

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések

## méretezése

Szabó István okl. rádióhírközlő szakmérnök. HA5KFV

### Bevezetés

A rövidhullámú sávokban dolgozó rádióamatőrök tapasztalatból tudják, hogy egy-egy frekvencián, adott napszakban, évszakban (időpontban) más és más távolságra létesíthetnek QSO-kat. Az összeköttetések minősége nagyon változó, olykor a szándék szerinti QSO-t nem is sikerül megcsinálni. Ebben nemcsak a meglévő berendezések (antenna, adóteljesítmény, vevőkészülék érzékenysége) a „ludasak”, hanem a rövidhullámok terjedési körülményei szabnak korlátokat, vagy adnak meglepően jó lehetőségeket az OB-oknak.

A „Rádiótechnika” hasábjain több alkalommal olvashattunk beszámolókat egy-egy jó hullámterjedési esetről. Hallottunk a rádióhullámok sokféle terjedési jelenségéről, visszatérő alkalmakkor. Többször volt szó az RH és URH forgalmazási ismeretekről, vagy egy-egy versenyen az elengedhetetlen rutinról, a többsávos munkáról.

Nem vitás, hogy a berendezéseket kezelő amatőrök összeköttetést létesítő gyakorlata, felkészültsége szükséges a jó összeköttetéshez, különösen egy-egy ritka DX létrehozásához. A felkészültség magasabb szintjét jelenti az *RT hullámterjedési előrejelzéseinek* felhasználása a rövidhullámú munkában. Túl a véletlenszerű visszajelentkezést váró hívásokon, a létesíteni kívánt QSO nyomvonalának vázlatos megtervezése és az időpont, a hullámsáv tudatos megválasztása is színvonalasabb munkát jelent.

Ezt a felkészültséget kívánjuk tovább gyarapítani, amikor a rövidhullámú összeköttetések méretezésének több évtized alatt kicsiszolódott gyakorlatát összefoglaljuk, segédleteit ismertetjük.

### 1. Rádióösszeköttetések létesítése rövidhullámokon

#### 1.1. Történeti áttekintés

A rádiózás úttörői kísérleteik során megismerték és egyre inkább felhasználták a különféle hullámhosszúságú elektromágneses rezgések terjedési tulajdonságait, sajátosságait. Kezdetben a kísérletek még kis távolságon belüli egyenes vonalú terjedést tételeztek fel (*Popov, Marconi*), majd a földgömbület szerinti hullámelhajlás került a vizsgálódás előterébe (*B. v. d. Pol, Bremmer* és sokan mások). Ezeket a kísérleteket és méréseket hosszúságú középhullámú rádióösszeköttetésekkel folytatták le, mert az már a századforduló táján kiderült, hogy rövidebb hullámokkal csak kis távolságot lehet áthidalni...

A további kísérletek adtak meglepő eredményt is: a rövidhullámú jel az adóállomástól távolodva először csökken, majd eltűnik, de a távolság további növelésekor ismét megjelenik, jó térerősséggel. E jelenséget *A. E. Kennely* és *O. Heaviside* úgy magyarázták 1902-ben, hogy a földfelszínnel párhuzamosan a magas légkörben feltételeztek egy réteget, amely elektromágneses tükröként viselkedik. Sok kísérleti összeköttetés és mérés történt addig, az elméleti kérdések részletezése mellett, amíg *E. V. Appleton* és *M. A. F. Barnett* 1924-ben megtalálták a feltételezett visszaverő réteget és leírták főbb tulajdonságait. Ekkor már jelentős számú rádióamatőr „ostromolta” kísérleteivel az ionoszférát, mivel a 200 m hullámhossz alatti tartományok korlátlanul az amatőrök rendelkezésére álltak.

E hullámhosszokról korábban az volt a vélemény, hogy nagyobb távolságú összeköttetésekre alkalmat-

lanok, s még egy ideig a tartós, üzembiztos összeköttetésekre valóban nem feleltek meg úgy, ahogyan a hosszú hullámok. A következő évtizedben sok rádióamatőr-összeköttetés adott példát arra, hogy a tíz méteres hullámokon tartósan át lehet hidalni az óceánokat, meglepően kis adóteljesítmények mellett. Nemegyszer a rádióamatőrök magas szintű kutató munkát is végeztek rövidhullámú összeköttetések vizsgálata során. Az eredményeket sok szakcikk ismertette, majd kézikönyvek foglalták össze. Időközben a megalkult nemzetközi rádiózási szervezetek az eredményeket átvették, további munkával egyre alaposabb ismereteket ajánlottak az egyre szervezettebb rádiózásnak. Megnőtt a rövidhullámú forgalom; az amatőrök keskeny sávokban folytathatták kísérleteiket, további értékes adatokat gyűjtve a rádióhullámok terjedéséről.

A rövidhullámú munka ma is élő, a pontosan meghatározott amatőrsávokban több hívójelet lehet hallani, mint valaha. Nem csökken a kereskedelmi összeköttetések, vagy a műsorszóró adók száma sem, sőt a korszerű modulációs eljárások segítségével napról napra több információ jut rendeltetési helyére a teljes rövidhullámú „ablakon” keresztül, mint bármikor korábban!

#### 1.2. A rövidhullámú összeköttetések útvonalai

Lehetséges tehát a Föld két távoli pontját rövidhullámú rádiójellel összekötni, a geometriai optika törvényei szerint tárgyalható útvonalon — ezt bizonyították az elméleti kutatásokkal egybehangzó rádióamatőr kísérleti eredmények. Amint azt az 1. és 2. ábrán bemutatjuk, az adóállomás antennáját elhagyó rádióhullám egyenes vonalban terjedve eljut az elektromágneses tükröző réteghez. A magaslégkörnek ezt a tartományát ionoszférának nevezzük. Az ionoszférában a rádióhullám elhajlik, sőt az elhajlás mértéke a visszahajlásig fokozódhat. Az 1. ábra szerinti esetekben a rádióhullámok különböző útvonalakat futnak be, miközben ugyanazt a földi távolsá-



1. táblázat

Elnevezés	Magasság [km]	Elektronsűrűség	Stabil úthossz [cm]
D	70-100	$1,5-2 \cdot 10^5$	1-20
E	100-150	$5-10^2 \cdot 10^4$	20 — 500
F1	200-300	$10^4$	$10^2-10^4$
F2	300-600	$.5 \cdot 10^7$	$1-7 \cdot 10^4$
(F) éjjel	300-350	$5 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^6$
Es	100-120	$5 \cdot 10^5$	$10^3$

is két ellenkező töltésű részecske re-kombinálódik (semleges atommá vagy elemi molekulává). A folyamatosan érkező sugárzás újabb energia-kvantuma újabb ionizációt okoz, így az ionizált állapot megszűnve-újra-keletkezve fennmarad. Elméleti módszerekkel számítható az  $1 \text{ cm}^3$ -re jutó elektronsűrűség és az ütközések száma, vagy az átlagos szabad úthossza egy ionizált részecskének. A későbbiekben látni fogjuk, hogy az ionoszféra alkotó elemei között a szabad elektronoknak jut fontos szerep a rádióhullámok elhajlításánál, ugyanis az elektronok tudják követni mozgásukkal a rádiófrekvenciás tér változásait. Ugyanakkor a pozitív (nagy tömegű) ionokról sem szabad megfeledkeznünk, jelentős szerepük van az ionoszférikus csillapításban.

A rádiófrekvenciás tér hatására rezgésbe jött szabad elektronok új RF-teret alakítanak ki, amely a ger-

jesztő térrel kölcsönhatásban van. A szabad elektronok mozgása a Föld mágneses terében megy végbe, ami a helyzetet tovább bonyolítja. Végző soron egy eredő rádiófrekvenciás tér alakul ki, amelynek iránya eltér a gerjesztő tér irányától. E jelenség makroméretekben hasonló az optikai fénytöréshez ugyanannyira, hogy a törésmutató is definiálható s érvényesek a fénytörési törvények. A rádióhullámok terjedésének jelensége ebben a felfogásban jól összhangban van O. Heaviside eredeti feltételezésével, ezért a nagy kutató emlékére a H-réteg elnevezést is gyakran használja az ionoszférát tárgyaló szakirodalom.

Az ionoszféra rétegeinek törésmutatója és a rétegben levő elektronsűrűség szoros kapcsolatban vannak. Különböző rétegekre az elektronsűrűséget a 4. ábra mutatja.  $N_e$  és  $h$ -nak napi, évi menetei vannak, tehát az adatok változóak.

Az ionoszféra rétegei a különböző frekvenciájú rádióhullámokra másként viselkednek, vagyis frekvencia-függőek. Amikor a rövidhullámú összeköttetéseket megtervezzük, részletezni kell, hogy melyik réteg hogyan vesz részt a hullám elhajlításában és törésében, a választott hullámhossz mellett.

A kezdeti kísérleti nagy távolságú összeköttetések sokszor véletlenül jöttek létre. Ez azt jelenti, hogy a visszaverődésekkel kialakult rádió-csatorna használhatóságára nem a tervszerű munka mutatott rá, hanem egy adóállomás jeleinek véletlen vétele adott példát. Az ilyen összeköttetéseket utólag elemezve is hasznos tapasztalati eredmények adódtak. Ma is sok szerepe van a véletlennek egy-egy ritka DX —QSO létrejöttében, különösen akkor, ha kicsi az adóteljesítmény (pl. 50—100 W output). „Segíthetünk” azonban ennek a véletlennek akkor, ha az ionoszféra pillanatnyi állapotát ismerjük, összeköttetési lehetőségeinket felmérjük, vagyis összeköttetéseinket méretezzük!

(Folytatjuk)

Irodalomjegyzék:

1. Dr. Flórián Endre: A felső ionoszféra. MTA X. Oszt. Közleményei 3. 1970.
2. Molnár B.—dr. Turi-Kováts: Rádió hullámterjedés és hálózattervezés. KÖZDOK. 1969.
3. Meinke—Gundlach: Rádiótechnikai kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, 1961.



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 2.

Szabó István okl. rádióhírközlő szakmérnök. HA5KFKV

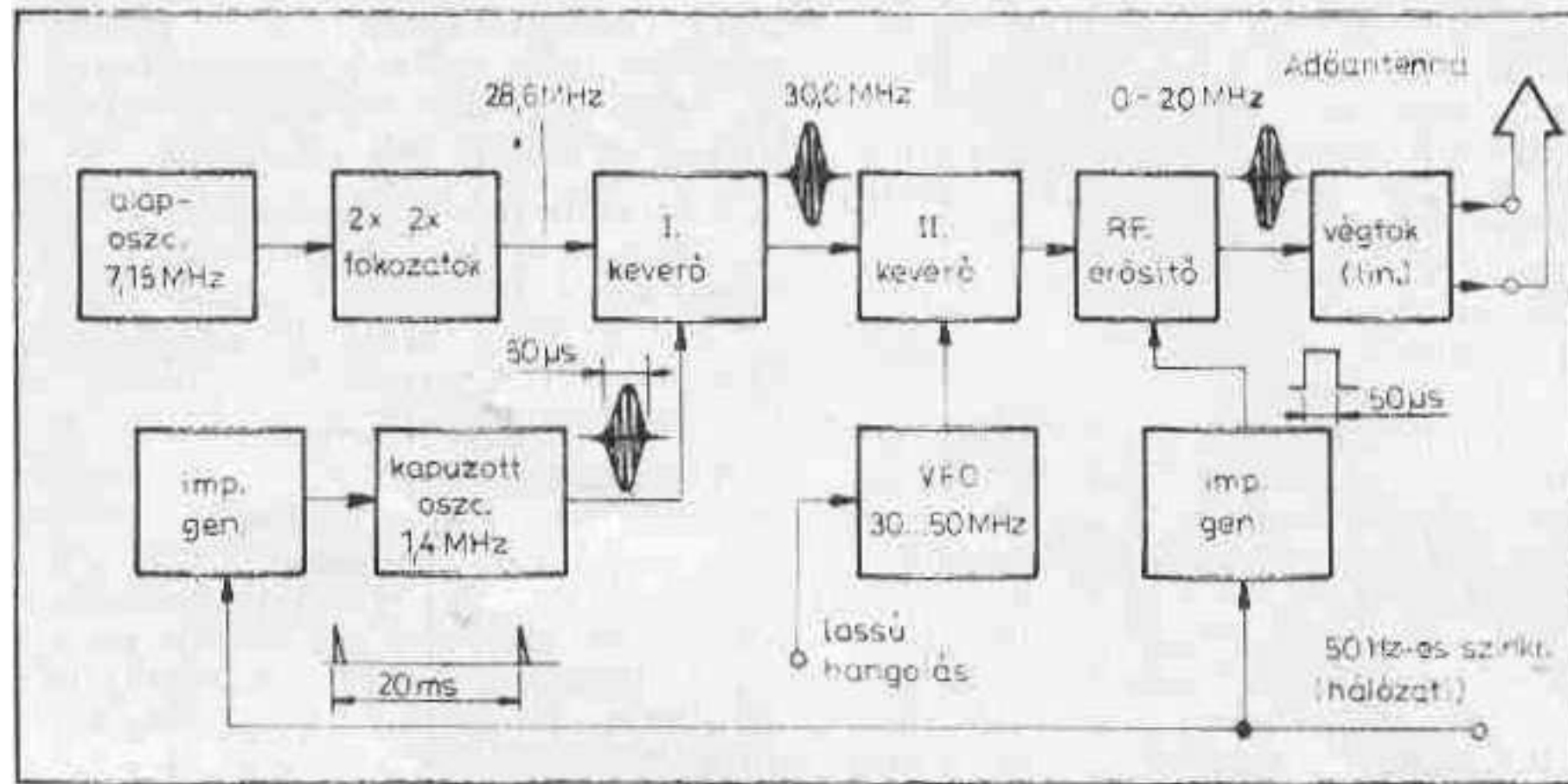
## 1.4. Az ionoszféra mérése és jellemzői

Az ionoszféra tehát a rádióhullámok terjedésére hatást gyakorol. Ennek a rádiófrekvenciás tükörnek a tulajdonságait rádiós mérésekkel ismerhetjük meg. Az ionoszféra neves kutatói: E. V. Appleton és M. A. F. Barnett először határozták meg az E-réteg virtuális magasságát. 1925-ben, a visszavert jel fázisának mérése útján. Még ebben az évben G. Breit és M. A. Tuve megszerkesztették az első ionoszférámérő készüléket, amely — működési elvét tekintve — ma is eredményesen szolgálja az ionoszférakutatást".

Az elmúlt 50 év alatt több különböző típusú, szolgáltatásaiban „komfortos” mérőberendezés született, s a Földön közel 350 mérőállomás működik. Elterjedt a Magnetic AB cég S-1000 műszer családja, jól ismert a Barry Research VIS-1 típusú „iono-szondája”, s a magyar IRX típ. mérőberendezés a brüsszeli világkiállításon, annak idején, nagydíjat nyert (EMV-gyártmány). Egy újabb hír szerint Ausztráliában a Queenslandi Műszaki Egyetemen olyan ionoszférámérő készüléket terveztek, amely az Appleton Barnett-elven (fáziskülönbség regisztrálása) mér.

Az elterjedtebb módszer a „visszhanggal” történő mérés. A visszaverődő jel természetesen a rádióhullám, a mérési elvnek megfelelően kialakítva. Példaként a magyar IRX típusú berendezés sémáját mutatjuk be (5. és 6. ábrák). A mérési elv szerint a rövidhullámú tartományban rádiófrekvenciás jelet állítunk elő, amely folyamatosan hangolható pl. 1 MHz-től 30 MHz-ig. A hangolást lassan végezzük, kb. 20 — 600 másodpercen keresztül, szinkronban egy regisztráló szerkezet elmozdulásával. A rádiófrekvenciás jelet 50—100 (µsec időtartamú impulzusokkal amplitúdóban moduláljuk és megfelelő szélessávú antennarendszerrel (pl. logper vagy haladóhullámú delta) függőlegesen felfelé kisugározzuk.

Az ionoszférából visszaverődött jeleket az impulzusok szüneteiben (adás nincs) érzékeny vevőberendezés veszi és katódsugárcső ernyőjén megjeleníti. Erre az ernyőre alkalmas koordináta-rendszert visznek fel, a függőleges tengelyén magassági markerjelekkel. Ha a képernyő előtt a regisztráló fotóberendezés egy filmet mozgat, szinkronban a kisugárzott jel frekvenciájának változtatásával, akkor a koordináta-rendszer vízszintes tengelyét is megkapjuk. A mérőfrekvenciák azono-



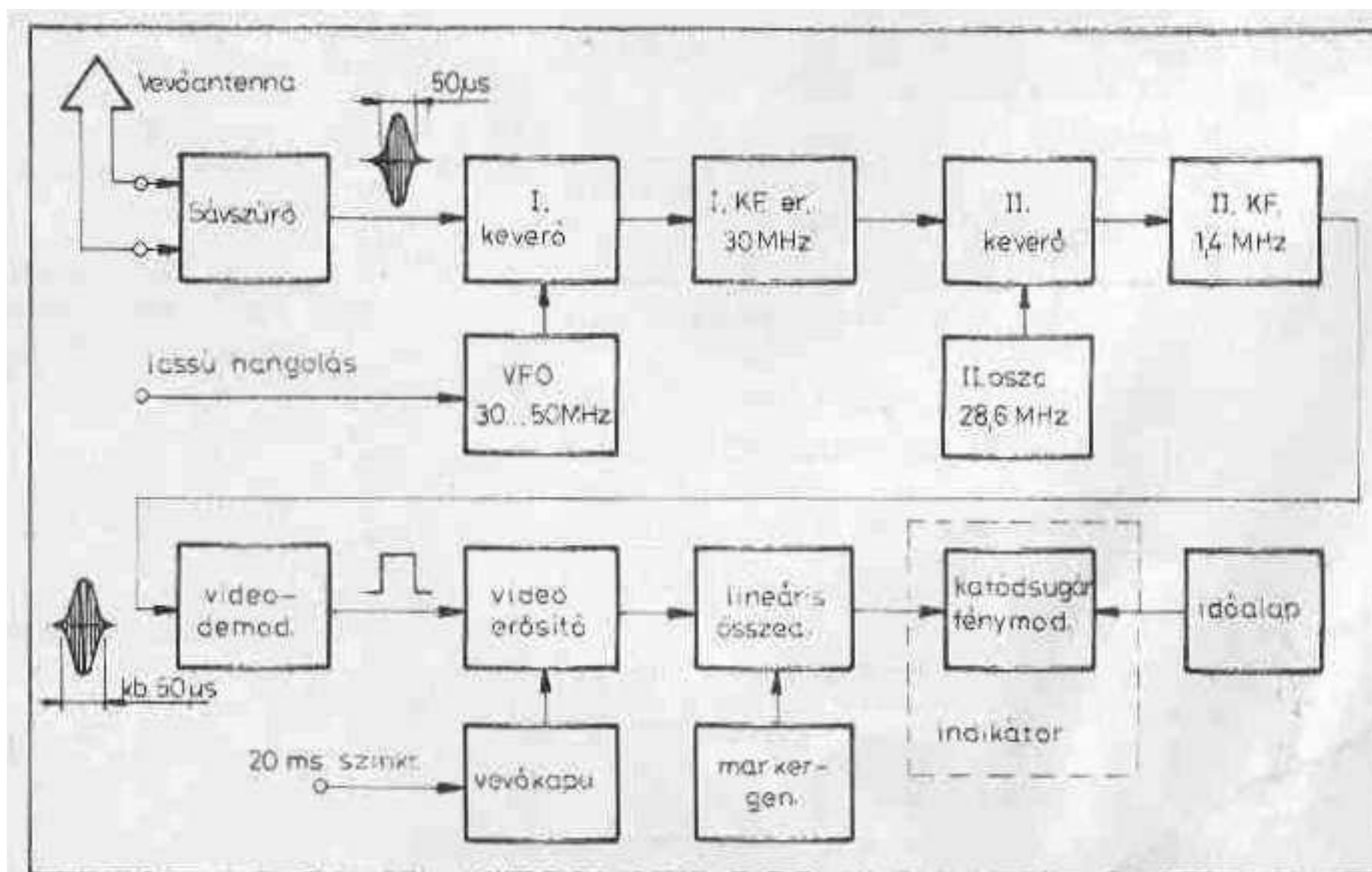
5. ábra. Az EMV—IRX típusú ionoszférámérő berendezés adóegységének blokk-sémája

sításának megkönnyítésére a vízszintes tengelyen is alkalmazunk markerjeleket, rendszerint MHz-enként. A különleges típusoknál 50 — 100 kHz-es osztások is vannak.

Az 5. és 6. ábrákon az elmondott mérési elvet megvalósító főbb egységeket és az egységek közötti kapcsolatot tüntettük fel. A haladóhullámú delta-antennára pedig a 7. ábrán mutatunk egy példát.

Ha a mérőadóval folyamatos frekvenciaváltoztatás mellett jeleket sugárunk ki, a visszaverődött impulzusok az indikátor-képernyőn folyamatosan világító pontokat adnak, a magassági markerrel együtt.

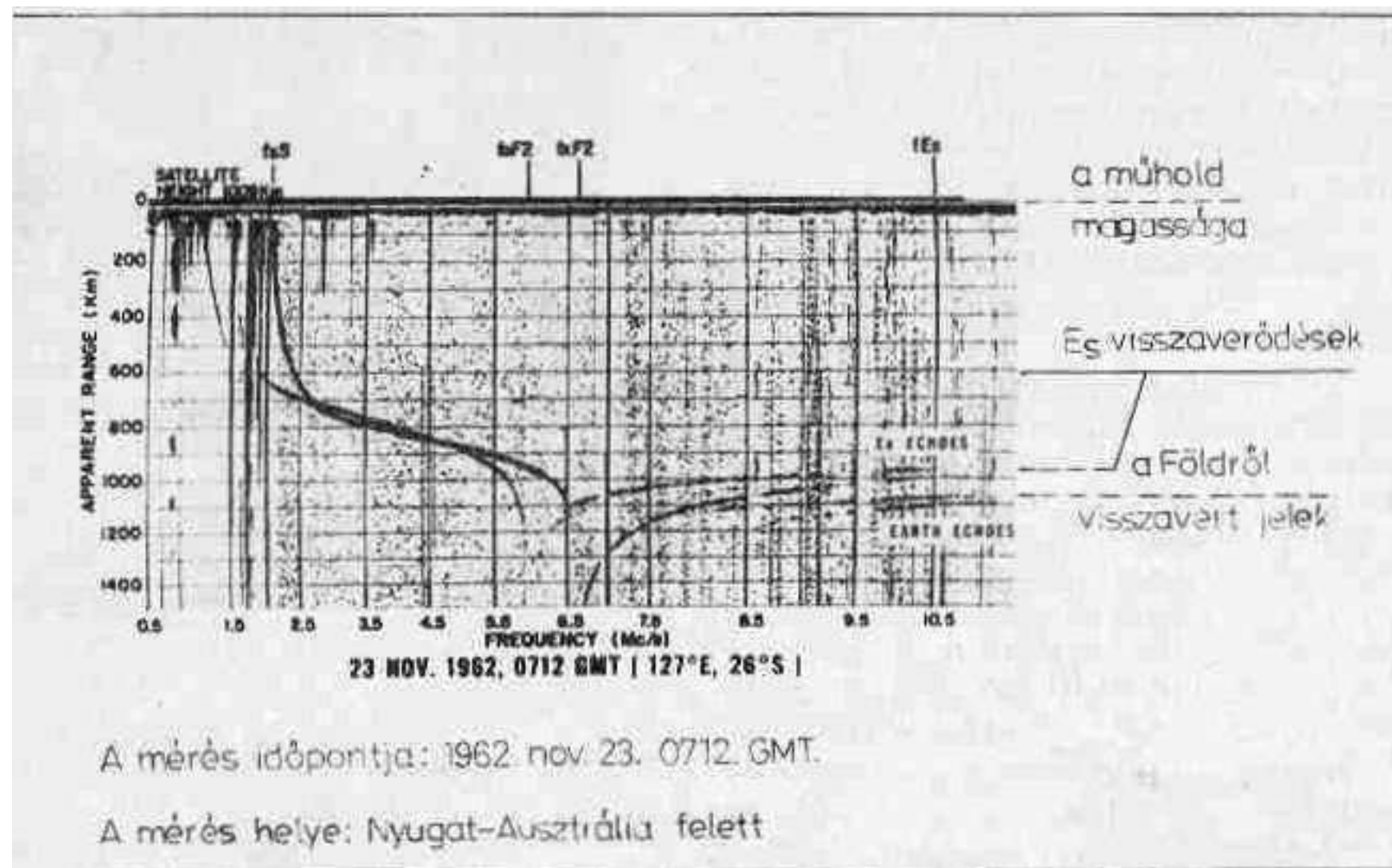
A fényképen rögzített, jól áttekinthető képet *ionogramnak* nevezünk. Erre példát a 8. és 9. ábrán láthatunk: a visszaverődések „kirajzolják” azokat az ionoszférarétegeket, amelyekről az illető frekvencia visszaérkezett. A rétegek magassága jól megállapítható a magassági marker vonalak segítségével. Minden réteghez tartozik egy olyan legmagasabb frekvencia, amely a rétegről még éppen visszaverődik. Ezt az illető réteg *határfrekvenciájának* nevezük. Figyelembe véve az ionoszféra állapotának folyamatos véletlenszerű változásait, a visszaverődött frekvenciákat valószínűségi változóknak



6. ábra. Az EMV—IRX vevőegységének blokkrajza







10. ábra. Példa műhold fedélzetén felvett ionogramra

$\epsilon$  = a közeg dielektromos állandója;  
 $N_e$  = a közegben mért elektronsűrűség ( $1/cm^3$ );  
 $m$  = az elektron tömege;  
 $e$  = az elektron töltése;  
 $f$  = a réteg (közeg) határfrekvenciája [kHz].

A [2] szerinti közelítő formulánál a Föld mágneses terének hatását elhanyagoltuk. 1932-ben Appleton igen pontosan meghatározta  $n$ -et és azt komplex kifejezéssel írta le. Ez azt jelenti, hogy a rádióhullám elhajlásakor, ill. törésekor csillapodik és fázisa is változik. Mindkét jelenség külön-külön is figyelmet érdemel!

Az ionoszféra csillapítását szemléletesen magyarázhatjuk az elektronok és az ionok mozgásával. Rádiófrekvenciás tér hatására mind az elektronok, mind az ionok (ez utóbbiak köztudottan sokszoros tömeggel) mozgásba jönnek. A rádiófrekvenciás mozgásra szuperponálódik a mozgó részecskék rendszeretlen hőmozgása is. A mozgások mellett a részecskesűrűség (elektronsűrűség és a vele közel azonos értékű ionsűrűség) fő jellemzője a közegnek. Ebben a közegben az elektronok nem végezhetik el minden esetben a rádiófrekvenciás tér által rájuk szabott mozgást, mert útjuk során ütköznek egy szemben mozgó pozitív ionnal vagy semlegesgáz atommal. Az ütközésből hőenergia lesz, ezen kívül az is könnyen belátható, hogy az eredő mozgás során sok elektron-ion pár *rekombinálódik*, semleges atomot alkot.

