

Hoofstuk 26 – Voortplanting

Voortplanting beteken die proses waardeur die radiogolwe vanaf die senderantenna die antenna van 'n vêrafgeleë ontvangerantenna bereik. Hierdie hoofstuk gaan oor die verskillende voortplantingsmodusse wat deur radioamateurs gebruik word.

Direkte Golf (siglyn) Voortplanting

Elektromagnetiese uitstraling vind gewoonlik in reguit lyne plaas, dus indien die radiogolwe reguit kan voortplant vanaf die senderantenna na die ontvangerantenna sonder om deur iets te gaan wat dit blokkeer, dan is kommunikasie moontlik. Die eenvoudigste vorm van voortplanting staan bekend as “direkte golf-“ voortplanting. Dit word ook “siglyn-“voortplanting genoem alhoewel hierdie term effens misleidend is, aangesien party dinge wat sig blokkeer, soos 'n houtstruktuur, vir radiogolwe deursigtig is.

Direkte golfvoortplanting affekteer alle frekwensies. Die moontlike afstand wat bereik kan word, hang af van die terrein tussen die antennes en die hoogtes van die antennes. Oor plat terrein met beide antennes 10 m hoog, is die reikafstand van direkte golfvoortplanting ongeveer 20 km. Heuwelagtige terrein kan egter met vrug gebruik word deur een van die antennes bo-op 'n heuwel te plaas waar dit op baie groter afstande “gesien kan word. Dit is waarom BHF-herhalers gewoonlik op hoë plekke geplaas word, aangesien hulle op direkte golfvoortplanting staatmaak.

Beide horisontaal gepolariseerde en vertikaal gepolariseerde golwe plant ewe goed oor siglyne voort. Omdat met hierdie manier van voortplanting die golf sy oorspronklike polarisasie behou, is dit belangrik dat beide die sender- sowel as die ontvangerantennes eners gepolariseerd moet wees.

Grondgolfvoortplanting

Lae en mediumfrekwensie *breek* oor die oppervlakte van die aarde. Refraksie word veroorsaak deurdat die golf naby aan die oppervlakte van die aarde effens vertraag word, wat tot gevolg het dat die golf na die grond afbuig. Omdat die grond egter self met die kromming van die grondoppervlakte buig, is die gevolg dat die golf die aardoppervlakte volg. Refraksie vind die sterkste teen die laer frekwensies plaas, dus word die effek meeste teen die laer en mediumfrekwensiebande waargeneem. Dit is teenwoordig maar het 'n kleiner uitwerking in die HF-bande en is afwesig in die BHF- en hoër bande.

Dit is waarom jy nog na die mediumgolf, AM, kommersiële uitsendings tot so 100 km weg van die senders kan luister, die mediumgolffrekwensies (530 kHz – 1,6 MHz) is laag genoeg sodat grondgolfvoortplanting kan plaasvind. Kommersiële FM-senders gebruik BHF-frekwensies (88 – 108 MHz) wat slegs as direkte golwe voortgeplant word en is dus slegs bruikbaar vir so 10 tot 20 km vanaf die senders.

Dieselfde interaksie met die grond wat veroorsaak dat die golf oor die grond refrakteer, verswak egter ook die golf wat tot gevolg het dat die maksimum bereik van grondgolfvoortplanting tot 'n aantal honderde kilometer beperk word, afhangende van die krag van die sender.

Die Atmosfeer

Daar word drie lae in die atmosfeer onderskei: die troposfeer, die stratosfeer en die ionosfeer. Die troposfeer reik van die oppervlakte van die aarde tot 'n hoogte van ongeveer 10 km. Dit is die gebied waar die weerverskynsels wat ons mee bekend is voorkom. Die stratosfeer reik vanaf 10 km bokant die aardoppervlakte tot ongeveer 50 km bokant die aardoppervlakte. In hierdie gebied bly die temperatuur en humiditeit feitlik konstant en dit het min invloed op voortplanting.

