

Voortplanting van RF signalen

MCL Mechelen

ON5GO

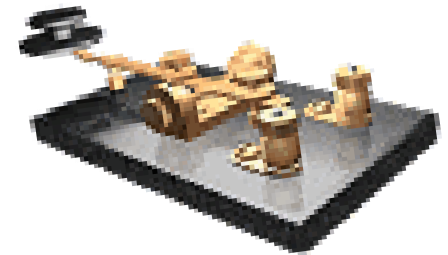
Maart 2007

Herzien sept.2009

Herzien okt 2009

Herzien jan 2010

Herzien 2011 *Vereenvoudigd*



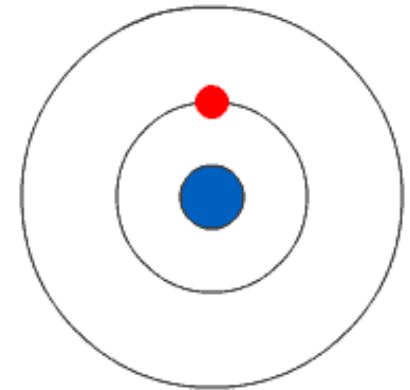
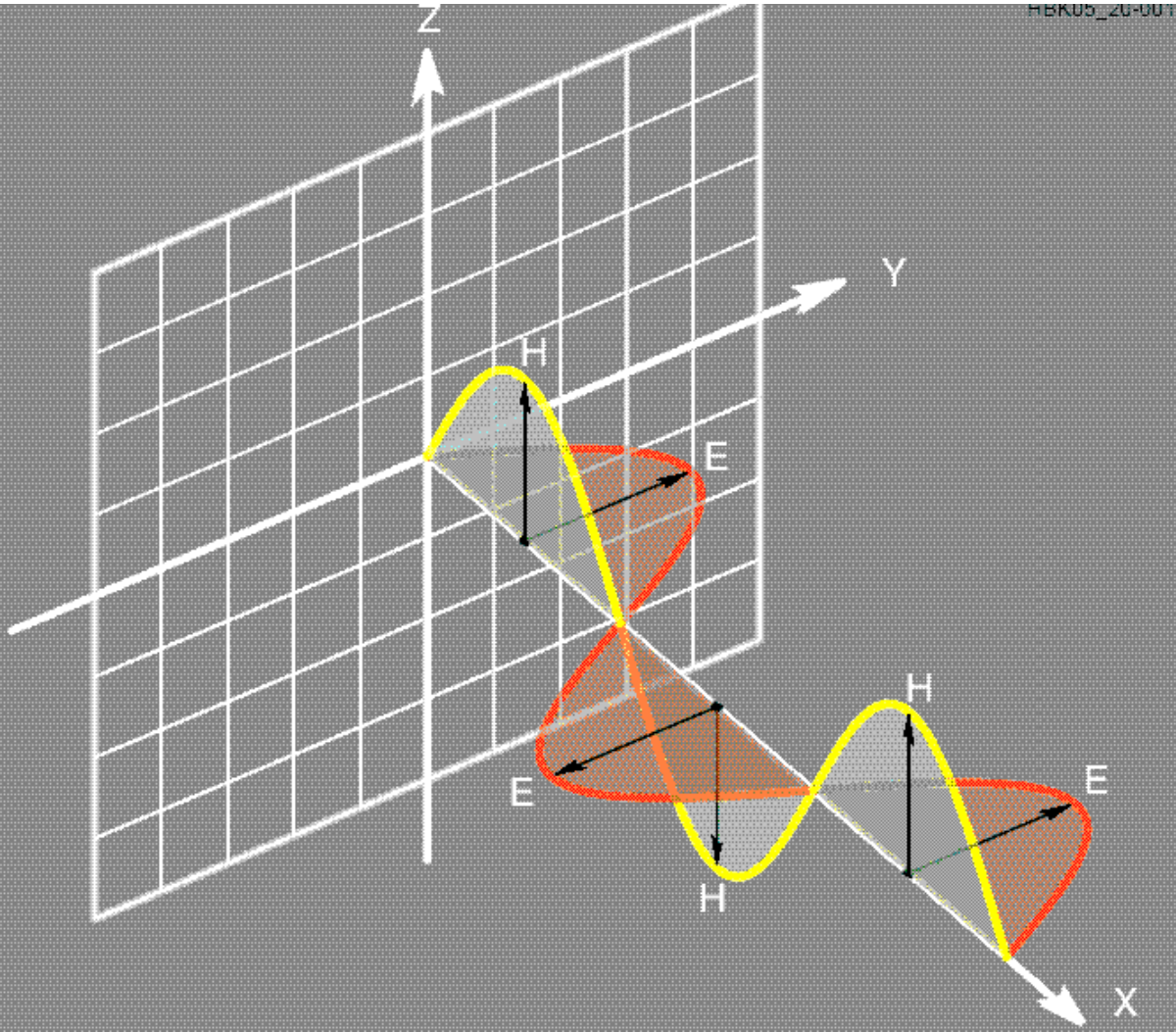
Deze presentatie is een deel van de HAREC opleiding MCL
Overname toegestaan mits bronvermelding

Bronnen: UBA, Wikipedia, ARRL2007 K9LA K2EEK 1

Radio Propagatie

- Voortplanting in de vrije ruimte van straling en materie
- Reflectie en absorbtie
- Zon beïnvloeding en lagen vorming
- Atmosferische beïnvloeding
- Frequentie banden
- Clusters en bakens.

Elektrische en magnetische component van de elektromagnetische golf



Grondtoestand

Koper molecule aan
buitenzijde antenne draad

Elektromagnetische straling

- Elektrische / magnetische component
- Golfbeschrijving / deeltjes beschrijving
- Hz of sec / foton (elektron volt)

Niet ioniserende straling

Ioniserende straling

Energie inhoud van hun foton

VLF tot licht

Gamma- en x- stralen

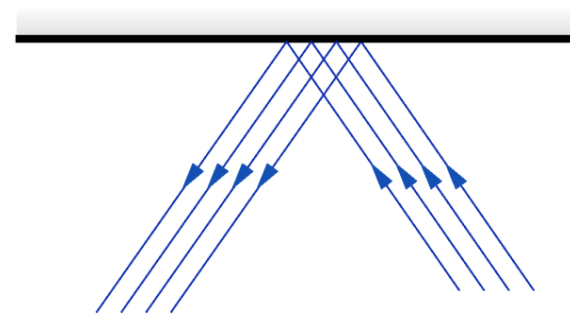
UV-C is grensgeval)

Effecten van golfvoortplanting

Reflectie soorten
Breking of Refractie
Buiging of Diffractie
Demping of absorptie

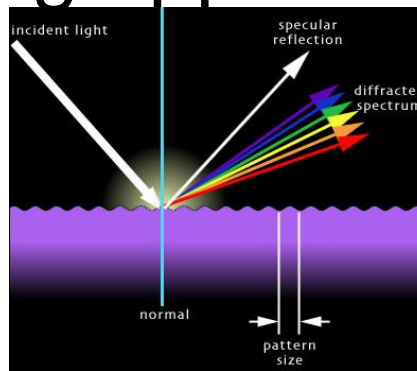
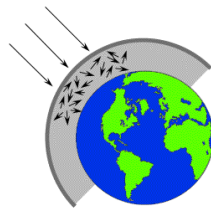
Reflectie soorten

- Op vlakke spiegel (reflex)

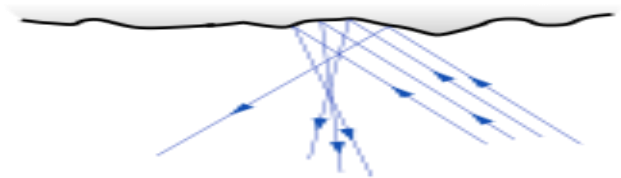


- Op onregelmatig oppervlak

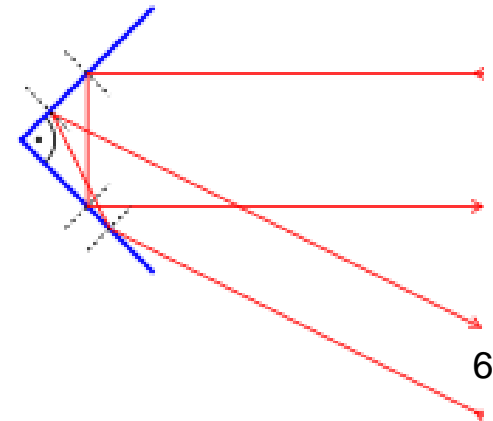
Soms golflengte gebonden



Scatter of verstrooing



- Niet vlakke spiegel (reflector)

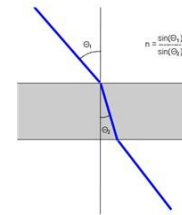


Reflectie of spiegeling

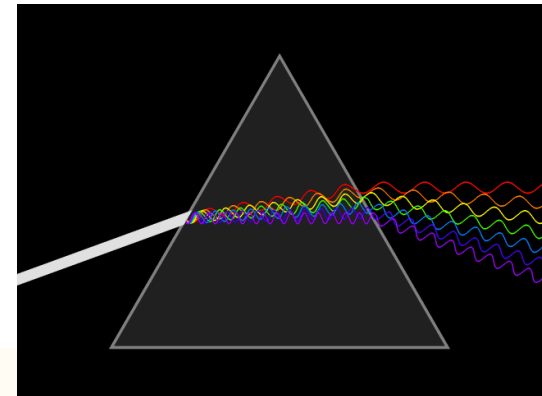
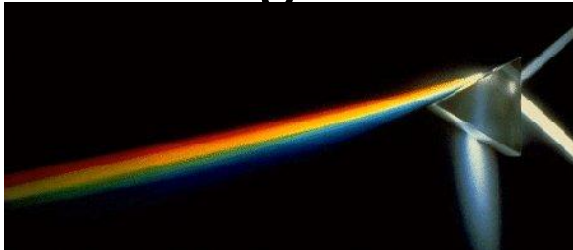


Soorten refractie of breking

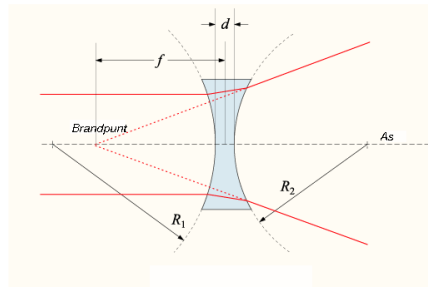
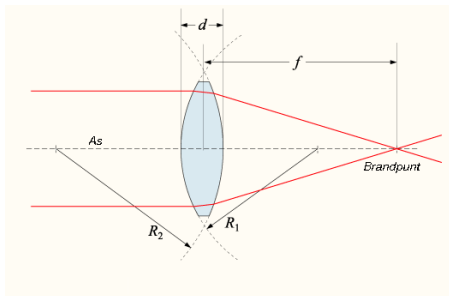
- Op vlakke scheidingslaag (andere hoek)



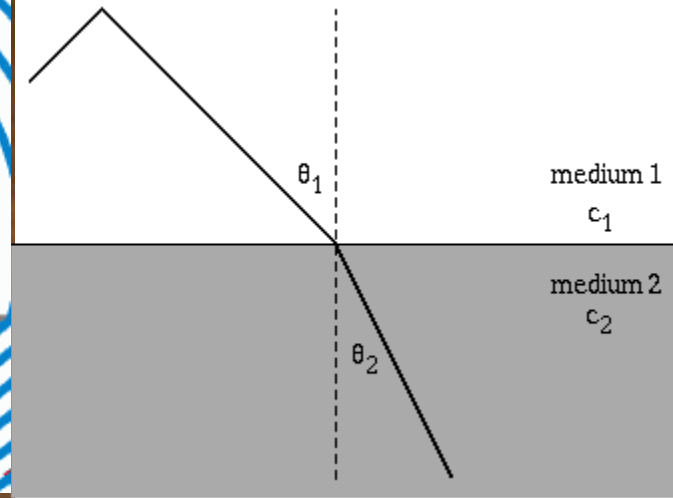
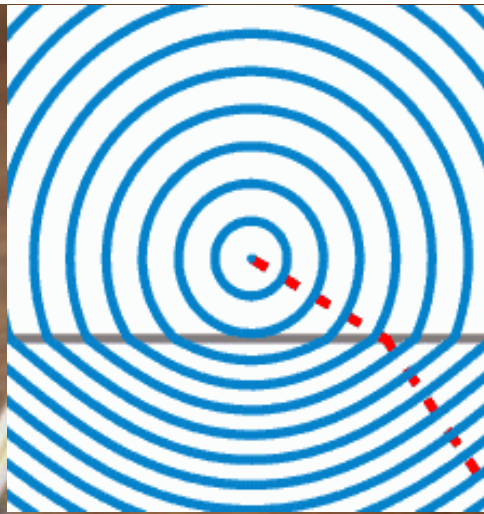
- Golflengte afhankelijk (spectraal analyse)



- Niet vlakke spiegel (lenseffecten)



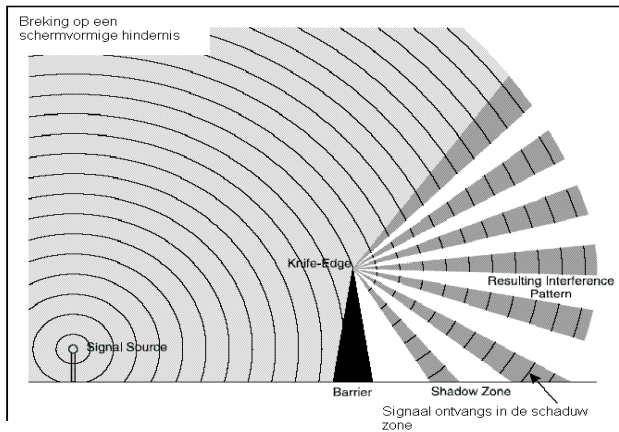
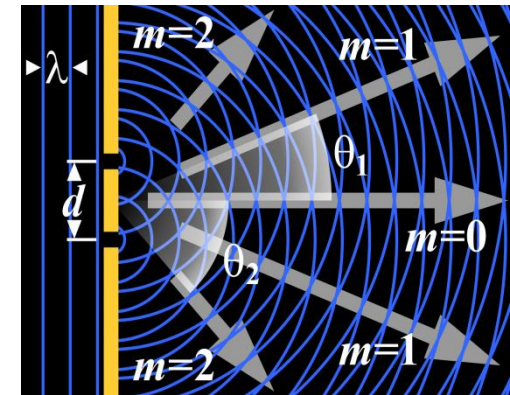
Refractie of breking



Breking van licht of **refractie** is het verschijnsel dat lichtstralen van richting veranderen als ze van het ene medium (doorzichtige stof) in het andere terecht komen.

Soorten diffractie buiging

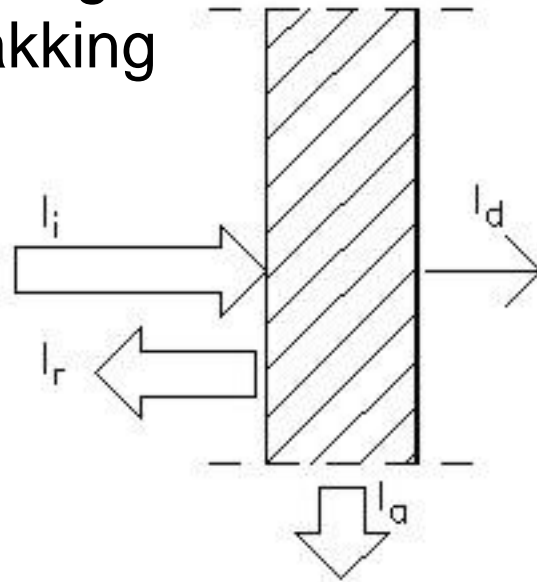
- Door openingen in de buurt van de golflengte
- Over een scherpe hoek



Diffractie is het afbuigen van een golf langs een ondoordringbaar obstakel.

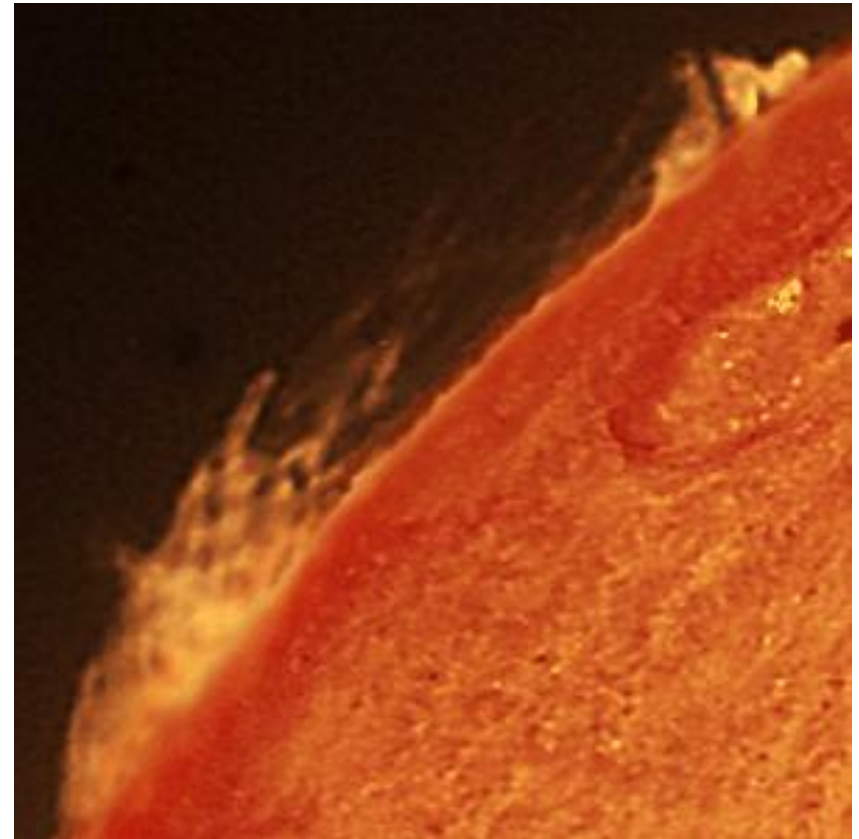
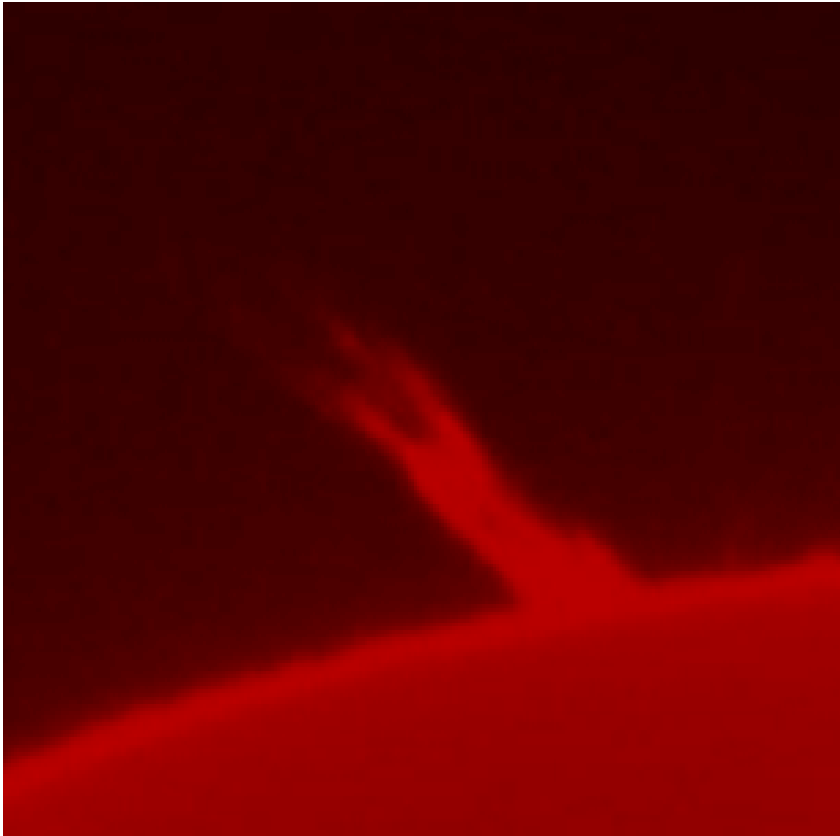
Absorptie

Reflectie verzwakking
Doorgangsverzwakking



het opnemen van licht of andere
elektromagnetische straling
Er is energieopname

Wat stuurt de zon op ons af.