Azzal, hogy a rádiófrekvenciás mozgást végző elektron „megszűnt” rekombinálódott egy ionnal —, tényleges veszteség érte a rádiófrekvenciás teret: kevesebb olyan elektron van, amelynek mozgása új irányú rádiófrekvenciás teret fog kelteni...

Más természetű az elektronoknak bizonyos rezonanciajelenséggel kapcsolatos mozgása és az így bekövetkező rádiófrekvenciás veszteség. Az ionizált közeg törésmutatójának pontosabb számításakor a Föld mágneses tere miatti jelenségeket is figyelembe kell venni. A rádiófrekvenciás tér hatására az elektronok nem egyenes vonalú pályán mozognak, hanem a mágneses tér erősségétől és a frekvenciától függően ellipsziszt vagy spirálist írnak le. A kétféle pálya határesetete, amikor a rádiófrekvenciás tér által mozgatott elektron egyre növekvő sugarú kört ír le, s óhatatlanul ütközik egy pozitív ionnal. E különleges mozgás rezonanciajelenség, a hozzá tartozó frekvenciát *gyrofrekvenciának* nevezzük. Az  $f_H$  frekvencia számítható az elektron töltésének, tömegének és a mágneses tér erősségének ismeretében:

$$f_H = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{e}{m} \cdot B$$

A Föld mágneses indukciójának egy közepes értékével ( $B = 0,5 \cdot 10^{-4}$  Wb/m<sup>2</sup>) a gyrofrekvenciára 1,28

2.táblázat

Jelölés	MEGNEVEZÉS
f0E, f0F1, f0F2	Az E, az F1 és az F2 rétegek normál komponensének kritikus frekvenciái.
f0Es	A szporadikus E-réteg normál komponensének végfrekvenciája.
f0Es	Az a min. frekvencia, ameddig az Es takarja a felette levő rétegeket
f min	Az észlelt legkisebb frekvencia
h'E, h'F1, h'F2	Az F, az F1 és az F2 rétegek normál komponensének legkisebb virtuális magassága
h'Es	Annak az echonyomnak a virtuális magassága, amelyből f0Es-t számítottuk
hpF2	Az (f0F2·0,834) frekvenciához tartozó valódi magasság ( a legsűrűbb rétegrész magassága)
M (3000) F1	Az F1-hez tartozó átviteli faktor 3000 km-re
M (3000) F2	Az F2-höz tartozó átviteli faktor 3000 km-re

MHz-et kapunk. Mivel a mágneses tér erőssége a földrajzi hellyel változik, a gyrofrekvencia értéke 0,7 MHz... 1,7 MHz között különböző értékeket vehet fel. Ezeket az értékeket világtérképen szokták ábrázolni, hogy az ionoszférikus visszaverődés helyére mindig meghatározhatjuk a pontos  $T_H$  értéket.

A gyrofrekvencián nem szokás sugározni, mert ez a teljesítmény teljes egészében elvész, melegítve az ionoszférát. Különleges kísérletekről azonban beszámol a szakirodalom. A mágneses tér hatásával magyarázható — az ionogramokon látható — a rádióhullám „felhasadás” egy rendes és egy rendkívüli (ordinary, ill. extraordinary) hullámra.

Ennek a két komponensnek a határfrekvenciái is különbözőek, jelük: fo és fx. A szóban forgó ionoszféraréteget a „rendes” hullám határfrekvenciájával jellemezzük.

Az ionogramok részletes kiértékelése a kutatók körültekintő, és ma már számítógéppel támogatott, munkájának eredménye. A nemzetközi mérőhálózatban részt vevő állomások egységes elvek szerint, nemzetközileg elfogadott egységes jelölésekkel írják le méréseik eredményeit. Magyarország is tagja ennek a nemzetközi mérőhálózatnak, a hazai mérési eredmények havonta kiadott táblázatos grafikonos jelentésben jutnak el a felhasználóhoz (Ionospheric Data).

Az ionoszféra főbb jellemzőit a 2. táblázatban mutatjuk be.

( Folytatjuk)

#### Irodalom

- EMV: IRX tip. Ionoszféra mérőkészülék (gépkönyv).
- Dr. Flórián Endre: Hullámterjedés. Műszaki Könyvkiadó 1956.
- OMSZ: Ionospheric Data. 1977.
- Szmirenyin: A rádiótechnika kézikönyve 11./X. fejt. Nehézipari Könyvkiadó, 1952
- Dr. Flórián Endre: Mi történt az ionoszférában? Rádiótechnika, 1955-56-os számok.

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 3.

Szabó István okl. rádióhírközlő szakmérnök, HA5KFV

## 1.5. A rádióhullám útvonala az ionoszférában

Nézzük meg közelebbről, hogyan jön létre a rádióhullám irányának megváltozása — törése —, vagy „messziről nézve”: a Föld felé való visszahajlása!

A [2] összefüggésből látható, hogy az elektronsűrűség növekedésével az ionoszféra vákuumra (vagy nem ionizált levegőre) vonatkoztatott törésmutatójának értéke csökken. Az  $n$  értéke 1-nél kisebb lesz, ami azt jelenti, hogy az ionizált közeg (réteg) optikailag ritkább. A rádióhullámnak, mint elektromágneses rezgésnek útját az alábbiakban optikai módszerekkel írjuk le.

Az adóantennából kilépő rádióhullám először a földközeli, nem ionizált légrétegeken halad keresztül, igen kis csillapítás mellett. A törésmutató értéke itt  $n=1$ . Az ionizált réteg alsó határán optikailag ritkább közeget talál ( $n < 1$ ), ezért útvonala a beesési merőlegestől törik. Mivel az elektronsűrűség változása miatt az ionoszféra egy rétegen belül is rétegezettnek fogható fel, a beesési merőlegestől elirányuló törések sorozatosak, a rádióhullám útvonala görbével közelíthető, lásd a 11. ábrát! Eredetileg  $\alpha_0$  beesési szöggel érkezett az ionoszférába a rádióhullám. Az első törés után  $\alpha_1$ , majd

$\alpha_2 \dots \alpha_i$  szöget zár be pillanatnyi útvonala a beesési merőlegessel (11. ábra). A görbevonalú pálya tehát részleteiben „cikkakos”, távolabbról nézve azonban egyenletesen görbül. A pályarészletek egyenletlensége szükségképpen következik az ionizált térrész pillanatnyi állapotának statisztikus változásai miatt. Ha a

visszaverő rétegben az elektronsűrűség elég nagy, a sorozatos törés után az  $\alpha_i$  beesési szög nagysága eléri, vagy megközelíti a  $90^\circ$ -ot. Általában két különböző törésmutatójú közeg határán a belépési és kilépési szögek, valamint a törésmutatók közötti kapcsolatot a Snellius—Descartes-törvény írja le:

$$n_0 \sin \alpha_0 = n_1 \sin \alpha_1 = n_i \sin \alpha_i. \quad [4]$$

Amikor a belépési szög  $\alpha_i = 90^\circ$ ,  $\sin \alpha_i = 1$ .

Figyelembe véve, hogy  $n_0=1$ , az  $i$ -edik réteg törésmutatója [4] szerint  $n_i = \sin \alpha_0$ . Ilyenkor a rádióhullám görbevonalú pályájának a tetőpontján tartózkodik, és a legkisebb törésmutató változásra irányát megváltoztatja a Föld felé. Ennél az irányváltozásnál számolhatunk a teljes visszaverődés jelenségével is ( $\alpha_i \approx 90^\circ$ ).

A rétegek ezután fordított sorrendben következnek a hullám útjába, a törésekre is fordított helyzet áll fenn. Optikailag sűrűbb közegben a hullám a beesési merőlegeshez törik, így kialakul az útvonala le szálló ága. A 11. ábrán ábrázoltuk a felszálló ág töréseit, míg a 12. ábrán egy teljes visszaverődés pályája látható. Ez az útvonala az esetek többségében a visszaverődés tetőpontjára nézve szimmetrikus, a 12. ábrán látható a visszaverő réteg látszólagos (virtuális) magassága is.

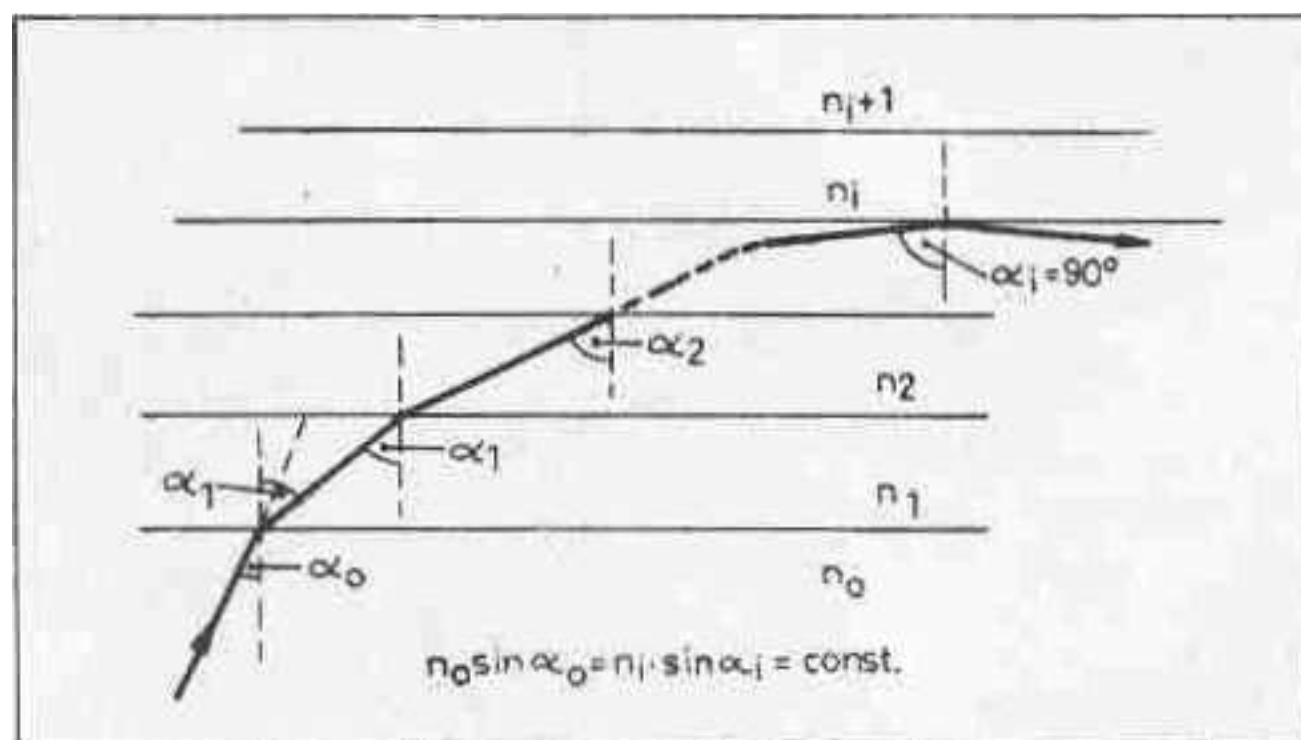
Az ábrán látható töréssorozat a szemléltetés és a tárgyalás kedvéért „lépcsőzetes”. Amint arról fentebb volt szó, a rádióhullám útvonala görbe vonalú pályával közelítjük, amikor az ionoszférikus ugrást ábrázoljuk. Ennek a görbülő pályának minden pontjára érvényes az

$$n_1 \sin \alpha_1 = \text{állandó}$$

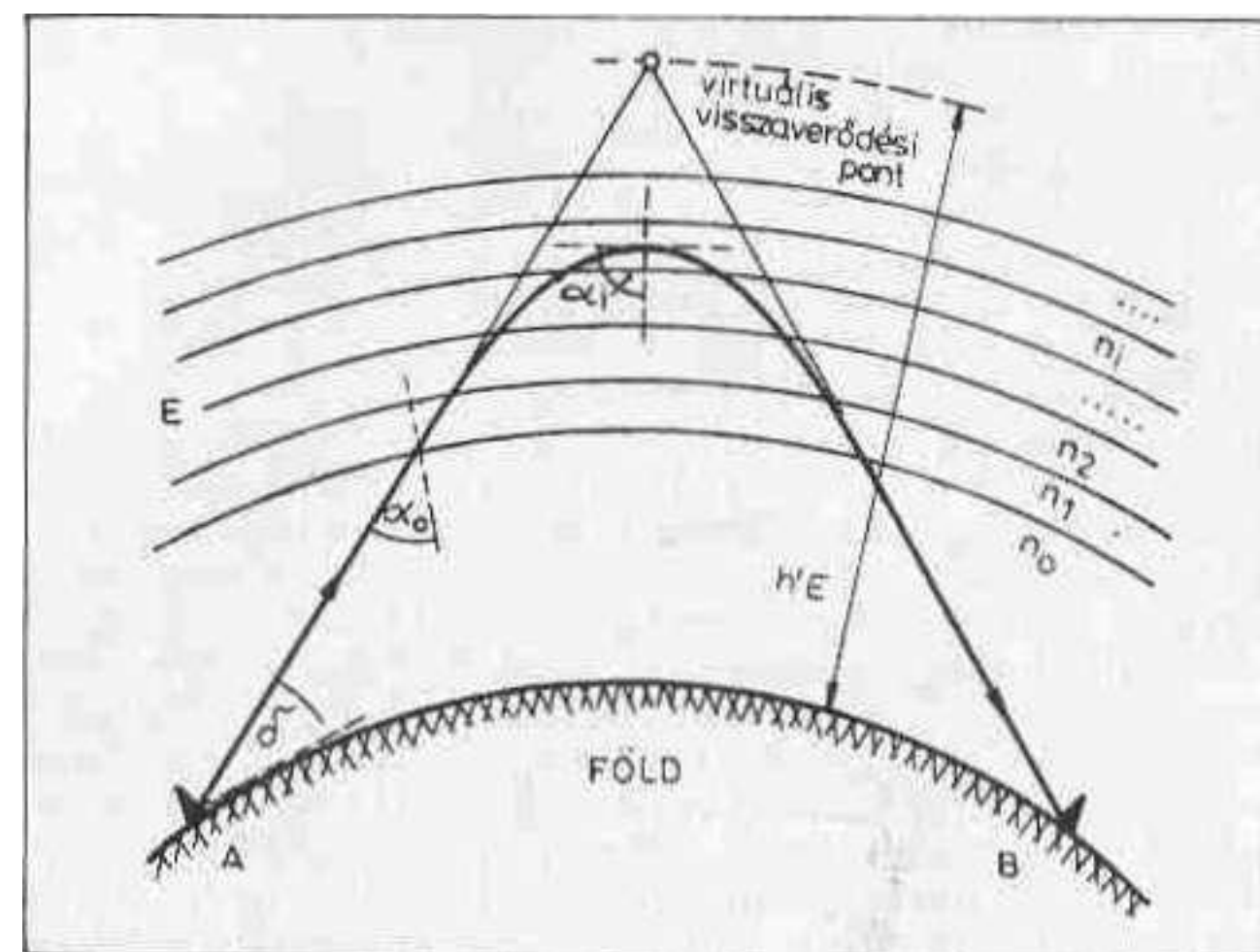
törési törvény.

Gondoljuk most át a Földről függőlegesen fölfelé kisugárzott rádióhullám visszaverődését! Ebben az esetben  $\alpha_0 = 0$  értékű a beesési szög, vagyis a rádióhullám útvonala a beesési merőlegessel egybeesik. Ez az ionoszféra-mérés esete. Optikai hasonlattal: a merőlegesen beeső hullámnak önmagába kell visszaverődnie. Az optikai hasonlat most nem olyan szemléletes, mint a 11. ábrán feltüntetett ferde visszaverődés esetében. A merőlegesen fellőtt rádióhullám visszaverődésekor képzeljük el, hogy az ionizált réteg magasságában személyesen ott tartózkodunk és látjuk az ionoszféra szabad elektronjait és ionjait. Amint megérkezik a Föld irányából a rádiófrekvenciás térerősség, az elektronok szabályos mozgásba kezdenek, eltérően az eddigi szabálytalan, véletlenszerű mozgásuktól. E rádiófrekvenciás ritmusban végzett mozgás során sok elektron ütközik az ugyancsak mozgást végző pozitív ionokkal, ebben az esetben semleges atomok keletkeznek. Ilyenkor elvész az a rádiófrekvenciás energia, amely a „megszűnő” (rekombinálandó) elektronokat szabályos mozgásra készítette. A szabad elektronok többsége azonban — „ameddig a szem ellát” — rádiófrekvenciás ritmusban „táncol” és új rádiófrekvenciás erőteret hoz létre.

Az ionoszféra-mérés esetében a függőlegesen felfelé haladó rádióhullám csak impulzuscsomag volt (kb. 50  $\mu$ s-ig tartott), és az eddigiekben elképzelt állapot kialakulása közben már meg is szűnt a ger-

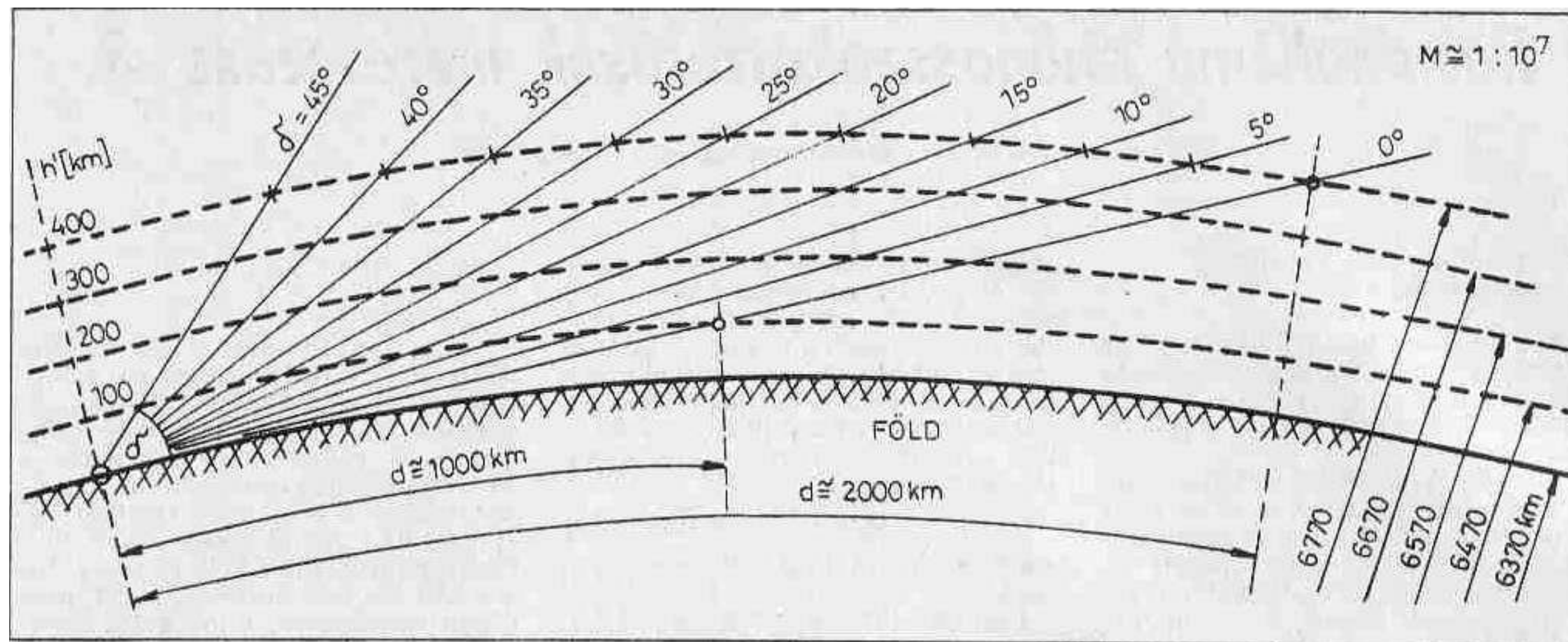


11. ábra. A rádióhullám irányának megváltozása az ionoszféra egy visszaverő rétegében, sorozatos törésekkel. A törésekre érvényes az optikából ismert Snellius — Descartes - törvény



12. ábra. Visszaverődés az E rétegről. Egy ugrás teljes útvonala az A adási ponttól B vételi pontig. (A méretek torzítottak)





13. ábra. Közel méretarányos viszonyok a rádióhullám útvonalának megszerkesztéséhez. A visszaverő réteg magasságát be kell rajzolni, majd a kívánt távolsághoz a  $\delta$  kilövési szög meghatározható. Látható, hogy az F2 réteg segítségével elérhető max. „ugrás” 4000 km-es

jesztő rádiófrekvenciás tér. A mozgásba hozott elektronok azonban — szabályos rádiófrekvenciás mozgásuknál fogva — jelentős nagyfrekvenciás energiát képviselnek. A mozgásban levő elektronokkal kitöltött térrész úgy viselkedik, mint egy sugárzó antenna, s az eredeti rádiófrekvenciás térrel ellentétes terjedési irányú teret hoz létre (összhangban a kölcsönhatási elvvel). Az ionoszféra mozgó elektronjainak ezt a visszasugárzását úgy érzékeljük, mintha az eredeti gerjesztő hullám verődött volna vissza. E visszavert hullám érzékeli az ionoszféra-mérő készülék vevőantennájába, s hoz létre olyan jelzést az indikátoron, amely alkalmas a visszaverő réteg magasságának meghatározására.

Amikor a kisugárzott rádióhullámokat nem mérésre, hanem összeköttetésre kívánjuk felhasználni, az a célunk, hogy egy „ugrással” a kívánt távolságot, vagy a lehető legnagyobb távolságot hidaljuk át. Az optikai szemléletésnél maradván megszerkeszthetjük a rádióhullám útvonalát a geometriai viszonyok és méretek segítségével (13. ábra).

Változó távolságra — egy ugráson belül — úgy irányíthatjuk a rádióhullámokat, hogy a  $\delta$  kilövési szöget változtatjuk. A 12. és 13. ábrákon feltüntettük a  $\delta$  szöget, amely az antenna fő sugárzási iránya és a vízszintes által bezárt szög. Legnagyobb ugrást akkor kapunk, ha a rádióhullámokat vízszintesen sugározzuk ki ( $\delta = 0^\circ$ ). Ebben az esetben kisebb ionsűrűség mellett is megtörik a rádióhullám, mert az ionizált rétegbe való beesés szöge közel van a  $90^\circ$ -hoz. Ekkor ugyanis nem kell nagyon különböznie 1-től az  $n_1$  törésmutatónak, szemléletesebben: nem kell sokat megtörnie a rádióhullámnak, máris elérte azt a helyzetet, amikor a Föld felszínével pár-

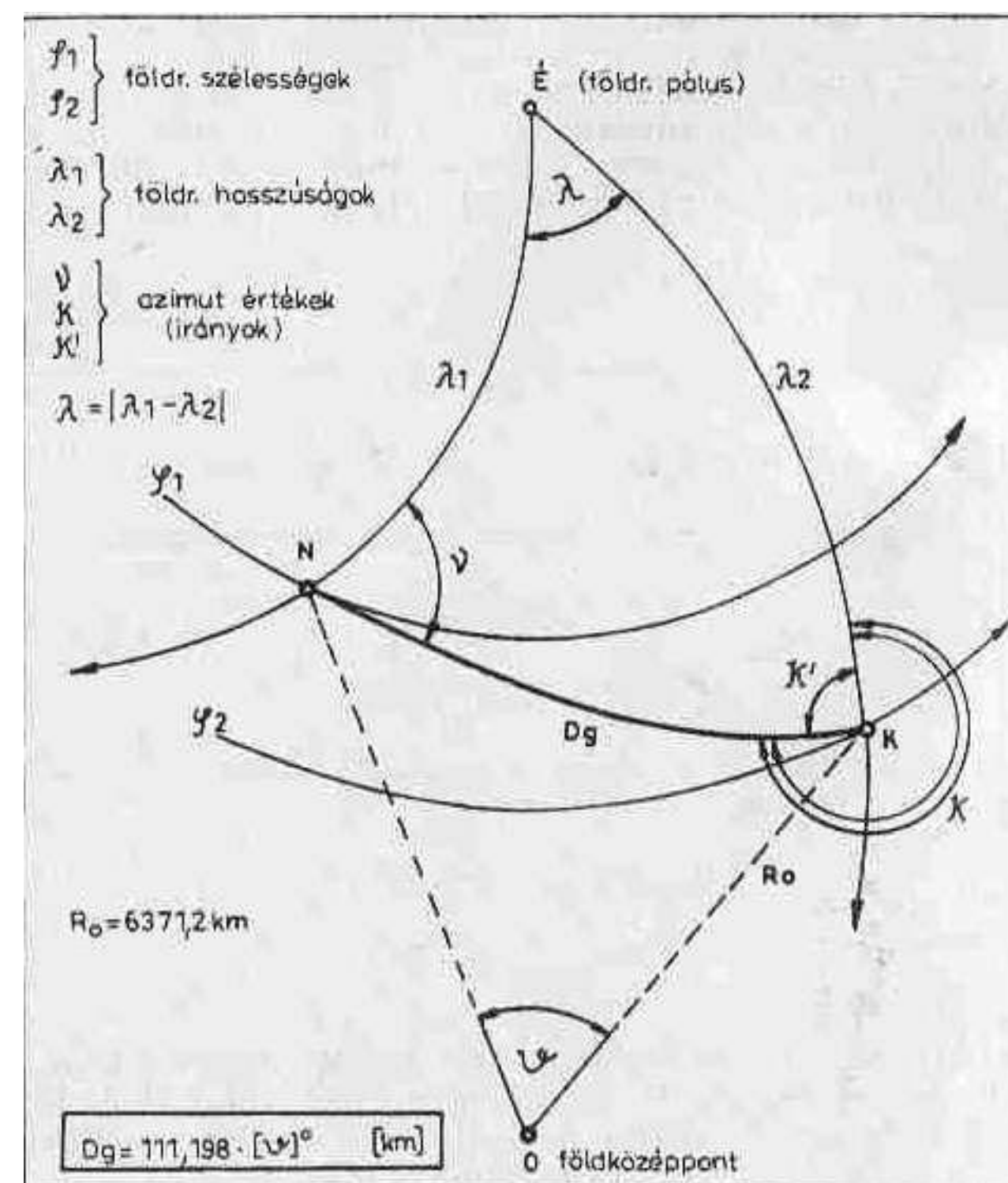
huzamosan halad egy kis ideig az ionoszférában, s a továbbiakban már visszahajló törés következik. A beesés szöge a legközelebbi visszaverő rétegnél, az E-nél akkor van közel a derékszöghöz, amikor a  $\delta$  kilövési szög néhány fok csupán, vagy mint fentebb említettük, vízszintes a rádióhullám iránya.