Die ionosfeer is daardie gedeelte van die boonste atmosfeer waar vry elektrone in genoegsame digtheid voorkom wat 'n groot invloed uitoefen op die voortplanting van elektromagnetiese golwe teen radiofrekwensies. Dit reik van ongeveer 50 km tot 800 km bokant die aardoppervlakte. In die ionosfeer stroom hoë energie uitstralings van die son (x-strale, ultravioletuitstraling en partikels van die "sonwind") elektrone van gasmolekules en laat positief gelaaië ione en vry elektrone agter.

In die ionosfeer word 'n vêrdere vier lae onderskei. Die D-laag strek van ongeveer 50 tot 90 km bokant die aardoppervlakte bestaan slegs gedurende dagligure. Sodra die son se ioniserende uitstraling verdwyn, hercombineer die ione en elektrone vinnig en vorm neutrale (ongeïoniseerde) gas en die D-laag verdwyn. Die hoofeffek van die D-laag is om radiogolwe te absorbeer. Alhoewel 'n mate van absorpsie teen alle frekwensies plaasvind, verminder die graad van absorpsie met die kwadraat van die frekwensie, dus word lae frekwensies baie meer as hoër frekwensies geaffekteer.

Die boonste drie lae het 'n ander effek. Insteede daarvan om eenvoudig radiogolwe te absorbeer, buig hulle dit deur middel van refraksie. Indien 'n golf genoeg gebuig word, mag dit op 'n ver afstand vanaf die sender weer na die aarde terugkeer, amper asof dit deur die ionosfeer weerkaats is. Die graad van refraksie (buiging) hang af van die frekwensie en is sterker teen laer frekwensies. Die boonste lae is die E-laag, wat van 90 tot 150 km bokant

die aardoppervlakte strek, die F1-laag, van 150 tot `80 km, en die F2-laag van 180 tot 300 km of hoër. Snags verdwyn die E-laag en die F1- en F2-lae kombineer om 'n enkele F-laag te vorm wat swakker as gedurende daglig geïoniseerd is.

Luggolf- (Ionosferiese) Voortplanting

Die effek hiervan is dat gedurende die dag, die D-laag die laer frekwensies absorbeer maar hoër frekwensies sal deurgelaat word, maar met 'n bietjie verswakking, en kan na die aarde toe teruggerefrakteer word deur die E-, F1- en F2-lae. Nog hoër frekwensies sal steeds nie deur die E-, F1- en F2-lae genoegsaam gerefrakteer word nie, maar sal aanhou uitbeweeg in die ruimte in en nie na die aarde terugkeer nie. Refraksie deur die F2-laag, of gedurende die nag deur die enkele F-laag, is verantwoordelik vir die meeste langafstand HF-kommunikasie.

Gedurende die nag verdwyn die D-laag feitlik onmiddellik maar die E-laag meer geleidelik, terwyl die F1- en F2-lae kombineer om 'n enkele minder sterk geïoniseerde F-laag te vorm. Noudat daar geen D-laag is om die laer frekwensies te absorbeer nie, kan hulle deur die F-laag gereflekteer word en lang afstande bereik. Baie hoë frekwensies word egter nie deur die swak geïoniseerde F-laag gereflekteer nie, en hulle gaan dus in die ruimte verlore.

Let egter op dat die heelwat hoë frekwensies nog steeds bruikbaar mis na lokale sonsondergang. Dit is omdat dit heelwat tyd in beslag neem vir die ionisasievlakke om van die F1- en F2-lae om te daal tot hul nagtelike ionisasievlakke. Ook, aangesien hierdie lae gedurende die nag baie hoog bokant die aardoppervlakte is, sal hulle nog vir 'n hele tyd na lokale sonsondergang deur die son belig word. Finaal, vir paaie van oos na wes sal die punt, of lyn, waar die golwe gerefrakteer word 'n afstand wes van die sender geleë wees waar die son eers later onder gaan.

Die refraksieproses in die ionosfeer lei tot 'n verskynsel wat *oorspringafstand* genoem word. Die maksimum oorspringafstand vir die E-laag is ongeveer 2 500 km, en vir ongeveer 5 000 km vir die F-laag. Langer afstande mag bereik word deur middel van meervoudigesprong-voortplanting deurdat die gerefrakteerde sein vanaf die aardoppervlakte terugspring en weer in die ionosfeer terug na die aarde gerefrakteer word.