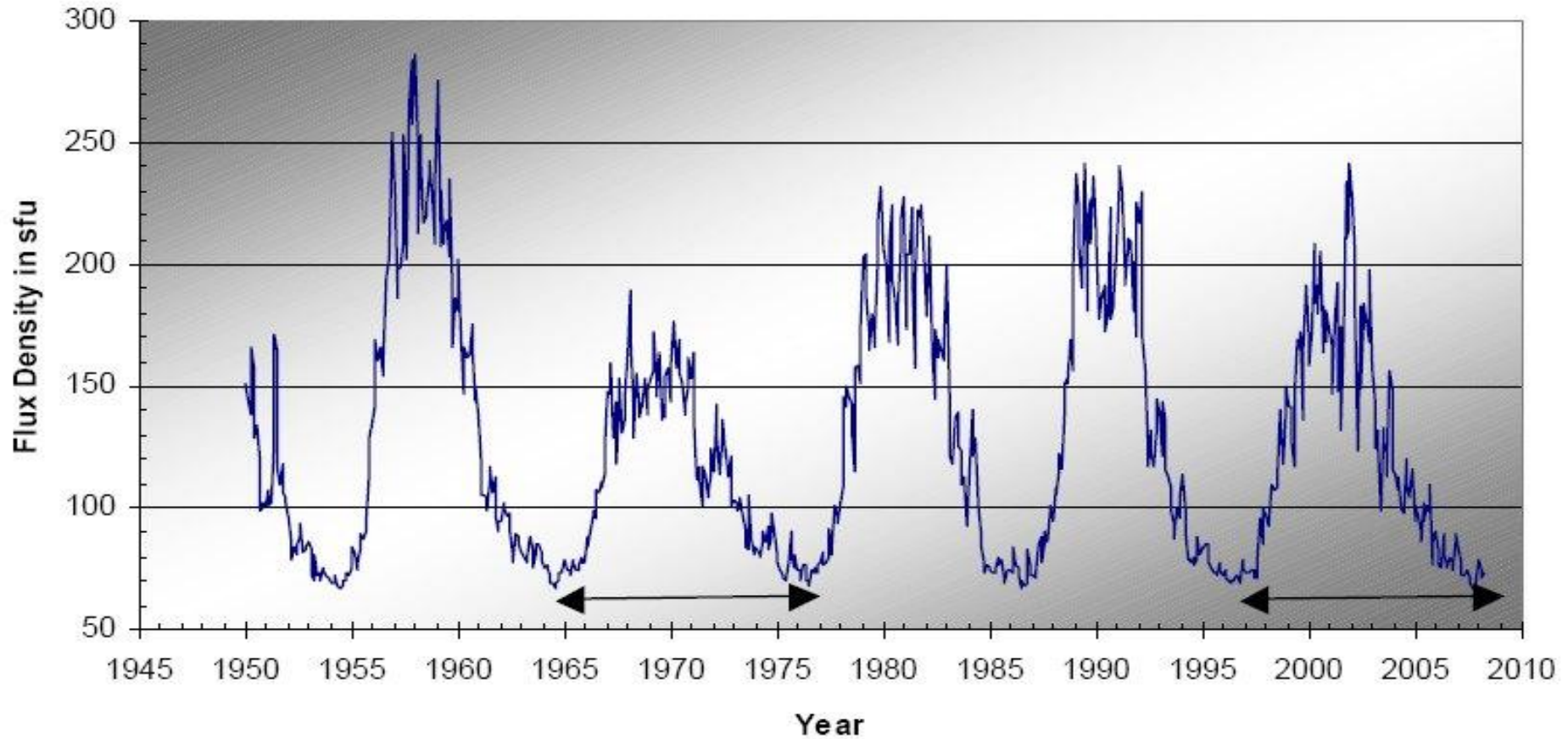


Wat stuurt de zon op ons af.

- **Elektromagnetische straling** **8 minuten**
 - Zonnevlekken SSN zonnevlammen veroorzaken beide
 - Warmte straling + UV
 - X-straling **Flux of SSN**
 - (Kosmische straling) ioniserend (nachtaandeel)
 - Veelvoud SAR normen
- **Zonnewind** (materie of deeltjes met massa)
 - Geladen deeltjes die ontsnappen uit het plasma van de zon (protonen en elektronen) **20 à 40 uren**
 - Ontsnappingsnelheid zon 300 à 600 km/sec
bij uitbarsting 2000 km/sec
 - Nabij de aarde; op 15° **Massa kp**
9 protonen, 10 elektronen,
0,5 alfadeeltjes, hooggeladen ionen,
Max bij 700km/sec **1000xSAR**

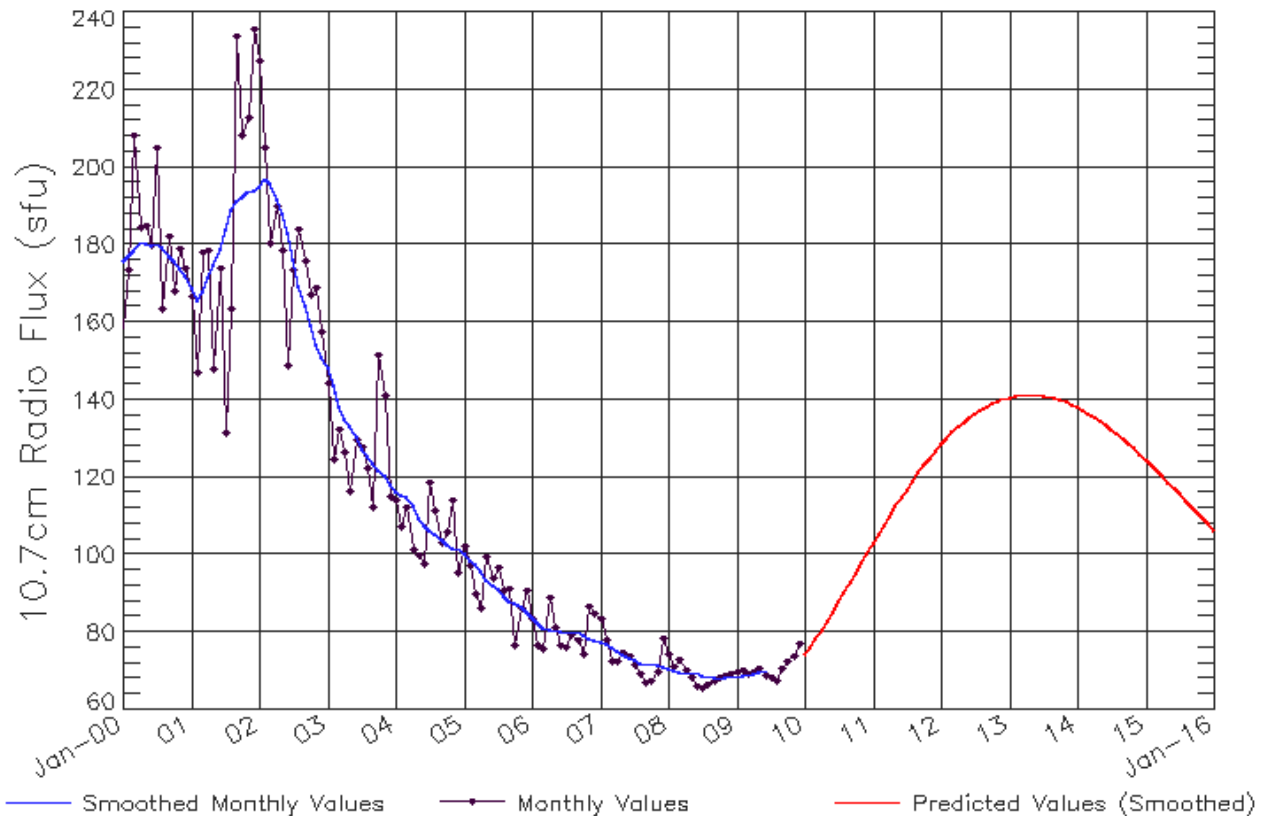
Zonnevlekken SSN

Monthly Means



Huidige cyclus

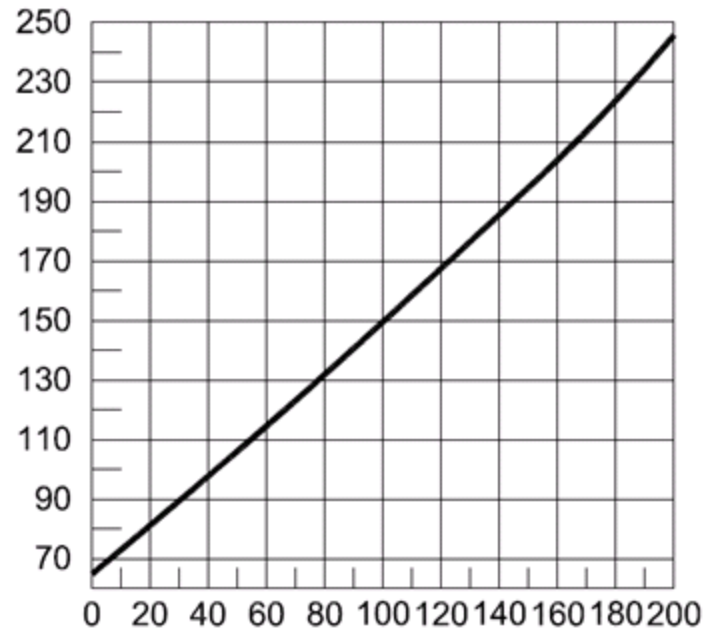
ISES Solar Cycle F10.7cm Radio Flux Progression
Data Through Dec 09



Zonflux /zonnevlekken

$$\text{zonflux} = 67 + (0,88 \times \text{SSN})$$

Zonflux
2800 Mhz
10,7cm



SSN

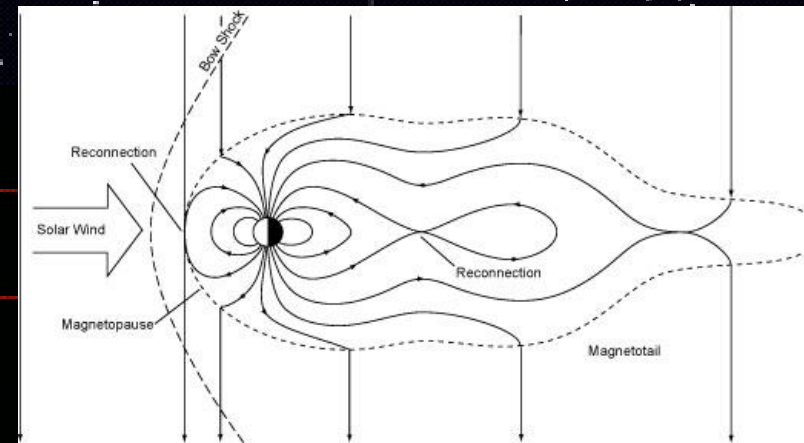
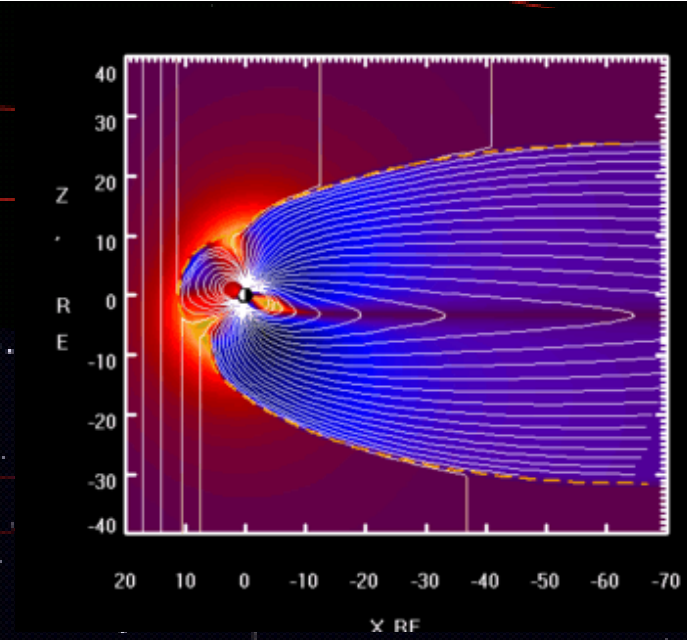
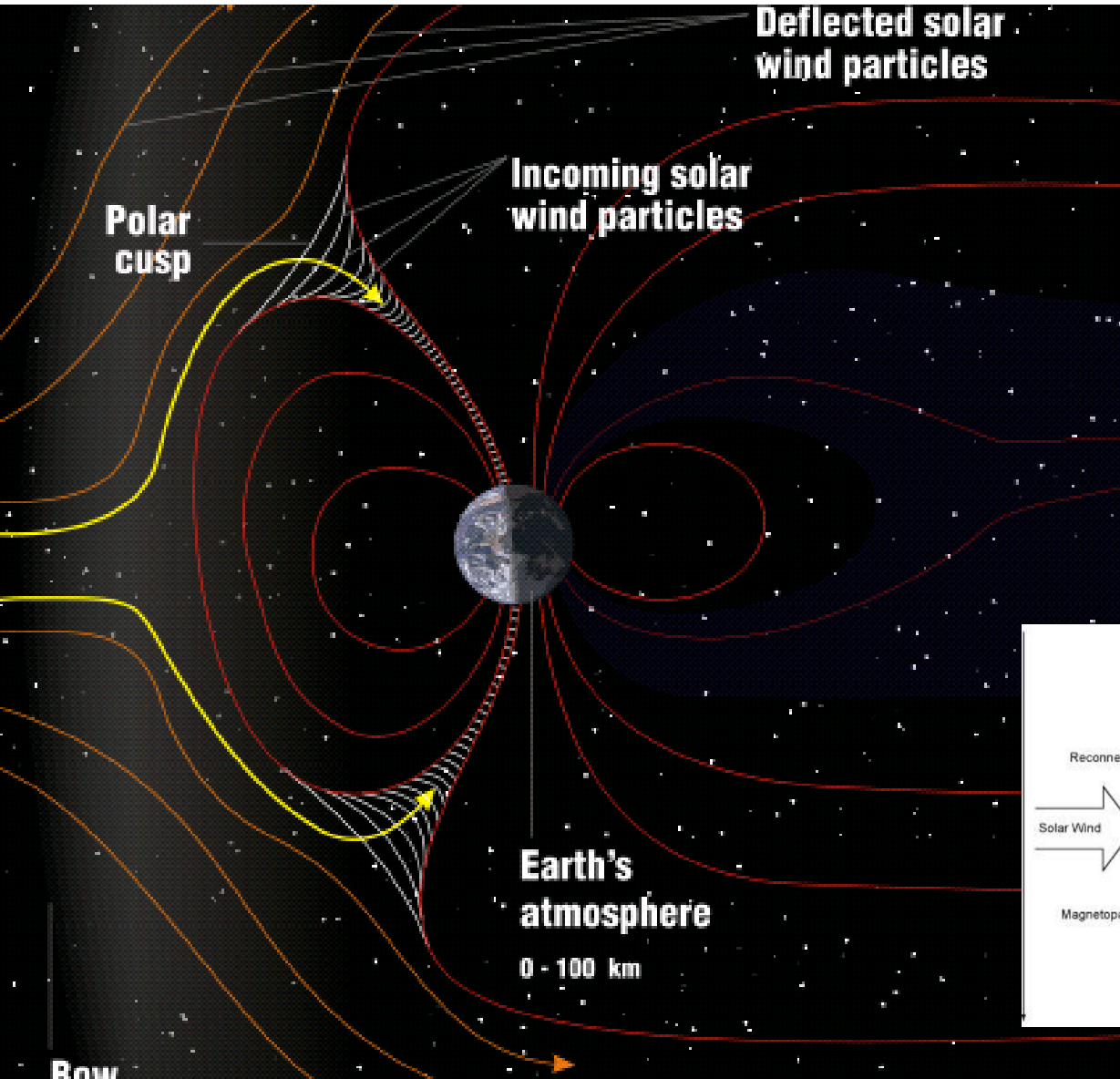
Ionisatie veroorzaakt door zonnewind

- Kp waarde
 - Per dag of per drie dagen
- Ap waarde
 - Afgeleid van Kp als voortschrijdend gemiddelde per 27 dagen