A geometriai viszonyokat jó közelítéssel a 13. ábrán tüntettük fel. Ha visszalapozunk az 1. és 2. ábrához (RT 1979/2.), ott több hullámterjedési módot láthatunk. Ezeknél a módoknál az esetek nagy részében a rádióhullám útvonala az ionoszfé-

rikus visszaverődési pontra szimmetrikus. Jól közelíti a valóságot — egy ugrás esetében — az az összeköttetés, amikor mind az adóállomás, mind a vevőállomás környezetében éjszaka van. Általában igaz, hogy akkor szimmetrikus a rádióhullám útvonala, amikor az ionoszférába való belépés és kilépés helyén közel azonos körülmények uralkodnak.

A mérsékelt égövi állomások esete külön elemzendő, amikor az É — D irányú összeköttetésekhez az egyenlítő feletti ionoszféra rétegeket veszik igénybe. Az egyenlítő környé-

14. ábra. Két állomás közötti gömbi távolság számítása. Az ábrán N a nyugatra (és északabbra), K a keletre (és délebbre) fekvő állomás. A  $D_g$  gömbi távolságot a  $\nu$  középponti szög segítségével számítjuk.  $\nu$ -t az állomások koordinátáinak figyelembe vételével határozzuk meg:  $\nu = \arccos[(\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2) + (\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos \lambda)]$  [fok]





kén az ionsűrűség magasabb, a rétegek „vastagabbak”, a rádióhullámok elhajlásának, törésének eseteit részletezni kell. Az ilyen irányú kutatások aszimmetrikus útvonalokról, a számítottnál nagyobb térerőségekről és magasabb határfrekvenciákról számolnak be. E jelenségekről később részletesen beszélünk.

Szimmetrikus útvonal feltételezésével a különböző terjedési módok (1 E, 2 F2 stb.) eseteire méretarányos szerkesztéssel, a visszaverő réteg magasságának figyelembe vételével, meghatározhatjuk a  $\delta$  kilövési szög és az áthidalható távolság kapcsolatát. Erre ugyancsak a 13. ábrát használhatjuk fel.

Kisebb távolságokra, amelyeket nagyobb kilövési szög mellett érhetünk el, egyszerű síkgeometriai számítást alkalmazhatunk. E módban pl. 200–250 km-ig jó közelítéssel igaz, hogy:

$$D = \frac{2h'}{\operatorname{tg} \delta} \quad [5]$$

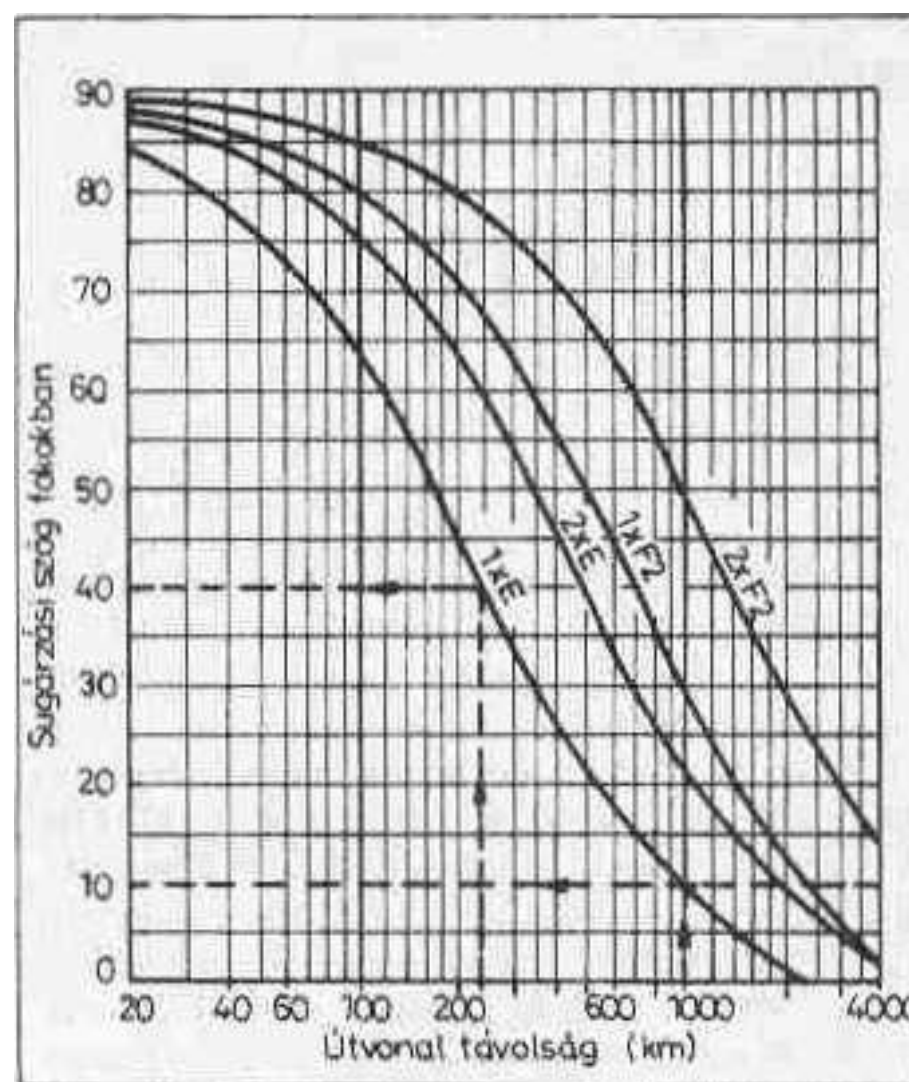
A kilövési szög ekkor  $\approx 45$  fok. a közelítés hibája  $\approx 5\%$ . F módban ugyanezzel a közelítéssel 800 km-ig élhetünk, kb. 10%-os távolsági hiba mellett.

Nagyobb távolságok esetén a  $\delta$  kilövési szög és a rádióhullámok  $\alpha_0$  beesési szöge között bonyolultabb a kapcsolat:

$$\alpha_0 = 90^\circ - \left( \delta + \frac{\theta}{2} \right) \quad [6]$$

ahol  $\nu$  a gömbi távolsághoz tartozó középponti szög.

A gömbi távolságot az állomások földrajzi koordinátáinak ismeretében határozhatjuk meg, a 14. ábra alapján. A számítási eljárások végeredményeit egy görbesereg foglalja össze, amelyet a 15. ábrán mutatunk



15. ábra. Nomogramos kapcsolat a 13. ábra szerinti geometria mellett a különböző visszaverő rétegek, a  $\delta$  kilövési (sugárzási) szög és az áthidalható távolság között

be. Itt az összeköttetések gömbi (nagykörmenti) távolsága és a  $\delta$  kilövési szög közötti kapcsolat van ábrázolva, 4000 km-es távolságon belül, átlagos E és F2 rétegmagasságok mellett. A görbék segítségével pl. a következőket olvashatjuk le:

1	E módban	$\delta=10^\circ$ mellett	$d = 1000$ km
1	E módban	$\delta=40^\circ$ mellett	$d = 250$ km
1	E módban	$\delta=0^\circ$ mellett	$d = 2000$ km
1	F2 módban	$\delta=0^\circ$ mellett	$d = 4000$ km
1	F2 módban	$\delta=30^\circ$ mellett	$d = 1000$ km
2	F2 módban	$\delta=15^\circ$ mellett	$d = 4000$ km
2	E módban	$\delta=0^\circ$ mellett	$d = 4000$ km

Amint látjuk, ugyanaz a távolság több módban is áthidalható, ha

csak a geometriát nézzük. Az E réteg segítségével létesített összeköttetéseknel általában kétszer annyi ugrásra van szükség, mint az F2-n keresztülieknél. Más esetekben a 2. F2 móddal elérhető távolság lesz pl. 3 E móddal is elérhető, más-más  $\delta$  szög mellett. Hogy melyik mód lesz az „uralkodó” — vagyis a lényegesen nagyobb térerőséget adó —, azt a csillapításviszonyok döntik el. Erről a későbbiekben lesz szó.

Visszatérve a fentebbi példákra és a 13. ábrára, megállapíthatjuk, hogy az antenna sugárzási szöge (a kilövési szög) fontos tényezője a QSO-tervezésnek. Az amatőr összeköttetéseknel is jelentős az irányított antennák szerepe. Ezek az antennák a sugárzó tér irányával a kívánt útvonalat garantálják — ha ez az útvonal különben létre jöhet —, figyelembe véve az ionoszféra visszaverődési pontjának jellemzőit és a felhasznált frekvenciát. Amatőr gyakorlatban is egyre többen alkalmaznak forgatható vagy átkapcsolható irányított antennarendszereket. Az igazi DX-antenna sugárzási szöge a vízszinteshez képest kis értékű ( $\delta = 0 \dots 5^\circ$ ).

(Folytatjuk)

Irodalom:

1. Kenneth DAVLES: Ionosferle Radio Propagation, National Bureau of Standards. Monograph 80. 1965.
2. Dr. Flórián Endre: A naptevékenység befolyása az ionoszférára. Asztronautikai Közl. 1973.
3. Dr. Flórián Endre: A rádiós távközlés ionoszféra-kutatás igényei. Asztronautikai Közl. 1973.
4. Dr. Győri Tibor: Hullámterjedés. Tankönyvkiadó, 1969.
5. Molnár Béla - dr. Turi-Kovács A.: Rádióhullám-terjedés és hálózat tervezés. KÖZ-DOK. 1969.
6. Doluhanov: Fluktuaciontje processzű pri rasszprosztranyenli rádióvoln. Szvjáz 1971.

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 4.

Szabó litván okl. rádióhírközlő szakmérnök. HA5KfV

## 2. A rövidhullámú összeköttetések számítása

Eddigi ismereteink alapján elmondhatjuk, hogy a Föld két szélelesen kijelölt pontja között nagyobb távolság esetén rövidhullámú összeköttetést általában nem létesíthetünk. A mindenkori körülmények meghatározzák, hogy mely frekvenciasávokban, milyen időpontokban vagy időszakokban dolgozhatunk eredményesen. A kívánt összeköttetés viszonylatára meg kell határozni a rádióhullámok terjedésének legvalószínűbb módját és útvonalát, a használni kívánt frekvenciasáv és az időpont figyelembevételével.

Ha különösebb tervezés nélkül kapcsoljuk be adókészülékünket és általános hívást adunk le, az ellenállások véletlenszerűen jelentkeznek hívásunkra. Hosszabb megfigyelés után mindenki tapasztalhatja, hogy mikor, melyik sávban "mire lehet számítani". E tapasztalat burkolt formában az ionoszféra állapotának, napi, évi változásainak, továbbá berendezésünk, antennánk jellemzőinek eredője. Számítások alapján megkísérelt összeköttetések sorozatával eddigi gyakorlatunkat tovább gazdagíthatjuk. magasabb színvonalon folytathatjuk.

A rövidhullámú összeköttetések számítását 3 fő témakörre oszthatjuk:

- a) a rádióhullám lehetséges út vonalainak, a geometriai viszonyoknak áttekintése, a legnagyobb térerősséget adó terjedési mód kiválasztása;
- b) a számba vehető útvonalak teljes csillapításának meghatározása a különböző frekvenciasávokban ;
- c) a lehetséges útvonalakon végig használható frekvenciák (frekvenciasávok) kijelölése.

Fenti témakörökben több számítási eljárás alakult ki és többféle segédlet használatos. Bármelyik módszert is tekintjük, az eljárás alapja az ionoszféra állapotának figyelembevétele azokban a térrészekben, ahol a rádióhullám megtörik, a Föld felé visszahajlik. (ilyen térrész a többugrásos összeköttetéseknél több van, mindegyik más-más jellemzőkkel rendelkezik ugyanabban az időpontban.) Közös a számítási módszerekben a vételi helyen várható térerősség meghatározása vagy becslése, figyelembe véve az útvonalon bekövetkező különféle csillapításokat. A hasznos térerősség várható értékének ingadozása is jellemző az összeköttetésre, ennek meg-

határozása is fontos lépés. Végül a vételi helyen tapasztalható légköri zajok és QRM ugyancsak jellemzői az összeköttetésünknek.

### 2.1. A rádióhullámok lehetséges útvonalal adott célterületre

Összevetve az 1., 2. és 13. ábrákat, képet alkothatunk magunknak arról, hogy pl. 800 km-re, 1500, 3000 vagy 4000 km-re E vagy F2 módban milyen útvonalak lehetségesek a különböző kilövési szögek mellett — feltételezve, hogy van visszaverődés a használt frekvenciasávban, minden szükséges  $\delta$  érték mellett. A fenti távolságokat a földfelszín mentén értjük, amint azt a 14. ábrán bemutattuk. A rádióhullám által ténylegesen megtett távolság ennél nagyobb. A térben megtett út számítása egyszerű trigonometrikus feladat, feltételezve a földfelszínnel párhuzamos (pontosabban: koncentrikus gömbhéj alakú) visszaverő réteget. A számítást röviden a 16. ábrán ismertetjük, ahol a  $D_f$  térbeli távolság:

$$D_f = 2 \cdot \sqrt{A^2 \cdot (h' + C)^2} \quad [7]$$

ahol

$h'$  = a visszaverő réteg virtuális magassága (mért adat).

$$A = R_0 \sin \frac{\theta}{2} \quad \text{és} \quad C = R_0 - B,$$

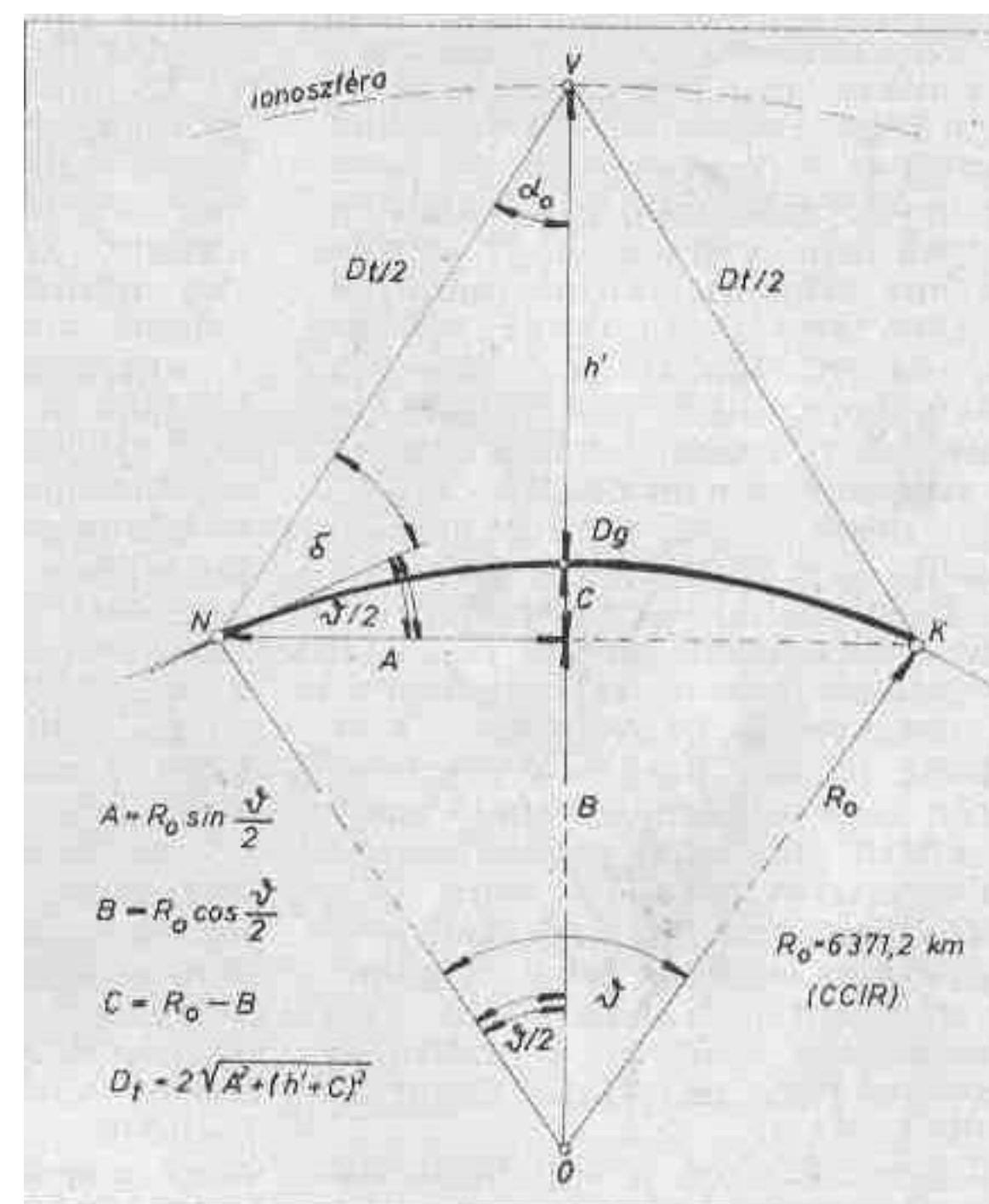
$$B = R_0 \cos \frac{\theta}{2},$$

$R_0 = 6371,2$  km (egyezményes föld sugár, CCIR).

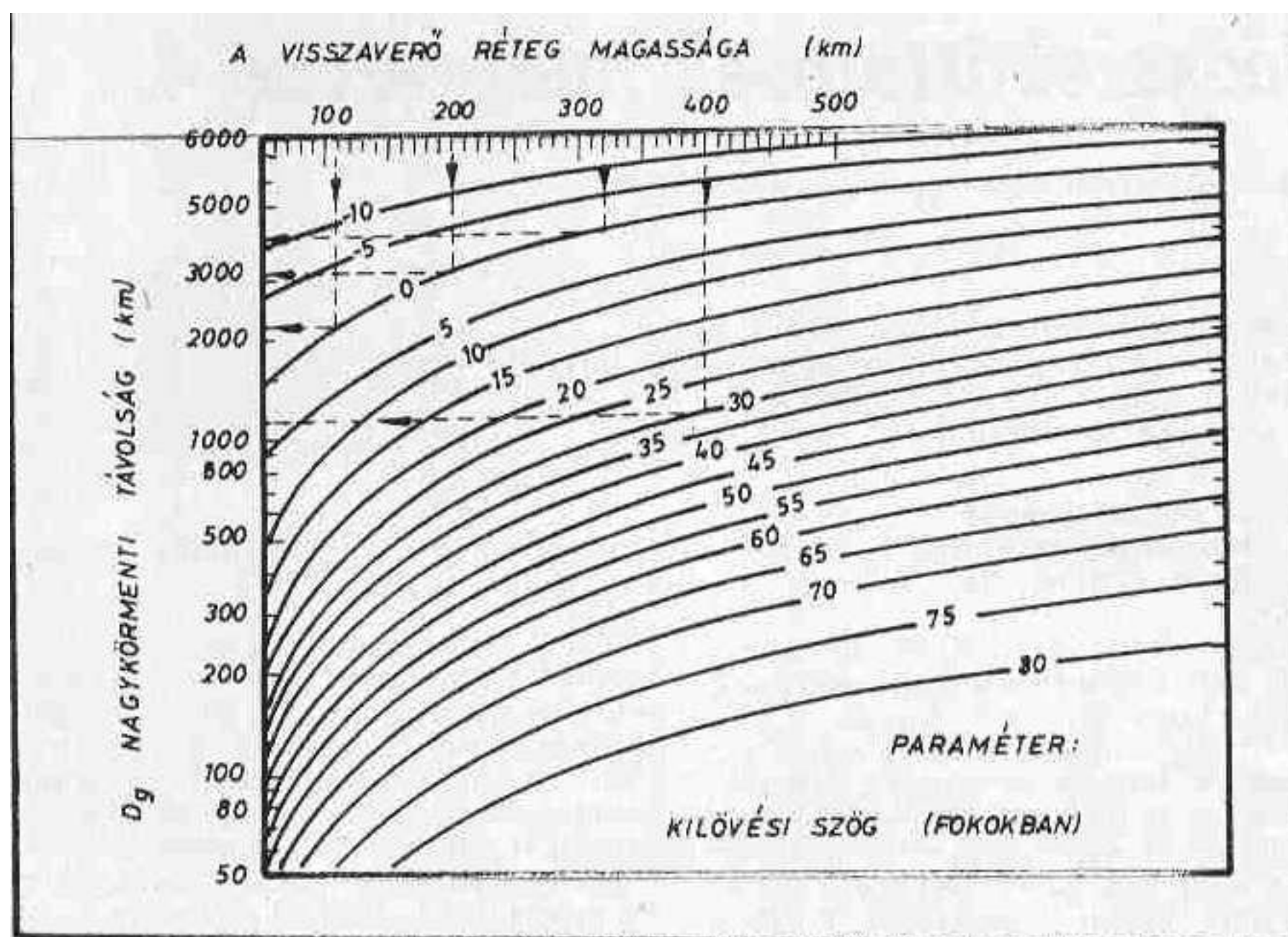
A [7] szerinti számítás és a hozzá tartozó trigonometrikus összefüggések programozható kalkulátorral több  $\delta$  és  $h'$ -érték esetére elvégezhető. Hasonlóan ajánljuk a  $D_g$  gömbi távolság számításához is az előző folytatásban közölt 14. ábra összefüggéseit program segítségével felhasználni több  $\delta$ -érték mellett és az aktuális  $h'$  értékekkel a kívánt  $D_g$  kiszámításához. (Figyelmebe ajánljuk itt az Olvasónak az RT 1979/1. számában megkezdett sorozatot, „A PTK 1072 kisszámológép programozása” címmel.)

Mind a  $D_g$ , mind a  $D_f$  számításakor olyan görbesereget kapunk a visszaverő rétegek magasságával paraméterezve, amelyek a kilövési szög függvényében "megadják a kevert távolságokat, vagy a kijelölt távolsághoz az adott visszaverő réteghez és választott módhoz a  $\delta$ -szöget (17. ábra). A térbeli számított úthossz kétszeresen is felhasználásra kerül: egyrészt a szabadtéri csillapítás számításakor másrészt

16. ábra. N, nyugatabbra és K, keletebbre fekvő állomások közötti  $D_f$  térbeli távolság számítása. Szimmetrikus útvonalat tételezünk fel, melynek felén van V, a visszaverődési pont (térrész). A  $D_g$  gömbi távolságot és  $\delta$ -t itt csak feltüntettük, ezek számítását a 14. ábrán mutattuk be







17. ábra. Nagykörment (gömbi) távolság meghatározására szolgáló nomogram, ha ismeri a visszaverő réteg magassága és a kilövési szög

olyan esetekben, amikor a rádióhullámok terjedési idejének ismerete fontos. Ez utóbbinak egyre nagyobb a jelentősége, az időjeladók vételekor alkalmazott korrekciónál.

Visszatérve a lehetséges útvonalak vizsgálatához, tegyük fel, hogy minden irányban egyenletesen sugárzó (izotróp) adóantennánk van. A kisugárzott rádiófrekvenciás teljesítmény ekkor  $\delta = 0 \dots 90$  fok között minden irányban egyenletesen hagyja el az antennát. Az antenna közelében ekkor az ún. felületi hullámokat vehetjük, amelyek a rövidhullámú tartományban nem nagy jelentőségűek, gyorsan csillapodnak. A csillapodás mértéke több tényezőtől függ, elsősorban a talaj minőségétől és a frekvenciától, de jelentős az időjárás hatása is. Tulajdonképpen arról van szó, hogy az adóantenna által kialakított rádiófrekvenciás teret a jól (vagy kevésbé jól) vezető földfelület módosítja. E témakört a hullámterjedéssel foglalkozó szakirodalom külön tárgyalja, részletezése nem célkitűzésünk.

Mi most — és a továbbiakban mindig — a térhullámok terjedésével foglalkozunk. A fentebb példaként feltételezett izotróp antenna használata mellett, és függőlegesen is visszaverődő frekvencián a kisugárzott jel egy ugrásnak megfelelő körön belül mindenütt vehető lenne. Az adótól távolabbi pontokban ekkor egyszeres, kétszeres vagy többszörös visszaverődéssel érkezett jelek egyidejűleg lehetnek jelen. A gömb-sugárzó antenna használata nem követelmény, sőt a teljesítmény bizonyos fokú pazarlása, zavarforrások példája.

Tekintsük most a vízszintes síkban körsugárzó antenna esetét, feltételezve a függőleges síkban jelen-

tős irányítást, pl.  $\delta = 0^\circ \dots 30^\circ$  közötti értékeket (GP-antenna esete)! A nagyobb kilövési szögeket azért is mellőzhetjük, mert ekkor a magasabb frekvenciák az F2 rétegről sem verődnek vissza. Ebben az esetben az adóállomás közelében a felületi hullámok vehetők, a térhullámok pedig emelkedve haladnak az ionoszféráig. A földön távolodva az adóállomástól, a felületi hullám által keltett térerősség csökken, majd eltűnik. Lesz egy olyan — közelítőleg körgyűrű alakú — terület, ahol a felületi hullámok már nem, a térhullámok pedig még nem vehetők (holtzóna). Tovább távolodva az adóállomástól, elérjük annak az ugyancsak körgyűrű alakú területnek határát, ahol a térhullámok már vehetők lesznek. A legbelső és legkülső kör — melyek között az első ugrásból származó térhullám vehető — széles sávot határol, ha az antenna sugárzási karakterisztikájának a függőleges síkban mérhető szöge nagy. Ilyenkor a térerősség kisebb. Ha igen éles irányítású az adóantenna (ugyanakkor vízszintes síkban marad a körsugárzó jellegű görbe), az elképzelt körgyűrű keskeny lesz, de a térerősség ezeken a területeken nagyobb. A földfelületről való visszaverődést feltételezve, a rádióhullám ismét az ionoszféra felé veszi útját. E visszaverődés során a domború földfelület kis mértékben defokuszálja a rádióhullámokat, ez a nyaláb szóródását okozza. Az újabb ionoszférikus visszaverődés után egy nagyobb körgyűrűterületen lesz vehető a jel, bizonyos fokú pontatlanságoktól eltekintve. Az eltérést főleg az okozza, hogy a második visszaverődésnél a különböző irányokban maga az ionoszféra állapota is különböző — gon-

doljunk arra, hogy F2-n a második visszaverődési pontok (körsugárzó antenna mellett) egy olyan körön helyezkednek el, amelynek sugara 5500-6000 km!

