SAMPLE.34 ] Az=  0.0 OFFaz= 40.9  1.000kW
RCVR  2-30 HF MUFES#34[samples\SAMPLE.34 ] Az=  0.0 OFFaz=326.0
3 MHz NOISE = -145.0 DBW  REQ. REL = .50  REQ. SNR = 10.0 DB
MULTIPATH POWER TOLERANCE = 3.0 DB  MULTIPATH DELAY TOLERANCE = 0.100 MS
    
```

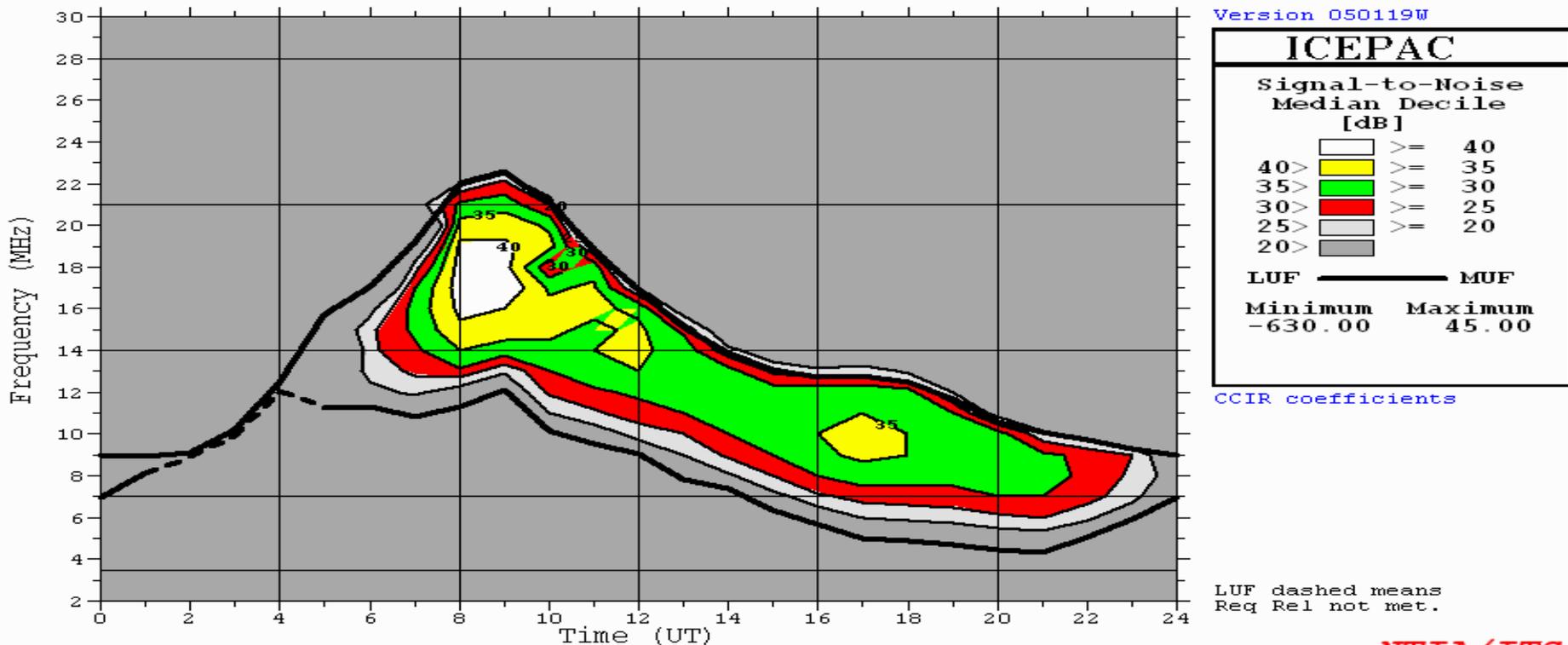


NTIA/ITS

# Previsione del S.N.R. con il programma ICEPAC sul percorso Udine/Tokyo – mese di marzo – SSN = 30

