

## 7 02 Propagatie (HF)

jj\_07\_02\_001  
Ionosfeerlagen.

### **Ionosfeer:**

De ionosfeer is het deel van de atmosfeer dat ligt op een hoogte van ongeveer 70 - 400 km boven de aarde.

Onder invloed van zonnestraling worden de daar aanwezige gassen, met name zuurstof en stikstof, geïoniseerd.

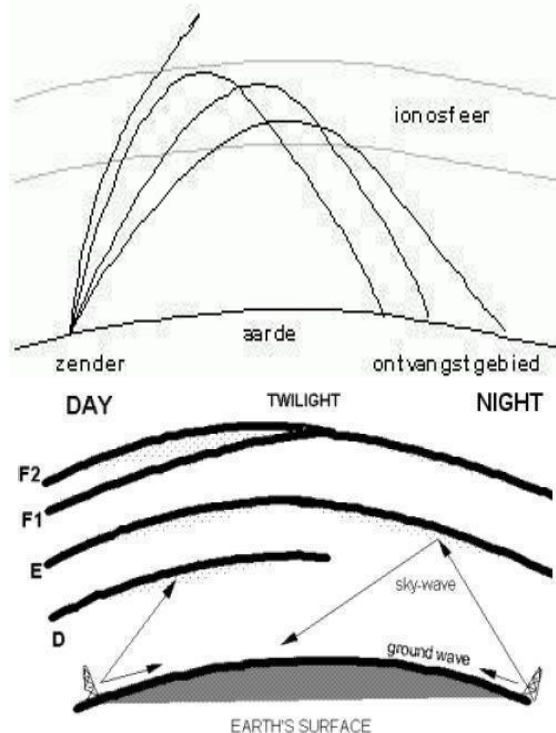
Dat wil zeggen dat uit de gasmoleculen elektronen worden vrijgemaakt.

Hierdoor is de ionosfeer in staat radiogolven van richting te veranderen of te reflecteren.

Dit maakt het mogelijk om over zeer grote afstanden te communiceren.

Radiogolven die via reflectie in de ionosfeer voortplanten worden ook wel aangeduid met de term ruimtegolf.

Propagatie van ruimtegolven treedt met name op in de frequentieband tussen 1,5 en 30MHz.



De samenstelling van de ionosfeer verandert met het tijdstip van de dag, het jaargetijde en een 11-jarige cyclus van zonneactiviteit.

De grootste ionisatie treedt op in de zomertijd gedurende het middaguur.

### **De ionosfeer bestaat uit drie lagen:**

#### **de D-, E- en F-lagen.**

##### **D-laag.**

De D-laag bevindt zich op een hoogte van ruwweg 70 - 100 km.

De D-laag ontstaat overdag en absorbeert signalen tot ongeveer 5MHz. Deze kunnen dan de E-laag niet bereiken.

De D-laag is alleen aanwezig tijdens daglicht en is dan ook het sterkst gedurende het middaguur.

De D-laag zorgt voor een sterke absorptie van de middengolf en korte golf frequenties.

##### **E-laag(heavyside-layer).**

De E-laag bevindt zich in het gebied van 110-160km.

De E-laag ontstaat ook overdag en reflecteert signalen van ongeveer 5 tot 20MHz.

De E-laag is overdag het sterkst als de zon hoog staat.

De E-laag verdwijnt 's nachts grotendeels.

Vooral in de winter en 's nachts als de D-laag weg is reflecteren lange- en middengolf frequenties tegen de E-laag.

Deze laag is belangrijk voor de HF-propagatie overdag over afstanden tot

## 7 02 Propagatie (HF)

ruwweg 1500 , 2000 km en voor middengolf frequenties

's nachts over afstanden groter dan 150-200Km.

### **F-laag.**

De F-laag bevindt zich in het gebied van 160 - 400 km.

De F-laag bevat van de drie lagen de meeste ionen en reflecteert dan ook het best. reflectie treedt met name op in de korte Golf.

De F-laag bestaat uit twee delen.

De F1-laag bestaat net als de E-laag met name overdag.

De F2-laag ("Appleton-layer") is zowel overdag als 's nachts aanwezig.

Het is met name de F2-laag die voor reflectie zorgt. Signalen van 10-20Mhz kunnen wel worden gereflecteerd door de F1-laag, signalen groter dan 20Mhz worden doorgelaten.

De F2-laag wordt overdag opgebouwd en blijft 's nachts bestaan.

Omdat de andere lagen 's nachts verdwijnen is dan alleen de F2-laag actief.

jj\_07\_02\_002

Kritische frequentie.

Invloed van de zon op de ionosfeer.

Maximum Usable Frequency [MUF].