Nyilvánvaló, hogy az adóteljesítmény további koncentrációja úgy érhető el, ha antennánk a vízszintes síkban is erősebben irányított lesz (quad, beam, rombusz antennák). Ezzel eljutottunk az ún. célterületekre való sugárzás esetéhez, amikor az ionoszférát a kívánt irányban egy foltszerű területen „világítjuk meg”. Ez a megvilágított „folt” — mint másodlagos antenna — sugározza tovább a rádiófrekvenciás teljesítményt, s kapunk egy ugyancsak foltszerű területen egy ugrás után igen jó rádiófrekvenciás teljesítménysűrűséget a földfelületen. A nagyobb jel a Földről való visszaverődés után is nagyobb térerősséget eredményez, s az ionoszférában való újabb visszaverődések után még mindig jól vehető lesz adóállomásunk jele. Figyelembe véve az ionoszféra gömbhéj alakját, a visszaverődéseket fókuszáló hatással együtt tételezhetjük fel, ami a térerősségnek további 6-8 dB-es növekedését jelenti. Többszöri visszaverődés után a foltszerű terület egyre nagyobb, a szabadtéri csillapítás és más veszteségek miatt a térerősség egyre kisebb lesz.

Gondolatban elvégzett kísérletünknek több tanulsága van:

- a közeli területeket (állomások) nagyobb sugárzási szög mellett érhetjük el. A holtzóna létéről nem szabad megfeledezni, ha  $\delta < 45^\circ$ ;
- a távolabbi célterületek élesen nyalábolt antennával érhetők el jó hatásfokkal, kisértékű  $\delta$  szög mellett;
- igen fontos az ionoszféra azon térrészeinek állapota, ahol a visszaverődések végbemennek;
- a földi visszaverődési pontokat is jellemezni kell a veszteségek szempontjából;
- az ellátni kívánt célterületet minél kevesebb ugrással próbáljuk elérni (kis  $\delta$  szög);
- a többugrásos összeköttetésnél a „leggyengébb láncszem” határozza meg az egész összeköttetés létrejöttét. Ez az ionoszférának a legkevésbé ionizált része, amely kedvezőtlen esetben nem téríti vissza a rádióhullámot az adott frekvencián, hanem kiengedi a világűrbe.

(Folytatjuk)

Irodalom:

- Molnár B. dr. Türi-Kovács A.: Rádió hullámterjedés és hálózattervezés. KÖZ DOK. 1969.
- Dr. Flórián Endre: Hullámterjedés. Műsz. K., 1956.
- Meinke - Gundlach: Rádiótechnika kézikönyv. H. I. fejelet. Műsz. K., 1961.
- M. P. Doluhanov: Rádióhullámok terjedése. Műsz. K., 1978.



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 5.

Szabó István okl. rádióhírk. szakmérnök, HA5KFV

Az útvonaltervezés eddigiekben megismert szempontjai és a bemutatott segédletek alapján foglaljuk össze a létesíteni kívánt összeköttetésünk útvonalának fő jellemzőit! Ezek:

1. az ellenállomás távolsága; a lehetséges terjedési módok (2E, F2 stb.);
2. az E- vagy F-ugrások száma;
3. jellegzetes pontok (visszaverődések) helyei;
4. helyi idők a jellegzetes pontokban
5. a visszaverő felületek minősége, állapota.

Az útvonaljellemzőket táblázatosan összefoglalva, áttekinthetőbb a kép. Példaként a 3. táblázatban feltüntettük a Budapest—Novoszibirszk 2 E-módú, és a Budapest—Havanna 2 F2-módú összeköttetések útvonalának adatait. Ez utóbbi összeköttetésre — más frekvencián — a 4 E-módot is feltételeztük.

A táblázat kitöltéséhez jól használható a kereskedelmi forgalomban is kapható 33 cm-es átmérőjű földgömb. Összeköttetéseink nyomvona-

### 3. táblázat

Két példa az összeköttetés útvonalának jellemzésére. A táblázat felső részében Budapest—Novoszibirszk útvonalat jellemezzük a jellegzetes pontokkal: az ök. 2 E módban történik.

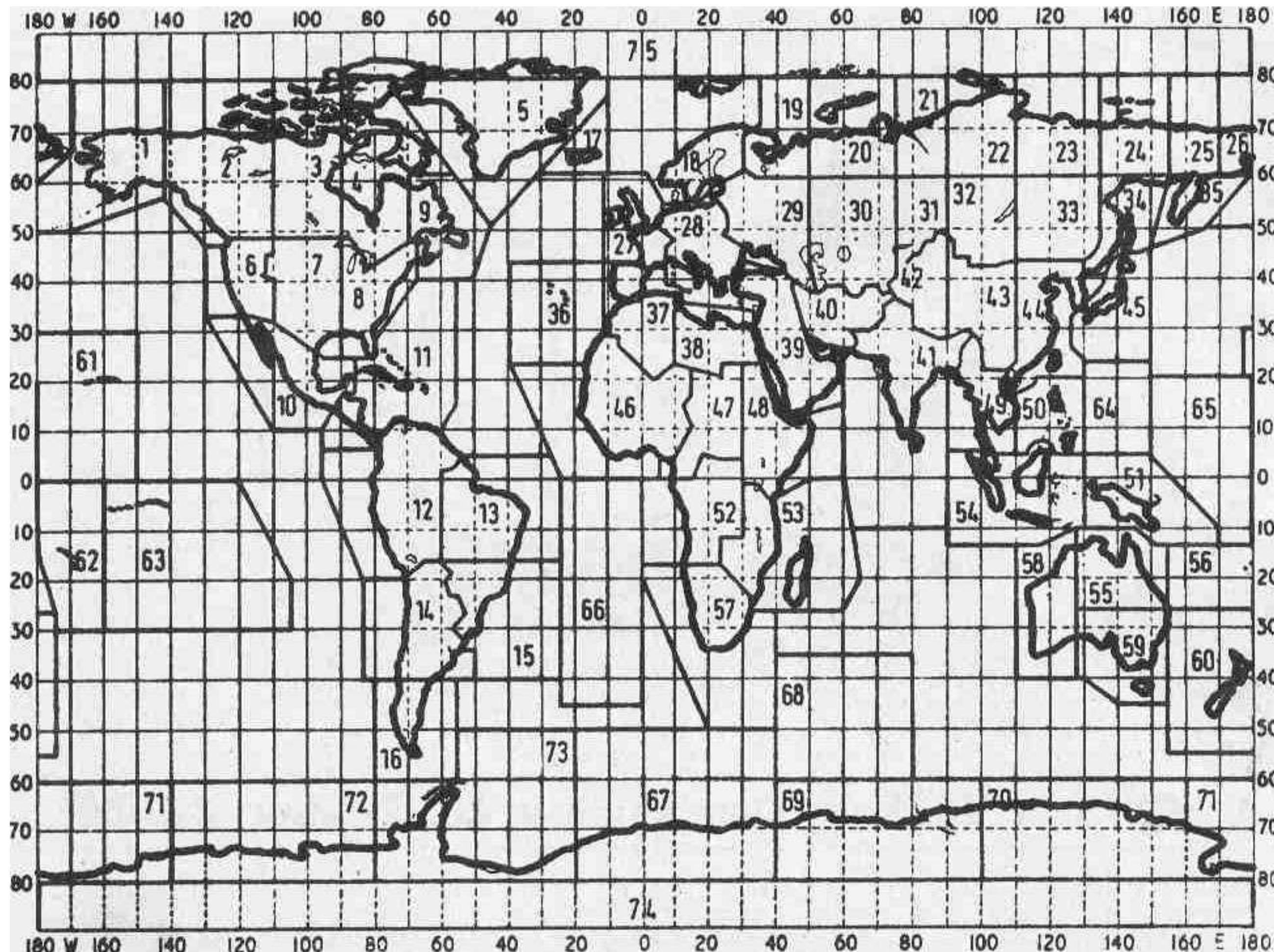
A második példában egy Budapest—Havanna ök. útvonalának jellegzetes pontjait tüntettük fel. Itt feltételeztük a 4 E vagy a 2 F2 módokat, amelyeket eltérő frekvencián használhatunk

Útvonalpontok megnevezése	Földrajzi koord. szélesség hossz.	Helyi idő	Zenitszög	A visszaverő felület megjelölése
Budapest	47° É 19° K	13	-	kiindulás, adás
Harkovtól É-ra	50° É 35° K	14	40°	E-réteg
Kujbisev környéke	53° É 50° K	15	-	földfelület, síkvidék
Kurgantól D-re	54° É 66° K	16	58°	E-réteg
Novoszibirszk	55° É 82° K	17/18	-	a vétel helye (vissza: adás)
<b>Budapest</b>	47°É 19° K	<b>13</b>	-	kiinduló ill. vételi pont
Luxemburg felett	49°É 5° K	<b>12</b>	<b>30°</b>	E-réteg
Írországtól D-re	50°É 10° Ny	<b>12</b>	<b>30°</b>	F2-réteg vagy E-módban a földfelületen: tenger
Atlanti-óceán	48°É 25° Ny	11	35°	E-réteg
Atlanti-óceán	46°É 36° Ny	<b>10</b>	-	Földfelület/tenger
Új-Fundlandtól D-reo	42°É 50° Ny	<b>9</b>	45°	E-réteg
Új-Skóciától D-re	36°É 62° Ny	<b>8</b>	55°	F2 vagy E-módban a tengerfelület
Bahama szk.-től ÉK-re	28°É 73° Ny	<b>7</b>	68°	E-réteg
<b>Havanna</b>	22°É 83° Ny	<b>6</b>	-	Vétel/adás helye

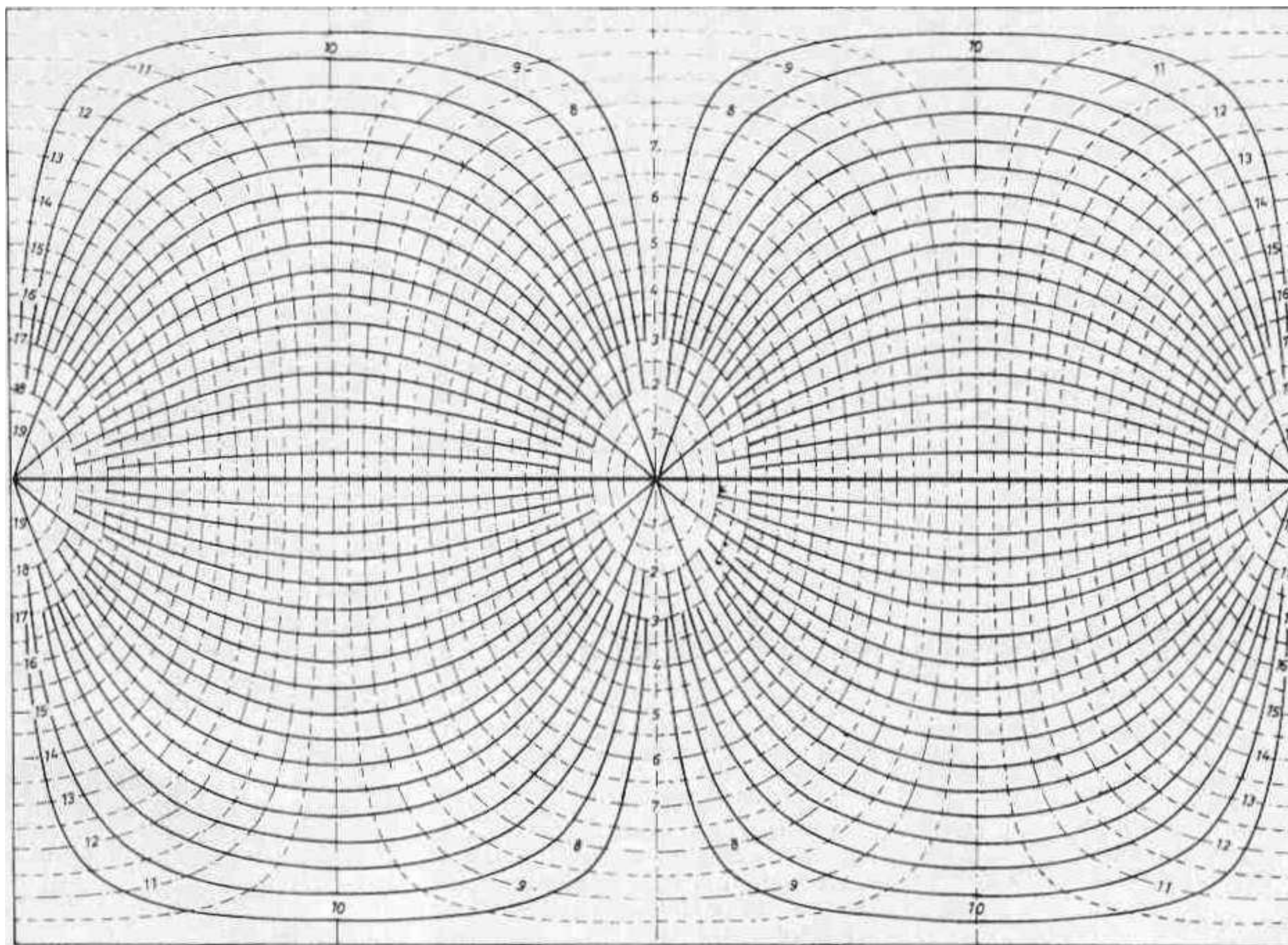
lának szemléltetésére ez a legjobb segédeszköz. Ismeretes, hogy a gömbfelületen két pont között a leg-rövidebb távolság egy nagykör ívén mérhető. Nagy köröket a gömb középpontjára illeszkedő síkokkal metszhetünk ki a gömbfelületből. E származtatásból következik, hogy

végtelen sok nagykör van. Bármely földi nagykör kerülete ugyanakkora 40000 km. Földgömb esetében a forgástengelyre is illeszkedő síkok metszik ki a főköröket. Így a fő körök a sarkokon átmenő, különleges helyzetű nagy körök, ezek a hosszúsági körök.

18. ábra. ITU-zónák a hengerpalástra vetített világtérképen







19. ábra. Hengerpalástra vetített nagykörhálózat két állomás közötti  $D$ -távolság meghatározásához. E hálózatot a visszaverődési pontok helyének meghatározására is használjuk.

Két állomás egymástól való távolságát ( $D_s$ ) korábban számítással határoztuk meg, a földrajzi koordináták ismeretében (lásd: 14. ábra). Ezt a távolságot azon a nagykörön mérhetjük, amelyik mindkét állomáson áthalad.

Ha figyelembe vesszük az ionoszféra gömbhéj alakját, az optika törvényei szerint a rádióhullámoknak a nagykörök mentén kell terjedniük. Pontosabban: két adott állomás között a rádióhullám a közös nagy kör mentén létesít kapcsolatot. E feltételezés a tapasztalattal jó egyezést mutat minden olyan esetben, amikor az ionoszférikus visszaverődés pályája a virtuális töréspontra szimmetrikus. E jelenségnek a közeli és a közepes távolságú összeköttetések-nél van szerepe, az adás irányának meghatározásakor. Hasonló eset, amikor a nyugatra induló hajó északnyugatra tart jó darabig, hogy a legrövidebb útvonalon haladjon.

Igen távoli célterületre tervezett összeköttetések-nél azt találjuk, hogy bármilyen irányban is indulunk el, van egy nagykör, ami a Föld átteljes pontján levő célterületre vezet. Ilyenkor azt az útvonalat érdemes választani, amely felett az ionoszféra viszonyai végig kedvezőek (pl. végig-

sötét van, vagy magosabb üzemi frekvenciához végig nappal van). Nem közömbös az sem, ha a földi visszaverődések tengerfelületen történnek, esetleg több alkalommal is. Amikor több útvonal, ill. sugárzási irány között választhatunk, kerülni kell a sarkvidék felett áthaladó útvonalakat. Amint később erre részletebben kitérünk, a pólus-sapka által okozott zavarítások jelentősek.

Figyelembe véve az ionoszféra rétegek átlagos magasságait, méretarányosan a cm-es átmérőjű földgömbön az E-réteg 0,5 cm, az F1-réteg 1,0 cm, az F2 2 cm magasan, és éjszaka az F-réteg 1,5 cm magasságban képzelhető el. Szemléletes, hogy a Föld méreteihez képest milyen keskeny hullámvezetőben terjednek a rövidhullámok, az ionoszféra adott rétege és a földfelület között többször is visszaverődve. Az is jól érzékelhető, hogy ez az elrendezés garantálja a nagy kör menti hullámterjedést, mint legrövidebb útvonalat.

A rádiózás elterjedésével szükségessé vált a Föld felületének körzetekre osztása, megjelölése. Rádióamatőrök között is használatos az ITU-zónák térképe, amelyet a Nem-

zetközi Távközlési Egyesület (angolul: ITU, franciául: Union Internationale des Télécommunications =

UIT) ajánl a rádiósoknak. 18. ábra. Az ITU-térkép korábban 75. ma 90 körzetet különböztet meg E körzeteket a rádióamatőrök főleg akkor használják, amikor a DX állomások körzeteit kell megkülönböztetni, az ide irányult összeköttetések QSL-lapjai rendezni a nagy teljesítményű DX-munka értékeléséhez. A Föld zónabeosztását összeköttetéseink útvonalának megválasztásához is eredménnyel használhatjuk. Távoli területek egyértelmű megjelölésére is jók az ITU-zónák ugyanakkor elegendően nagyok. Egy zónán belüli „finomabb osztást” jelent a hívójelek szerinti megkülönböztetés. lásd például az RT 1976/6-os számát! Más esetekben egy országon belül is finomabb osztás szükséges, pl. az URH munkában, erre példát az „Európa QTH” térkép mutat, RT 1976/4. szám. B IV.

Földgömb nélkül is meghatározhatjuk két állomás vagy az útvonal két jellegzetes pontja között a távolságot, síkbeli térkép és nagykörhálózat segítségével. Ez a módszer elterjedt, röviden az alábbiakban ismertetjük.

Tudjuk, hogy a földgömb pontjait hengerpalástra vetítve, egyfajta torzítás mellett használható térképet kapunk. A távolságok meghatározásához — nagyobb távolságokról van szó — a nagykörök célszerűen megválasztott seregét kell kivetíteni ugyanekkora hengerpalástra. A 19. ábrán ilyen körsereget láthatunk: a folyamatos vonalak jelentik a nagyköröket, míg a szaggatott vonalakkal rajzoltakat osztóköröknek nevezik. Jól látható, hogyan torzul el vetítéssel a körvonal. E hálózathoz azokat a nagyköröket választottuk ki, amelyek az egyenlítő két szemben levő pontján haladnak keresztül. Ilyen köröket akkor kapunk, ha a metsző síkokat az egyenlítő előbb említett két pontjára illesztett tengely körül forgatjuk. A 19. ábrán két szomszédos nagykör között  $90/18 =$

$= 5^\circ$  síkelfordulás van. Ez megfelel kb. 550 km távolságnak ott, ahol két szomszédos nagykör a legtávolabb van egymástól.

Az egyenlítő itt vetületben egyenesnek látszik, ez az ábra vízszintes tengelye. Az ábra keretét és függőle-

ges középvonalát egy hosszúsági kör (főkör) adja. A két forgáspont az egyenlítőn jól látszik, innen indul ki az osztókörök hálózata. 500 ill. 1000 km-es távolságokkal. Az egyenlítő síkjában a földközéppont körül elforgathatjuk a nagyköröket fen-  
tebb kimetsző síkok forgástengelyét, így általános helyzetben két állomást mindig összeköthetünk egy nagy körrel. Ezt a bonyolultnak látszó elforgatást úgy valósítjuk meg, hogy a 19. ábra hálózatát eltoljuk a 18. ábra szerinti térképen, az egyenlítőket állandó egybeesése mel-

lett. Ha a nagykörhálózatot celluloid lapra átrajzoljuk vagy fotózzuk, szemléletesen használható segédletre teszünk szert. A világtérképre berajzolt két állomás távolságát úgy határozzuk meg, hogy az egyenlítő mentén e celluloid lapot addig csúsztatjuk, amíg a két állomás azonos nagykörre esik. Ekkor a távolságot az osztókörökkel leolvassuk.

(Folytatjuk)

Irodaiam:

1. Meszjácsnűj Prognóz Nauk SZSZSZR.. 1976.
2. Molnár B.—dr. Turi-Kováts: Rádló hül-  
lámterjedés és hálózat tervezés, KÖZDOK, 1969.
3. R. Zierl: Rádiózástechnika, Műsz.. Könyv-  
kiadó, 1976.
4. Rádióamatörök kézikönyve 1978.



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 6.

Szabó István okl. rádióhírközlő szakmérnök. HA5KFV

## 2.2. Az útvonal teljes csillapítása

Tervezett összeköttetéseink lehetséges útvonalainak jellemzőit tehát a 3. táblázathoz hasonlóan foglalhatjuk össze, amint azt az előző részben bemutattuk. A példaként felhozott Budapest —Havanna összeköttetésnél 4 E terjedési mód mellett más lesz a rádióhullám által megtett út hossza, mint 2 F2 módban. Az eltérő módok legtöbbször eltérő frekvenciasávokat is tartalmaznak fel. Különböző módok mellett a visszaverő réteg jellemzői is mások. Mindezekből egyértelműen következik, hogy a különböző utak eltérő csillapításúak lesznek. Nézzük meg tehát, hogy milyen csillapításfajták összesen mekkora csillapodást okoznak az adóállomás által kisugárzott jel teljesítményében, mire az a vételi pontba eljut. A csillapítás több komponensből áll:

- a) a szabadtéri csillapítás, amely az adóantenna által kisugárzott teljesítménysűrűség csökkenése a távolsággal;
- b) az ionoszférikus csillapítás úgrásonként és a D-réteg abszorpciója (elnyelő hatása);
- c) a földfelületen történő visszaverődések veszteségei, minden egyes visszaverődésre külön;
- d) a rádióhullámok terjedése közben bekövetkező polarizáció elfordulás miatti és más antennaillesztetlenségi veszteségek;
- e) abszorpciók fading okozta ingadozások.

E csillapításfajták együttesen hatnak, ugyanakkor arányaik összeköttetésenként mások, a komponensek ingadozásai is változóak. Általában igaz, hogy nagyobb távolságú összeköttetésnél nagyobb az eredő csillapítás és ennek ingadozásai is nagyobbak. Az eredő csillapítással az adóteljesítmény tart egyensúlyt olyan értelemben, hogy az összeköttetéshez szükséges vételi teljesítmény elegendő legyen.

Nyilvánvaló, hogy a vételiteljesítmény-sűrűséggel vagy a vételi térerősséggel kapcsolatos minimumkövetelmények függnek a vevőkészülék érzékenységétől, a vevőantenna nyereségétől, az alkalmazott üzemmódtól, de a vételi sávban pillanatnyilag uralkodó zavaró jelek szintjétől is (QRM, QRN).

A hasznos jelnek és a zavarnak arányát jelentősen befolyásolja az adó- és a vevőantenna nyeresége. Adóoldalon nemcsak a TX kimenő teljesítménye fontos, hanem a  $G_a$  antennanyereséggel meghatározható effektív kisugárzott teljesítmény (ERP). Nagyon igaz a szállóige, miszerint „legjobb adó a jó antenna”..., s ne a villanyszámlára költson az adóamatőr, hanem az antennaparkjára. Az elmúlt 20 évben igen sok jó példát láthattunk hazai viszonylatban is arra, hogy felkészültebb amatőreink tisztában vannak a jól méretezett antennák jelentőségével.

A 20. ábrán szematikusan feltüntettük egy olyan összeköttetés energiaviszonyait, amelyben van földi visszaverődés is. A berajzolt csilla-

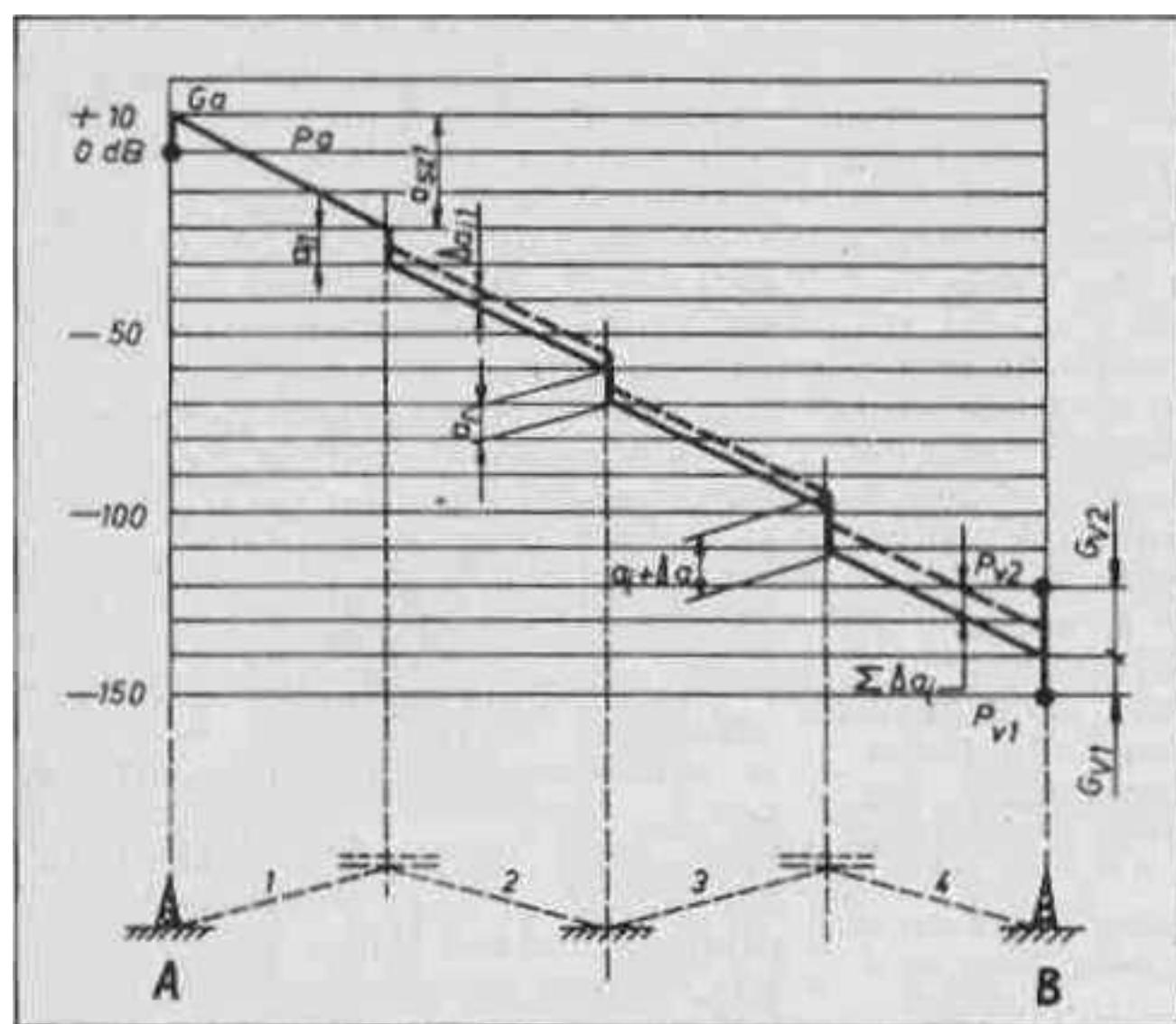
pításértékek itt tájékoztató jellegűek, a pontos értékeket adott összeköttetésre, több adat birtokában lehet meghatározni. Fentebb, a)...e) pontok szerinti komponenseket külön-külön számítjuk vagy gyakorlati alapon közelítjük.