Die hoogste frekwensie wat vir 'n spesifieke pad gebruik kan word, dit is vir kommunikasie tussen twee spesifieke punte op 'n sekere tyd van die dag, word die Maksimum Bruikbare Frekwensie of MBF (Maximum Usable Frequency, MUF} vir daardie pad genoem. Dit hang hoofsaaklik af van die graad van ionisasie teenwoordig in die ionosfeer. Deur die effektiewe uitgestraalde krag van die sein te verhoog sal nie help nie want as die

frekwensie hoër is as die pad se MBF, sal al die krag net eenvoudig na die ruimte uitgestraal word.

Die laagste frekwensie wat vir 'n pad gebruik kan word, genoem die Laagste Bruikbare Frekwensie, LBF. Die LBF hang af van nie net die graad van ionisasie nie, maar ook van die intensiteit van atmosferiese geraas en mensgemaakte geraas wat by die ontvanger teenwoordig is en van die EUK (Effektiewe Uitsraal-Krag) (ERP) van die sein. Dit is omdat die hoofoorweging is of die sein na verswakking deur die D-laag nog sterk genoeg is dat dit bokant die geraasvlak hoorbaar is, so sal addisionele krag in hierdie geval help.

D-laagabsorpsie en atmosferiese geraas neem beide toe soos die frekwensie afneem, dus is die beste voortplanting gewoonlik te vinde kort onderkant die MBF.

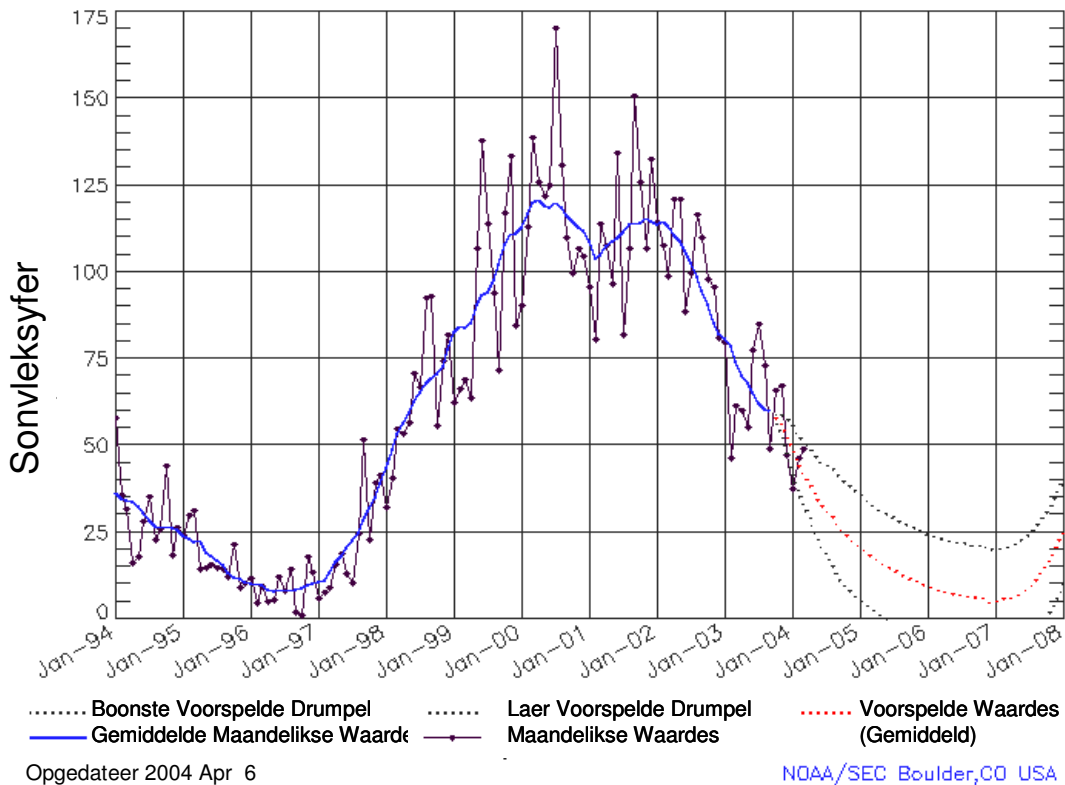
Die kritieke frekwensie is die hoogste frekwensie wat vertikaal uitgestraal kan word en steeds na die aarde terugkeer. Let op dat die MBF vir 'n pad heelwat hoër as die kritieke frekwensie mag wees aangesien golwe wat teen 'n vlak hoek uitgestraal word na die aarde kan terugkeer terwyl golwe wat vertikaal uitgestraal word nie sal terugkeer nie. Die kritieke frekwensie is slegs van indirekte belang vir amateurs, aangesien 'n mens gewoonlik nie verwag om 'n vertikale sein uit te stuur en dit na jou buurman teruggekaats moet word nie. Die kritieke frekwensie gee nogtans 'n algemene idee van ionosferiese toestande, dus wanneer dit hoog is, is pad-MBF's hoog, en wanneer dit laag is, is pad-MBF's laag.