```

MAR      2005          SSN = 30.      Qeff = 0.0      Minimum Angle 3.00 deg
UDINE    TOKYO
46.05 N  13.23 E - 35.67 N 139.77 E  40.92 325.97  5113.5  9469.5
XMTR 2-30 HF MUFES#34[samples\SAMPLE.34] Az= 0.0 OFFaz=40.9 1.000kW
RCVR 2-30 HF MUFES#34[samples\SAMPLE.34] Az= 0.0 OFFaz=326.0
3 MHz NOISE = -145.0 DBW      REQ. REL = .50      REQ. SNR = 10.0 DB
MULTIPATH POWER TOLERANCE = 3.0 DB  MULTIPATH DELAY TOLERANCE = 0.100 MS
    
```

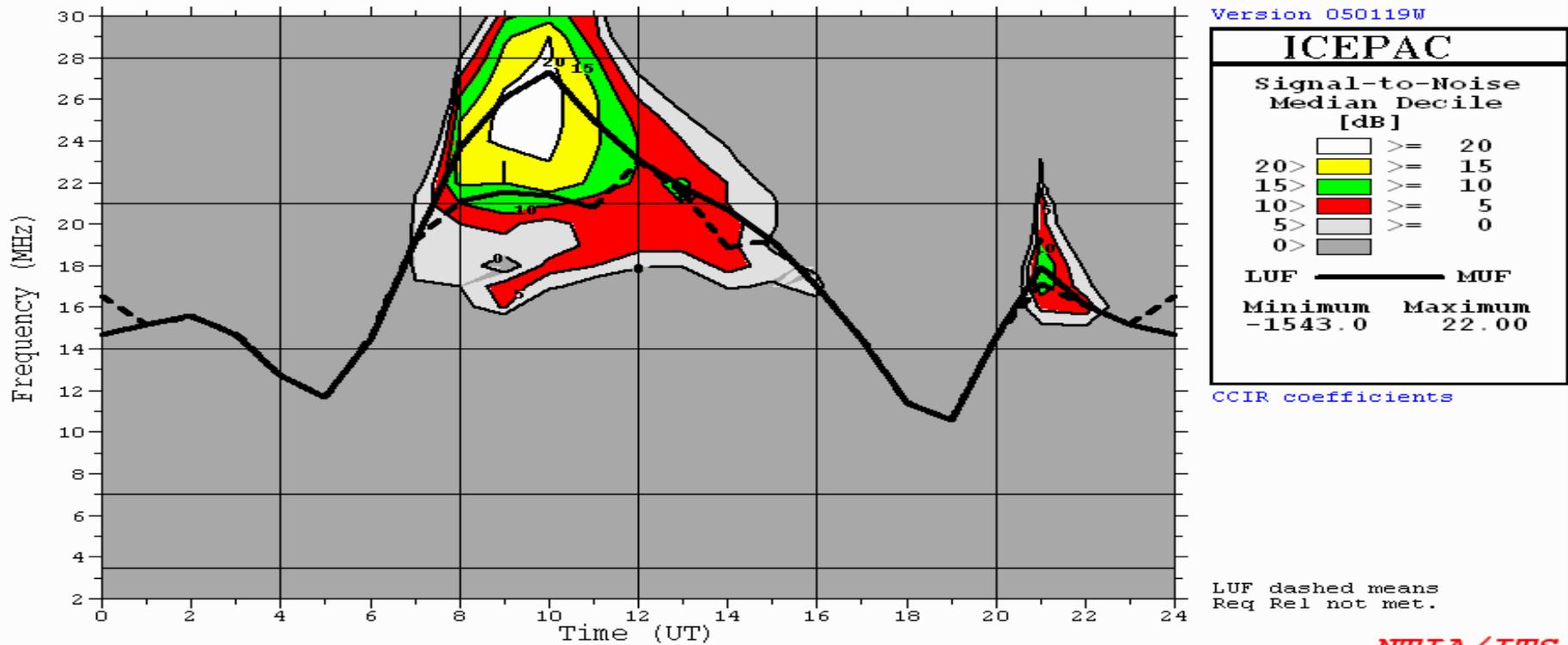


NTIA/ITS

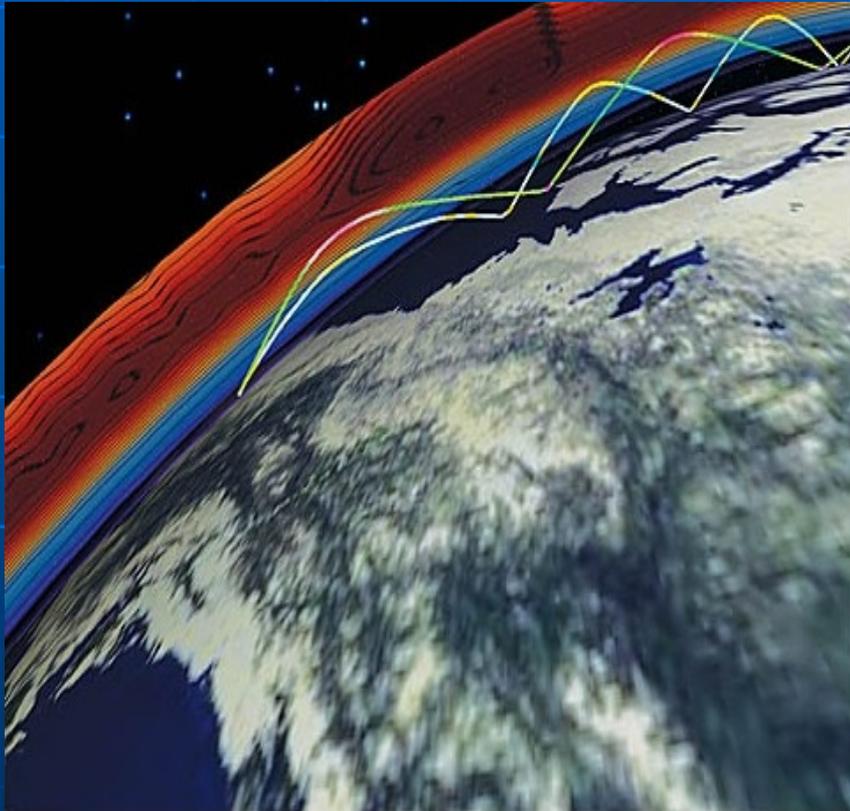
# Previsione del S.N.R. con il programma ICEPAC sul percorso Udine/Tokyo –via lunga – mese di marzo – SSN = 30