### **De kritische frequentie**

is de hoogste frequentie die wordt gereflecteerd als het signaal loodrecht naar boven wordt gestuurd.

Als het signaal niet loodrecht naar boven wordt gestuurd wordt de frequentie hoger, dit is dan de muf.

Rond de kritische frequentie zal het gereflecteerde signaal niet ver van zender ontvangen worden.

Op een frequentie rond de muf zal het signaal juist het verst komen.

Voor DX is het dus zaak om zo dicht mogelijk bij de muf verbindingen te maken.

### **• Kritieke frequentie**

De kritieke frequentie is de hoogste frequentie die terug naar de aarde wordt gereflecteerd wanneer deze recht (hoek 90°) op de ionosfeer wordt gericht.

Naarmate de invalshoek afneemt, neemt de gereflecteerde frequentie echter toe.

### **De MUF**

is de hoogste frequentie die nog gereflecteerd wordt door geïoniseerde lagen in de atmosfeer.

De muf varieert, soms is deze zo laag dat frequenties van 10 MHz en hoger niet eens gereflecteerd worden.

In sommige omstandigheden, als de E-laag voldoende is geïoniseerd, ligt de muf boven de 150 MHz.

## 7 02 Propagatie (HF)

Doorgaans ligt de muf tussen de 15 en 20 MHz.

In de zomermaanden ligt de muf gemiddeld hoger, zo ook rond de periode dat de activiteit op zon op een maximum is. (In een cyclus van 11 jaar).

De 10 meter gaat open als de muf boven de 28 MHz komt.

Als eerste gaat het gedeelte open voor digitale modes omdat deze op de laagste frequenties in de band zitten.

Het kan zijn dat de muf op 28,15 MHz ligt, in digitale modes is het dan allemaal goed te doen, maar voor phone is de band dicht.

### • MUF

MUF (Maximum Usable Frequency) = Maximale Bruikbare Frequentie)

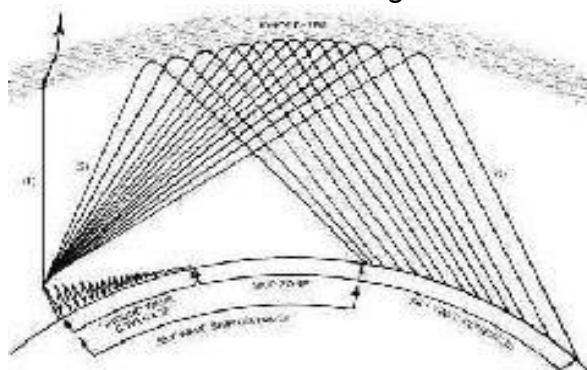
Het is duidelijk dat de MUF een pad afhankelijke waarde is.

Als vuistregel is de MUF ongeveer 3 keer de kritische frequentie

### De Skip Distance

is alleen van belang voor frequenties boven de kritische frequentie en onder de MUF, onder de kritische frequentie worden ze namelijk altijd gereflecteerd, boven de MUF nooit.

De skip distance is de afstand die via een reflectie wordt overbrugd.



### Invloed van de zon op de ionosfeer.

We kunnen heel simpel beginnen met de invloed van de zon op de ionosfeer, door een verschil te maken dus dag en nacht.

Overdag schijnt de zon. Hierdoor komt een grote hoeveelheid synchrotron straling in de ionosfeer terecht, en zal de ionisatie hoog zijn.

De elektronendichtheid neemt toe, waardoor de frequentie van de ionosfeer hoog is. De frequentie kan op het hoogtepunt van de zonneactiviteit wel 30 MHz zijn.

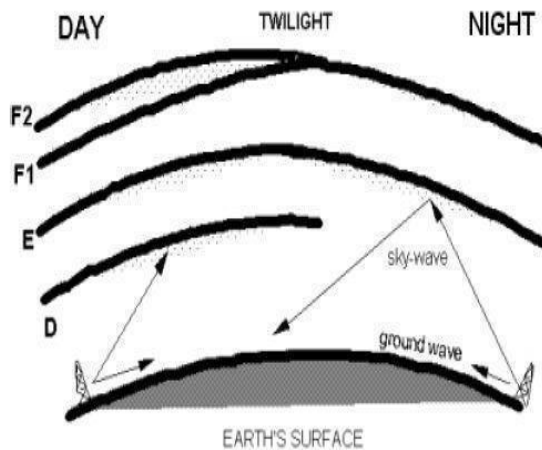
s Nachts echter schijnt de zon niet. Hierdoor zal de er geen straling vanaf de zon komen, en dus zal de elektronendichtheid zakken, waardoor de frequentie terug kan lopen tot soms wel 10 MHz.

Hierdoor zien we dat een aantal lagen van de ionosfeer volledig oplost nachts.