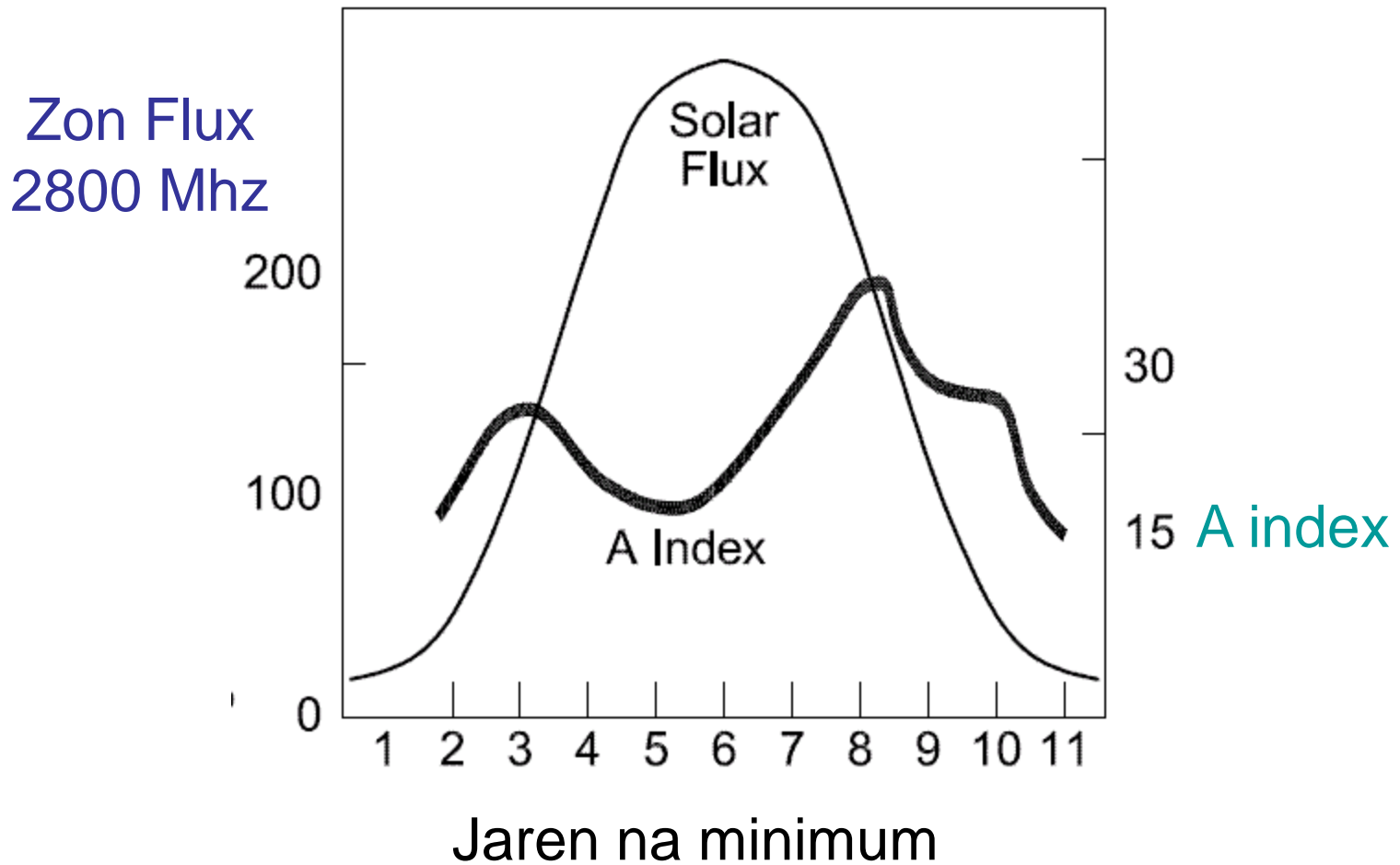
Typisch k waarde	Beschrijving	Dagen per zon cyclus
9	Extreem	4
8	Hevig	60
7	Sterk	13
6	Gematigde	360
5	Minimaal	900

magnetosfeer

het spoor voor de zonnewind



Verband FLUX en INDEX

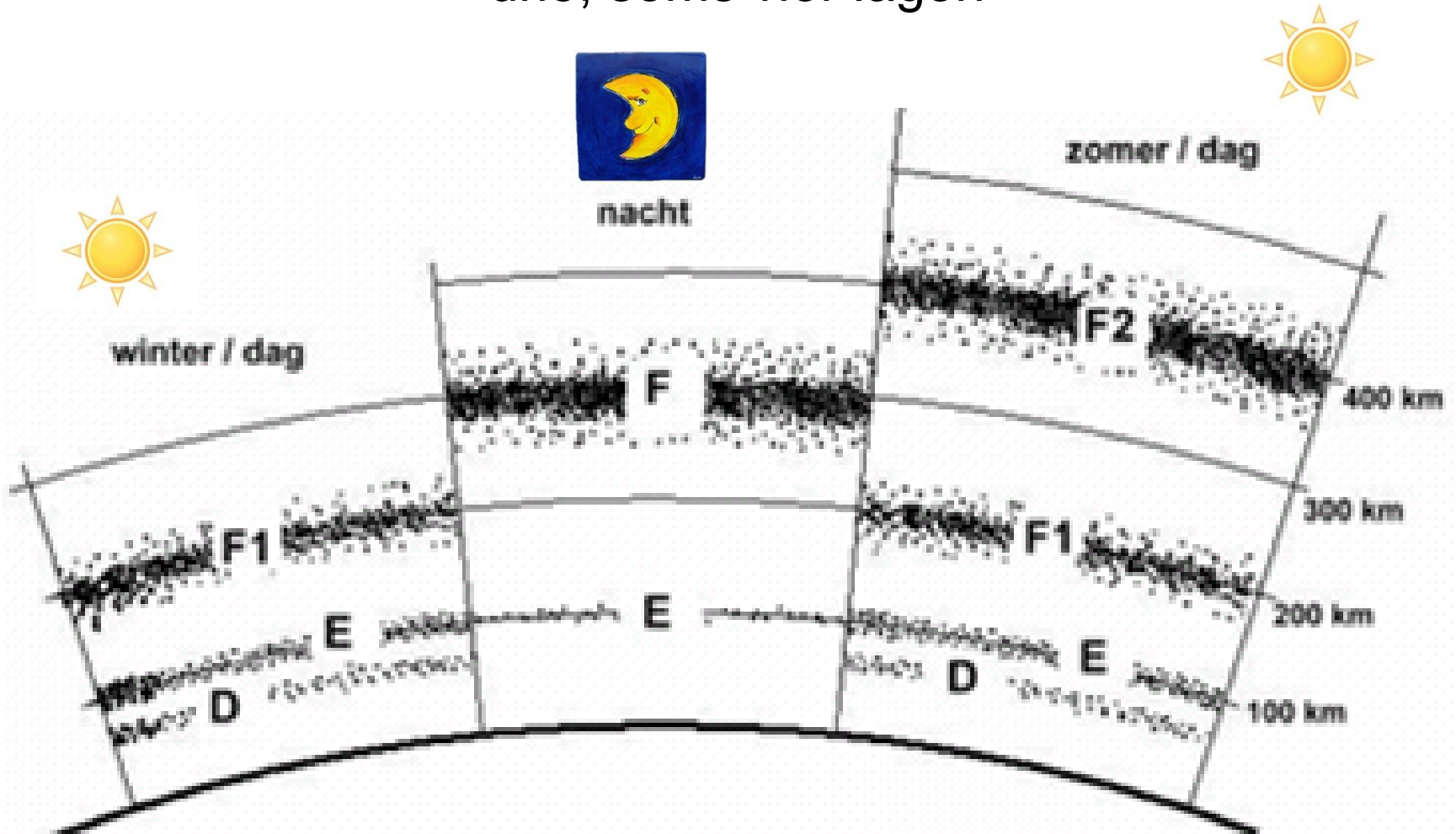


Lagen natuurkundig

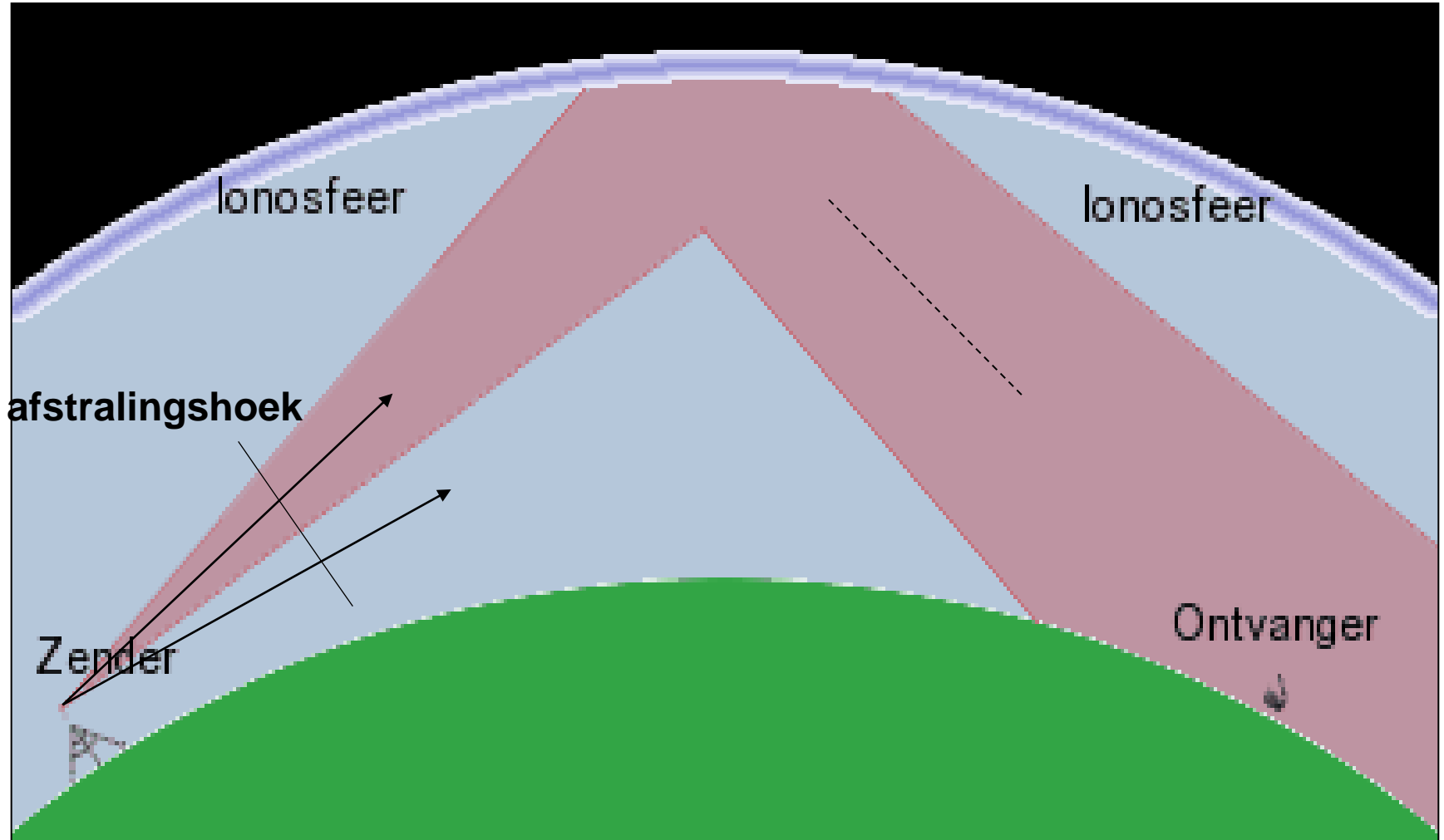
- **D laag** (Diurnal variatie Dynamiek van strato- en meso paase als halfjaarlijkse oscillatie.)
 - X straling < 1 nm
 - Bij nacht “cosmische straling”
 - Ionisatie waterstof 121,5 nm (ionen paren)
 - Electronen botsingen 10^7 /sec
 - Absorptie groot voor proton uitbarstingen zon bij polen van de aarde.
- **E laag** (echte reflector)
 - Diurnal variatie samen met **botsing elektronen** met neutrale **partikels**.
- **Es laag**
 - Het wordt vermoed dat sporen van ioniserende gassen uit in de atmosfeer verbrandende meteorieten bijdragen aan het ontstaan van deze laag.
- **F laag** (grotere elektronen dichtheid)
 - Bevat hoofdzakelijk **ionen** en reflecteert dan ook het best. (UV)

Ionosfeerlagen

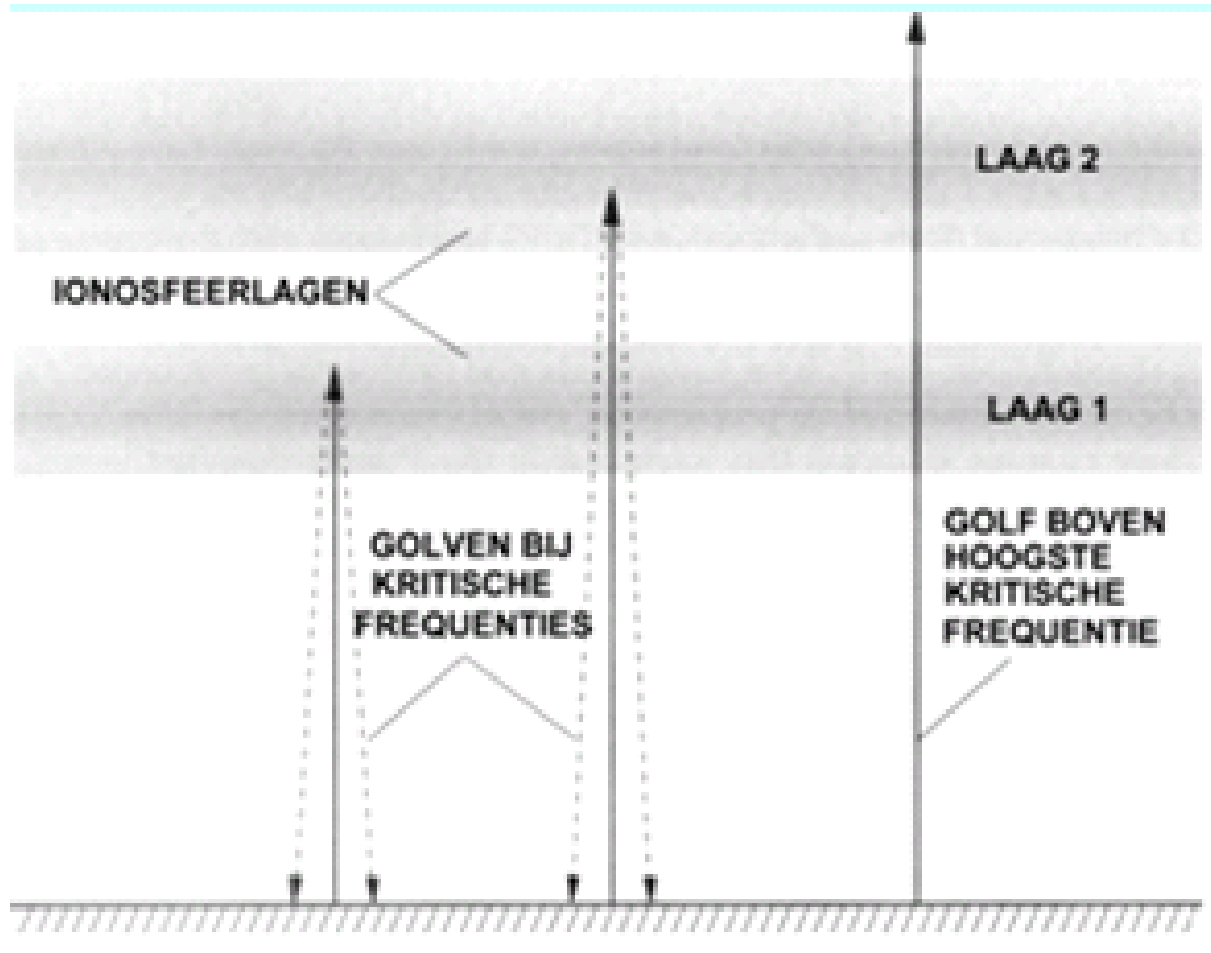
De ionosfeer wordt over het algemeen opgedeeld in drie, soms vier lagen



Slecht nuttig als de breking de aarde bereikt.

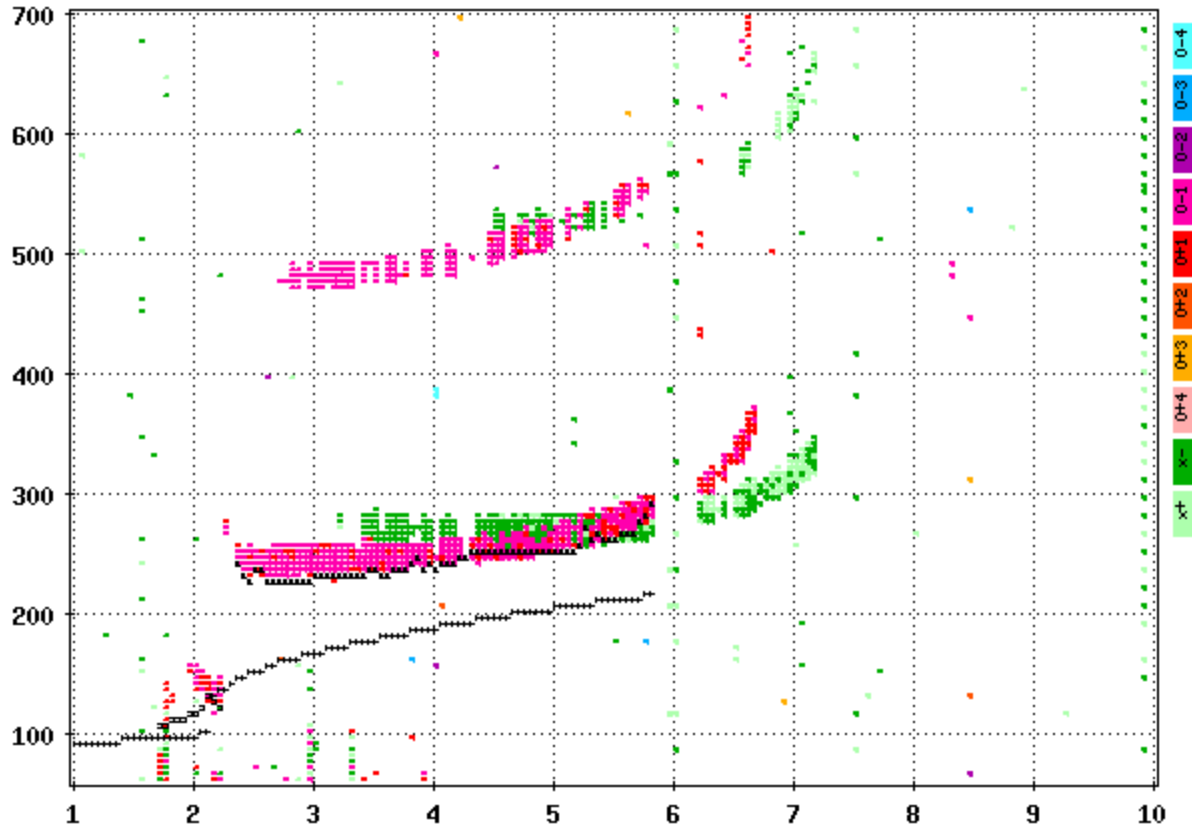


Kritische frequentie



STATION YYYY DAY DDD HHMM P1 FFS S AXN PPS IGA PS
 Dourbes 2010 Feb18 049 1600 MMM 400-1 8c5 100 +1+ A1

foF2	5.83
foF1	N/A
foF1p	N/A
foE	2.11
foEp	1.94
fxI	6.70
foEs	2.20
fmin	1.70
<hr/>	
MUF	22.11
M	3.796
D	3000
<hr/>	
h'F	225
h'F2	N/A
h'E	105
h'Es	125
<hr/>	
zmF2	216
zmF1	N/A
zmE	100
yF2	31
yF1	N/A
yE	10
B0	51.3
B1	1.00
<hr/>	
C-level	11