```

MAR      2005          SSN = 30.      Qeff = 0.0      Minimum Angle 3.00 deg
UDINE    TOKYO
46.05 N  13.23 E - 35.67 N 139.77 E  220.92 145.97 16499.4 30554.4
XMTR 2-30 HF MUFES#34 [samples\SAMPLE.34] Az= 0.0 OFFaz=220.9 1.000kW
RCVR 2-30 HF MUFES#34 [samples\SAMPLE.34] Az= 0.0 OFFaz=146.0
3 MHz NOISE = -155.0 DBW      REQ. REL = .50      REQ. SNR = 10.0 DB
MULTIPATH POWER TOLERANCE = 3.0 DB  MULTIPATH DELAY TOLERANCE = 0.100 MS
    
```



# ....alla prossima presentazione



1. Il Sole e le sue attività.  
Il campo geomagnetico e l'aurora.  
Il ciclo solare 23°.
2. Gli strati ionosferici.  
I meccanismi di propagazione e le MUF.  
Assorbimenti, perdite ed SNR.
- 3. Le previsioni di propagazione.  
VOACAP ed altri software.  
Dalle HF alle basse frequenze.**
4. Le bande basse con focus sui 160 metri.  
Grafici, analisi con Proplab e 20 anni di esperienze sulla Topband.