MBF's en LBF's hang af van die graad van ionisasie in die ionosfeer. Dit wissel in ooreenstemming met die tyd van die dag, met die seisoen en met die intensiteit van sonaktiwiteit. Sonaktiwiteit volg siklusse van ongeveer 12 jaar lank. Elke 12 jaar is daar maksimum aktiwiteit, wanneer hoë vlakke van sonaktiwiteit intensie ionisasie voortbring en MBF's heelwat bokant 50 MHz gedurende dagligure kan wees en wonderlike openinge in die 10 m- en 6 m-bande tot gevolg kan hê. Ongeveer 6 jaar later sal daar 'n minimum van sonaktiwiteit wees en dan mag MBF's laer as 20 MHz wees. Die 6 m- en 10 m-bande sal feitlik dood wees, terwyl die laer bande, 80 m en 160 m, beter as gewoonlik sal wees.

Sonaktiwiteit word in twee verskillende eenhede gemeet: die *sonvlekgetal* en die *sonvloedindeks* (SVI). Die volgende grafiek toon die verloop van die huidige sonsiklus:

ISES Sonsiklus Sonvleksyfervoortgang

Data tot 31 Maart 04



Die optimum frekwensies vir kommunikasie is afhanklik van die sonvleksiklus. Teen sonvlekmaximum sal 15 m-, 12 m-, 10 m- en die 6 m-amateurbande tipies vir kommunikasie gedurende dagligure gebruik word terwyl die ander bande slegs gedurende die nag gebruik word. Tydens sonvlekminima sal dagligbande tipies 40 m, 30 m en 20 m wees terwyl 160 m en 80 m gedurende die nag gebruik word.

Natuurlik hang voortplanting nie net alleen van die toestande by die sender af nie, maar ewe veel van die toestande by die ontvanger en ook langs die hele pad. By voorbeeld, dit sal nie baie sinvol wees om op 'n dagligband om 10:00 lokale tyd met stasies in die VSA kontak te probeer maak nie, aangesien dit teen hierdie tyd slegs 03:00 lokale tyd aan die ooskus van die VSA sal wees. Teen 10:00 lokale SA-tyd mag dit egter sin uitmaak om met Japanese stasies kontak te probeer maak, aangesien dit dan 17:00, hulle tyd, in Tokio sal wees. In die algemeen is paaie wat óf slegs daglig- óf nagtydpaaie is, die maklikste. Gemengde daglig- en nagtydpaaie kan moeilik wees aangesien frekwensies wat aan een kant van die pad sal werk nie aan die anderkant van die pad sal werk nie, en omgekeerd. Onthou egter dat dagligtoestande kan

voortbestaan tot ure na lokale sonsondergang, en selfs nog later vir oos-wes paaie.