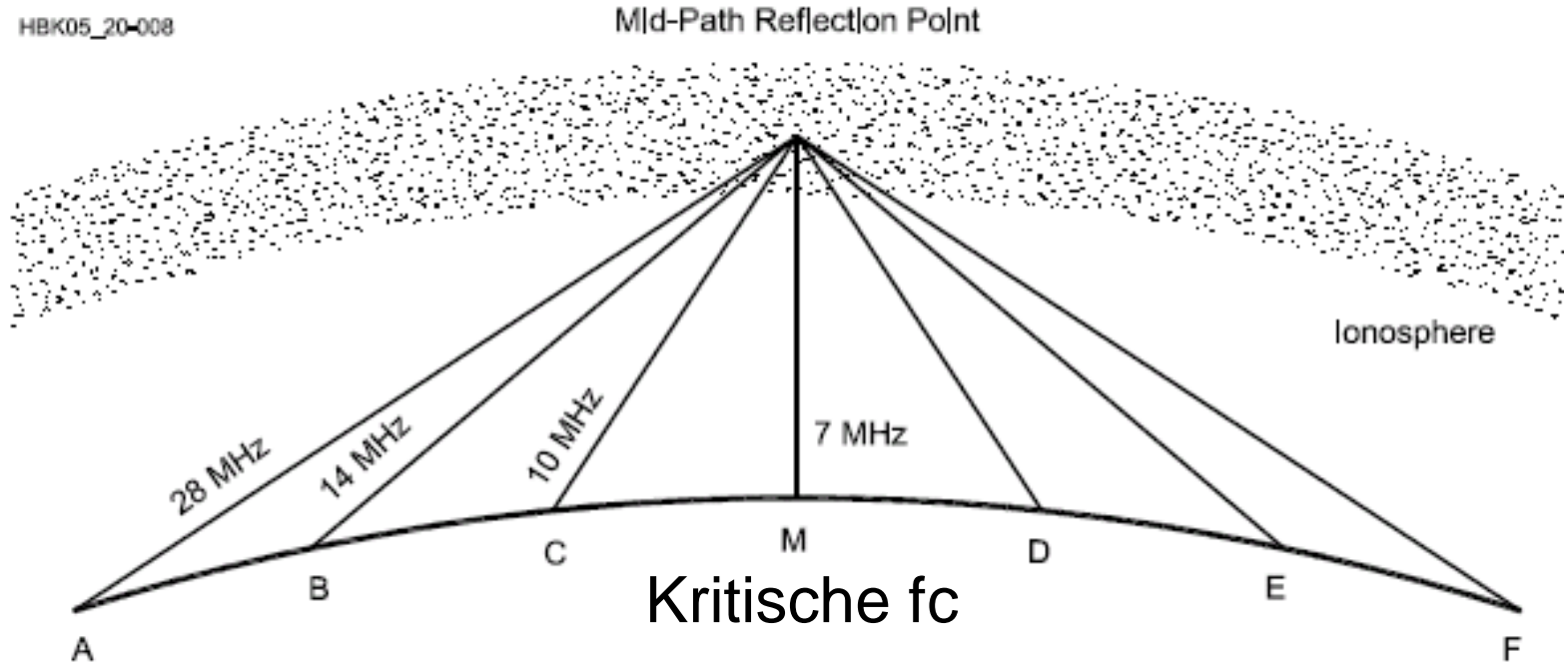


D	100	200	400	600	800	1000	1500	3000	[km]
MUF	6.6	6.6	7.0	7.6	8.4	9.6	13.1	22.1	[MHz]

DB049_2010049160005.MMM / 180fx128h 50 kHz 5.0 km 3x3 / DGS-256 (049-049) 50.1 N 4.6 E

Midden pad reflexie MUF

HBK05_20-008



MUF M factor

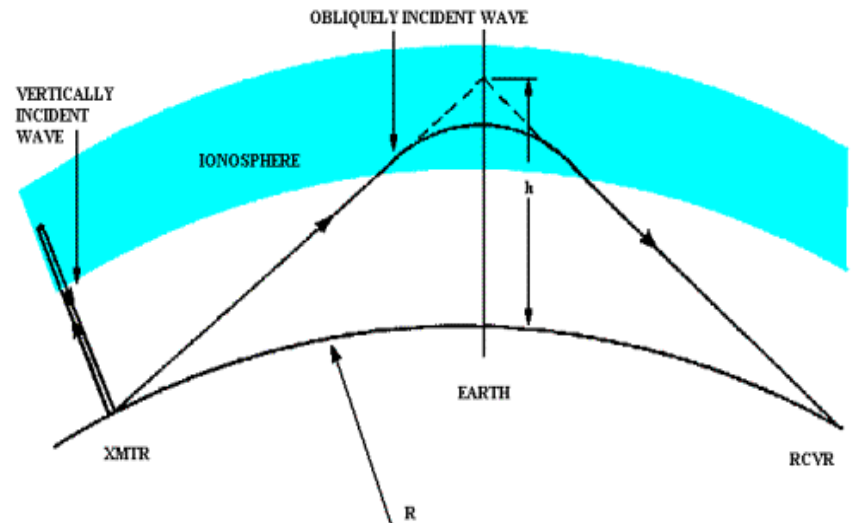
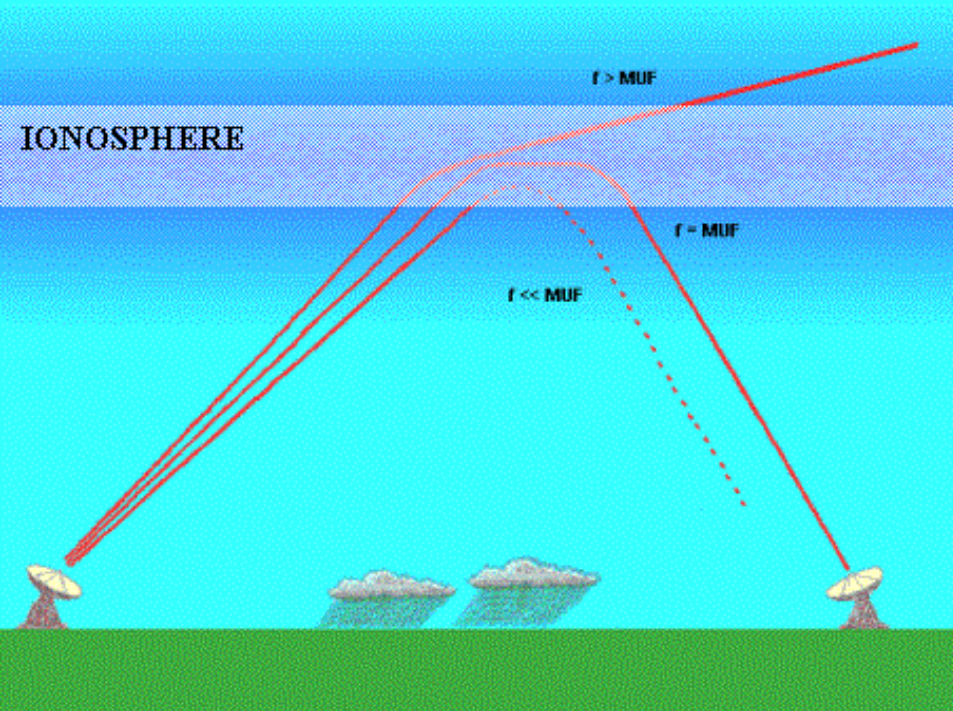
2000 km E hop
3000 km F hop

$$MUF = f_{kritisch} \times M$$

$$MUF = \frac{f_{kritisch}}{\sin \alpha}$$

Iono Laag * Alleen daglicht	Kritische frequentie Mhz	M	Bruikbaar spectrum Mhz
F2*	15	4	1-60
F1	5.5	4	10-20
E*	4	4.8	5-20
Es	30	5.3	20-200

Kritische frequentie en MUF



$$MUF = \frac{f_{cr}}{\sqrt{1 - \left(\frac{R}{R+h}\right)^2}}$$

Maximum bruikbare frequentie

MUF 50%

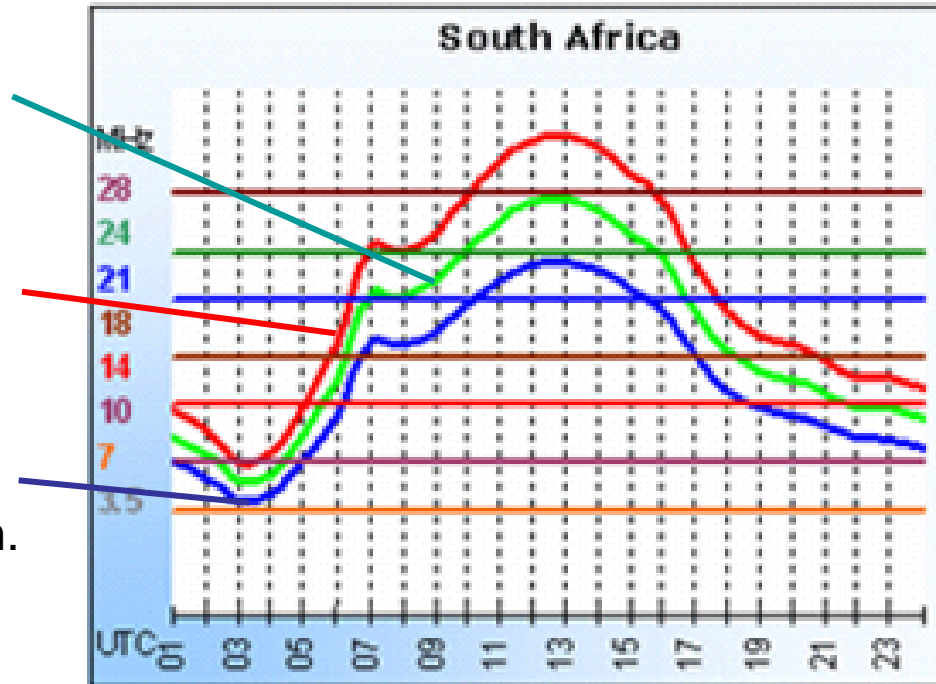
Max bruikbaar

HPF 10%

Hoogst mogelijke

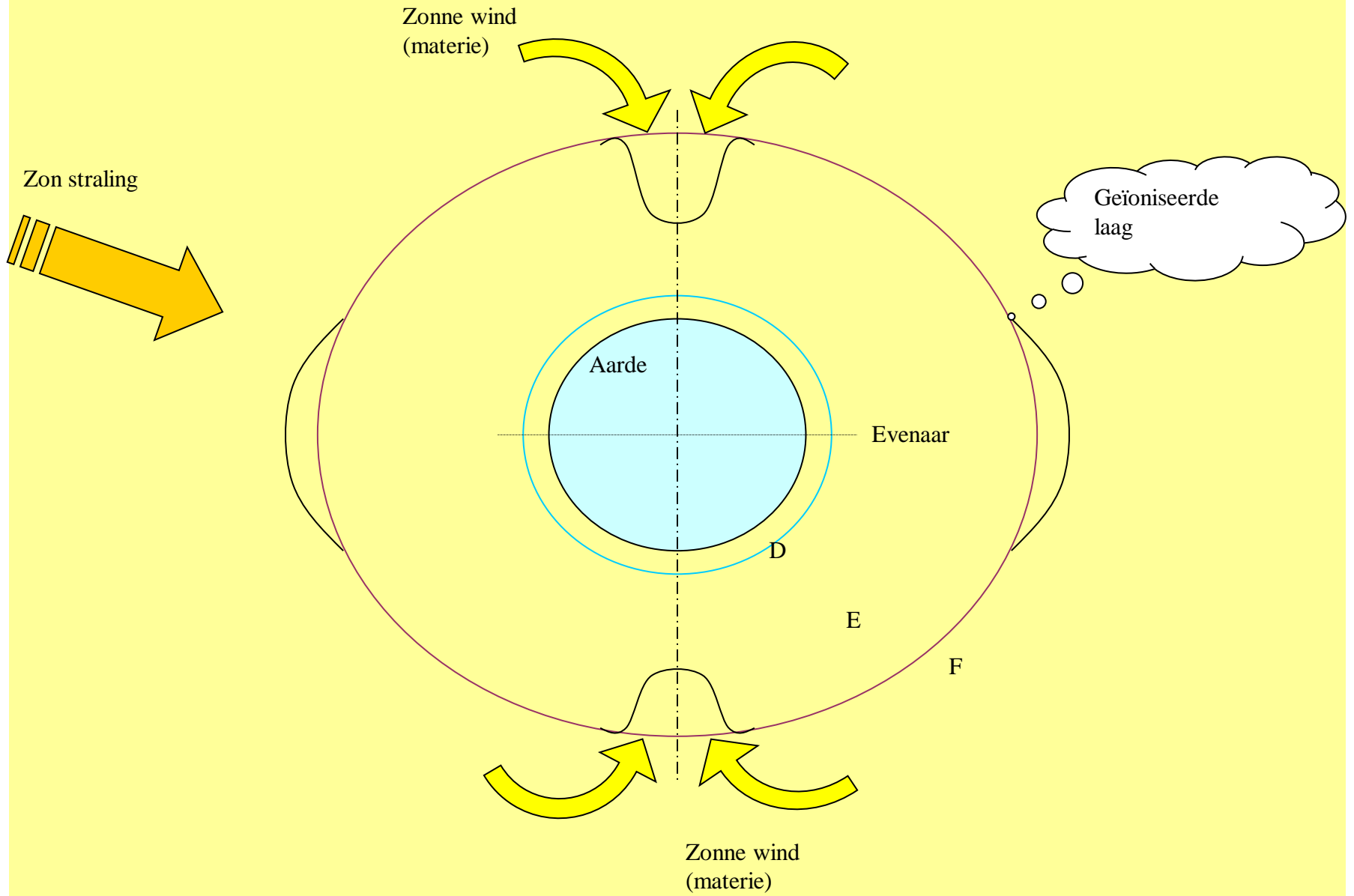
FOT 90%

Frequentie voor optim.
traffic



Geldig voor één hop

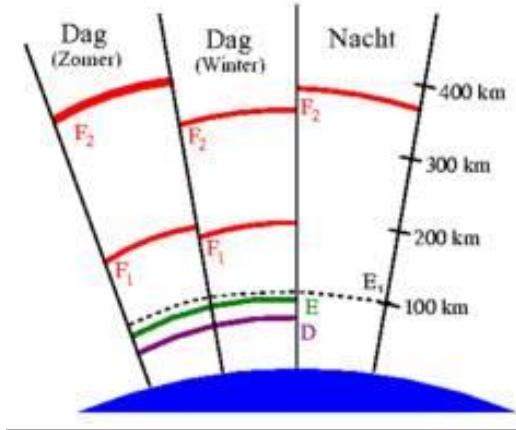
LUF Minimale bruikbare frequentie voor 1500W CW



Onzekerheden.

- Regelmatige en **voorspelbare** effecten.
 - 11 jarig
 - seizoen
 - 27 dagen (zon omwenteling)
 - dagelijks (dag nacht)
- Onregelmatige **onvoorspelbare** effecten
 - Sporadic E
 - Zonne stormen
 - Plotse verstoringen

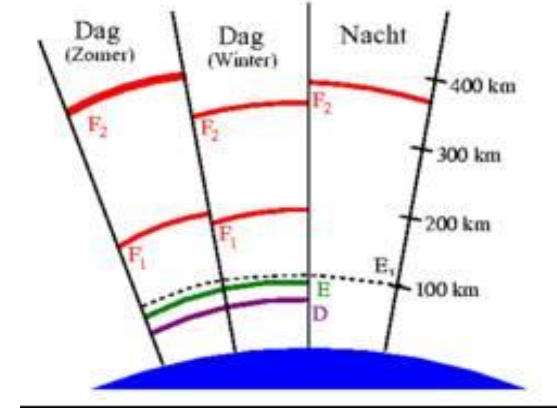
D laag



- Reflecteert 30 – 300 kHz (VLF)
- Absorbeert > 300 kHz tot 5 MHz
 - behalve grote hoeken
 - max absorptie middag
 - min absorptie voor zonsopgang
- Hoogte 50 a 100 km
- Voorwaartse D scatter 25-100 Mhz
 - 50 Mhz 800 a 1500 km alleen met hoog vermogen

E laag

(Kennelly-Heaviside-band).

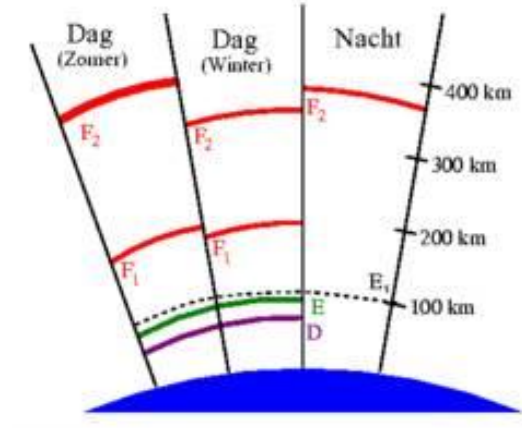


- Reflecteert 300 kHz – 3 Mhz
- Hoogte 110 à 160 km
- Sterkste overdag als de zon hoog staat
 - Fc 4,8MHz, MUF5-20MHz
- verdwijnt 's nachts. fc=0,5MHz goed voor lage hoeken 1,8MHz

Sporadic Es

Mögel-Dellinger-Effect

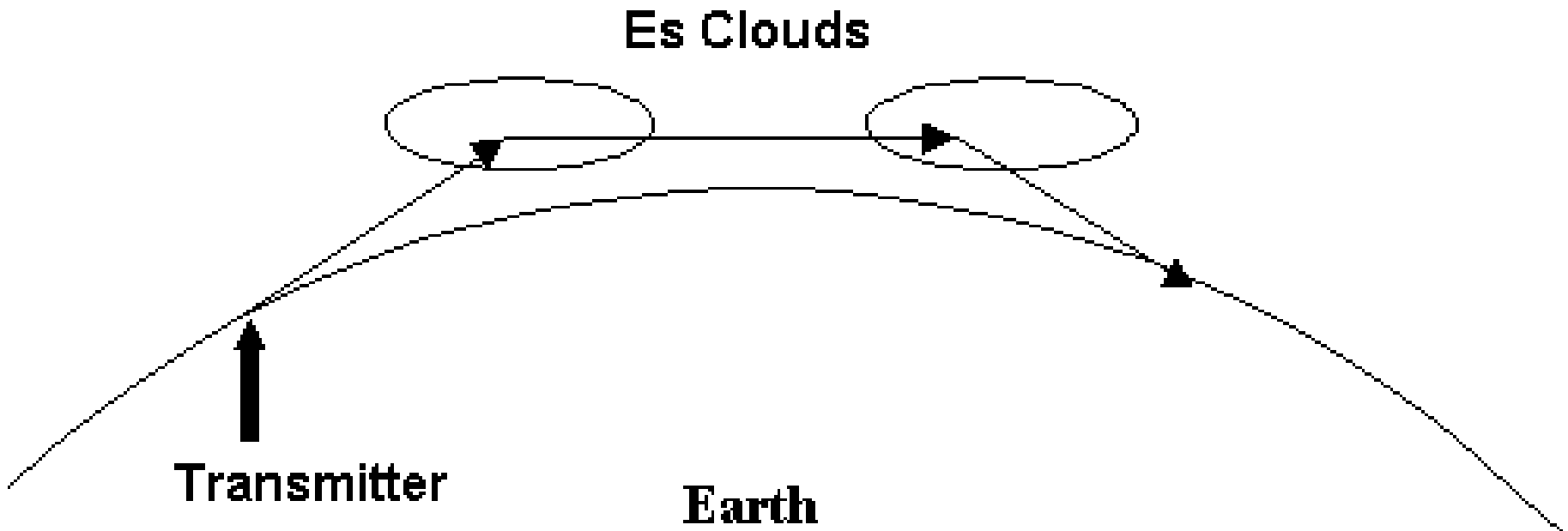
- Reflecteert VHF tot 200 MHz
- Hoogte 90 à 120 km
- in midden-Europa,
 - overdag in de zomermaanden,
willekeurige timing
 - verschillende fysieke processen tegelijk.
- het dode vierde uur zie hierna FAI



Soorten sproradic e Es

- Onze breedte graden
 - Type H (high) H+C (Sequential)
 - type L (laag) alleen overdag
 - Type C (cusp)
 - Type F (Flat)
- Equatoriaal ($\pm 10^\circ$)
 - Type S (Schuin)
 - Type Q (Pony)
- Auroral in Aurora gordijn max 88 Mhz
 - type F (Flat)
 - type R (vertragen)
 - type S (Schuin)
- www.dxzone.com
- <http://www.vhfdx.net/esmaps.html>