### 2.2.1. A szabadtéri csillapítás meghatározása

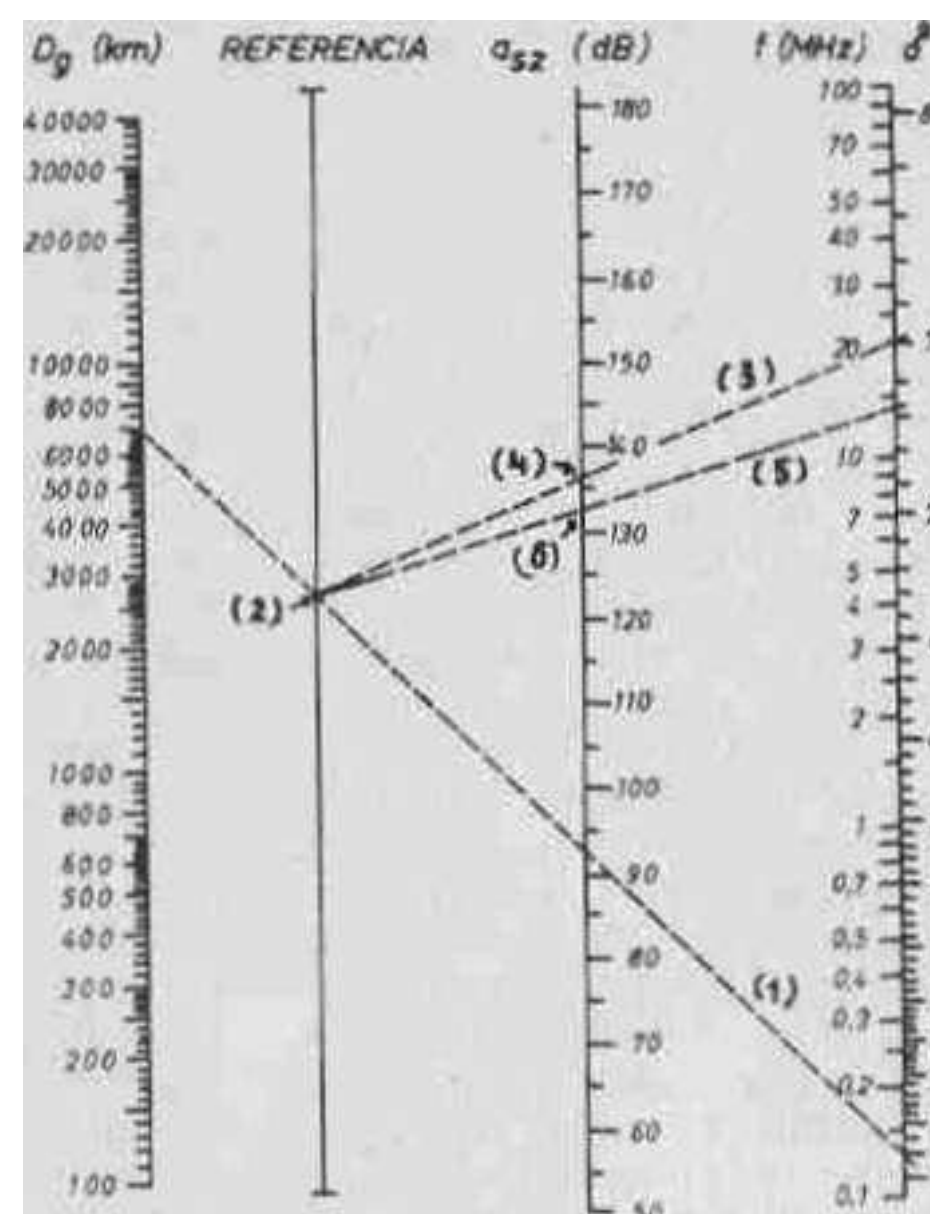
Ha az adóantenna izotrop, vagyis minden irányban egyenletesen sugároz, akkor a teljesítmény egy  $d$  sugarú gömb felszínén oszlik el egyenletesen. A vételi pontban,  $d$  távolságban a vevőkészülékbe annyi teljesítmény jut, amennyit a vevőantenna „be tud gyűjteni” hatásos felületével. A különböző antennák hatásos felülete más és más, áttekintésükhöz ajánljuk az [1] irodalom 6.1. táblázatát.

A szabadtéri csillapítás figyelembevételkor legegyszerűbb izotrop antennát használni vételre is, majd az izotrop antennára vonatkoztatott nyereséggel korrigálni a vett teljesítményt. Az izotrop antenna hatásos felülete  $\lambda^2/4\pi$ . A ténylegesen használt,  $G$  nyereségű antenna hatásos felülete az izotrop antennáénak  $G$ -szerese:  $(\lambda^2/4\pi) \cdot G$ . Két izotrop antenna között a szabadtéri csillapítás tehát:

$$a_{sz} = 20 \lg \frac{47d}{\lambda} \quad [\text{dB}] \quad [8]$$



20. ábra. Általános kétugrásos összeköttetés rádiófrekvenciás energiaviszonyai



21. ábra. Nomogram a szabadtéri csillapítás meghatározására. a nagykörmenteni távolság és a sugárzási szög függvényében, különböző frekvenciákon, izotrop antennák között

E formulából látható, hogy adott antenna hatásos felülete függ a hullámhossztól, tehát a szabadtéri csillapítás is frekvenciafüggő lesz. A [8] összefüggésben a  $d$  távolságot is  $m$ -ben, a  $\lambda$  hullámhosszat is  $m$ -ben kell behelyettesíteni. Másik, gyakorlatban többet használt képlet a szabadtéri csillapítási számítására:

$$\alpha_{sz} = 32 + 20 \lg d + 20 \lg f \text{ [dB]} \quad [9]$$

Itt a  $d$  távolságot  $km$ -ben, az  $f$  frekvenciát  $MHz$ -ben kell behelyettesíteni, hogy jó eredményt kapjunk. A  $d$  távolság mindkét formulában a rádióhullám útvonalának hosszát jelenti.

Figyelembe véve a korábban bemutatott 13. ábra szerinti geomet-

riát, és a fentebbi összefüggéseket, a szabadtéri csillapítás meghatározására nomogramot szerkesztettek. Ezt a segédletet a 21. ábrán mutatjuk be. Használatára nézzük az alábbi példát!

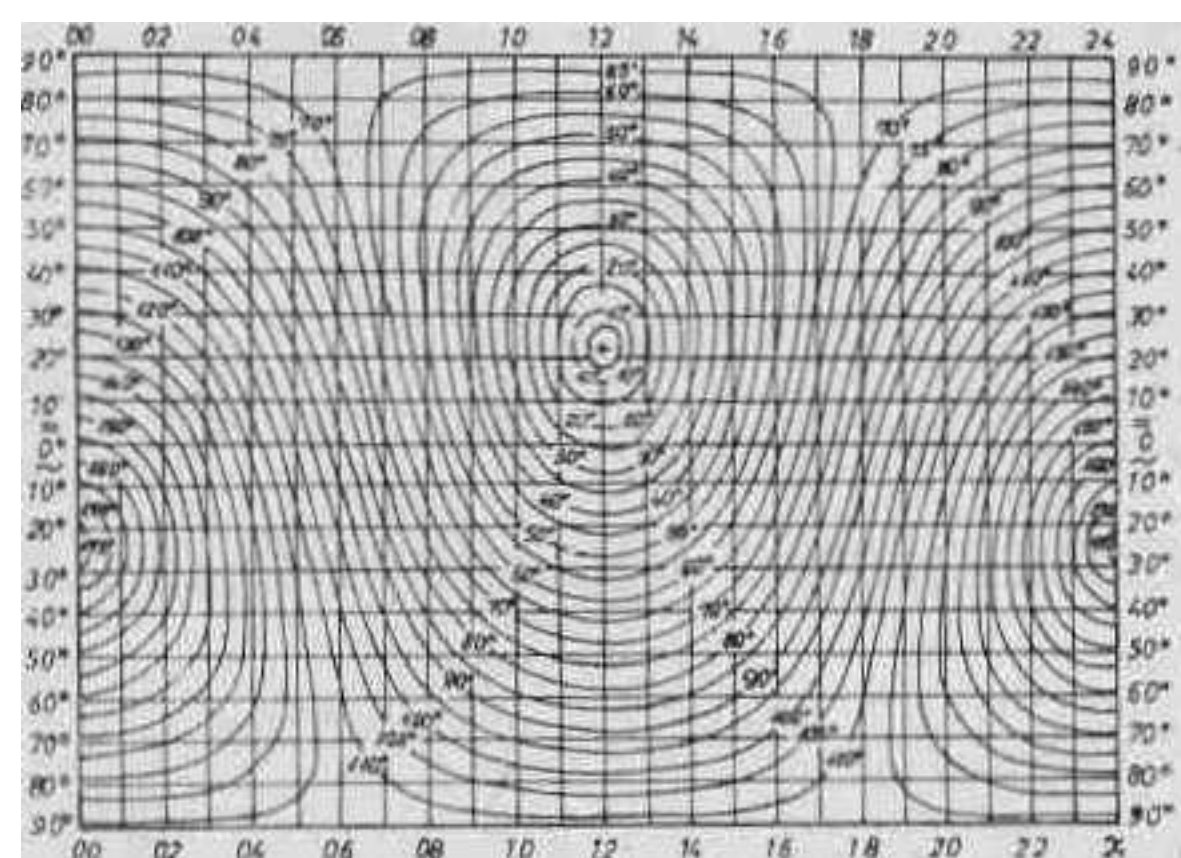
Legyen az antenna  $\delta$  sugárzási szöge  $10^\circ$  és az áthidalni kívánt távolság  $7000 \text{ km}$ . (Ez a két állomás közötti nagykörmenteni távolság.) Összekötve a  $10^\circ$  és a  $7000 \text{ km}$  értékeket, az összekötő szaggatott vonal (1) metszi a nomogram referenciavonalát. Ez lesz a (2) pont. Ha az összeköttetés a  $21 \text{ MHz}$ -es sávban történik, akkor ezt az értéket kötvük össze a (2) ponttal, s megkapjuk a (3) szaggatott vonal által kimetszett (4) pontot a  $dB$ -skálán ( $136 \text{ dB}$ ). A  $14 \text{ MHz}$ -es

sávban létesített összeköttetéseknel ugyanerre a távolságra az (5) egyenes metszi ki a (6) pontot, jelen esetben  $133 \text{ dB}$ -t.

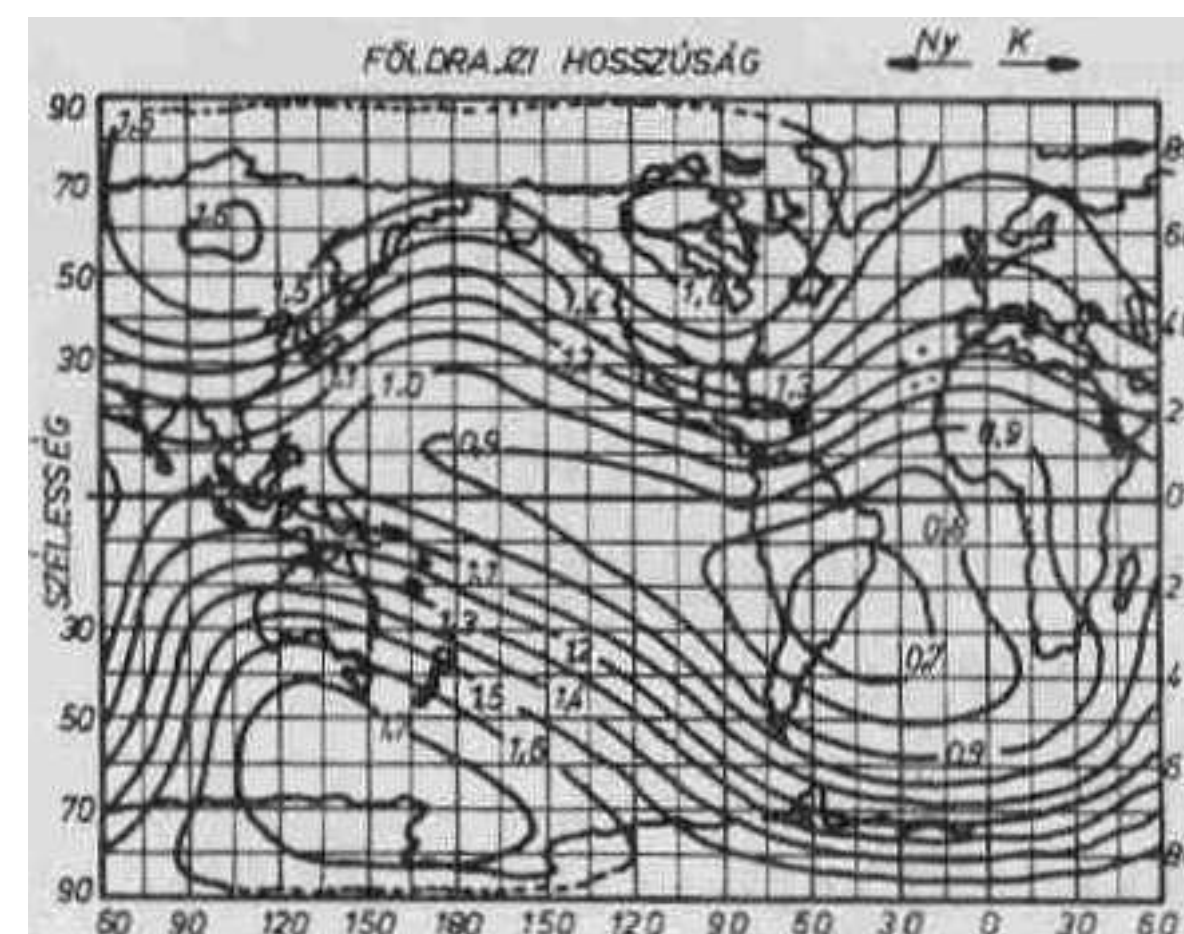
## 2.22. Az ionoszférikus csillapítás meghatározása

Jelentős tényezője az összeköttetés-méretezésnek az ionoszférarétegekben bekövetkező csillapítás számítása. Az energiaelnyelődésről korábban már beszéltünk, pontosabb módszerek kidolgozása ma is kutatási téma.

Az eddigi tapasztalatokat egyszerű képletek és sok mérési eredményt összefogó nomogramok jelentik. A mérések elsősorban az



22. ábra. Napzenitszög térkép júniusra. Egész évre összesen 12 térkép elegendő, az abszorpciós index elegendő pontosságú meghatározására



23. ábra. Világtérkép az  $f_H$  girofrekvencia-értékekkel,  $100 \text{ km}$ -es magasságban mért mágneses térerősségekből számítva



ionoszféra elektronsűrűségének, a részecskesűrűségnek és a csillapításnak a kapcsolatára mutatnak rá, állandósult esetben. Az ionok, szabad elektronok keletkezésének és megszűnésének folyamata közben az elektronsűrűség egy „megfogható” jellemző, s a másodpercenkénti ütközések száma is összefügg az ionoszférikus csillapítással.

A veszteségek jelentős része éppen abból ered, hogy a rádiófrekvenciás mozgást végző elektron az ütközés során „beépül”, rekombinálódása után már nem mozog úgy, hogy rádiófrekvenciás teret létesítsen. Csak azok a szabad elektronok vesznek részt a rádióhullámok visszaverődésének folyamatában, amelyek mindvégig elvégzik azt a mozgást, amelyet a rádiófrekvenciás tér rájuk kényszerített. Az ionoszférikus veszteség számításához tehát figyelembe kell venni a visszaverő térrész állapotának jellemzőit. E jellemzőket végülis egy abszorpciós tényezővel fogjuk figyelembe venni számításra alkalmas formulában.

Beszéltünk arról, hogy az ionoszféra létrejöttében, a rétegek kialakulásában és mozgásában milyen jelentős a nap szerepe. Elsősorban a nap aktivitása határozza meg az ionoszféra állapotát, ezért egyik jellemző az  $R$  napfolt-relatívszám lesz. A napsugárzás beesési szöge ugyancsak fontos: az egyenlítő fölött erősebben érvényesül az ioni-

záló hatás, mint pl. a mi szélességünkön. A napsugarak beesési szögét napzenitszögnek nevezik és  $\chi$ -vel ( $k\chi$ ) jelölik. Értéke délben az egyenlítő fölött 0 fok, a napéjegyenlőségek napjain, ugyanakkor a felkelő nap  $\chi = 90$  fok alatt látszik.

A nap zenitszöge tehát napszaktól és évszaktól függ, értékére minden hónapra jól közelítő térképet adnak meg. E térképeken világidőben (UT) délben ábrázolják azokat a vonalakat, amelyek mentén a zenitszög értéke 10, 20 -.. 170

fok. A térképek méretekben arányosak a 18. ábrán bemutatott világtérképpel, szélességi fokbeosztásuk is hasonló, a hosszúsági osztásokat pedig a világidő óraosztásai jelentik.

Ha ezeket a zenitszög térképeket (lásd: 22. ábra!) hasonlóan képezzük ki, mint a 19. ábra szerinti segédletet, vagyis a világtérképpel azonos méretű filmet készítünk róluk, jellemezni tudjuk az ionoszférának azt a térrészét, ahol a visszaverődés történik. Korábban, az útvonal-jellemzők meghatározásánál elkészítettük a 3. táblázatot. E táblázatban megtaláljuk a zenitszög értékét is, amelynek segítségével majd meghatározzuk az abszorpciós tényezőt.

Az ionoszférikus csillapítás függ a föld mágneses terének értékétől is. A föld mágneses tulajdonsága régen közismert, alaposabb kutatása azon-

ban ma is folyik: a mágneses regisztrátumok a Föld belsejének és a bennünket körülvevő magnetoszférának „rejtjeles üzenetei”, amelyek megfejtésére több évszázad kell... A sok kutatási eredmény azonban egyértelműen rámutatott az ionoszféra igen nagy erősségű elektron- és ionáramainak, valamint a földmágnesség változásainak kapcsolatára.

Korábban, a [3] formulában megadtuk annak a frekvenciának értékét, amelyiken az ionoszféra — éppen a földmágnesség miatt — teljes egészében elnyeli a reá sugárzott rádiófrekvenciát. Az  $f_H$  girofrekvencia a Föld mágneses terétől függ, ezért függ a földrajzi helytől is. Értéke Magyarországon 1,28 MHz. az egész földre 0.7 MHz-től 1,6 MHz-ig változik, amint ezt a 23. ábrán bemutatjuk. E térkép ugyancsak azonos méretű lehet, mint a 18. ábra. Minden olyan esetben használjuk, amikor az ionoszféra visszaverő felületét az  $f_H$  girofrekvenciával jellemezzük.

(Folytatjuk)

Irodalom:

1. Meinko—Gundlach: Rádiótechnikai kézikönyv. Műsz. K. 1961.
2. Dr. Flórián Endre: Hullámterjedés. Műsz. K. 1956.
3. Kenneth Davies: Ionospheric Radio Propagation. National Bureau of Standards. Monograph 80. 1965

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 7.

Szabó István okl. rádióhírközlő szakmérnök. HA5KfV

Az ionoszférikus csillapítás számításához szükséges tényezők közül eddig szó volt az elektronsűrűség szerepéről, az ionok és semleges részecskék ütközéséről a szabad elektronokkal az időegység alatt, a nap-sugarak  $\chi$  zenit szögéről és a földmágnesességgel kapcsolatos  $f_H$  girofrekvenciáról. Említettük azt is, hogy abszorpció (elnyelési) tényezővel fogjuk figyelembe venni az ionoszféra állapotát a tér azon részében, ahol a visszaverődés történik.

Ha áttekintjük a rádiófrekvenciás energia elnyelődésének folyamatát, megállapíthatjuk, hogy a veszteségek csaknem teljes egészében a D-rétegben keletkeznek. A 60–90 km magasság mellett még elég sűrű a légkör ahhoz, hogy gyakori legyen az ütközések száma egy másodperc vagy a rádióhullám egy periódusa alatt. Az elektronsűrűség (és az ionsűrűség) ugyanakkor egyre számottevőbb lesz a magasság növekedésével.

Korábban részleteztük azt is, hogy a Nap mindenkori tevékenysége meghatározza az ionoszféra állapotát. Nemzetközileg elterjedt hagyományos jellemzője a naptevékenységnek a Wolf-féle napfolt relatív szám. Ennek Jele R vagy W a szakirodalomban. Több évszázados megfigyelés alapján R értékének változásai közel 11 éves ciklusokat mutatnak. A napfoltok és -csoportok számát és elhelyezkedését a napkorongon naponta feljegyzik a Föld sok csillagvizsgáló obszervatóriuma. Az eredeti Wolf-képlettel korrigált relatív számot képeznek, ezzel a 300 évvel korábbi adatokkal egyező lesz R értéke. Nyugodt nap esetén  $0 < R < 10$ , közepes naptevékenység mellett  $50 < R < 100$  míg a naptevékenység maximumán R meghaladja a 200-at is.

A napon lejátszódó eseményekről több más adat is feljegyzésre kerül, amelyek az ionoszféra állapotával kapcsolatosak már néhány perc múlva, vagy órák, esetleg csak napok múlva.

A rádiócsillagászat területe külön nagy témaköre a tudományos kutatásnak, minden rádióamatőrnek ajánljuk a szakmai kirándulást fő energiaforrásunk, legközelebbi természetes rádióállomásunk „életfolyamatainak” megismerésére.

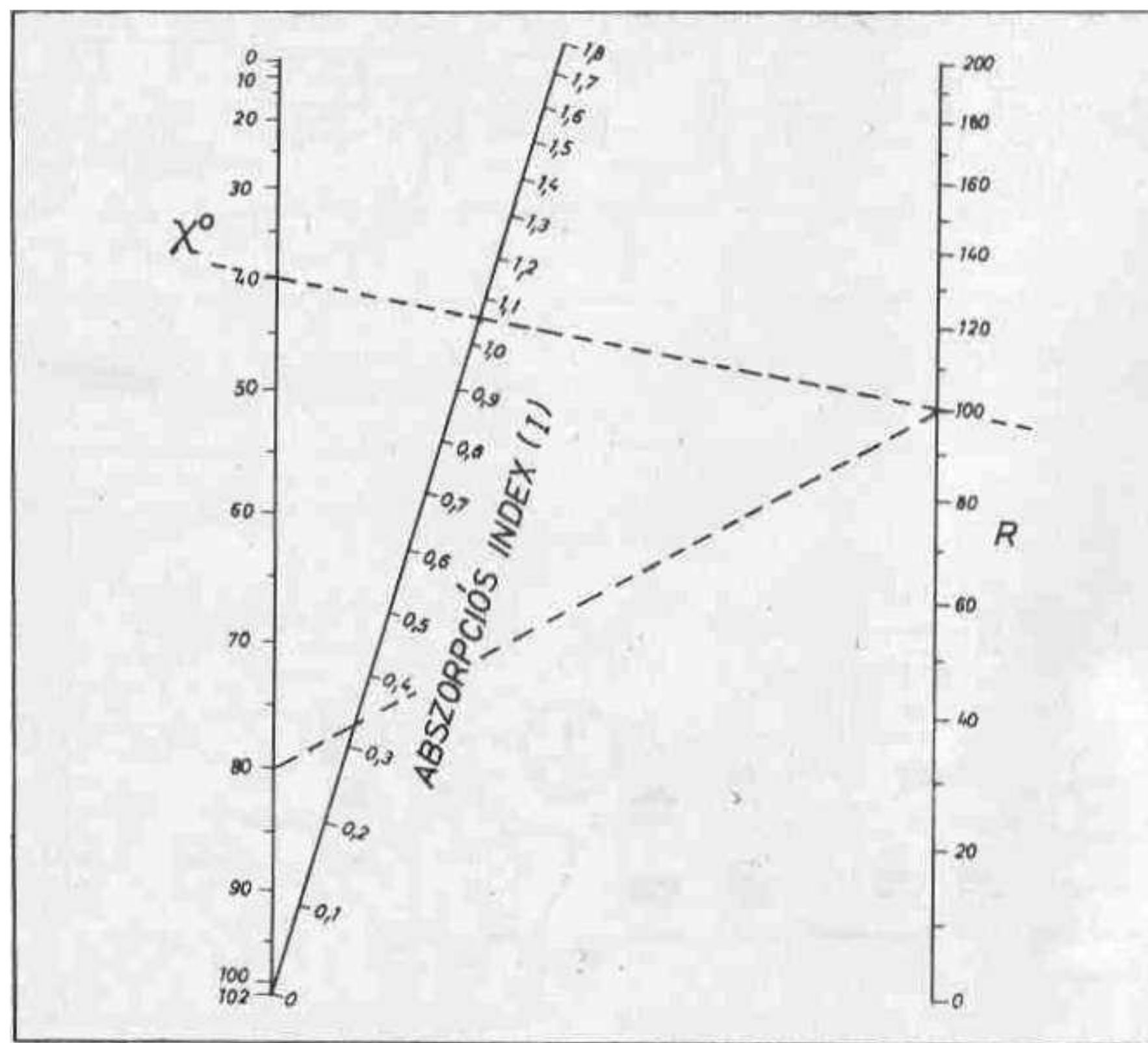
Esetenként hallhattunk már a Naptól jövő sugárzás energiájának hirtelen megváltozásairól, a napkitörésekről. Kisebb mérvű napkitörés szinte mindennap van, egy-egy nagyobb napkitörés alkalmával tapasztalt jelenségeket és a mért adatokat azonban részletesen tárgyal a rádiócsillagász szakirodalom. Az

1972. aug. 4-i nagy méretű napkitörés alkalmával az egyik csoportban — amelyről már előzőleg is sajtóságos feljegyzni észleltek — igen fényes pontok (flarek) jelentek meg. A flarek hőmérséklete sokkal magasabb, mint a napfelszíné, de ezek a fényes pontok a megszokottnál is fényesebben ragyogtak: hőmérsékletük 20 millió fok körül volt. Az ilyen nagyon magas hőmérsékletű erős röntgen- és gamma-sugárzás tartozik, ezt a csillagászok műszerei észlelték is. A kemény, nagy energiájú sugárzás a szokottnál jóval erősebb ionizáló hatást váltott ki az ionoszféra összes rétegeiben. Különösen jelentős volt a D-rétegre gyakorolt hatás, többször 10 dB-lel megnőtt a D-réteg csillapítása. Ez azt jelentette, hogy aug. 4-én 06.05 és 12.00 óra között (ÜT) a rövidhullámú összeköttetések teljesen megszakadtak, a nagy teljesítményű professzionális adóállomásokkal is! A Föld nappali félgömbjén a rövidhullámú forgalom megbénult, ugyanakkor az URH-állomások igen nagy távolság-ból is vehetőek voltak. Ez utóbbi je-

lenség több napon keresztül — tehát a rövidhullámú forgalom helyreállása után is — tapasztalható volt, mert a fentebb említett nagy energiájú röntgen- és gamma-sugárzást hasonlóan jellemezhető részecskesugárzás is követte.