In die algemeen plant radiogolwe voort langs die grootsirkelpad tussen bron en bestemming. Dit is 'n geboë pad wat die kortste afstand is tussen twee punte op die oppervlakte van die aarde sonder om werklik *deur* die aarde te gaan! Daar is egter *twee* grootsirkelpaaie, 'n kort pad en 'n lang pad. By voorbeeld, die kort pad van SA na die VSA is noord-wes terwyl die lang pad in die teenoorgestelde rigting, suid-oos, is en in die ander rigting om die aarde gaan en uiteindelik aan die westkus van Amerika eindig. Golfvoortplanting kan via óf die lang óf die kort pad wees, afhangende van die toestand langs elke pad.

Ionosferiese voortplanting bereik die grootste afstande wanneer die lanseringshoek van die radiosein, die vertikale hoek van die sein met die horison, klein is. Die rede hiervoor is tweërlei, 'n sein met 'n lae lanseringshoek sal vêrder weg by die ionosfeer uitkom as een met 'n hoër lanseringshoek, wat 'n groter oorspringafstand tot gevolg sal hê, en, omdat dit minder refraksie in die ionosfeer benodig om na die aarde terug te keer, is hoër frekwensies bruikbaar as wat die geval sou wees met 'n sein teen 'n hoër lanseringshoek. Dus vir langafstand- (DX) kommunikasie, is 'n laer uitstralingshoek verkieslik. In die geval van horisontaal gepolariseerde antennes beteken dit dat die antenne so hoog as moontlik bokant die grond moet wees.

Ionosferiese voortplanting is mees algemeen in die mediumfrekwensiebande (alleenlik snags) en in die hoër frekwensiebande. Dit vind gewoonlik in die lae BHF-gebied plaas, by voorbeeld die 6 m-amateurband, wat ook die "magiese" band genoem word omdat deur oorspringing, alhoewel dit nie dikwels gebeur nie, baie groot afstande met baie min krag bereik kan word.

Sporadiese E-Voortplanting

'n Vorm van voortplanting wat BHF-uitsendings affekteer, is bekend as sporadiese E. Dit bestaan uit die refraksie van frekwensies in die BHF-bande deur klein areas van intense ionisasie in die E-laag. Die oorsaak van hierdie intens geïoniseerde areas word nie goed verstaan nie en hulle voorkoms is onvoorspelbaar, daarom "sporadies" genoem, meer dikwels gedurende dagligure gedurende die somer, en mag vir ure duur. Sporadiese E is bruikbaar op frekwensies van 28 MHz tot 220 MHz en seinsterktes is gewoonlik hoog, met laekragsenders wat tot honderde kilometer ver gehoor word. Padafstande mag die 2 500 km maksimum vir enkeloorsprong E-laag oorspringafstand oorskry, wat daarop dui dat een of ander vorm van ionosferiese geutgeleiding teenwoordig is.

Meteorspreiding

Meteore wat die aarde se atmosfeer binnedring laat 'n strook van geïoniseerde gas in hulle pad agter wat BHF-seine kan refrakteer. Dié ionisasie bestaan tipies vanaf 'n aantal sekondes tot tiene van sekondes voordat die elektrone en ione weer kombineer. Dit beteken dat gespesialiseerde digitale modusse soos JT6M en FSK441 gebruik moet word om van meteorspreiding gebruik te kan maak. Tipiese meteorspreidingbande is 6 m en 2 m.

Troposferiese Buiging, Spreiding en Geutgeleiding

Ietwat buiging (refraksie) van BHF- UHF-radiogolwe vind in die atmosfeer plaas wat die "radiohorison" vergroot (die distansie waarvoor radiogolwe kan voortplant sonder weerkaatsing of spreiding) met ongeveer 15% teenoor die siohorison.

Temperatuur- en humiditeitsongelykhede binne die troposfeer, die laer 10 km van die atmosfeer, kan BHF- en UHF-seine oor 'n afstand van 100 tot 500 km of so weerkaats. Die weerkaatsings is gewoonlik redelik swak, dus 'n redelik sterk EUK, óf 'n hoëkrag sender óf 'n antenna met wins, word benodig. Egter, anders as meteorspreiding, duur tropospreiding langer en is dit dus moontlik om van gewone modusse soos GG en ESB van tropospreiding gebruik te maak. FM word nie aanbeveel nie aangesien dit meer krag as óf GG óf ESB vir 'n intelligente sein benodig.