Es twee wolken



Als ionisatie in de Es-laag te sterk wordt dan kunnen de korte golven niet meer bij de F2-laag raken en daar teruggekaatst worden. Dit kan tijdelijk een volledige verstoring van signalen in de hele kortegolfband veroorzaken

Sporadic e

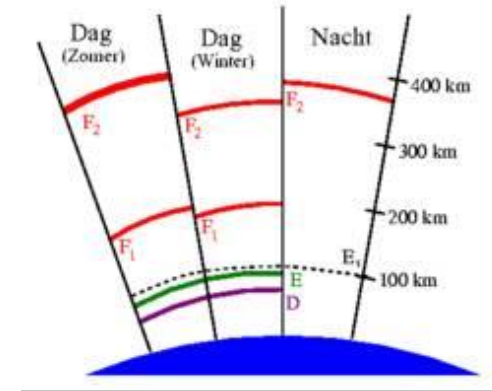


- 4 juli en 16 juli 2009
- Van 15.25 tot 15.55
- Alleen op zeer hete dagen
- Alleen kortstondig

E onregelmatigheden FAI

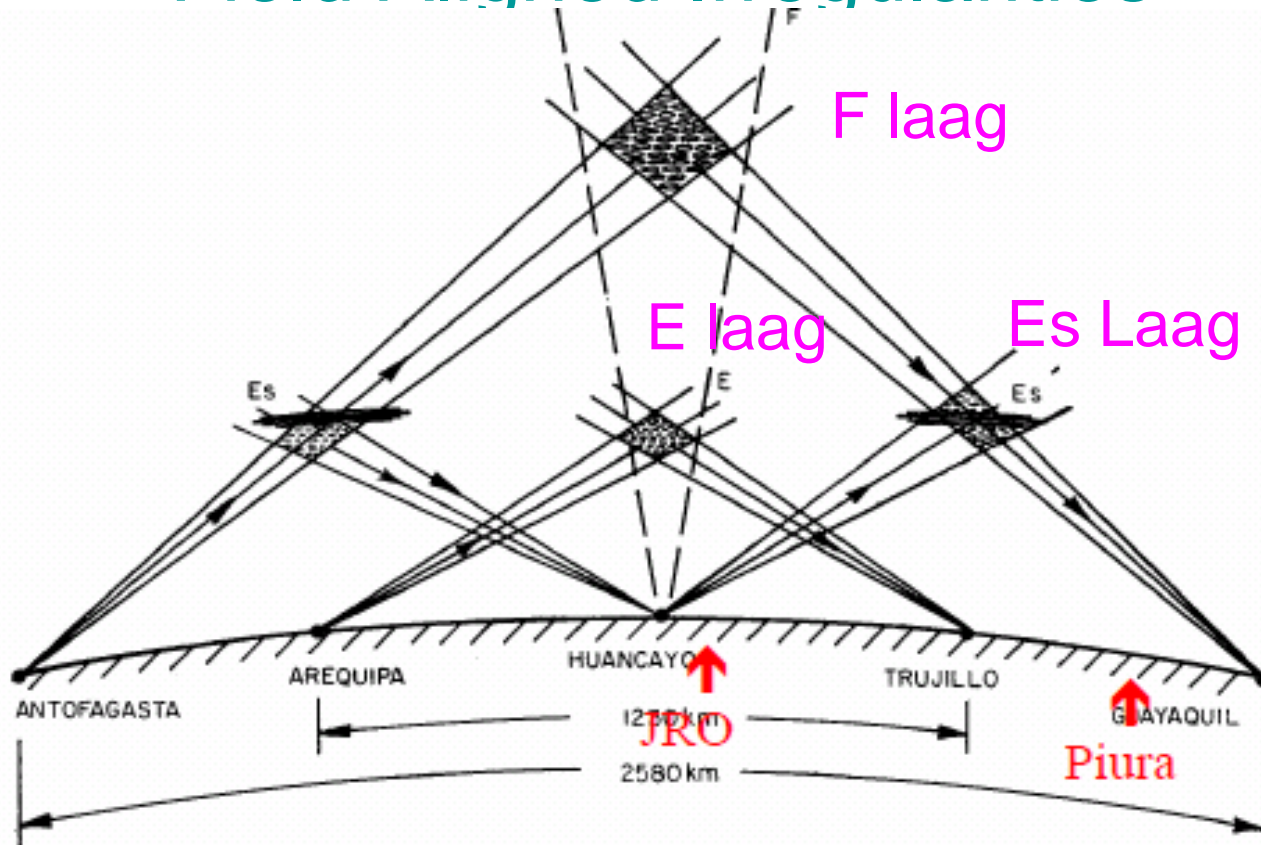
Field Aligned Irregularities

- Treed op na sporadic E,
- 2 a 3 minuten tot meerdere uren.
- Schuine hoek scattering
voorbeeld geluidsgolven. (coincidentie effect?)
- 50 – 144MHz
- Zwak flutterig met dopplershift tot 3 kc
- Afstanden tot 2300km
- Bij zomer zonnewende juni
 - in mindere mate rond winter wende (grijze zone)
- <http://www.sciencedirect.com/science>



E onregelmatigheden FAI

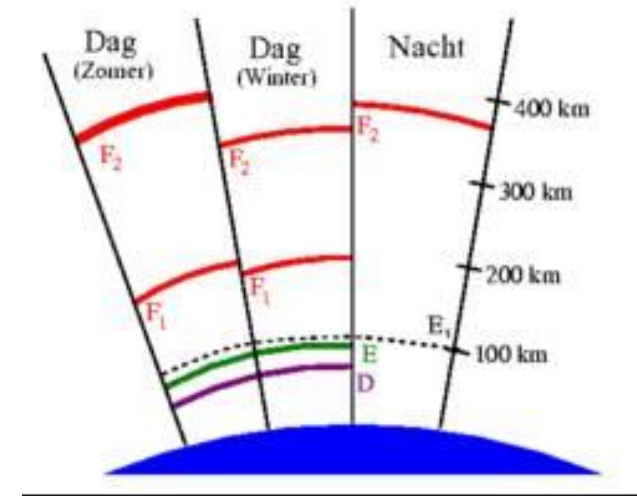
Field Aligned Irregularities



FAI tijdens internationaal geofhisis jaar 1957

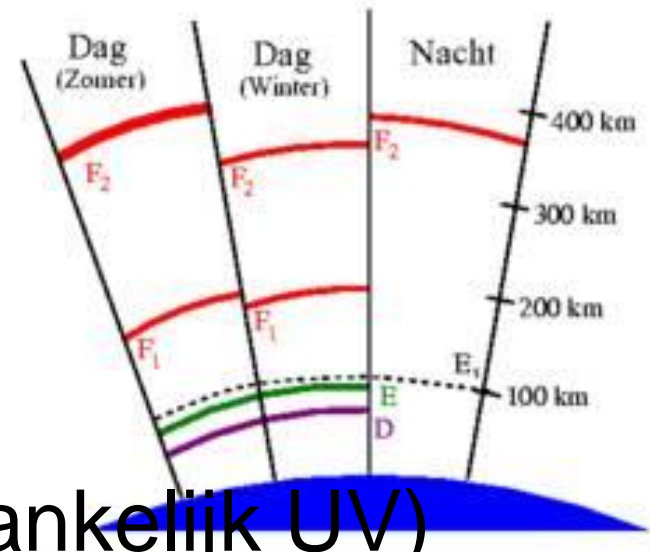
F1 laag

- Reflecteert > 10 Mhz
 - MUF max 20 Mhz
- Hoogte 200 km
- Best over dag - max zomer



<http://www.agu.org/pubs/crossref/2009/2009JA014437.shtml>

F2 laag



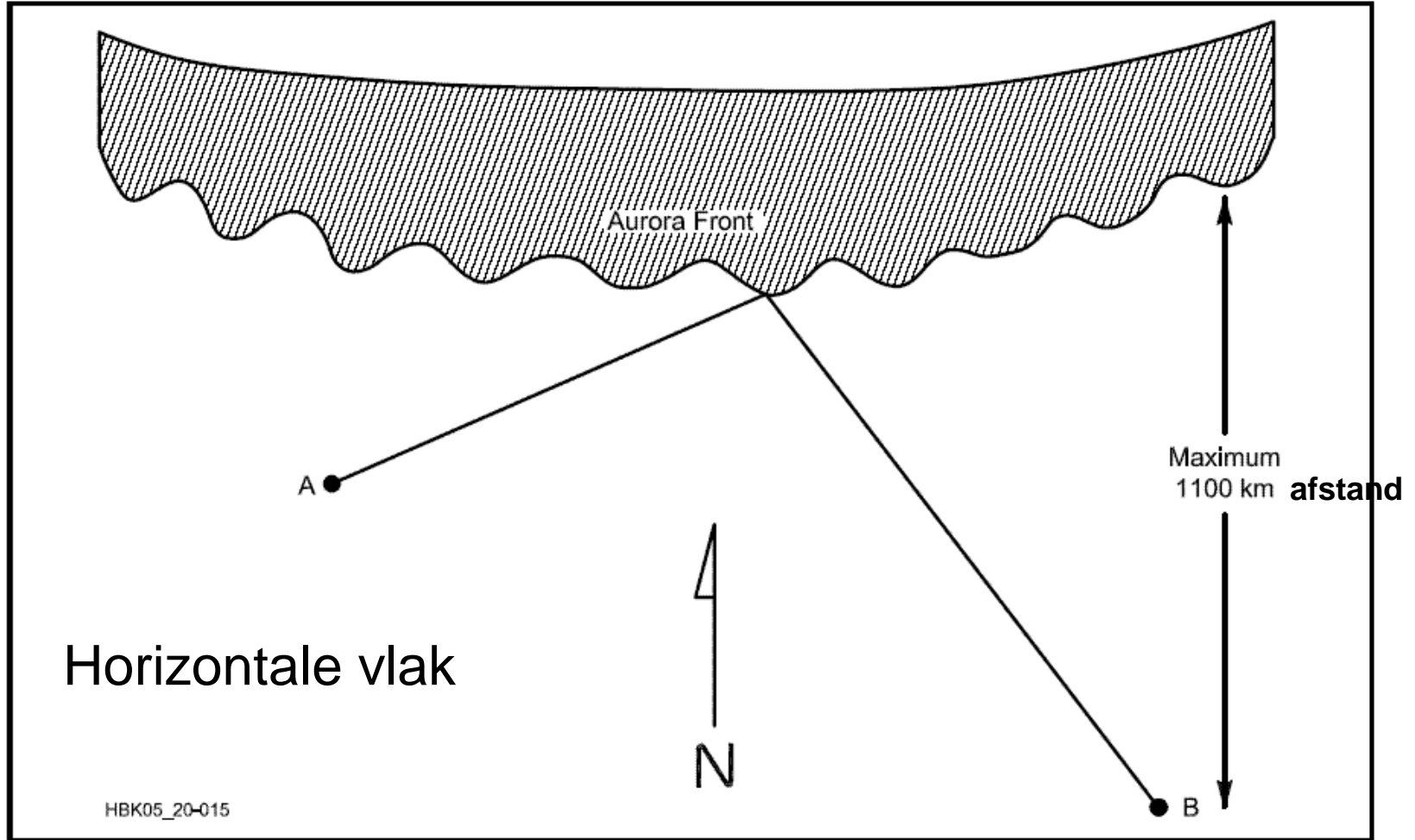
- Reflecteert > 50 MHz (Afhankelijk UV)
 - MUF > 14 MHz, uitzonderlijk tot 50 MHz
- Hoogte 200 à 400 km (nacht + 50 km)
- Veranderd met:
 - Ur van de dag
 - Seizoen
 - Zonne cyclus

Poollicht

N Borealis Australis Z

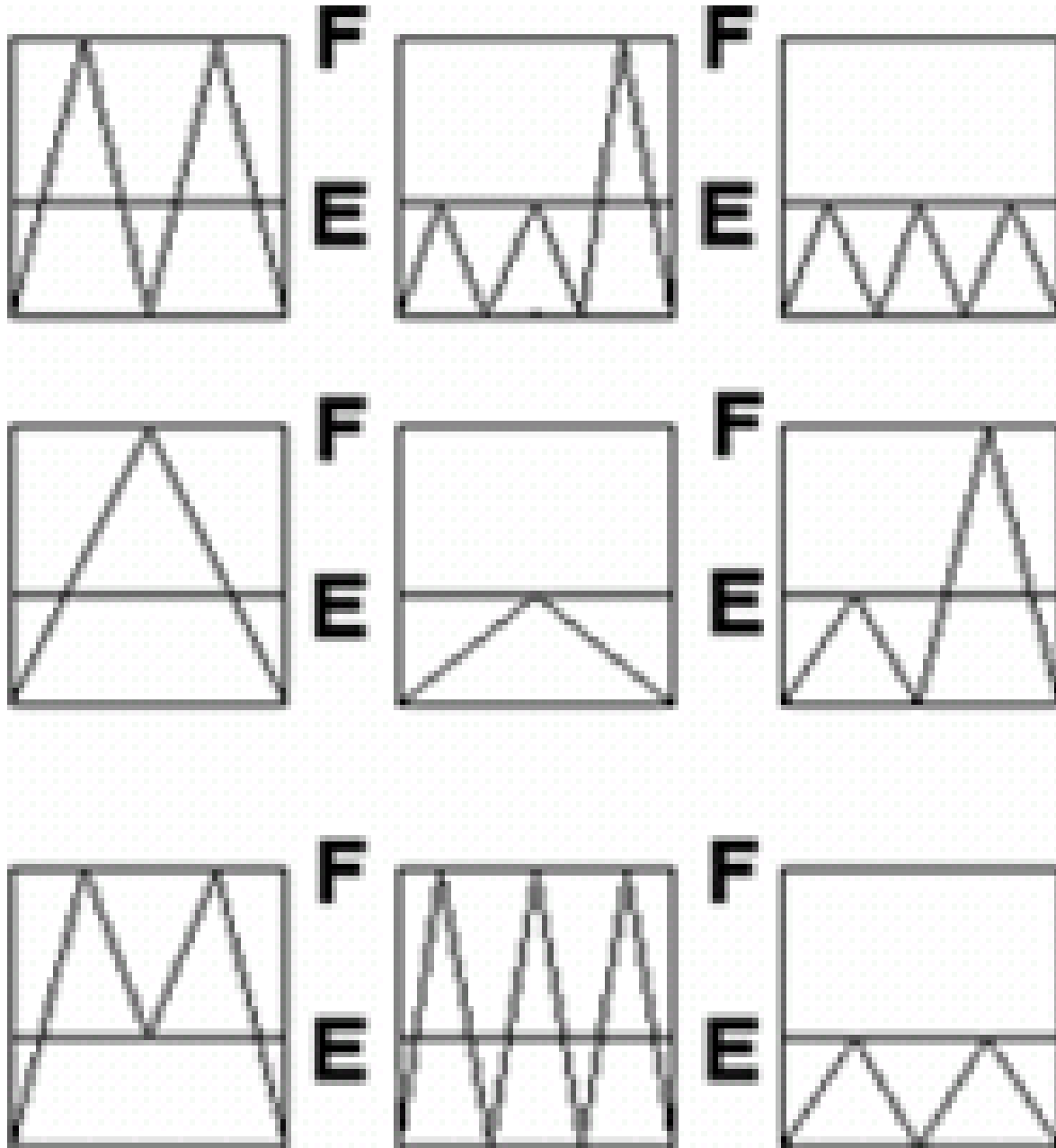


Aurora



Aurora

- 28-432 MHz (zeldzaam hoger)
- Tot 2300 km, uitzonderlijk 5000km
- Low power mogelijk
- In lente of herfst
- E activiteit bij de polen
- Verbindingen lager dan 20MHz onderbroken
- MUF Stijgt tot 50 MHz trans equatoriaal
- Er kan doppler verschuiving optreden



NVIS

Near Vertical incidence skywave
Nabij vertikaal effect

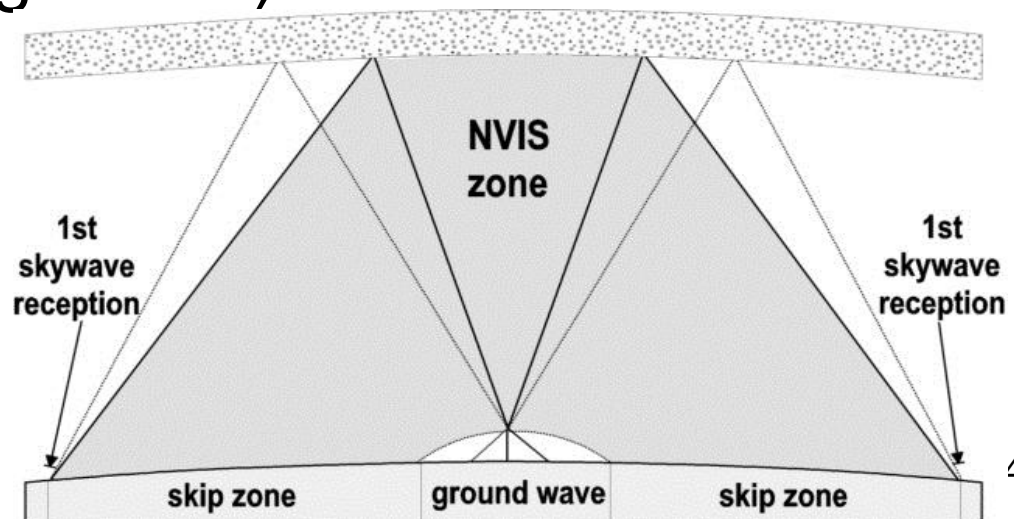
- Over korte afstanden voor grote hoeken (150 km) (Vertikale hoeken) **Ideaal voor velddag**
- Polarisatie invloed onderlinge fase relatie
 - O golf (gewoon)
 - X golf (buiten gewoon)