Een tweede manier waarop de zon invloed heeft op de elektronendichtheid is door middel van het fenomeen zonnevlammen.

Hierbij "spuwt" de zon als het ware een grote golf synchrotron straling uit, waarvan een deel in de ionosfeer komt. De ionosferische frequentie zal hierdoor omhoog schieten en kan een voor een bepaalde tijd (kan minuten zijn, kan uren zijn) de communicatie vanaf de aarde stilleggen, zowel naar en van de ruimte als naar en van de aarde.

## 7 02 Propagatie (HF)



### Maximum Usable Frequency [MUF].

In de radio-uitzending maximale bruikbare frequentie ( MUF ) is de hoogste radiofrequentie die kan worden gebruikt voor de verzending tussen twee punten via reflectie van de ionosfeer op een bepaald tijdstip ,onafhankelijk van het zendvermogen.

Dit gegeven is bijzonder nuttig met betrekking tot kortegolf uitzendingen .

### In korte golf radio communicatie:

Een belangrijke functie van de lange afstand propagatie waarbij de radiogolven weerkaatsen op de geïoniseerde lagen van de atmosfeer.

Zo kunnen radiogolven achter de horizon , om de bocht van de aarde komen. Maar de brekingsindex van de ionosfeer neemt af met toenemende frequentie , zodat er een bovengrens voor de frequentie kan worden gebruikt .

Radiogolven boven deze frequentie worden niet gereflecteerd door de ionosfeer.

De MUF is mede afhankelijk van het aantal zonnevlekken, hoe meer zonnevlekken, hoe hoger de MUF.

### De kritische frequentie

is de hoogste frequentie die wordt gereflecteerd als het signaal loodrecht naar boven wordt gestuurd.

### Maximaal bruikbare frequentie

Als het signaal niet loodrecht naar boven wordt gestuurd wordt de frequentie hoger, dit is dan de MUF.

Rond de kritische frequentie zal het gereflecteerde signaal niet ver van zender ontvangen worden.

Op een frequentie rond de muf zal het signaal juist het verst komen.

Voor DX is het dus zaak om zo dicht mogelijk bij de muf verbindingen te maken..

Als vuistregel geldt dat de MUF ongeveer 3 keer de kritische frequentie is.

## 7 02 Propagatie (HF)

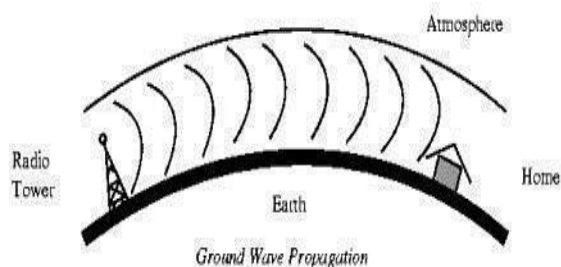
jj\_07\_02\_003

Grondgolf en ruimtegolf.

### Grondgolf

Benaming voor de propagatie van radiogolven welke zich langs het aardoppervlak uitbreiden. Deze vorm van propagatie komt voor tot frequenties van ruwweg 6 MHz. Bij grondgolf propagatie volgen de golven enigszins de kromming van de aarde. Tijdens de propagatie worden de golven verzwakt. Deze verzwakking heeft drie oorzaken. Ten eerste hebben wij te maken met het "uitwaaieren" van de golven waardoor de energie over een steeds groter wordend oppervlak uitgesmeerd wordt. Ten tweede hebben de geleidbaarheid van de grond grote invloed en ten derde speelt de kromming van de aarde een rol.

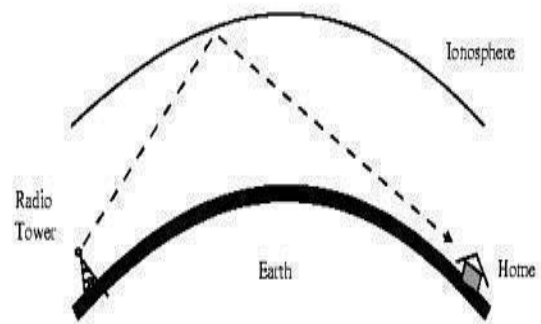
Het laatste effect begint echter pas bij grotere afstanden van ruwweg 100 km van de zendantenne een rol te spelen. Het meest worden de grondgolven echter gedempt door de invloed van de eigenschappen van de grond. Hierbij speelt de bodemgeleidbaarheid de grootste rol. Zeewater is bijvoorbeeld een zeer goede elektrische geleider, zandgronden zijn dit in veel mindere mate. Hierbij komen nog extra storende effecten op de propagatie bij de overgang van de ene grondsoort naar de andere. De demping van de grondgolf is bovendien nog frequentieafhankelijk.