Met troposferiese geutgeleiding word BHF-seine "vasgevang" tussen 'n omgekeerde laag en die grond of tussen twee "omkeerlae" en duisende kilometer mag met min verswakking bereik word.

Aard-Maan-Aard (AMA) en Satelliete

AMA bestaan daaruit dat die maan gebruik word om seine te weerkaats na vêrafgeleë bestemmings op die aarde. Dit het vroeër die gebruik van hoëkrag senders met stuurbare, hoëwindsantennas vereis, maar nuwe swakseine digitale modusse soos JT6 beteken dat ook beskeie toegeruste stasies AMA-werking kan beoefen, veral as die stasie aan die ander kant van die kontak 'n hoëkrag stasie met 'n stuurbare, hoëwindsantenna is.

Daar is 'n aantal amateursatelliete wat om die aarde wentel wat seine in verskillende modusse, insluitende FM, ESB, GG en digitale modusse, sal herlei. Hulle werk soos herhalers op aarde behalwe dat seine gewoonlik in een band na die satelliet opgestuur word (die op-skakelband) en dat die satelliet dit in 'n ander band (die af-skakelband) na die aarde terugstuur. 'n Paar van op- en af-skakelbande word 'n modus genoem. Modusse word deur

die gebruik van twee letters wat die op- en af-skakelbande voorstel, beskryf, by voorbeeld, modus B/U wat 'n 2 m-op-skakel beteken en 'n 70 cm-af-skakel beteken. Die "B" staan vir "BHF", wat na die 2 m-band verwys en "U" staan vir "UHF" wat na die 70 cm-band verwys.

Die maklikste satelliete om te gebruik is dié wat in lae wentelbane is aangesien hulle redelik na aan die aarde is, 100-200 km bokant die aardoppervlakte, en hulle met lae krag en eenvoudige antennes gewerk kan word. Omdat hulle laag is bied hulle egter 'n redelik klein voetspoor, dit is die area waarin stasies via die satelliet met mekaar kontak kan maak, en kort verbyvlugtye, slegs 'n aantal minute, aan. Die satelliete in hoë wentelbane, soos AO-40, bied 'n groter voetafdruk en baie langer verbyvlugtye aan, maar meer gesofistikeerde toerusting word benodig om van hulle gebruik te kan maak.

Opsomming

Direkte golf-, siglynvoortplanting is wanneer seine teen enige frekwensie direk van die sender na die ontvanger trek. Grondgolfvoortplanting is wanneer lae en mediumfrekwensieseine langs die kromming van die aardoppervlakte gerefrakteer word, tot op 'n afstand van 'n paar honderd kilometer.

Ionosferiese voortplanting is die gevolg van die refraksie van radiogolwe deur die E-, F1- en F2-lae van die ionosfeer. Gedurende dagligure absorbeer die D-laag seine van lae frekwensie en is slegs seine van hoë frekwensie bruikbaar. Die D-laag verdwyn vinnig na sononder wat toelaat dat seine van lae frekwensie die F-laag bereik. Hoogfrekwensieseine word nie genoeg deur die ionosfeer gerefrakteer om na die aarde terug te keer nie, en raak dus in die ruimte verlore. Die kritieke frekwensie is die hoogste frekwensie wat waarteen 'n sein wat vertikaal opgestuur word, na die aarde teruggekaats sal word. Die maksimum bruikbare frekwensie (MBF) vir 'n spesifieke pad, is die maksimum frekwensie wat langs daardie pad deur die ionosfeer gerefrakteer sal word, en dit mag aansienlik hoër as die kritieke frekwensie wees. Die laagste bruikbare frekwensie (LBF) is die laagste frekwensie wat vir kommunikasie oor 'n spesifieke pad gebruik kan word en hang af van die EUC van die sender en die ontvanger se geruisvlak sowel as die graad van ionisasie. Ionosferiese voortplanting via die F-laag vind meesal vir die hoogfrekwensie (HF) -bande plaas, alhoewel daar by geleentheid openings in die 6 m-band voorkom. Die graad van ionisasie hang van die tyd van die dag, seisoen en die twaalfjaar sonsiklus.