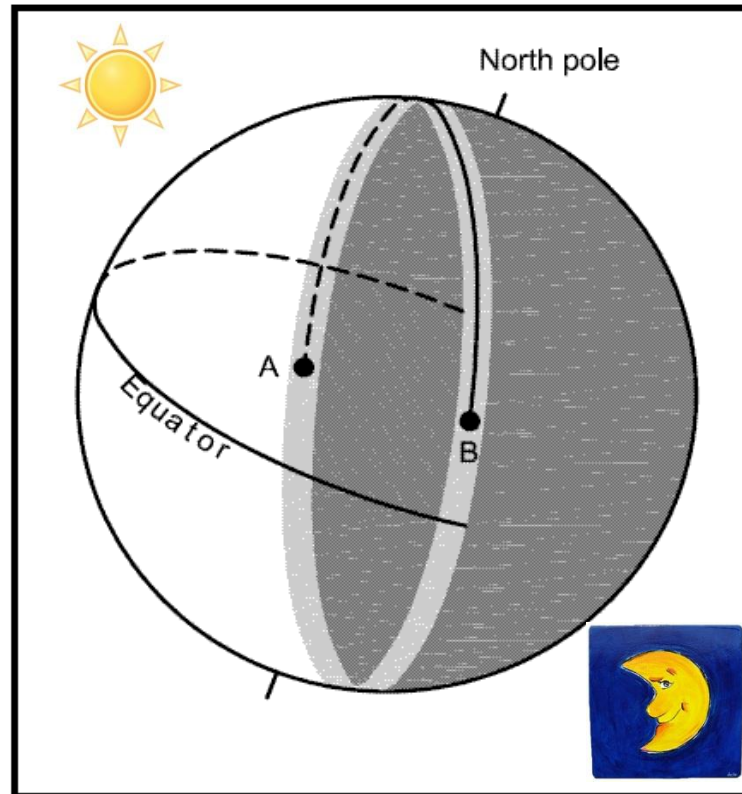
- 40 m overdag



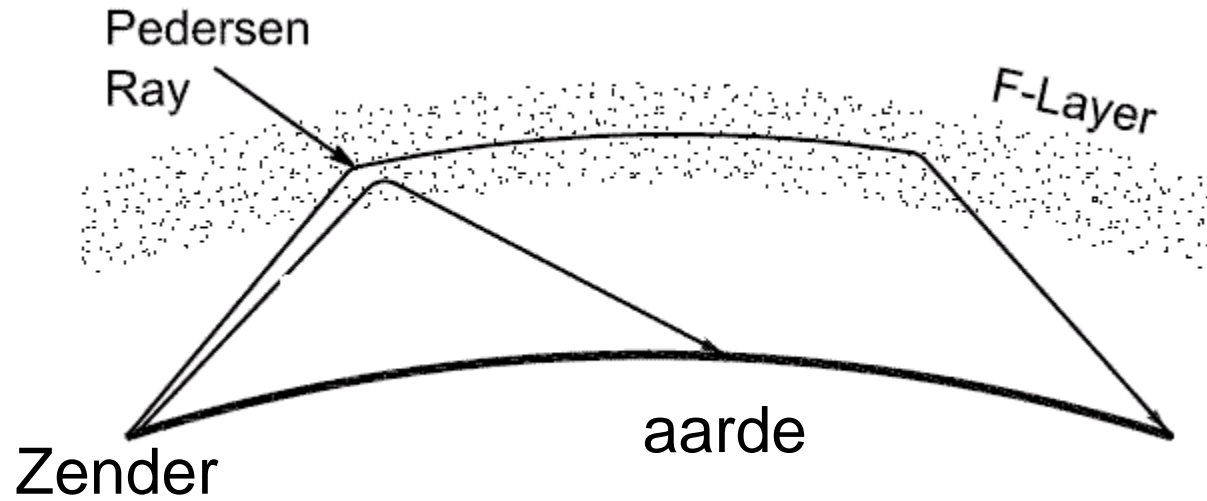
- 80m s'nachts



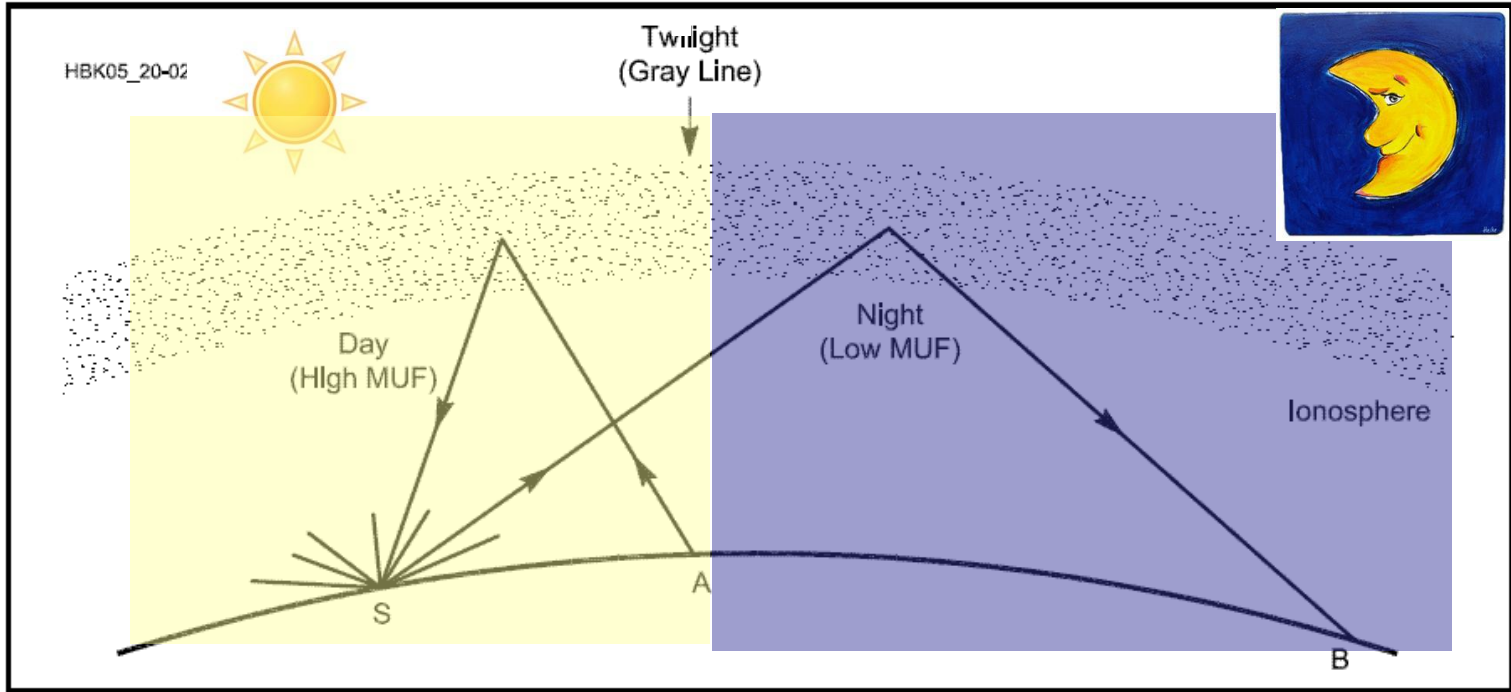
Gray line verbindungen



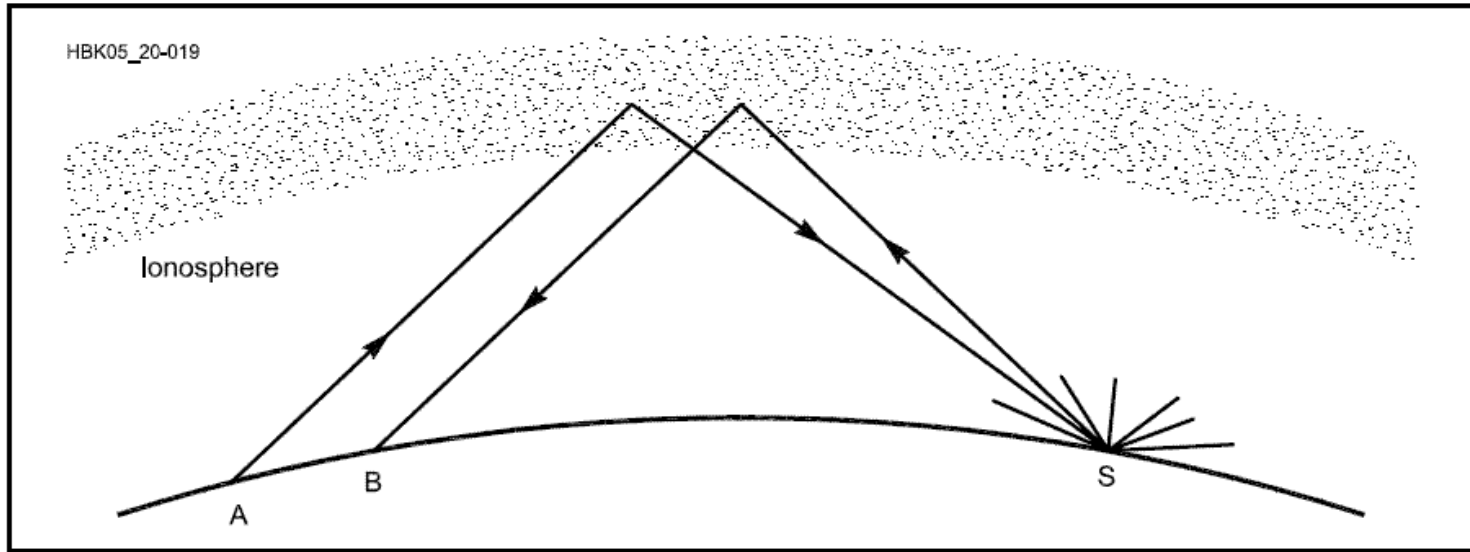
Pedersen effect



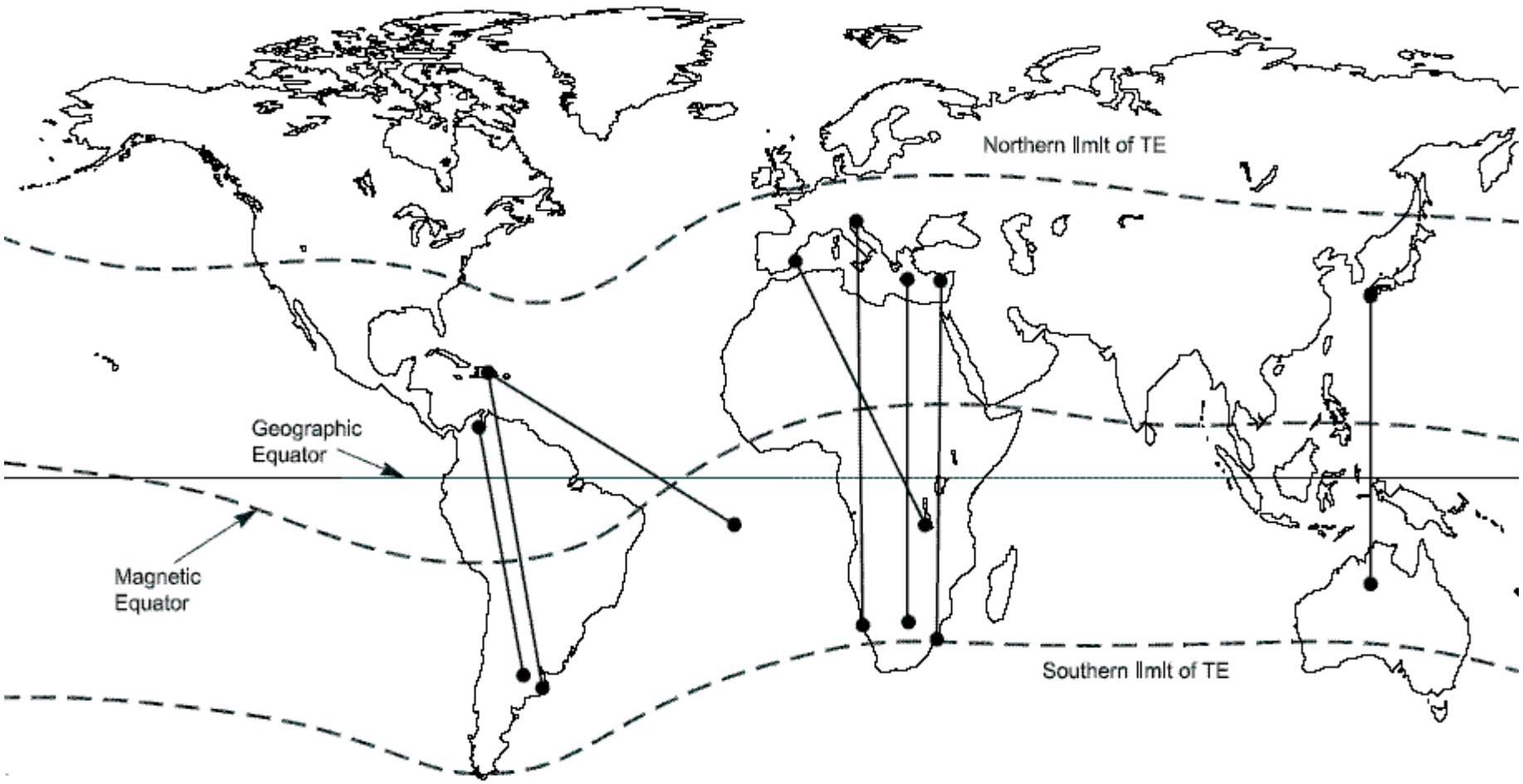
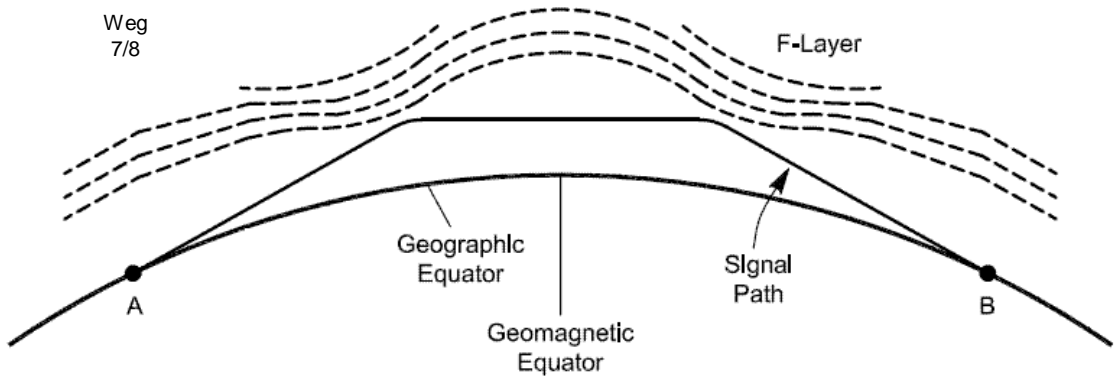
Back scatter over de gray line



Back scatter



Trans equatoriale F propagatie



F2 laag (trans eq)

- MUF is hoogste bij 20° bij evenaar
- MUF is lager naar polen toe

Daarom duurt trans equatoriaal langer dan andere verbindingen.

5000 a 8000 km

Werkt niet altijd 2 weg

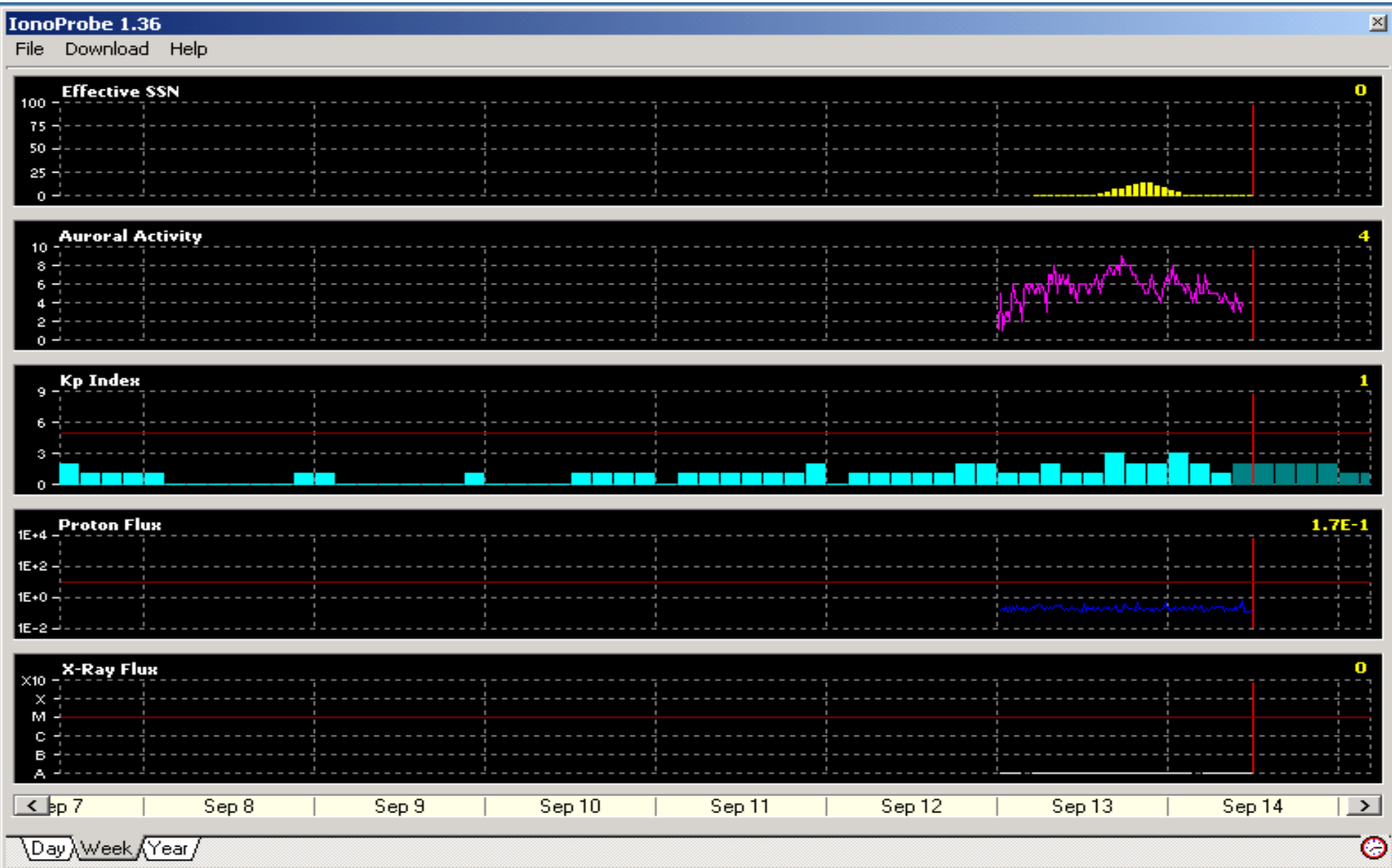
In de lente 5 a 10 PM bij hoge zon activiteit

Minimaal in zomer 

Bijna permanent in winter



Download UBA site



VLF beneden 300 kc

Radcom sept/ Electron sept 2009

- **Grondgolf** tot 2000 km (geen low power)
Loopt iets trager wegens diël. const aarde
Buigt mee met oppervlak
Geen last van absorptie
- **Ionosfeer golf**
Antenne altijd te kort of te laag (hoge opstraling)
Lagere hoeken geven refractie tot 300 km
Dag 1 hop 1000 km
Nacht 1 hop 2000 km

Nacht absorptie van één hop

- Over dag grote absorptie
- Nacht minimale absorptie
- Nu moeten we bijzonder naar de ionisatie en de **E zone** zien



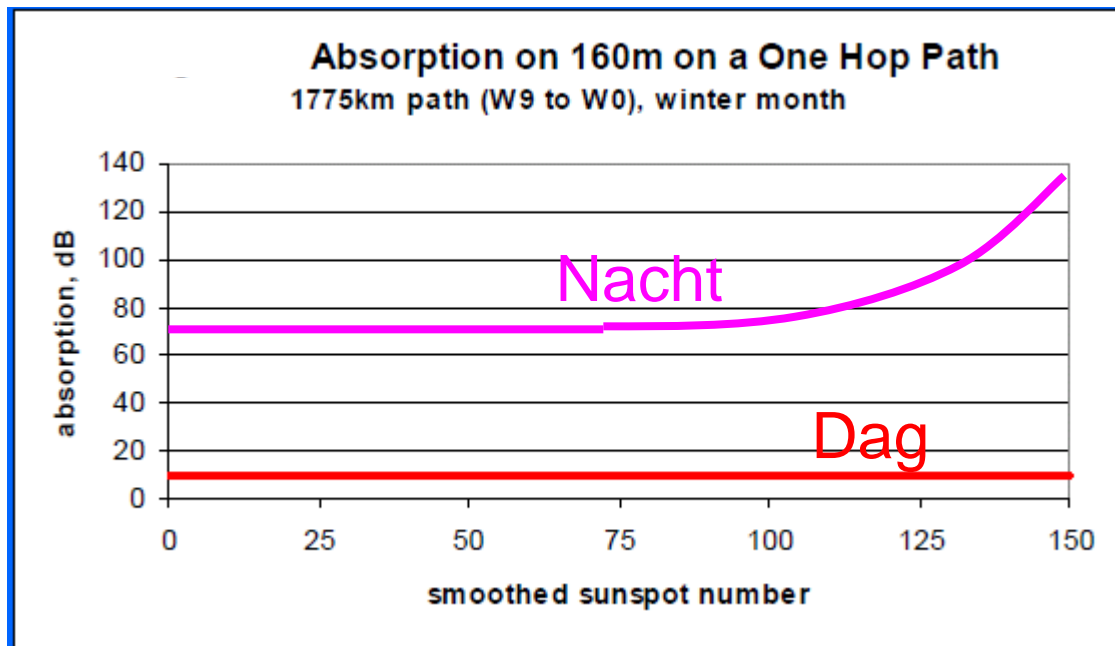
DX 160m

Wat ioniseert de nachtzijde in het E gebied



- Niet de zon !
- Geen MUF (altijd voldoende ionisatie)
- UV straling van de sterren
- Kosmische straling
- UV straling van de zon gereflecteerd door een wolk waterstof atomen rond de aarde.
- **Gevolg: bijna constante absorptie gedurende de ganse zonnecyclus**