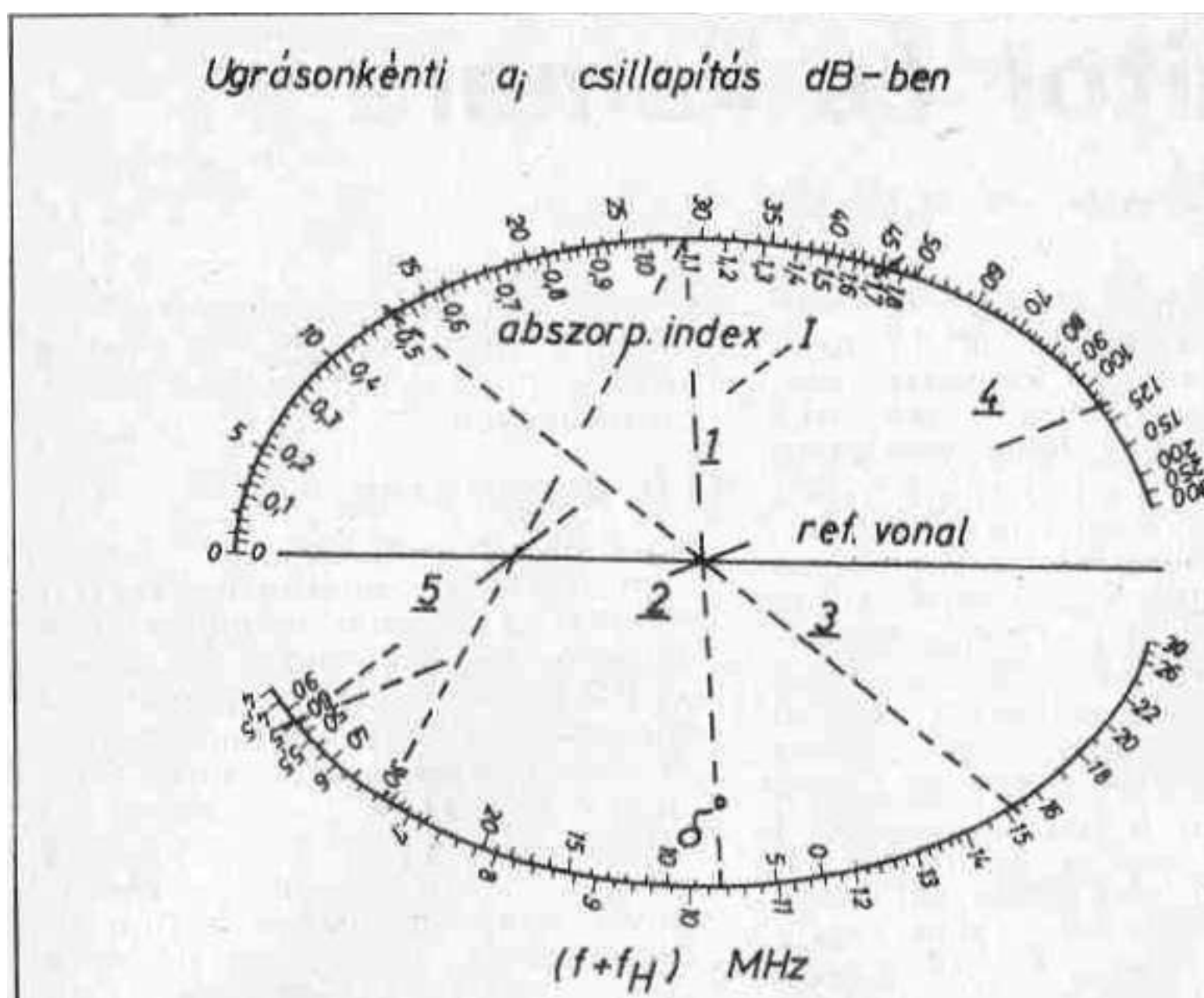
Feljegyeztek pl. 50...100 MeV-os (megaelektronvoltage) proton-sugárzást, amelyet a földi mágneses tér a sarki „sapkák” környékén fogott be. Ezek a részecskék jelentősen megnövelték a pólussapkák ionizáltságát, hozzájárultak a magasabb ionizáció létrejöttéhez a sarki övezetekben. Hatásuk több napon keresztül érezhető volt az éjszakai félgömbön is. Ez idő alatt intenzív sarki fényjelenséget tapasztaltak a sarki övezetektől távolabb is, az ionoszféramérő állomások megerősödő szporadikus E-réteget regisztráltak.

A napkitörés észlelésével egyidejűleg megnövekedett a Nap rádiófrekvenciás sugárzása is: a 200 MHz...35 000 MHz tartományban a szokott télerősség többszöröse volt mérhető. A rendszeresen regisztrált 3 cm-es hullámhosszú jelek inten-



24. ábra. Nomogram az  $I$  abszorpciós index meghatározására,  $R$  napfolt relatív szám és  $\chi$  napzenitszög ismeretében. Példánkban  $R = 100$  esetén  $\chi = 40^\circ$  mellett  $I = 1,06$ , míg  $\chi = 80^\circ$  mellett  $I = 0,33$





25. ábra. Nomogram a [11] szerinti formula gyors használatához. Az aláhúzott számok a bemutatott példa követését segítik

zítása pl. a szokásosnál ötször nagyobb volt.

Elmondhatjuk tehát, hogy az ionoszférát a nyugodt nap sugárzása hozza létre rádiózásra alkalmas állapotban, míg az erősebb naptevékenység (-kitörés) esetén olyan ionoszféra zavarok tapasztalhatók, amelyek a rádiózást a megszokott módon akadályozzák vagy lehetetlenné teszik. Ezért fontos a napon lejátszódó események folyamatos figyelése, olyan adatok feljegyzése, amelyekből a rádióösszeköttetések körülményei és lehetőségei előre jelezhetők.

Visszatérve a nyugodt napsugárzás mellett bekövetkező ionizáció esetéhez, az abszorpció tényező kifejezhető az R napfolt relatív számmal és a  $\chi$  zenitszöggel:

$$I = (1 + 0,0037R) \cdot (\cos 0,881\chi)^{1,3} \quad [10]$$

R értékét a megelőző 12 hónap havi átlag alapján előre jelzik minden hónapra, majd ezt az értéket korrigálják. A  $\chi$  zenitszög napi menetét a megelőző részben, a 22. ábrán mutattuk be, adott hónapra. A zenitszög évi menetét — mint említettük — úgy vesszük figyelembe, hogy minden hónapra másik térképet használunk. A napéjegyenlőségek alkalmával a zenitszögértékek azonosak adott földrajzi szélességű pontokban, akár az északi, akár a déli féltekén jelöljük ki a szóban forgó szélességértéket.

A [10] összefüggés kisebb programozható kalkulátoron is számítható, R- és  $\chi$ -adatok regiszterbe töltésével. Elterjedten használt — kézi számításokhoz — a 24. ábra szerinti nomogram, amely

ugyancsak a [10] képletre épül. Az ábráról leolvashatjuk, hogy például R 100-as napfolt relatív szám mellett 40 fok zenitszögértékhez  $I = 1,06$  abszorpció tényező tartozik. Ha napnyugta felé a zenitszög 80 fokot vesz fel, az abszorpció tényező lecsökken 0,33-ra, jóllehet R értéke nem változott. Az abszorpció index változása naponta a D-réteg csillapításmenetét jelenti. Ha a zenitszög értéke 100 fok fölötti, az I-érték zérus: éjszakára nem kell számolni a D-réteg jelentős csillapításával!

Pontosabb számításokhoz a kapott I-értéket nyáron 1,0-gyel tavasszal és ősszel 1,15-dal, a téli hónapokban 1,3-dal szorozzák. Vegyük figyelembe, hogy adott összeköttetésnél a különböző ugráspontokban különböző évszakok lehetségesek!

Az abszorpció index nagysága mellett a rádióhullámok csillapodása attól is függ, hogy mekkora utat tesznek meg a csillapító hatású közegben. Ezt az utat az ionoszférába lépő hullám beesési szögével, a réteg magasságával és a földszugárral számíthatjuk. Korábban volt szó arról is, hogy a frekvencia szerepe az egy periódusidőre jutó ütközésekkel kapcsolatban jelentős. Ezért a tapasztalati formula figyelembe veszi a rádióhullám frekvenciáját, sőt a giromágneses veszteséget is. Az ionoszférikus csillapítás egy ugrásra:

$$a_1 = \frac{677,2}{[(f + f_H) \cdot 1,98 + 10,2] \cos \alpha_0} \cdot I \quad [11]$$

Ez a formula az ionoszférikus csillapítást dB-ben adja, ha a frekvenciát MHz-ben helyettesítjük be. Az útvonal hossza az  $1/\cos \alpha_0$  tényezőben van,  $\alpha_0$  helyett a  $\delta$  kilövési szöggel is számolhatunk.

Ha az összeköttetés több ugrásból áll, mindegyik visszaverődési pontra külön kell meghatározni az I-értéket és vele  $a_1$ -t, a giromágneses és a zenitszögnek a földrajzi helytől való függése miatt. Ezután a kapott dB-értékeket összeadjuk.

Meggyorsítja a munkát itt is a kidolgozott nomogram használata (25. ábra). Ezzel az abszorpció tényező és az antenna kilövési szögének ismeretében, adott frekvencián, a visszaverődési pontokra jellemző giromágneses ismeretében a csillapítás mértékét gyorsan meghatározhatjuk.

Legyen például az első ugráspont-ra az abszorpció index 1,10 és az antenna kilövési szöge  $\delta=8^\circ$ ! E két értéket kössük össze a 25. ábrán az 1 egyenessel (szaggatott vonal)! Az

1 egyenes 2 pontban metszi a referencia-egyenest. Ha az összeköttetés frekvenciája 14,0 MHz és a visszaverődés koordinátái  $50^\circ$  É,  $10^\circ$  Ny - a giromágneses értéke a 23. ábra szerint 1,27 MHz - az  $(f + f_H)$  érték 15,27 MHz lesz. A frekvenciakálán kijelölve ezt a pontot, kössük össze a 2 metszésponttal, majd az egyenest hosszabbítsuk meg a csillapítás skáláig. A kapott csillapításérték 13,5 dB.

Ugyanazon körülmények között, de 3,6 MHz-en lényegesen nagyobb csillapítást kapunk: 110 dB-t. Ez a nagy csillapítás az adott körülmények mellett lehetetlenné teszi az összeköttetést a 80 m-es sávban. Magasabb kilövési szög mellett, pl.  $30^\circ$ -nál már lényegesen kisebb csillapítást (45 dB-t) kapunk, feltéve, hogy az újabb visszaverődési pontban is 1,10 lesz az abszorpció tényező. E két példából jól látható, hogy a D-réteg jelenlétében (nappal) létesített összeköttetéseknel a csillapításviszonyok miatt is csak a nagyobb frekvenciás sávok jöhetnek számításba. A frekvencia-megválasztás más, nemkevésbé lényeges szempontjairól a továbbiakban lesz szó.

( Folytatjuk )

#### Irodalom:

1. N. V. Puskov: Napkitörések és geofizikai hatásai. TIT Csillagászati Évkönyv, 1976.
2. Dr. Flórián Endre: A rádiós távközlés ionoszférakutatási igényei, Asztronautikai Közl. 1973
3. Kenneth Davies: Ionospheric Radio Propagation, NBS. Mon. 80 1965.

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése

Szabó István okl. rádióhírközlő szakmérnök. HA5KFV

Az ionoszférikus csillapítás meghatározásának az eddigiekben tárgyalt módszere, amely a 25. ábrában van összesűrítve, gyors és elterjedt tapasztalati alapjai burkolatlan tartalmaznak az ionoszférikus abszorpció több komponensét.

A csillapítás jelentős hányada a D-rétegben való áthatolás, a D-rétegben megtett út közben következik be. A korábbiak alapján tudjuk, hogy D-réteg csak nappal van, ezért különbséget kell tenni éjszakai és nappali ugráspontok csillapításának meghatározásában.

A 25. ábra szerinti eljárás nappali összeköttetéseknel sem különbözteti meg az E-rétegben vagy az F1, F2 rétegekben történő elhajlást és törést, a lehetséges különböző esetekre pontosabban meghatározható csillapításokat. Amikor a nagyobb kilövési szög mellett indított rádióhullámok az E-rétegen áthaladva az F1, vagy az F2 réteg közvetítésével érkeznek rendeltetési helyükre, útjuk közben minden olyan réteg csillapító hatású, amelyen áthaladnak. A részcsillapítások vizsgálatánál külön lehet számítani a felszálló és külön a leszálló ágban bekövetkezett csillapítást.

Ez a pontosabb eljárás több adatot is igényel: minden rétegre ismereni kell az elektronsűrűséget és az ütközések számát másodpercenként és m-enként. Ezekkel az adatokkal, továbbá az összeköttetés frekvenciájának és az ionoszféra helyén érvényes girofrekvencia értéknek figyelembevételével méterenkénti csillapítást határozhatunk meg, minden rétegre külön. A különböző rétegekben megtett utakat a rétegvastagság és a kilövési szög ismeretében ugyancsak számíthatjuk. A hosszegységre eső csillapítás formulája az alábbi:

$$\chi = 1,36 \cdot 10^7 \cdot \frac{N_e \cdot v}{(f + f_H)^2} \quad [12]$$

ahol:

- $\chi$  = a méterenkénti csillapítás N-ben,
- $v$  = az ütközések száma/m<sup>8</sup>
- $N_e$  = a rétegben mért elektronsűrűség/m<sup>3</sup>
- $f$  = az összeköttetés frekvenciája Hz-ben
- $f_H$  = a helyre érvényes girofrekvencia Hz-ben.

Amikor  $v \ll f$ , a [12] képlet elegendő pontosan adja  $\chi$  értékét. Látható, hogy a csillapítás mértékét a rétegre jellemző  $N \cdot v$  szorzat adja meg, de erős a frekvenciától való függés is.

A csillapításra jellemző  $N_e \cdot v$  szorzatot egyszerűen képezhetjük a

kézikönyvek táblázatainak adataiból is, nagyságrendi tájékoztatásra. A D-réteg kis csillapítását gyakran észleljük az ionogramokon, amikor a földfelület és az ionoszféra visszaverő rétegei között többszörös visszaverődéseket láthatunk. Ilyen esetet mutatunk be a 20. ábrán. Éjjel gyakori mérési eredmény, de ha nappal is van ilyen, a D-réteg csillapítása a szokottnál gyengébb.

Emlékeztetünk arra az esetre, amikor a naptevékenység intenzív, s az ionoszférát a szokottnál jóval nagyobb energiájú ultraibolya-, röntgen- és részecskesugárzás éri. Ekkor az ionizáló hatás mélyebben hatol a légkörbe és intenzívebb (több elektron-ion pár keletkezik másodpercenként).

Az ilyenkor képezhető  $N_e \cdot v$  szorzat minden rétegre nagyobb, s az ionoszférikus csillapítás értéke 40... 50 dB-lel is megnövekedhet. Az eredmény: néhány órára a rövidhullámú forgalom teljesen leáll és csak az erősen ionizált állapot lassú csökkenésével válnak ismét hallhatóvá a rövidhullámú állomások, előbb a több kW-osok, majd a kisebb teljesítményűek.

Az ionoszférikus csillapításra vonatkozó [12] formula mutatja, hogy alacsonyabb frekvenciákon kedvezőtlenebb a helyzet. Adott teljesítmény mellett az alacsonyabb frekvenciájú jel a vételi pontban kisebb térerősséget létesít, a nagyobb mérvű elnyelődés miatt. Ez szükségszerűen következik abból, hogy a rádiófrekvenciás jel egy periódusideje alatt alacsony frekvencián több elektron-ion pár vagy elektron-semleges részecske ütközik, s vész el a rádiófrekvenciás mozgást is végző elektron hasznos térerősséget létrehozó energiája.

A nagyobb csillapításértéket nagyobb kisugárzott teljesítménnyel lehet ellensúlyozni. Van azonban egy teljesítményérték, amelyet gazdaságosnak mondhatunk, vagy amelyre az adóberendezés engedélyokirata vonatkozik, s ezt nem léphetjük túl. Ebben az esetben adott viszonylatra, a körülmények által meghatározott csillapítás mellett van egy legalacsonyabb használható frekvencia, a LUF (lowest useful frequency). Ezen a frekvencián az adott körülmények között lehet QSO-zni, alacsonyabb frekvenciákon nem. Az ionoszférikus csillapítás tehát az összeköttetések frekvenciáját alulról korlátozza.

[ — E helyen emlékeztetjük az Olvasót arra, hogy a Rádiótechnika Terjedési előrejelzéseiben a LUF értékét két különböző teljesítménvre adják meg: a 250-300 W adóteljesítmények mellett az összeköttetésre alkalmas, és nagyobb (1 — 2 kW-os)

adóállomások megfigyelésére alkalmas legalacsonyabb frekvenciákat jelölnek, két különböző folytonos vonallal.]

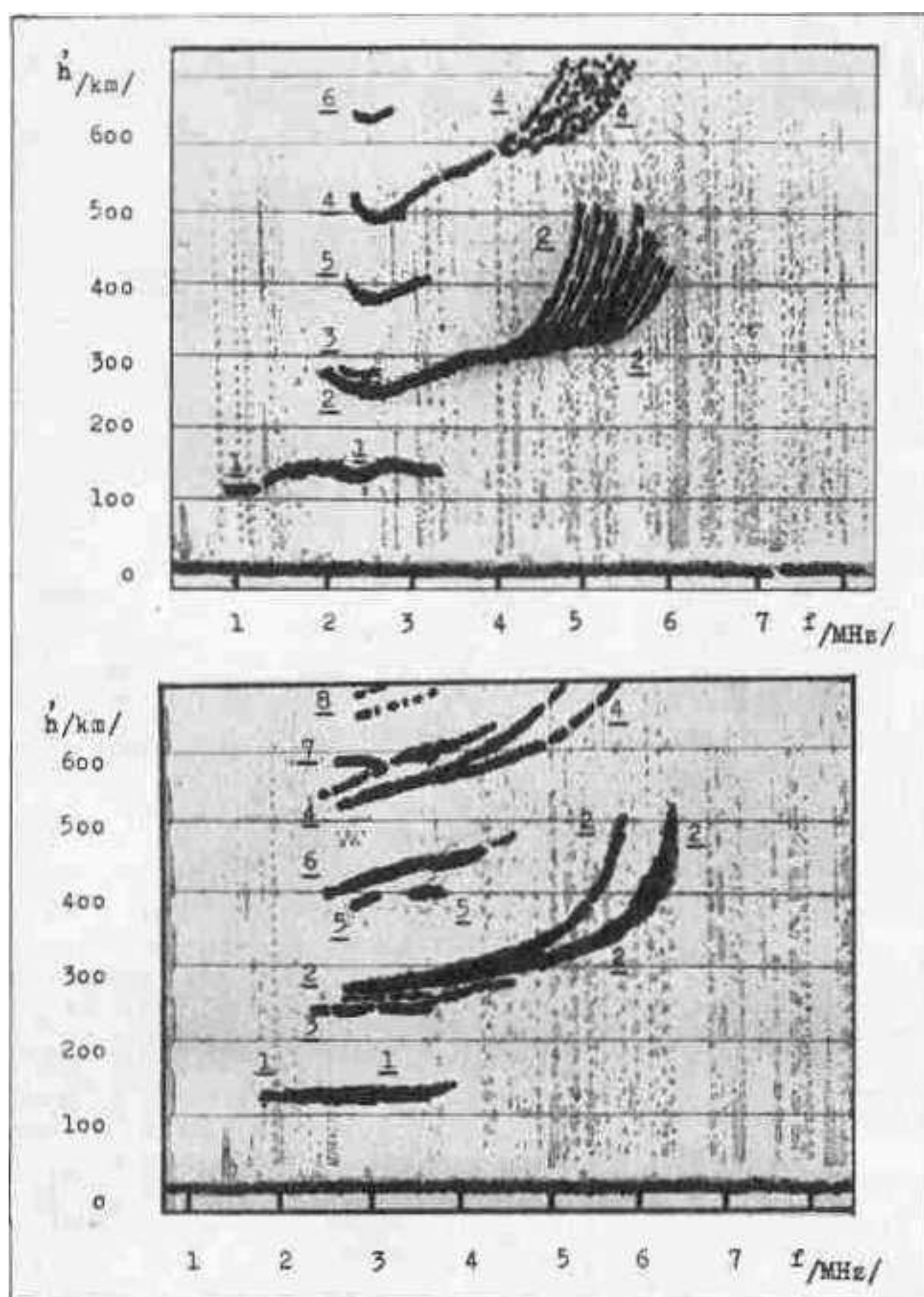
Az ionoszférikus csillapítás számítási eljárásainak részletezése, finomítása napjainkban is folyó, világméretű munka. A rendszeres csillapításmérés sok obszervatóriumban folyik, a legtöbbször párhuzamosan az ionogramok felvételével. A pontos csillapítás számításhoz amatőr gyakorlatban nem mindig állnak rendelkezésre az aktuális adatok, de ezekre a legtöbb esetben nincs is szükség. Későbbi példáinkban azonban többször fogjuk alkalmazni a 25. ábrát és a [12] formulát, a várható ionoszférikus csillapításérték meghatározására.

Az alacsonyabb frekvenciájú sávokban (1,8 és 3,5 MHz-en) folyó munkához érdemes átgondolni még a következő jelenségeket: Az E-réteg nappali tulajdonságai nem sokkal napnyugta után megszűnnek. Marad viszont egy gyengébben ionizált réteg úgy 130 km-es magasságban, ez az éjszakai E. Különösen regisztrálható e jelenség a napfoltmaximumok éveiben, a nyári hónapokban. Az éjszakai E nem olyan kifejezett „markáns” réteg, mint a nappali, ennek ellenére a középhullámok és a határhullámok (halász-sáv) számára stabil visszaverő felületet ad. A 160 m-es amatőrsáv, amelyen a forgalom napjainkban is fejlődik, terjedési sajátosságaival több feladványt produkál az amatőröknek, éppen az éjszakai E-réteg állapotával és az évszakokkal való változásaival.

Igaz, hogy a 160 m-es sávban a felületi hullámok jelentősége nagy: 1 kW-os adóteljesítmény mellett nappal 300 km körül van az 1  $\mu$ V/m-es térerősség szintvonala az adóantennától. De az E-rétegről való visszaverődéssel is ekkora, vagy nagyobb térerősséget kapunk. A kétutas terjedésnek ez a példája gyakran erős fading okozója, másrészt lehetőség arra, hogy a két különböző terjedési utat összehasonlítsuk, a D- és E-rétegek állapotának ismeretében. A kisebb csillapítású időszakok a szokásos alacsony adóteljesítmények mellett feltűnően jól kiugranak, de tudnunk kell, hogy a D-réteg átlagos abszorpciója mellett, nappal inkább a felületi hullámokkal létesíthetünk QSO-t. Napfolt-minimumok idején és a téli hónapokban nem ritka éjjel az F-rétegről való visszaverődés sem, 3000-4000 km-es ugrással.

Az alacsonyabb frekvenciájú hullámsávok (1,8 és 3,5 MHz) éjszaka akkor „mennek” Jól, ha előtte nappal az ionizáló sugárzás az F-réte-





26. ábra. Ionogram többszörös visszaverődésekkel. 1 E- és Es-rétegek, 120 km magasságban; 2 F-réteg, 280 — 320 km magasan, 270 km-en még látszik az F1 réteg maradványa; 3 Es — föld — Es visszaverődéssel kapott jel. A földről ismételt visszaverődött jel az Es réteget „kétszeres” magasságban „találta”; 4 F — föld — F visszaverődés, itt is kétszeres magasságban látszik a másodszorra mért F-réteg; 5 az Es-ről érkezett harmadik-visszaverődés; 6 F—Es— F visszaverődés; 7 F—Es— F—Es visszaverődés; 8 további visszaverődések

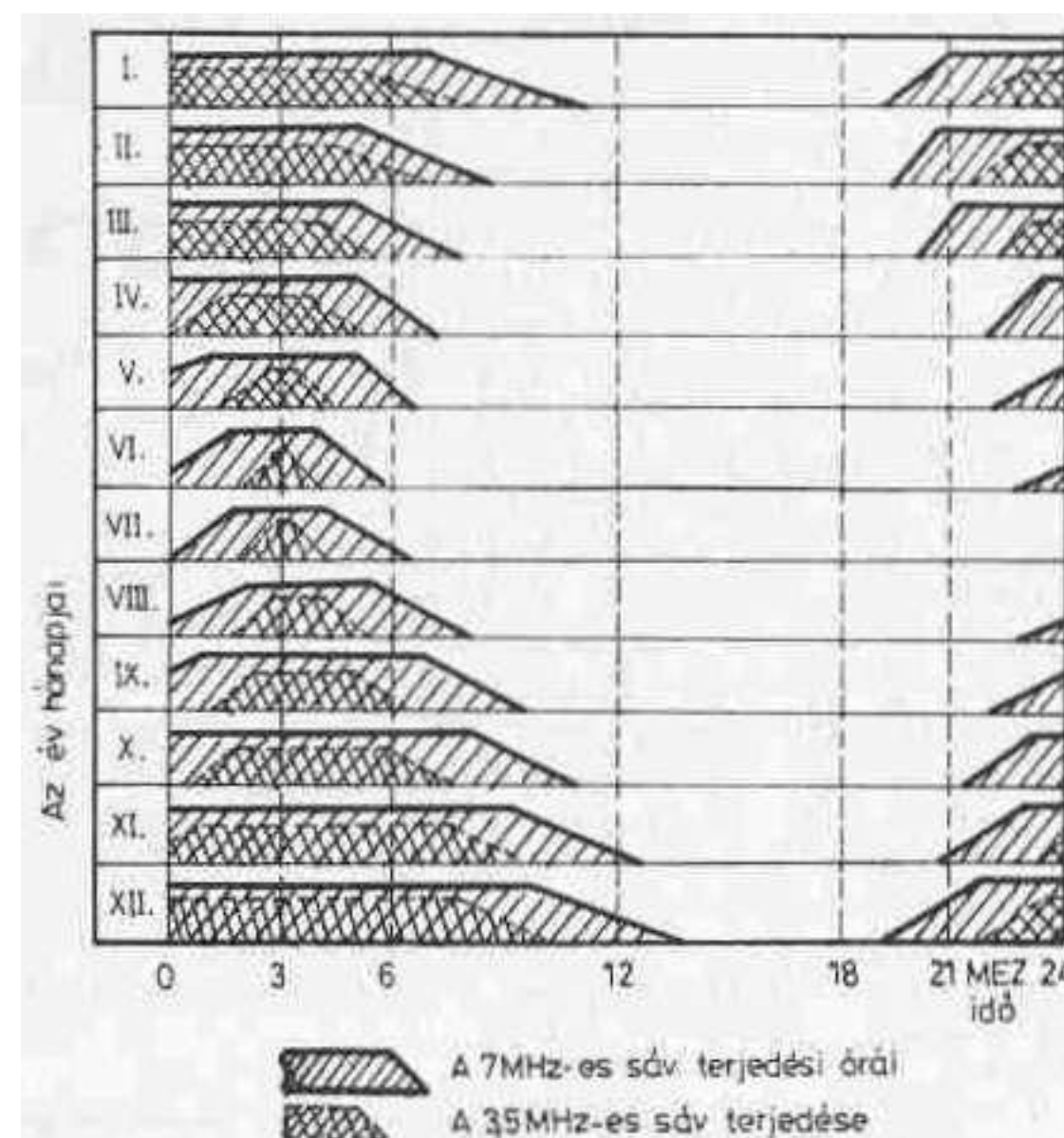
get a szokásosnál erősebben, a D-réteget ugyanakkor a szokottnál gyengébben alakította ki. Ilyen helyzet az ionizáló sugárzás spektrumának változásai során gyakran bekövetkezik: gondoljunk csak arra, hogy a légkör különböző gázmolekuláinak ionizálásához különböző hullámhosszú és más-más energiájú sugarakra van szükség. Ha nappal a D- és E-réteg gyengébb volt, ugyanakkor az F1 és F2 erősebben ionizáltak. Alkonyat után hamarosan lecsökken az ionoszférikus csillapítás és lehetővé válik az F-módú összeköttetés alacsonyabb frekvenciákon is, akár többszöri visszaverődés mellett.