### Ruimtegolf

Een ruimtegolf is een radiogolven die zich via reflectie in de ionosfeer voortplant.

Propagatie van ruimtegolven treedt met name op in de frequentieband tussen 1,5 en 30 MHz.



## 7 02 Propagatie (HF)

jj\_07\_02\_004

Opstralingshoek, invloed antennehoogte.

Dode zone en skip distance.

Multipadeffecten in ionosferische propagatie, fading.

Atmosferische ruis.

### **Opstralingshoek, invloed antennehoogte.**

De hoogte van een antenne boven de grond heeft invloed op de opstralingshoek.

Een dipool straalt pas zoveel mogelijk horizontaal als 'ie minimaal  $1/4 \lambda$  boven de grond hangt. Hoe lager, hoe hoger de opstraalhoek.

### **ON9CVD**

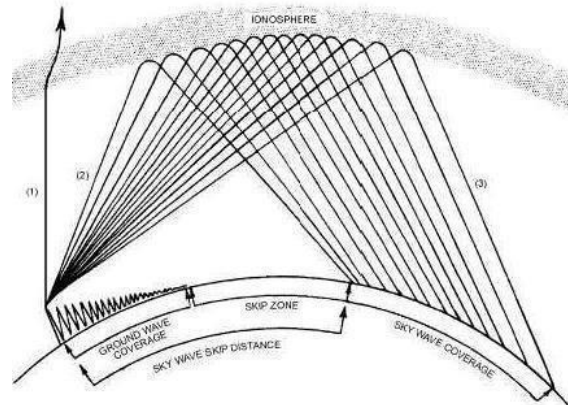
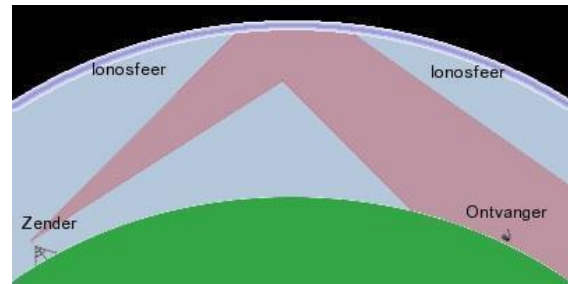
We kunnen stellen dat een lage antennehoogte weleens waar in alle richtingen energie uitstraalt, maar dat hierbij de sterkste component recht omhoog gericht is. In deze richting straalt de antenne zijn directe veld af, met daarbij opgeteld het veld dat wordt gespiegeld via de aarde.

### **Dode zone en skip distance**

Een signaal kan op een aantal manieren bij de ontvanger komen: direct/grondgolf of via reflectie in de ionosfeer.

De Skip Distance is alleen van belang voor frequenties boven de kritische frequentie en onder de MUF, onder de kritische frequentie worden ze namelijk altijd gereflecteerd, boven de MUF nooit.

De skip distance is de afstand die via een reflectie wordt overbrugd.



Multipadeffecten in ionosferische propagatie, fading

### **De dode zone**

is het gebied die niet meer door de grondgolf wordt bereikt en ook niet via reflectie.

Tussen de .hop, ligt de dode zone.

### **Multipad**

Is meer dan 1 hop.

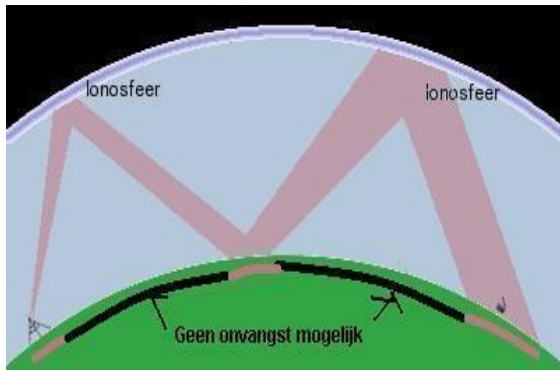
### **Fading**

Als de skip verdwijnt, noemen we fading.

Aangezien de lagen in de ionosfeer instabiel zijn, kan het hopeffect zeer snel wisselen, dat noemen we Fading.

Fading is ook het effect van een signaal dat ons via meerdere paden tegelijk bereikt, omdat de signalen een verschillende tijd over hun weg via de ionosfeer hebben gedaan .

## 7 02 Propagatie (HF)



### Atmosferische ruis

Atmosferische ruis wordt voornamelijk veroorzaakt door bliksemontladingen tijdens onweersbuien. waarbij we de dichtstbijzijnde op onze ontvangers horen als impuls storing gedurende een kort moment.

Onweer op nog grotere afstanden horen we nauwelijks meer als een impuls maar meer als een constante achtergrond ruis.