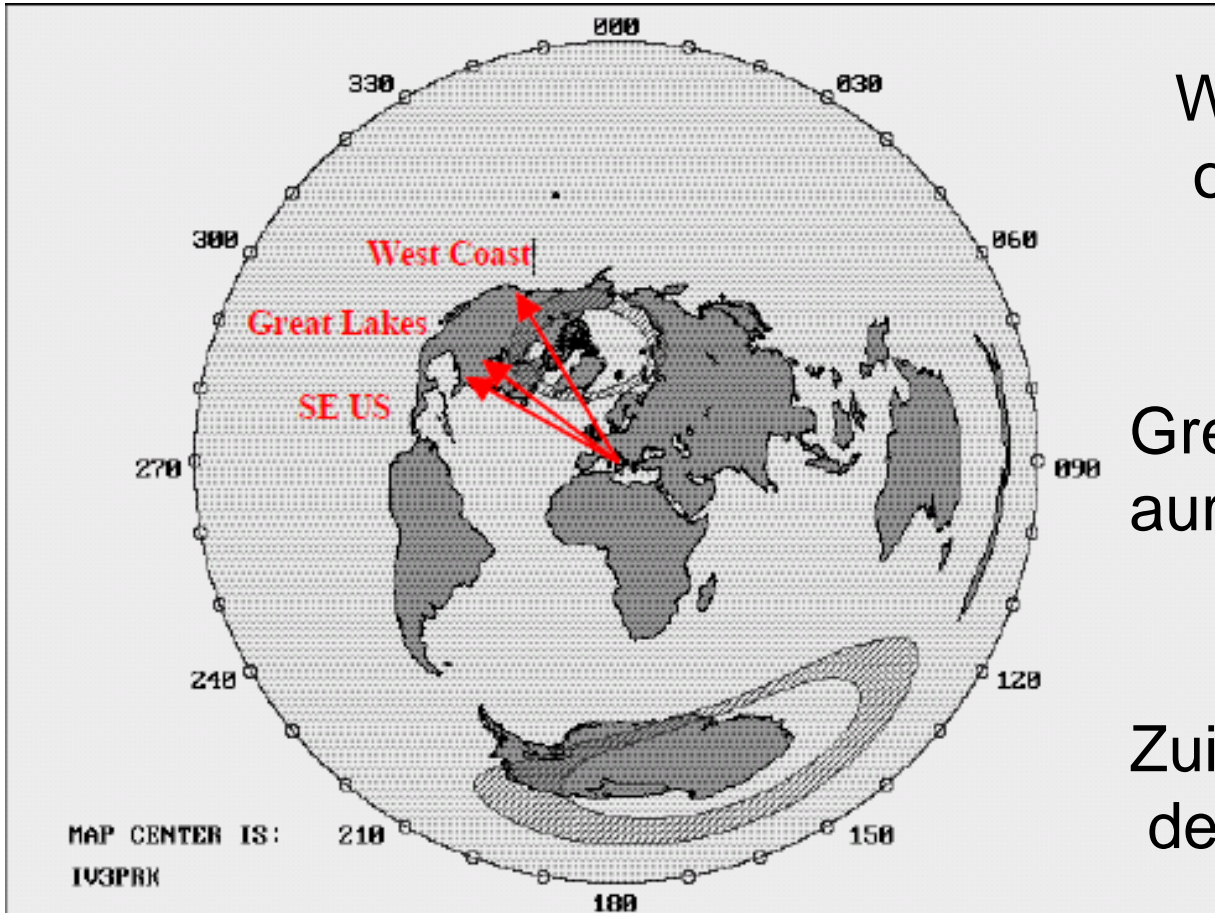
Absorptie in de winter Voor één hop 1775 km



In de zomer
enkele db's
meer.

DX blijft s'nachts best mogelijk
Overdag onbruikbaar
Maar nu de geomagnetische velden.

Log data vanuit Italie IV3PRK

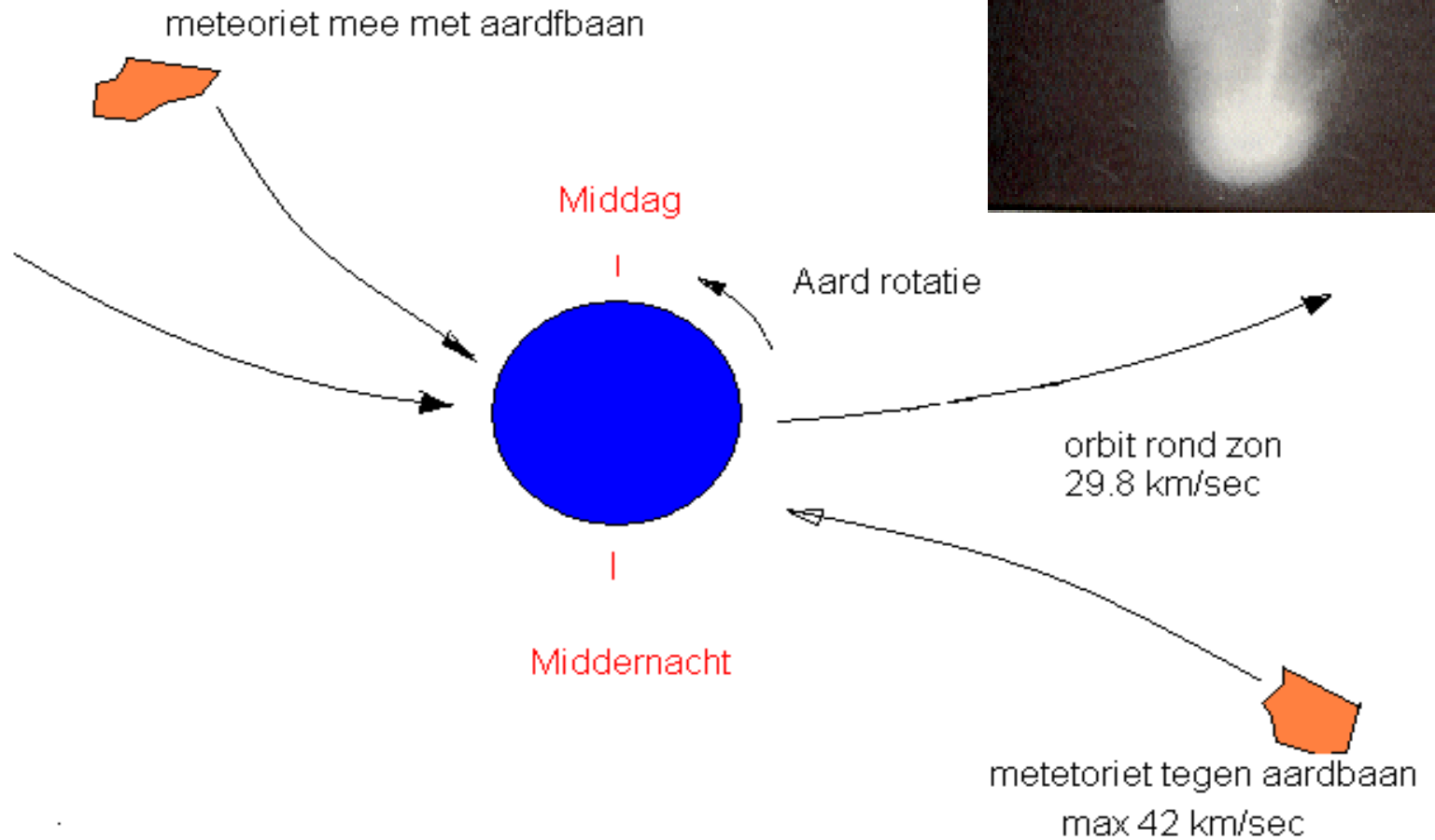
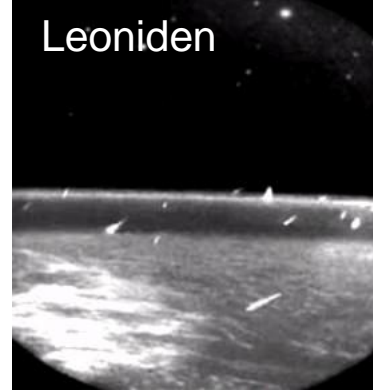


Westkust door aurora
ovaal

Great Lakes juist naast
aurora ovaal

Zuid oost US weg van
de aurora ovaal

Meteoor scatter



Meteorieten regen

Naam	Piek datum	Hoeveelheid meteorieten per h
Quadrantids	Jan 3	50
Arietids	Juni 7-8	60
Perseids	Aug 11-13	80
Orionids	Oct 20-22	20
Geminds	Dec 12-13	60

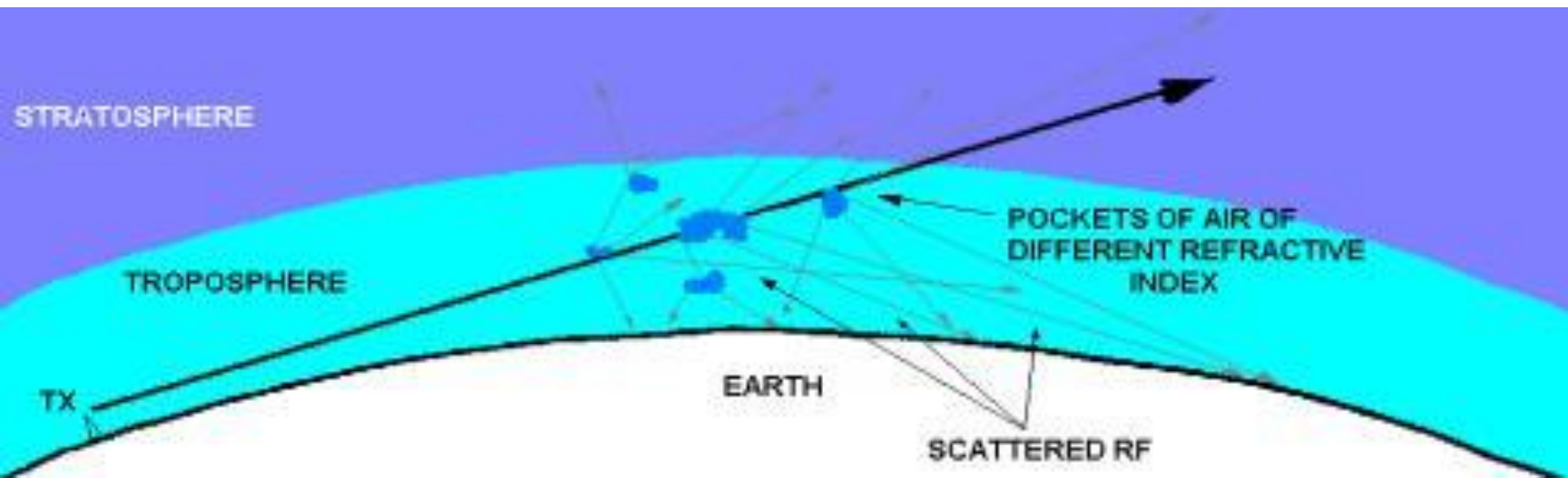
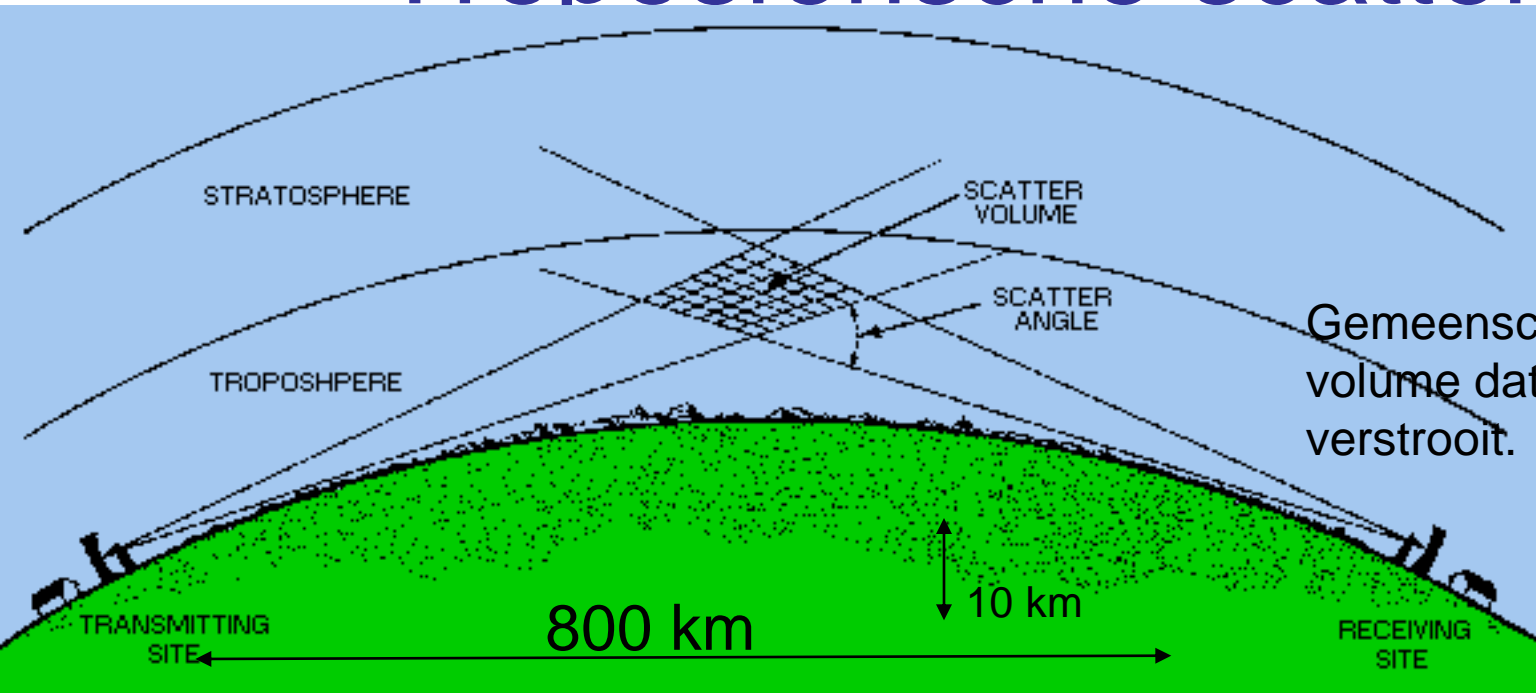
Moonbounce

- = de maan gebruiken als passieve (slechte) reflector
- Pad (heen en terug) ≈ 770.000 km
- Of 2,5 'lichtseconden'
- Vrije ruimte verzwakking
 - op 144 MHz ≥ 250 dB
 - Op 430 MHz ≥ 267 dB
 - Op 1296 MHz: ≥ 277 dB
- Besluit:
 - Antennes met zeer hoge winst
 - Groot zendvermogen
 - Zeer gevoelige (ruisvrije) ontvangers