A 80 m-es sávban 200 W teljesítmény mellett a felületi hullámok hatósugara 200 km körüli. Éjszaka 150 — 250 km-es holtzónát tapasztalunk, mert az F-rétegről a nagyobb  $\delta$ -szögek mellett is 150 km-re az adótól ér földet a térhullám. Alacsonyabb kilövési szögek mellett nem ritka a 3500 km-es ugrás sem. Kedvező esetben két, három ugrásos

összeköttetéssel értékes DX-et csinálhatunk.

Ugyanezen a sávon a reggeli és kora délelőtti órákban 1 E módban, nagyobb teljesítménnyel 2 E módban dolgozhatunk, míg a megerősödött D-réteg el nem nyeli a kW-okat is... Ezután a 3,5 MHz, de gyakran a 7 MHz-es sáv is az 1 kW-hoz tartozó LUF-érték alá kerül. A 27. ábrán megadtuk a QSO-órákat, napfoltminimum időszakában (Dr. Flórián Endre nyomán).

Különös figyelmet érdemel a 80 m-es sávban létesíthető összeköttetések szempontjából is az alacsony naptevékenység időszaka. Ilyenkor  $R < 20$ , s az ionizáló hatás gyenge. Ez a magasabb frekvenciák szempontjából egyfajta problémát jelent, amiről a későbbiekben lesz szó. Most az a lényeges, hogy a gyenge ionizáltság következtében az ionoszférikus csillapítás is lényegesen kisebb. A 80 m-es sávban a visszaverődéssel kapcsolatos problémák nem jelentkeznek, akármilyen gyenge is az F-réteg.



27. ábra. A 3,5 MHz és a 7 MHz-es hullámsáv terjedése Európa—Észak-Amerika között. E viszonylatra a 3...4 F-módban kapunk útvonalat. Nappal mindkét hullámsáv a LUF alatt van, éjszakai órákban télen több a lehetőség a 3,5 MHz-es QSO-kra is

Nos, ilyenkor a lecsökkent csillapításérték eredményeképpen az adott teljesítményű állomások térerőssége a szokottnál 10...20 dB-lel is megnövelhető. Nézzük az előző részben bemutatott 24. ábrát! Az abszorpciós index lecsökkent értékű, a kis R-érték miatt, pl.  $40^\circ$  zenitszög mellett a nagyobb naptevékenységi időszakhoz viszonyítva:

$$R = 190 \text{ napfolt-relatívszámhoz}$$

$$I = 1,32$$

$$R = 100 \text{ napfolt-relatívszámhoz}$$

$$I = 1,06$$

$$R = 10 \text{ napfolt-relatívszámhoz}$$

$$I = 0,80$$

abszorpciós index tartozik. Ezekkel 3,5 MHz-en, 1 MHz-es girofrekvenciát feltételezve a csillapításértékek 1 ugrásra rendre: 52 dB, 44 dB és 31 dB, a 25. ábra nomogramjával meghatározva. Ezek az értékek önmagukért beszélnek!

A napfoltminimum éveiben még nappal is lényegesen jobb csillapítási feltételek mellett QSO-zhatunk az alacsonyabb hullámsávokban, mint máskor. Ilyenkor éjszaka: a DX- vadászat ideje!

(Folytatjuk)

#### Irodalom:

1. Dr. Flórián Endre: Hullámterjedés Műsz. K. 1956.
2. M. P. Doluchanov: Rádióhullámok terjedése. Műsz. K. 1978.
3. R. Zierl: Rádiózás-technika. Műsz. K. 1976.

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 9.

Szabó István oki. rádióhírközlő szakmérnök, HA5KFB

Az előzőek során megismertük az ionoszférikus csillapítás számításának főbb szempontjait és a használatos eljárásokat. Vegyük ezek után sorra az útvonal-csillapítás többi összetevőit is!

## 2.23. A talajreflexiók csillapítása

Több ugrásos útvonalnál — mint pl. a 3 F2 mód — a rádióhullámok a földfelületen is reflektálódnak, ez esetben két alkalommal. A földfelületi visszaverődés teszi lehetővé egyáltalán a 2., 3. stb. ugrás létrejöttét. A Föld felülete vezetőképessége és dielektromos állandója révén képes visszaverni a rádióhullámokat.

Hogyan jöhet létre a földfelületen visszaverődés?

E jelenség részletes tanulmányozása messzire vezetne, a megértéshez azonban elegendő néhány alapjelenségre utalni. Ismeretes, hogy az elektromágneses hullám erőterében elhelyezett vezető szabad elektronjai a vezető belsejében az erőter változásainak hatására elmozdulnak. Ennek eredményeképpen pl. a rádiófrekvenciás térben levő vezetődarab végpontjai között rádiófrekvenciás feszültséget mérhetünk. Ez tulajdonképpen a vevőantenna esete. Ha az antennakapcsokon levő feszültséget terheljük, pl. a vevőkészülék antennatekerésével, az antennában rádiófrekvenciás áram folyik, s ez az áram egy újabb elektromágneses teret hoz létre.

Az antennában folyó áram tehát visszahat az eredeti rádiófrekvenciás térre. Vevőantenna esetében ezt a visszahatást elhanyagolhatjuk. Más a helyzet, amikor a rádiófrekvenciás jel (télerősség) útjában a nagy kiterjedésű, jól vezető föld felület helyezkedik el. Ekkor a rádiófrekvenciás tér behatol a vezető földbe vagy tengervízbe, a vezető belsejében levő szabadelektronokat megmozgatja: örvényáramokat hoz létre. A rádiófrekvenciás örvényáramok újabb rádiófrekvenciás erőteret váltanak ki, s ez a másodlagos erőter az eredeti gerjesztő erőterrel együtt határozza meg a továbbhaladó rádióhullám útját.

Képzeld el, hogy az ionoszférából leérkező rádiófrekvenciás tér adott haladási iránnyal (beesési szög) meghatározott irányú örvényáramrendszert hoz létre a visszaverő földfelület darabban, vagy a tengerfelszín egy részében. A kialakuló örvényáram által keltett télerősség mintegy tükörképe lesz a leérkező télerősségnek: az eredő iránya ugyanakkora szögben mutat kifelé a földből, mint amekkora szögben érkezett a gerjesztő télerősség. Ez azt jelenti, hogy az eredő télerősség a visszaverődés törvényei szerint

4. táblázat. Behatolási mélység m-ben különböző frekvenciákon, vízfelület és földfelület esetén

Frekvencia [MHz]	Tengervíz	Édesvíz.	Földfelület		
			nedves	átlag	száraz
0,1	0,8	20	16	52	170
1,0	0,25	11	5,5	21	85
10,0	0,08	9	3	16	90
100	0,02	4	2	16	90

halad tovább, mindössze egy kis veszteséggel kell számolni az örvényáramú veszteség miatt.

Minél jobb vezetőképessége van a visszaverő földfelületnek, annál kisebb lesz az örvényáramú veszteség, ezzel a reflexiós csillapítás. A szám-szerű jellemzéshez a visszaverő felületet minősíteni kell. Jellemző, hogy milyen mélységig hatol be a rádióhullám a földfelszínbe, milyen mértékű a vezetőképesség ebben a térrészben és mekkora a dielektromos tényező.

A behatolási mélységeket a különböző frekvenciákra és talajfélésekre (vízre) a 4. táblázatban foglaltuk össze. Látható, hogy a tengerfelület néhány cm-es legfelső rétege vesz részt a visszaverődésben: a jól vezető tengervízben kicsi a behatolási mélység. Várhatóan itt a csillapítás is csekély. Átlagos vagy száraz talaj esetében 20...90 m-es behatolási mélységet kell számításba venni, itt

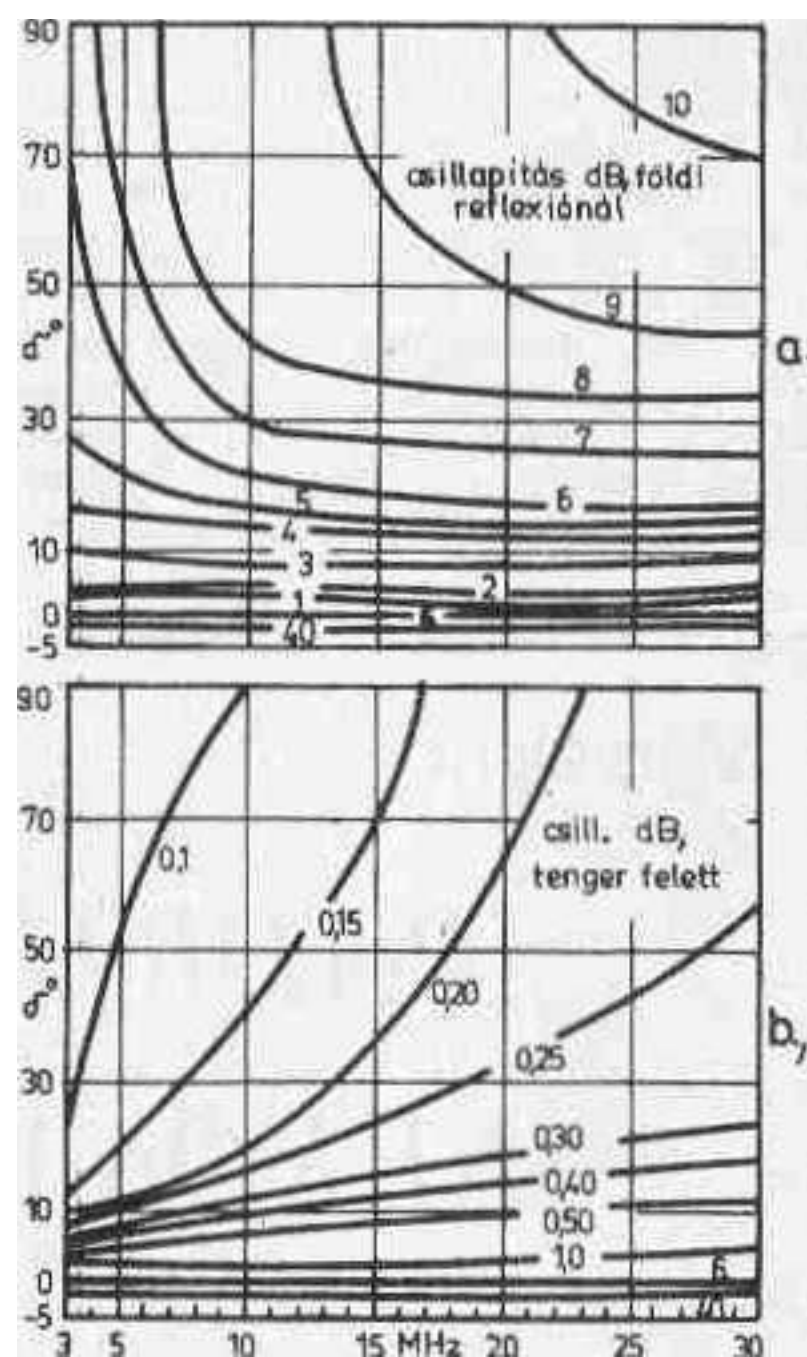
a reflexiós csillapítás értéke nagy lesz. Az is feltűnő, hogy nedves talajban már csak néhány méteres a behatolási mélység, ebből adódóan a száraz talajhoz képest kicsi lesz a veszteség.

A reflexiós csillapítás számításához a behatolási mélység mellett ismerni kell a visszaverő felület vezetőképességét, és dielektromos állandóját is. A különböző minőségű földfelület és a tengervíz jelentősen eltérő értékei önmagukért beszélnek, lásd az 5. táblázatot!

A reflexiós csillapítás attól is függ, hogy milyen szögben érkezik a rádióhullám a visszaverő felülethez. A lapos szögben beeső rádióhullámot kisebb veszteség mellett képes visszaverni ugyanaz a felület, mert a behatolási mélység kisebb. Szemléletesen illusztrálhatjuk a behatolási mélységet, annak szerepét azzal a játékos sportos vetélkedővel, amikor vízfelületre kis szögben lapos kavicsot dobunk, s az többszörös visszaverődéssel „kacsázik” tova. A visszaverődés itt is akkor lesz kis veszteségű, ha lapos szögben érkezik a sima kavics a vízfelületre, ekkor sikerül a legnagyobbat dobni.

A rádióhullámok jó visszaverődésének is megvannak a hasonló kedvező körülményei, pl. a nem hullámzó tengerfelület igen kis veszteségű (0,2...0,5 dB) reflexiót ad. A szárazföldi visszaverődések esetében a nedves föld kis behatolási mélysége és jó vezetése mellett lesz 2-3 dB, más esetekben nagyobb: 6...12 dB a reflexiós csillapítás. A talaj minősége erősen függ az időjárástól és az évszakoktól, éppen a vezetőképességen keresztül.

Mérésekkel összhangban levő számítások eredményét foglaltuk össze a 28. ábrán. Itt külön látható a

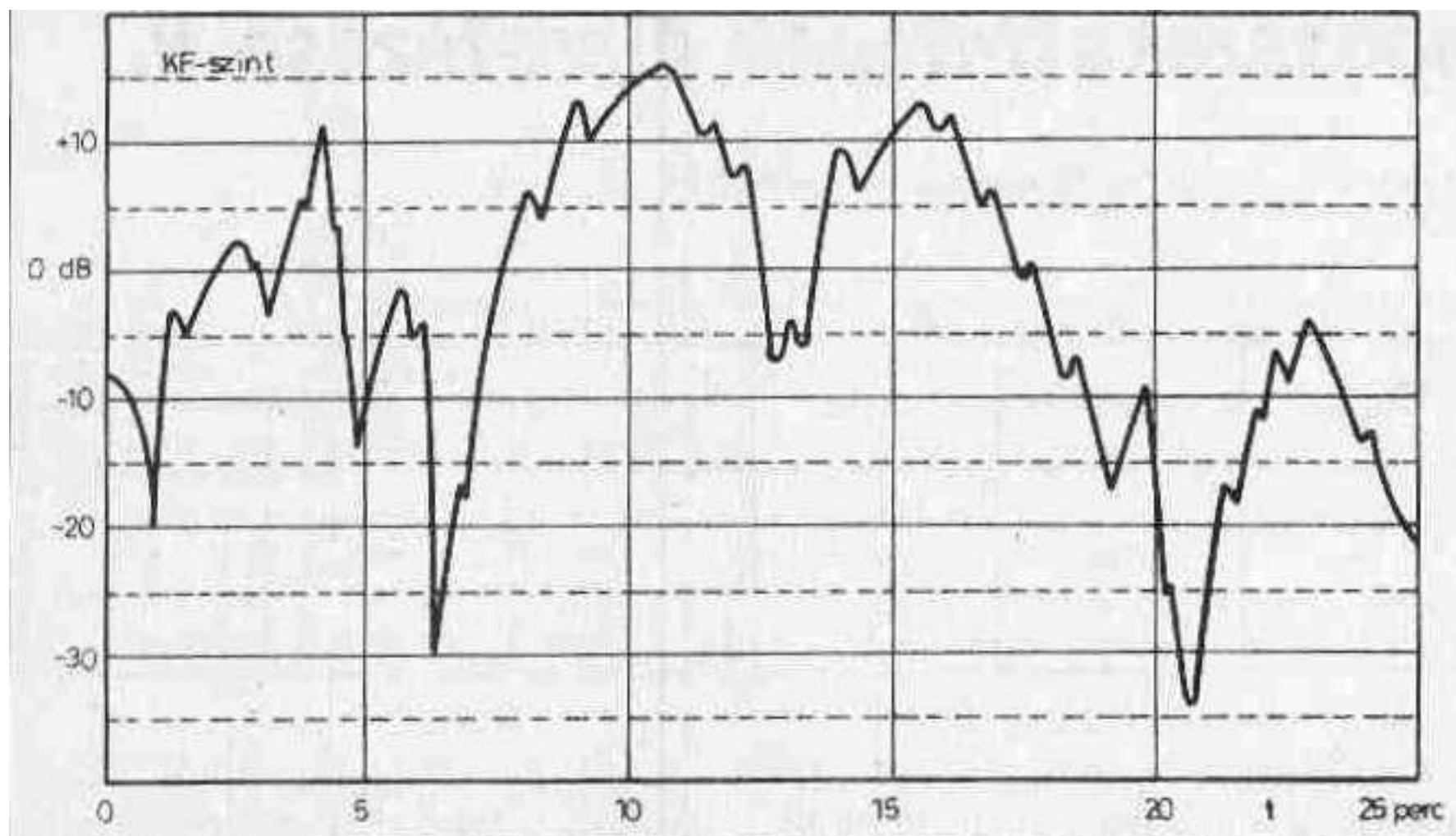


28. ábra. Teljesítmény veszteség földi visszaverődésnél

5. táblázat. Különböző talajfélések villamos jellemzői

Anyag	$\epsilon$	$\sigma$
Tengervíz 10°C	75	4...5
Édesvíz 10°C	81	$10^{-3}$ ... $10^{-2}$
Nedves talaj	30	$5 \cdot 10^{-2}$ ... $10^{-2}$
Átlag talaj	15	$5 \cdot 10^{-4}$ ... $5 \cdot 10^{-2}$
Száraz talaj, város	3	$5 \cdot 10^{-5}$ ... $10^{-4}$
Jég	3	$2,5 \cdot 10^{-5}$





29. ábra. Tipikus KF-szint ingadozás lineáris erősítés mellett, az idő függvényében (fading-görbe)

szárazföldi és külön a tengerfelületi visszaverődéskor bekövetkező reflexiós csillapítás menete a frekvencia függvényében, különböző beesési szögek mellett. Megjegyezzük, hogy a beesési szög közel azonos a  $\delta$  kilövési szöggel, ez az ionoszféra gömbhéj alakjából és a földfelülettel való párhuzamos helyzetéből adódik.

A 28. ábrát közvetlenül használhatjuk reflexiós csillapítás meghatározására, a frekvencia és a kilövési szög ismeretében. Szárazföldi visszaverődés esetében esős évszakban, feltehető nedves földminőség mellett ( $\epsilon=4$ ,  $\sigma=10^{-3}$  S/m) a csillapításértékek közvetlenül leolvashatók, míg közepesen száraz földre +4...6 dB, sziklás felületre +8...12 dB csillapításnövekedést kell figyelembe venni.

Jól látható az ábrán, hogy kis szög mellett kedvező, 1...3 dB a csillapítás szárazföldi visszaverődésnél. A nagyobb kilövési szögekhez tartozó nagyobb behatolási mélység növeli a veszteségeket, itt 6...8 dB lesz a csillapítás. A tengervíz jó vezetőképessége (4 — 5 S/m) mellett a behatolási mélység jóval kisebb, s a veszteségek sem függenek jelentősen a rádióhullám beesési szögétől. Itt a felületi egyenetlenségek miatt bekövetkező szóródás okoz lapos szögeknél 3...6 dB-es csillapításnövekedést, majd az egészen lapos beeséseknél, a Brewster-szög közelében válik kedvezőtlené a nagy veszteség (40 dB). Ez utóbbi eset a szárazföldi visszaverődésekre is fennáll (lásd. a 28. ábrát!). Mindent egybevetve, a  $\delta = 5...10^\circ$  közötti kilövési szög mellett indított rádióhullámokra adódnak kedvező reflexiós csillapításértékek, tengerfelületen, szárazföldön egyaránt.

#### 2.24. Fadingveszteségek

A különböző csillapítások fellépésénél az eddigiekben stacionárius állapotokat tételeztünk fel. Számolnunk kell azonban az ionoszféra kri-

tikus helyein rövidebb-hosszabb ideig tartó változásokkal, amelyek a vételi pontban levő télerősségben ingadozásokat okoznak. Az ionoszféra változásai alatt elsősorban az ionsűrűség növekedéséi vagy csökkenését értjük, de a napfelkelte napnyugta időszakok közelében az E-réteggel kapcsolatos jelenségek (módváltások, csillapításnövekedés) is okoznak számottevő változást a vételi télerősségben.

Az ionoszférajellemzők változásai során érzékelhetően változik az ionoszférikus csillapítás értéke is. E változások egy közepes érték körüli statisztikus ingadozást okoznak a vett jel télerősségében. A télerősség abszolút értékének ingadozása mellett a polarizáció elfordulása, ingadozása is tapasztalható, olykor szélső értékeket is regisztrálhatunk (az eredetileg vízszintes polarizációjú hullám függőlegesbe fordul át).

Más eset, amikor több utas (több módú) terjedés miatt a vételi pontban az ionoszféra megváltozása nélkül is ingadozik a télerősség. Ez az interferencia fading esete. Lassú változások mellett az interferencia kedvező télerősség-növeke-

dést eredményezhet, míg a csökkenések (esetleg teljes jel kioltások) időszakai kedvezőtlenek. Ha a fading gyors, akkor kedvező időszakok nincsenek, csak a vevőkészülék erősítéstartaléka segít. Figyelembe véve a fading-ingadozásokat, üzembiztos összeköttetésnél szükséges (6...10 dB fading-tartalék. Ez a tartalék megengedi a vett jel térerejének 6...10 dB-es lecsökkenését, a vételi információk romlása nélkül.

A 29. ábrán bemutatunk egy tipikus fading-görbét. Ennek felvétele úgy történhet, hogy a megfigyelt állomás térerejével arányos KF-jelét külön erre a célra egyenirányítjuk, a KF-et kiszűrve, a kapott DC-természetű jelet szint-, íróra, vagy hosszú utánvilágítású, oszcilloszkópra vezetjük. A görbét AGC mellett regisztrálva, még 26...30 dB-es fading-dinamikát is rögzíthetünk. A rövidhullamú sávokban több műsorszóró állomás jele alkalmas fading-megfigyelésre, de az amatőrsávok kísérletei között is előfordulnak fading-megfigyelések.

#### 2.25. Illesztetlenségi veszteségek

A rádióamatőr összeköttetések során gyakori, hogy vízszintesen polarizált hullámot függőleges polarizációjú, pl. (GP-antennával vesztűk, vagy a GP által kisugárzott jelet veszi valaki vízszintes helyzetű dipóllal. Az ilyen esetekben a vevő-antenna nem illeszkedik a rádiófrekvenciás térhez. Máskor meg nem a fő vételi irányból vesszük az ellenállomás jelét, de elfordulásra nincs lehetőség (pl. rombusz-antenna), s így kisebb jelet kapunk. Az összeköttetések illesztetlenség miatti veszteségei is elérhetik a 6...8 dB értéket, ezt a veszteséget az energia-mérlegnek „el kell bírnia”.

(Folytatjuk)

#### Irodalom:

1. Kenneth Davies: Ionospheric Radio Propagation National Bureau of Standards, 1965
2. Dr. Szokolai: Rádió rendszertechnika Szakmérnöki jegyzet, 1969.
3. Dr. Turi-Kováts: Állandó helyű rádióösszeköttetések. Mérnöki továbbképző jegyzet, 1970



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 10.

Szabó István okl. rádióhírközlő szakmérnök. HA5KFV

Az eddigiekben láttuk, hogy az ionoszféra, mint a rádióhullámok terjedésében jelentős szerepet játszó közeg az alacsonyabb frekvenciájú rádióhullámok terjedését korlátozza. Amint az a 25. ábra segítségével meghatározható (lásd: 7. rész), a csillapítás gyorsan növekszik a frekvencia csökkenésével. Beláttuk, hogy adott teljesítmény mellett, egy kijelölt útvonalon van egy legacsonyabb használható frekvencia, ezt LUF-fal jelöltük.