Sporadiese E-voortplanting bestaan uit die refraksie van BHF-seine deur sterk geïoniseerde gebiede in die E-laag. Hierdie gebiede kom sporadies voor, maar mag vir verskeie ure bestaan en BHF-kommunikasie oor afstande van 'n honderd tot duisende kilometer toelaat. Meteorspreiding maak

gebruik van gespesialiseerde digitale modusse om te kommunikeer gedurende baie kort periodes van intense ionisasie wat veroorsaak word deur meteore wat die aarde se atmosfeer binnedring. Troposferiese spreiding is die gevolg van seine wat gereflekteer word as gevolg van temperatuur- en humiditeitsverskille in die atmosfeer en kan betroubare BHF- en UHF-kommunikasie oor afstande van 100 tot meer as 500 km met geskikte toerusting tot gevolg hê. Troposferiese geutgeleiding, wanneer BHF-seine tussen die grond en 'n inversielaag, of twee inversielae, vasgevang word, is minder algemeen maar kan tot gevolg hê dat seine met goeie seinsterktes oor duisende kilometer ontvang kan word.

Aard-maan-aard (AMA) is moontlik tussen beskeie stasies deur gebruik van swaksein digitale modusse. Amateursatelliete herlei seine wat op een frekwensieband ontvang word na 'n ander frekwensieband soortgelyk aan herhalers op aarde, maar oor baie groter afstande.

Hersieningsvrae

- 1 Wat is die voortplantingspad van 'n golf wat direk van die senderantenna na die ontvagerantenna gaan?**
 - a. Die grondgolf.
 - b. Die luggolf.
 - c. Die liniêre golf.
 - d. Die vlakgolf.

- 2 Watter effek het troposferiese buiging op 2 meter radiogolwe?**
 - a. Dit verhoog die afstand waaroor hulle voortgeplant kan word.
 - b. Dit verminder die afstand waaroor hulle voortgeplant kan word..
 - c. Dit neig om 2 meter spraakuitsendings onverstaanbaar te maak
 - d. Dit keer die syband van 2 meter spraakuitsending om.

- 3 Twee stasies 5 km uitmekaar kommunikeer mees waarskynlik per:**
 - a. Troposferiese golwe.
 - b. Ionosferiese golwe.
 - c. Grondgolwe.
 - d. Telefoon.

- 4 Die D-laag kom in die ionosfeer voor op:**
 - a. 80 km.
 - b. 150 km.
 - c. 200 km.
 - d. 300 km.

5 Die F2-laag kom voor op :

- a. 80 km bo die aarde.
- b. 150 km bo die aarde.
- c. 100 tot 200 km bo die aarde.
- d. 200 to t300 km bo die aarde.

6 Die ionosferiese laag wat meesal langafstand-radiokommunikasie affekteer is die:

- a. D-laag.
- b. E -laag.
- c. F1-laag.
- d. F2-laag.

7 Seine bokant die maksimum bruikbare frekwensie wat deur die F2-laag gaan:

- a. Word na die aarde teruggekaats.
- b. Gaan deur en gaan in die ruimte verlore.
- c. Word versterk.
- d. Word verswak en gerefrakteer.

8 'n BHF-stasie ondervind 'n voortplantingsopening op 2 m wat vir 'n uur voortduur met kontakte tot by 1 000 km. Dit is heelwaarskynlik die gevolg van:

- a. Sporadiese E.
- b. Troposferiese spreiding
- c. Ionosferiese refraksie in die F-laag.
- d. Meteorspreiding.

9 Meteorspreiding QSO's:

- a. Gebruik dikwels ESB.
- b. Is noodwendig baie kort.
- c. Is net gedurende die somer moontlik.
- d. Is algemeen in die laer HF-bande.