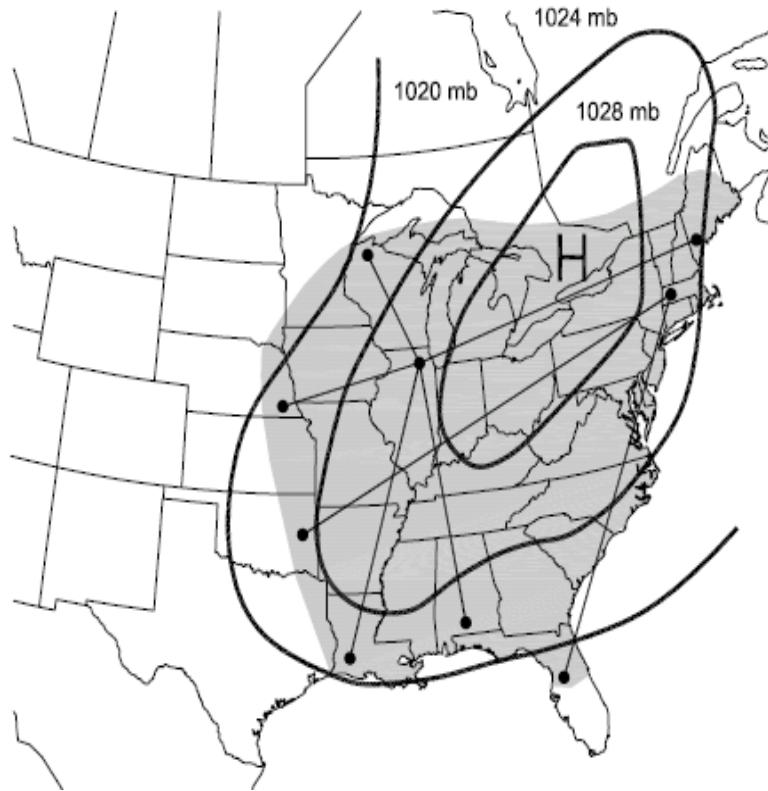


Beelden en geluid uit HAREC UBA

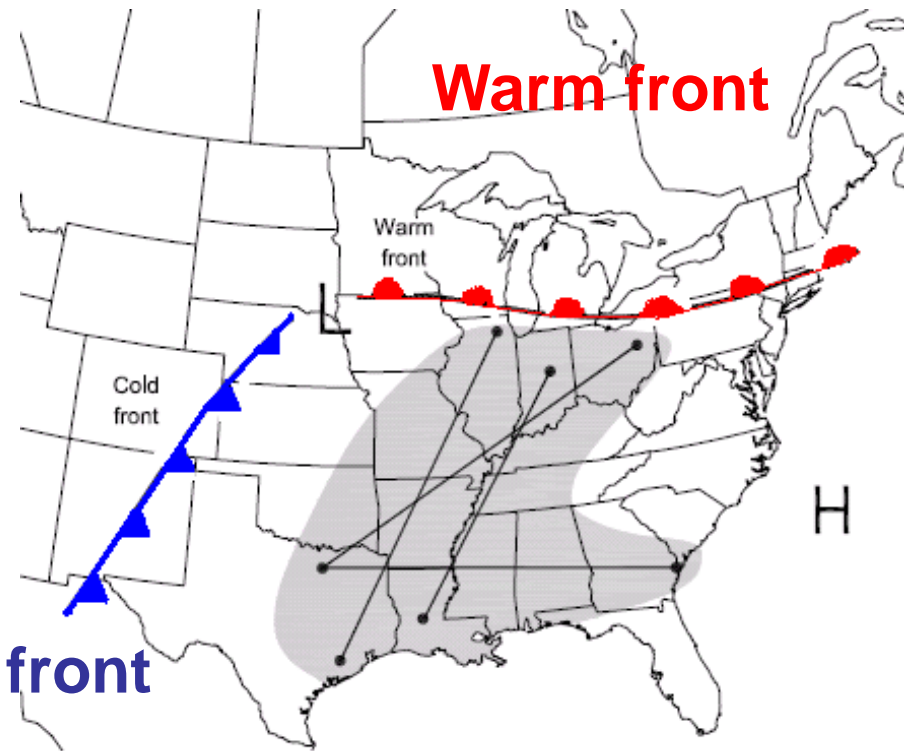
Troposferische scatter



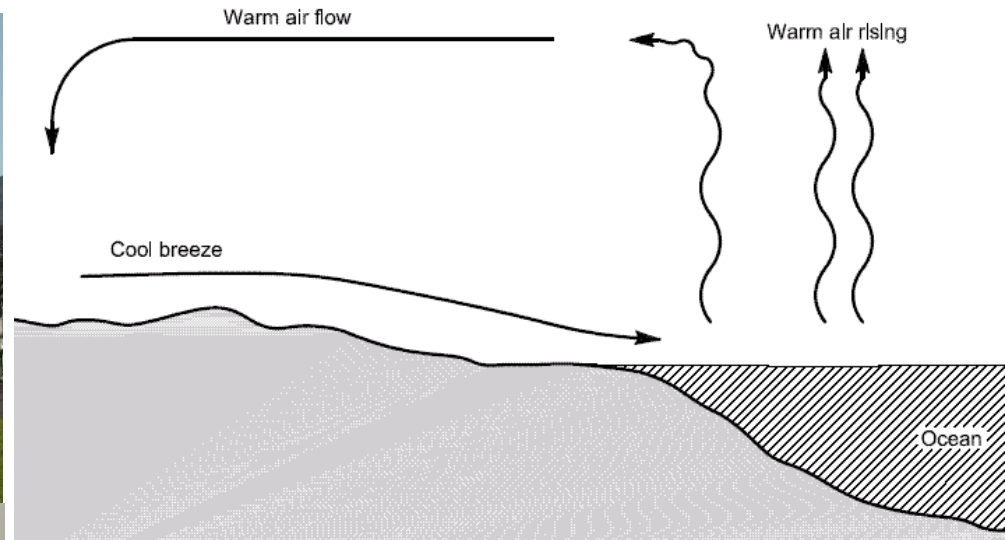
Andere meteorologische oorzaken



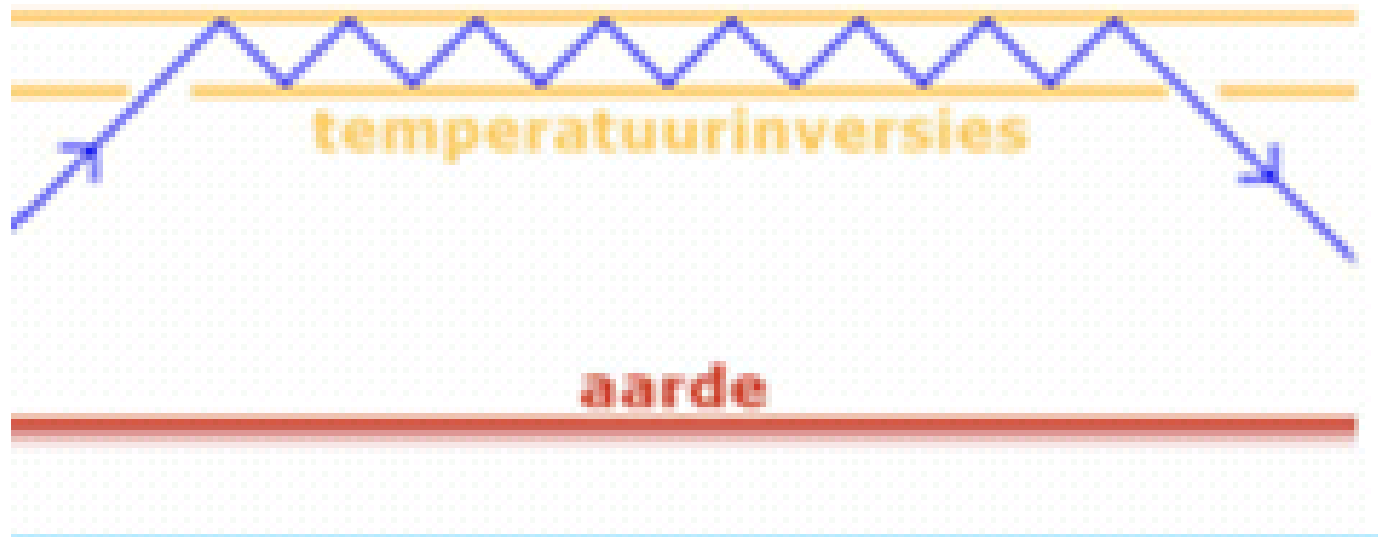
Koude front



Temperatuur inversie



Troposferische tunnel Ducting

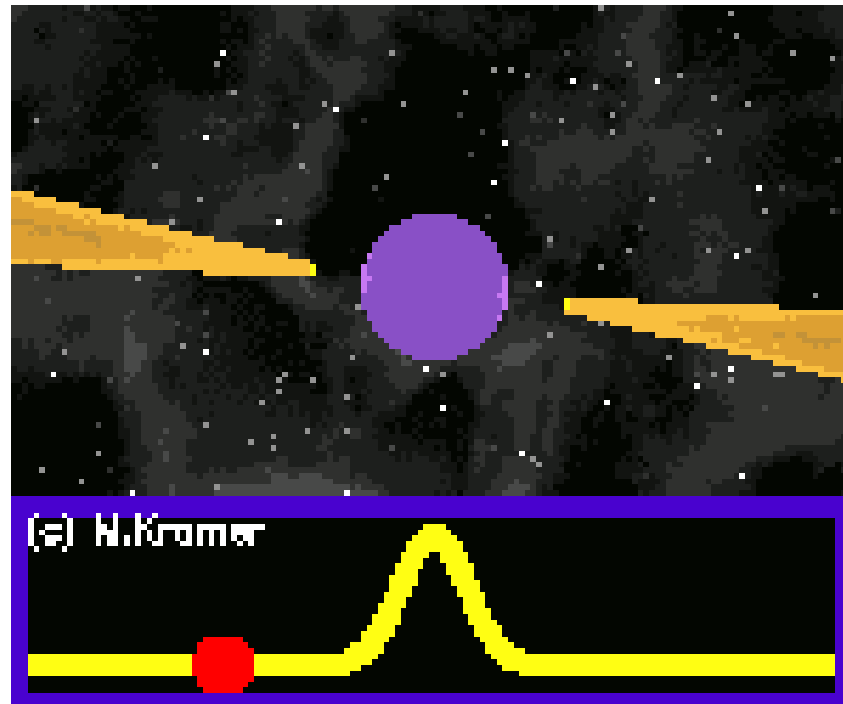


Hemellichamen

- Een meteorietenzwerm kan propagatieverschijnselen teweeg brengen
- Vliegtuigen doen een VHF uitzending flutteren.
- De Maan en Venus wordt door radioamateurs gebruikt voor moonbouncing
- Diverse signalen uit de ruimte verstoren de radio verbindingen Quasars, de zon de maan enz

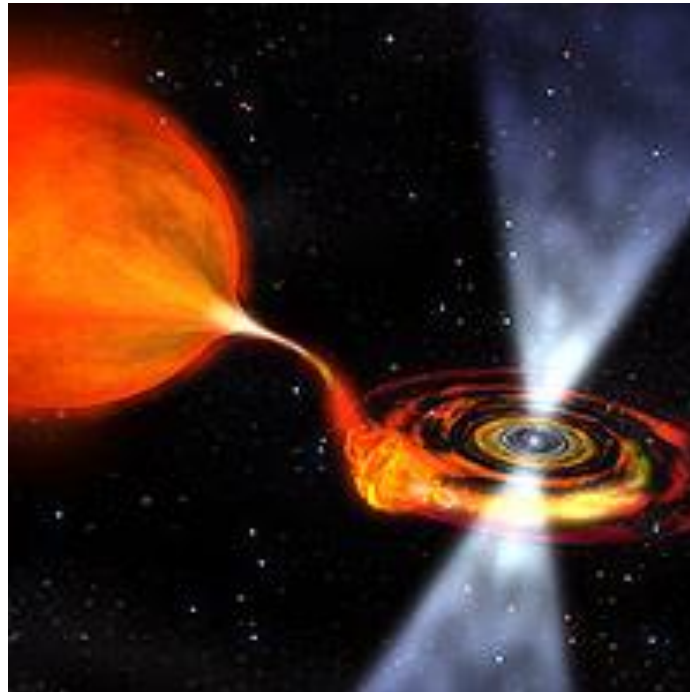
Dromen... pulsars, snel en traag op 400 MHz

- De Krabnevel bevat een pulsar (PSR B0531+21) die een restant is van de ster die in 1054 uitbarstte tot een supernova



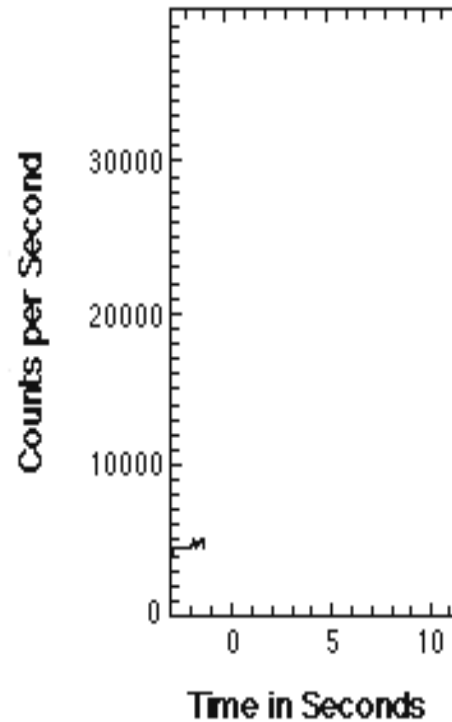
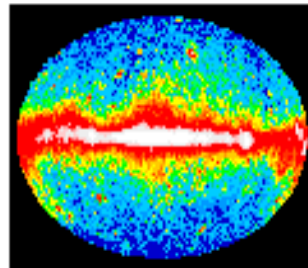
Pulsar

- Zeer moeilijk te zien met optische hulpmiddelen, maar “eenvoudiger” te beluisteren
- PSR B0329+54



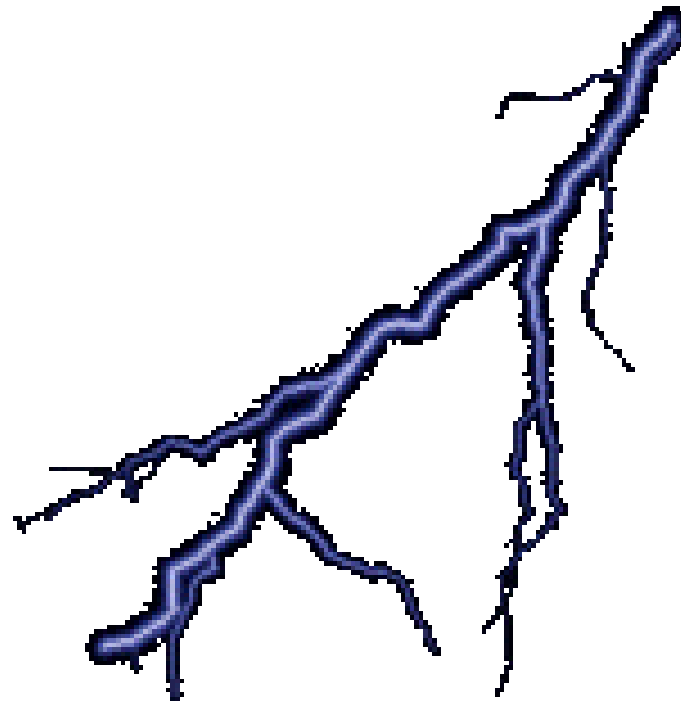
Pulsar

- Andere welluidende pulsars zijn:
 - PSR B1937+21 (de snelste)



Atmosferische omstandigheden

- Bliksem
- Inverties (eerder besproken)
- Regen scatter



Schema van IBP/NCDXF Baken uitzendingen

Country	Call	14100	18110	21150	24930	28200
United Nations NY	4U1UN	00.00	00.10	00.20	00.30	00.40
Northern Canada	VE8AT	00.10	00.20	00.30	00.40	00.50
USA (CA)	W6WX	00:20	00.30	00:40	00.50	01:00
Hawaii	KH6WO	00.30	00.40	00.50	01.00	01.10

.....

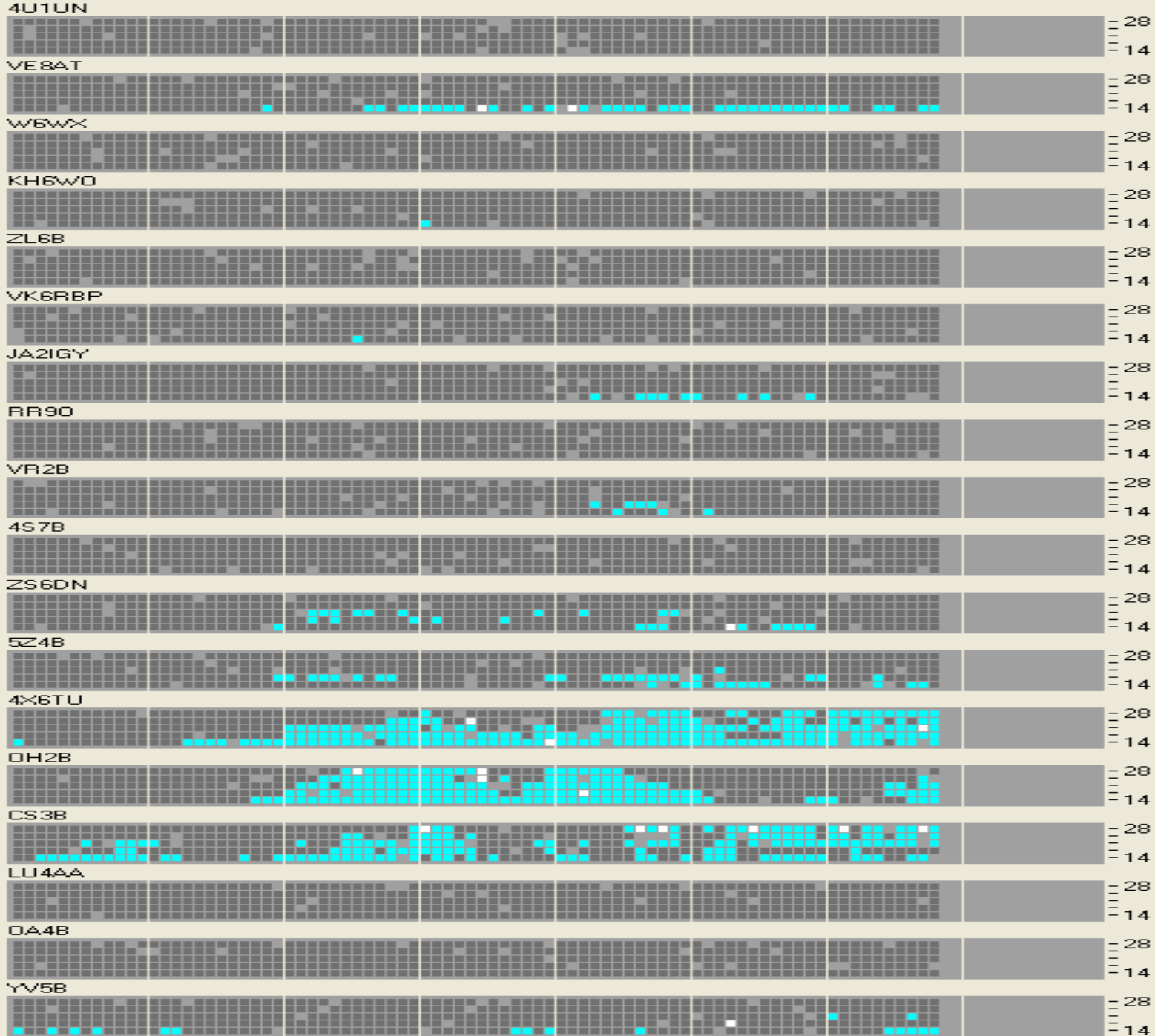
IBP = International Beacon Project beacons

Elke 10 sec 22 wpm 100 w 10w 1w 0.1w

Equipment is TS-50, Cushcraft R-5 multiband vertical and a Trimble Navigation GPSreceiver to ensure sychronization, with a control unit built by NCDXF.

G3USF's Worldwide List of HF Beacons

Latest Update January 5 2010 Freq Call Town Loc ERPw Ant Direct Mode Status



Programma's

- Programma UBA site
 - HAM CAP + Voacap
- ASAPS v 5.1
- W6ELprop V 2.70
- WinCap Wizard 4.1
- PropLab Pro 2.0
- <http://www.keele.ac.uk/depts/por/28.htm>
- www.dxzone.com
- <http://www.vhfdx.net/esmaps.html>
- <http://www.sciencedirect.com/science>
- http://jro.igp.gob.pe/mst10/CD/ExtAbs/Session2/I2_001.pdf



Top 50
* 30s refresh *

- ALL
- HF
 - 137 kHz
 - 1.8 MHz
 - 3.5 MHz
 - 7 MHz
 - 10 MHz
 - 14 MHz
 - 18 MHz
 - 21 MHz
 - 24 MHz
 - 28 MHz
- VHF
 - 50 MHz
 - 70 MHz
 - 144 MHz
 - 220 MHz
 - 430 MHz
 - 1.2 GHz
 - 2.3 GHz
 - 3.4 GHz
 - 5.6 GHz

Ham Radio Deluxe - Top 50 DX Spots for 14 MHz - Microsoft Internet Ex...

Top 50	14 MHz	UTC	Spotter	Comment
I2NAY	14070.0	23 Mar 09:07	I2NAY	only test
CT3FT	14240.0	23 Mar 09:19	IK7BPV	OP. CEDRIK CQ
OY3QN	14023.5	23 Mar 09:04	JMLTUY	cq
WL7NR	14200.0	23 Mar 09:00	HB9TMW	TNX will
RI1NU	14180.0	23 Mar 09:00	F4ENH	59Mr. VICTOR i
OY3QN	14023.5	23 Mar 09:00	DF5SF	
RN1NGJ/P	14180.0	23 Mar 09:00	9A2WJ	Roman KL-12 RF
BD4R	14070.0	23 Mar 08:59	VK6HOG	psk31
TM5CI	14255.0	23 Mar 08:59	F5CQ	EU-039 - via F
SV3DCX	14244.0	23 Mar 08:52	SQ2LIG	5/9 in N. POLA
3XD2Z	14166.0	23 Mar 08:51	CU3BL	59+ in CU3 QSL
RN1NGJ/P	14180.0	23 Mar 08:52	F6AXP	RR20-009 RDA K
TM5CI	14255.0	23 Mar 08:50	ON5JY	EU039
1A1CIW	14087.0	23 Mar 08:47	PA9CC	rttv

Einde