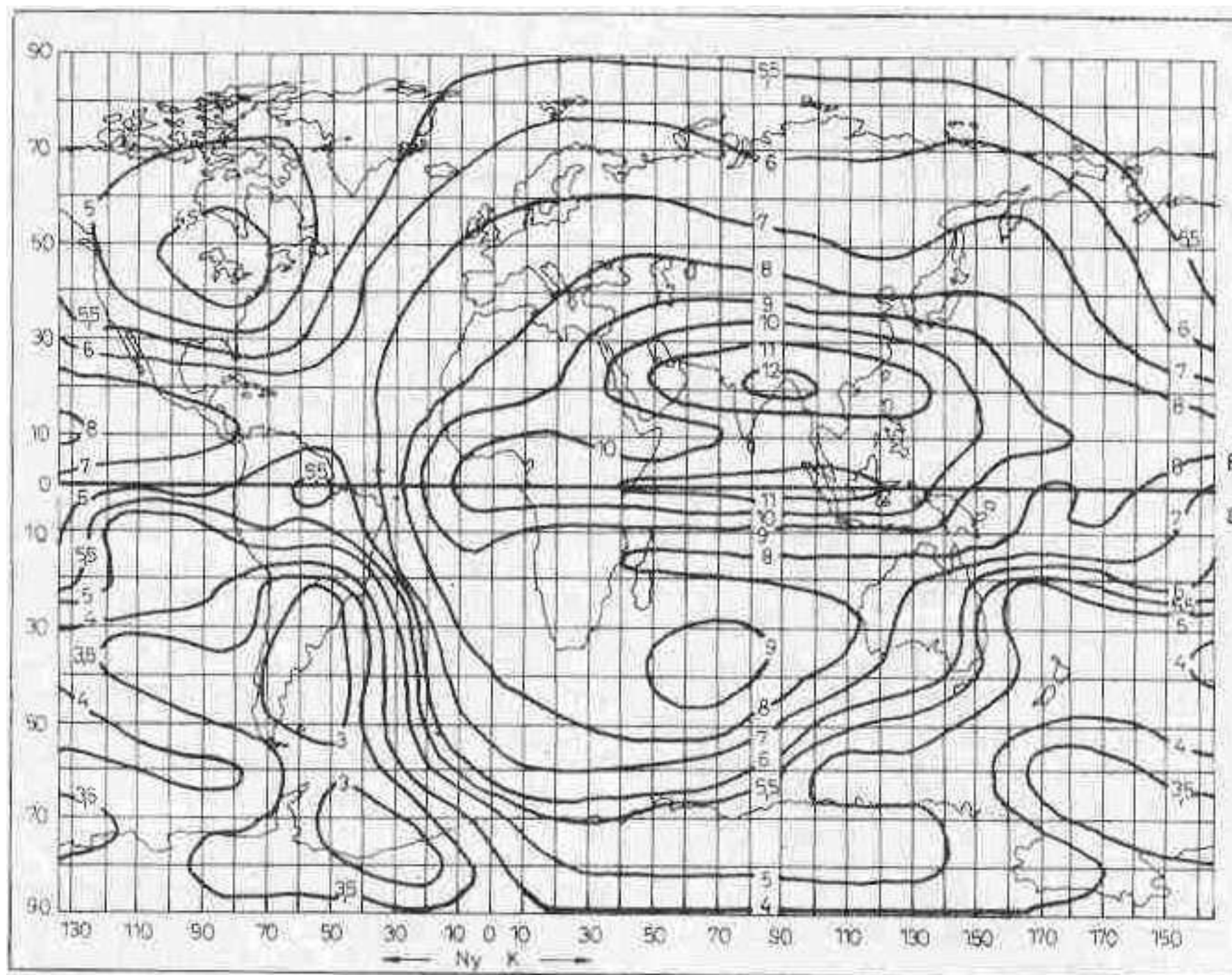
Ha a kisugárzott rádióhullám frekvenciáját növeljük, az ionoszférikus csillapítás jelentősen csökkenni fog. Egyre kisebb adóteljesítmény kell ugyanazon távolság áthidalásához. Nem lehet azonban a frekvenciát tetszés szerint növelni a rövidhullámú tartományban sem, mert a magasabb frekvenciák visszatéríté- séhez egyre nagyobb elektronsűrű- ség szükséges az ionoszférában.

## 2.3. A rövidhullámú rádiócsatorna frekvenciatartománya

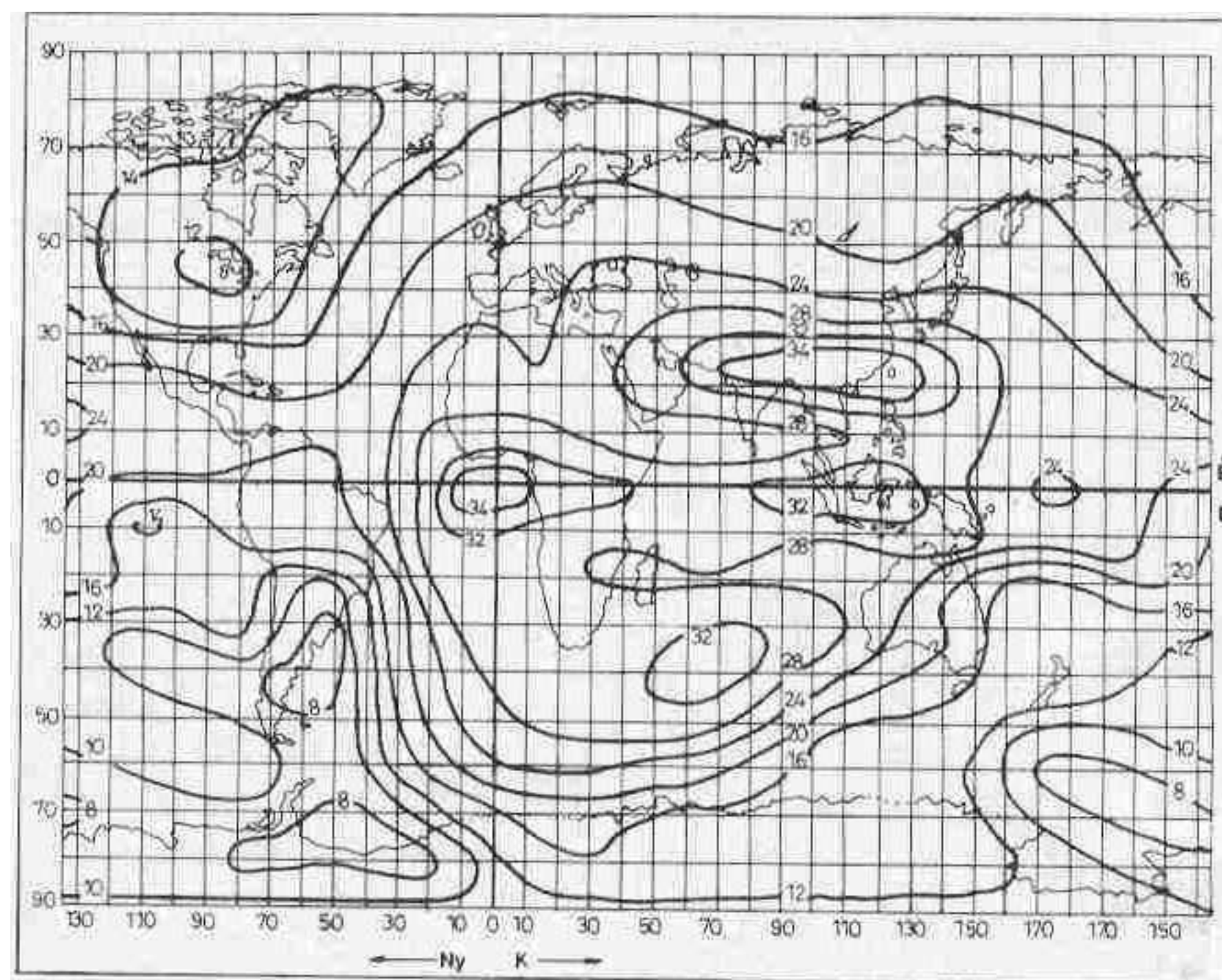
Még az ionoszféra-mérések ismeretetésénél felhívtuk a figyelmet arra, hogy a visszavert rádióhullámok frekvenciája és az elektronsűrűség között számszerű összefüggés van, amely más mérési eljárással is ellenőrizhető ([1] formula, 2. rész). A gyakorlatban előforduló elektronsűrűségekhez könnyen találunk olyan frekvenciát, amely már nem tér vissza a földre, hanem a világűrbe távozik. Az ionoszféra pillanatnyi állapota tehát meghatározza az alkalmazható legmagasabb frekvenciát, amely még biztosan visszaverődik, tehát összeköttetésre alkalmas.

### 2.3.1. A felhasználható maximális frekvenciák

Mivel a kisebb ionoszférikus csillapítás miatt gazdaságos a magasabb frekvenciájú rádióhullámokat használni, az ionoszféra állapotát állandóan figyeljük, s a kapott adatok alapján az adóállomásoknak tudtára adjuk a soron következő rövid időszakban használható legmagasabb frekvenciákat. Korábbi útvonaltervezésünkben már ismeretes, hogy a létesíteni kívánt összeköttetés végpontjait meg kell adni (viszonylat). Most azt vizsgáljuk, hogy adott viszonylatra milyen max. frekvencia lesz jó, vagyis keressük a legkisebb veszteségű, de az ionoszférikus visszaverődés szempontjából még üzembiztos frekvenciát. Az ilyen frekvenciákat MUF rövidítéssel jelöljük, a nemzetközileg használt Maximal Usable Frequency elnevezés után.

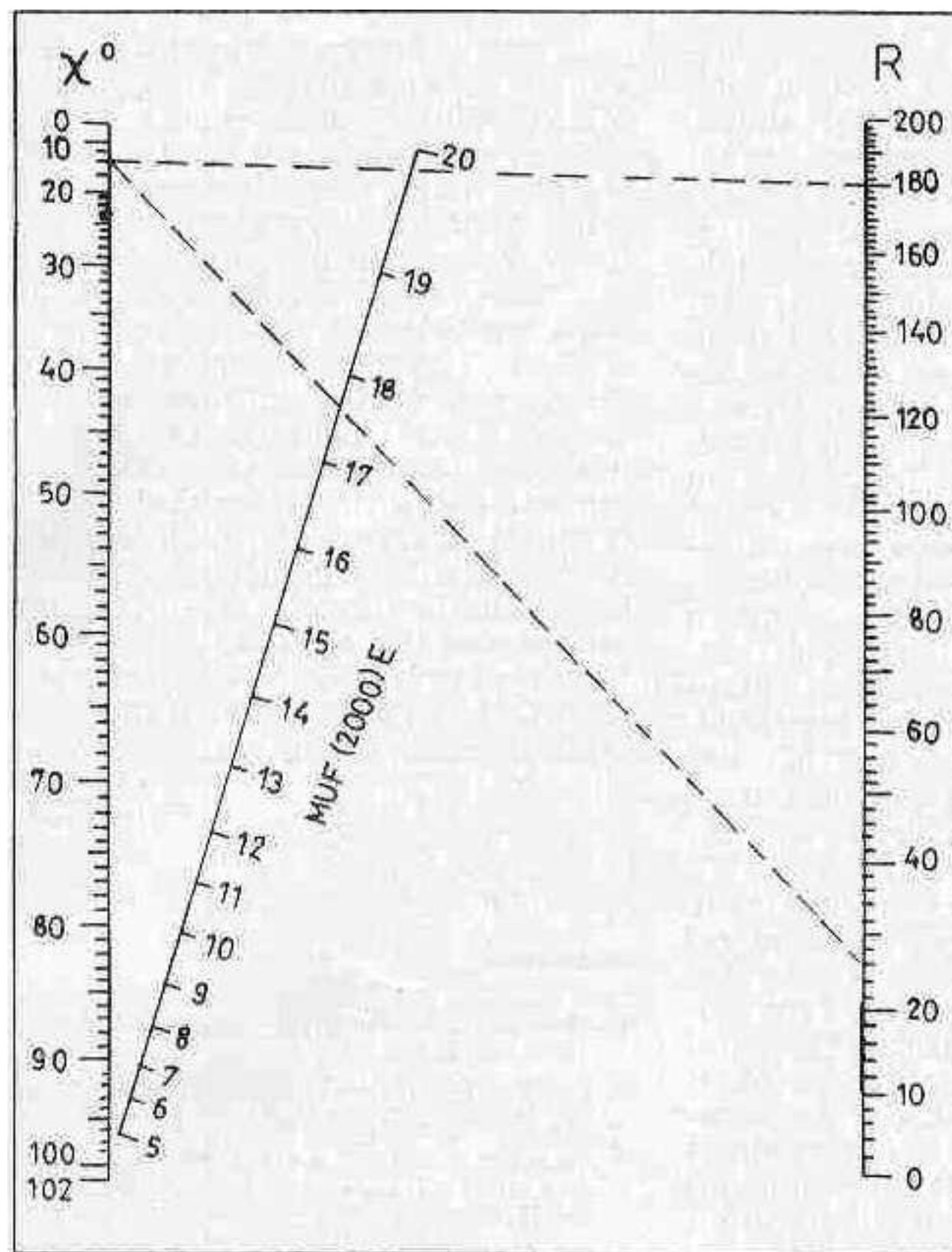


30. ábra. MUF(0)F2 térkép júniusra.  $R = 75$  mellett, moszkvai idő szerint 12.00 órakor (IZMIRAN)



31. ábra. MUF(4000)F2 térkép, a 30. ábra mérési adataiból számított értékekkel (IZMIRAN)





32. ábra. Nomogram MUF(2000) E meghatározásához, ha a  $\chi$  zenitszög és az R napfolt relatív szám ismert. Pl. a délelő nap 15° körüli zenitszöge mellett alacsony naptevékenységnél 17,6 MHz-es, erős naptevékenységnél 19,9 MHz-es a MUF(2000) E értéke

A MUF meghatározása elsősorban az ionogramokból lehetséges. Korábban, a 9. ábrán (RT 79/3. szám) mutattunk egy példát arra, hogy az E, F1 és F2 rétegek határfrekvenciája az ionogramról leolvasható. A pontosabb leolvasást természetesen nem az ábrán látható méretek mellett, hanem a filmen levő kép kivételével megfelelő léptékvonalzó segítségével végzik. Az ionoszférába merőlegesen beeső hullámokkal meghatározott  $f_oE$ ,  $f_oF1$ ,  $f_oF2$  stb. kritikus frekvenciákat felhasználjuk arra, hogy belőlük a ferde beesés melletti MUF-értékeket meghatározzuk. Nem nehéz elképzelni, hogy az  $\alpha_0$  beesési szög növekedésével egyre kisebb törésmutató-változás (vagyis kisebb elektronsűrűség) elegendő a rádióhullám visszahajlításához. Ez azt is jelenti, hogy adott elektronsűrűség mellett a ferde beesésű rádióhullámok magasabb frekvenciák mellett is visszaverődnek, mint az  $\alpha_0 = 0$  beesésnek megfelelő ionoszféramérés esetében.

A ferde beesésű rádióhullám határfrekvenciája tehát nagyobb, mint a merőleges beesésűé, az  $\alpha_0$  szögtől való egyszerű függést az alábbi képlet adja:

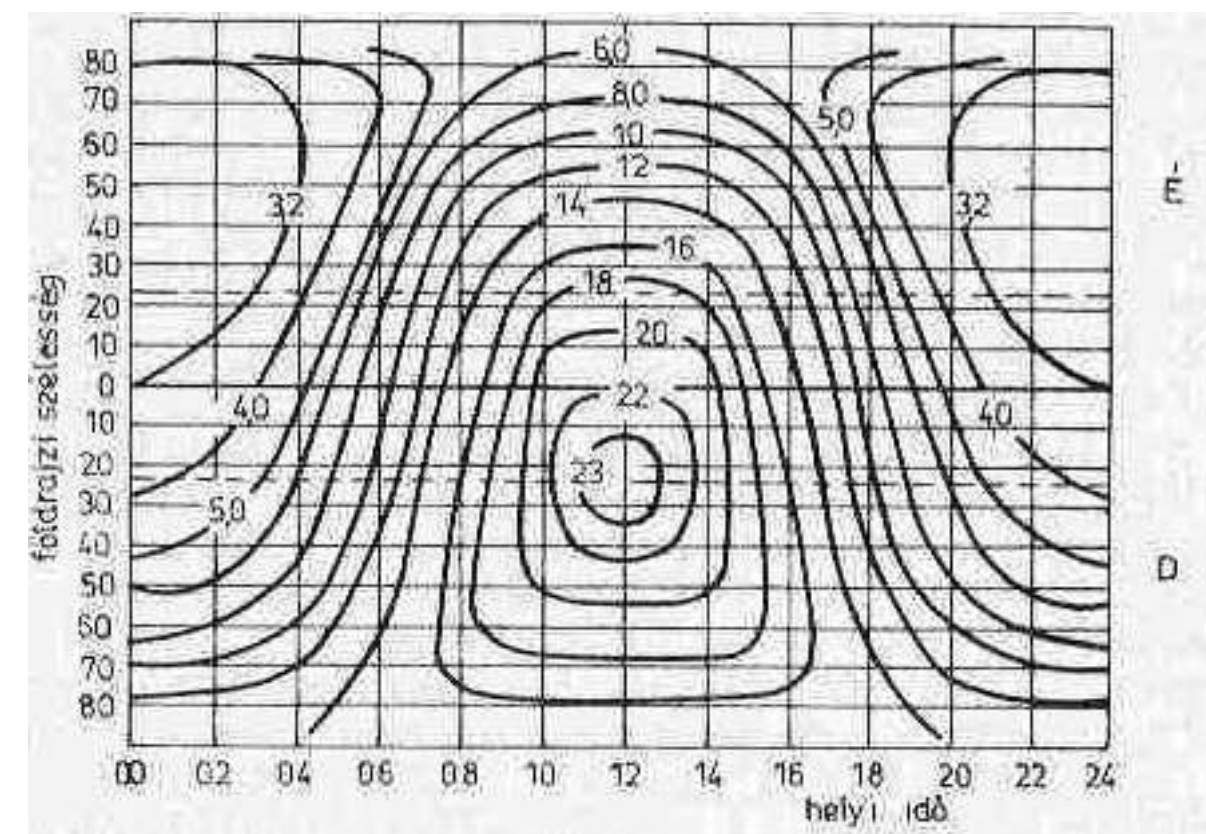
$$MUF(D) = MUF(0) \cdot \frac{1}{\cos \alpha_0} \quad [13]$$

ahol: MUF(D) = a D távolságra jó max. ök. frekvencia,  
MUF(0) = a függőlegesen kisugárzott és még visszavert max. frekvencia,  
 $\alpha_0$  = a rádióhullám beesési szöge az ionoszférában.

Az ionoszféraméréseknél meghatározott  $f_o$  kritikus frekvencia az ionoszfér vizsgált rétegén éppen átjutó legkisebb frekvencia, míg a MUF(0) a még éppen visszaverődő legmagasabb frekvencia. A kettő igen közel van egymáshoz, amint erről korábban már volt szó. A [13] képletben régebben a  $\sec \alpha_0$  szerepelt, ezért ezt az összefüggést szekáns-törvénynek is nevezik.

Az ionoszféraméréseket összefoglaló kiadványok minden rétegre az  $f_o$  kritikus frekvencia-értéket adják meg. Ha ismerjük az antennánk  $\delta$  kilövési szögét és az ellenállomás távolságához tartozó  $\varphi$  középponti szöget, az  $\alpha_0$  beesési szöget a [6] képlettel számíthatjuk (RT 79/5.). Ennek meghatározása után kaphatjuk meg a [13]-mal a keresett MUF(D)-t.

Egyszerűsíti a számítást az M átviteli tényező bevezetése, ill. megadása. Ennek segítségével a 2000, 3000 és 4000 km-re használható frek-



33. ábra. A MUF(2000)E értékek térképszerű ábrázolása UT- 12.00 árákor, decemberben, max. naptevékenység időszakában. 12 db hasonló térkép egész évre elegendő az F-réteg állapotának jellemzésére

venciát számíthatjuk a visszaverő rétegre érvényes kritikus frekvencia értékéből. Általában:

$$MUF(D) = f_o \cdot M(D) \quad [14]$$

Az F2 réteget használva visszaverő felületként:

$$MUF(3000)F2 = f_oF2 \cdot M(3000)F2 \quad [15]$$

A 3000 km-es ugráshoz kb. 15° kilövési szög tartozik, így lényegesen magasabb MUF értéket kapunk, mint a függőleges beesés MUF-ja. Az M(3000) átviteli tényezőt ugyancsak az ionogramokból lehel meghatározni, a sorozatos mérésekkel kapható M(3000)F1 ill. M(3000)F2 értékeket az ionoszféradatak között megtaláljuk. A mi szélességünkön pl. az M(3000)F2 értékek 2,6...3,6 közöttiek.

Példaként utalva a 9. ábrán meghatározott  $f_oF2 = 4,8$  MHz eredményre, a mérés órájában érvényes  $M(3000)F2 = 3,40$  mellett a  $MUF(3000)F2$  értékére 16,32 MHz-et kapunk, tehát a 20 m-es amatőrsávban ez az összeköttetés létrejöhethet.

Szokásos a 4000 km-re érvényes  $M(4000)F2$  használata is, ezt az ionogramból meghatározott M(3000)F2-ből számítják, 1,1-del való szorzással. A fenti példánál maradva: a 4000 km-es távolsághoz szükséges kisebb kilövési szög mellett az átviteli tényező 3,74 lesz, ezzel a  $MUF(4000)F2$  értékére közel 18 MHz-et kapunk. A kapott frekvencia-értékeket összevetve a rádióamatőr gyakorlattal megállapíthatjuk, hogy a mérés időszakában az F2 réteg elektronsűrűsége kicsi lehetett, ami az alacsony szintű naptevékenységnek tudható be. A mérés időszakában nem lehetett használni a 21 MHz-es amatőrsávot, holott a kora délutáni órákról és nyári hónapról tanúskodik az ionogram időadata. A mérés óta eltelt 3 év

meghozta a naptevékenység maximumát, amikor a magas  $f_0F_2$  érték az  $M(4000)$  átviteli faktorról 30 MHz körüli értékeket ad. Az elmúlt nyáron sokan tapasztalhatták a 28 MHz-es sávban is jelentős forgalmat, nem beszélve a 21 MHz-es sáv DX-csemegéiről, amelyekre még a napnyugta után is volt példa. A többgrásos összeköttetések MUF-jának meghatározásához több ionoszférikus visszaverődési helyet kell jellemezni. Az ilyen összeköttetéseknel legbiztosabb eljárás, ha minden visszaverődési helyen külön vizsgáljuk, mekkora az egy ugráshoz tartozó MUF, kiindulva a  $\delta$  kilövési szögből, és felhasználva a visszaverődési pontra érvényes  $f_0F_2$ -értékeket. A kapott legalacsonyabb MUF lesz az egész összeköttetésre alkalmas frekvencia. Ez érthető: a leggyengébb láncszem határozza meg a terhelhetőséget, jelen esetben a legkisebb elektronsűrűségű helynek vissza kell vernie a használni kívánt magasabb frekvenciájú rádióhullámokat.

A sokgrásos összeköttetések visszaverődési pontjainak jellemzésére  $MUF(0)F_2$ , ill. a  $MUF(4000)F_2$  átlágtérképek használatosak. Ilyen térképeket a 30. és 31. ábrákon mutatunk be. Eredetükről most csak annyit, hogy a nagy hullámterjedési

kutató központokba (CRPL, IZMIRAN stb.) beérkező sok mérési eredmény és számítógépes feldolgozás után kerülnek kiadásra, tehát igen sok munkát testesítenek meg.

Ezeket a térképeket szintvonalasan ábrázolják, ami lehetővé teszi, hogy bármely visszaverődési pontra leolvashatjuk a használható MUF-értéket, legfeljebb interpolálni kell. Az így elérhető pontosság elegendő, mivel a ténylegesen használt üzemi frekvenciát a MUF-ból tovább számítják, amikor az üzembiztos és tartós összeköttetés követelmény. Erről a későbbiekben még lesz szó, most azonban nézzük meg azokat a segédleteket, amelyeket a sokéves gyakorlat, alapján, tapasztalati képletek segítségével határoztak meg, s a gyors közzétételüknek ma is eszközei.

A nappali rádiózás egyik jelentős szereplője az E-réteg. Igen stabil, pontos napi menetei a helyi idő függvényében már az első ionoszféráméréseknél feltűntek. Az E-réteg elektronsűrűsége főleg két tényezőtől függ: a napsugarak zenitszögétől és a naptevékenységre jellemző R napfolt relatívszámától. Ezt az összefüggést egy tapasztalati formula is megfogalmazza, most azonban inkább a formulára épülő nomogramot mutatjuk be (32. ábra).

Látható, hogy ahol magasan delel a nap (a  $\chi$  zenitszög kicsi), ott a  $MUF(2000)E$  frekvencia értéke magas, még alacsony naptevékenység mellett is. Természetesen az erősebb naptevékenység mellett ez a max. frekvencia még nagyobb értékű, elérheti a 20 MHz-et. A 32. ábra segítségével és a napzenitszög-értékek figyelembevételével világtérképre vetíthetjük a  $MUF(2000)E$  értékeket. Ezen a térképen a hosszúsági köröket a világidőben kifejezett helyi idő értékekkel helyettesíthetjük, hasonlóan a 22. ábrához. Az így készült segédlet egy hónapig használható, figyelembe véve természetesen R értékét (33. ábra). Ez az ábra az E-rétegen keresztül létesíthető összeköttetések havi előrejelzésének is tekinthető.

(Folytatjuk)

Irodalom:

1. Meszjácsnűj Prognóz Nauk SZSZSZR, 1976.
2. Dr. Flórián Endre: Hullámterjedés Műsz. K. 1956.
3. Molnár B.—dr. Túri-Kováts A.: Rádió hullámterjedés és hálózattervezés KÖZ-DOK, 1969.
4. CCIR: Rep. 340. Különkiadvány, 1969.



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 11.

Szabó István okl. rádióhírközlő szakmérnök, HA5KFB

A megelőző részben foglalkoztunk azzal a témával, hogy az ionoszféra rétegek elektronsűrűségeinek véges értéke korlátozza a magasabb frekvenciák terjedését, ami azt jelenti, hogy a maximális használható frekvencia (MUF) felett az adott réteg nem téríti vissza a rádióhullámokat, hanem kiengedi a világűrbe. A visszaverődés feltételeit a különböző rétegekre most tovább vizsgáljuk.

## 2.32. 4 MUF meghatározása közbenső távolságokra

Gyakran létesítünk összeköttetést az E, F1 és F2 rétegekkel kisebb távolságokra, mint a rétegekkel rendre elérhető 2000, 3000 és 4000 km-es ugrás. Ilyenkor nagyobb kilövési szög mellett sugározzuk ki a rádióhullámokat, s az eredmény egy rövidebb „ugrás” lesz. Lényeges ekkor a [13] összefüggés (lásd a 10. részt!) figyelembe vétele, ugyanis a nagyobb  $\delta$ -szöghöz kisebb  $\alpha_0$  beesési szög tartozik az ionoszférában. A meredekebb beesés mellett akkor van visszaverődés, ha a frekvencia nem nagyobb, mint amit a szekánstörvény megenged.

Úgy is mondhatjuk, hogy a közelebbre küldött rádióhullám frekvenciáját csökkenteni kell, mert a visszaverődés szempontjából kedvezőtlen  $\alpha_0$  miatt előfordulhat, hogy a rádióhullám „átüti” az ionoszférát. A távolság és a geometriai viszonyok által meghatározott  $\delta$ -szöghöz az  $\alpha_0$  beesési szögön keresztül hozzátartozik egy maximális frekvenciaérték, amelyet az ionoszféra adott állapotában még képes visszaverni, s az adott távolságra eljuttatni.

Ismeretes, hogy a különböző antennák sugárzási szöge egy tartománnyal adható meg a függőleges síkban. Pl. a megfelelő magasságban vízszintesen elhelyezett egyenes dipól sugárzási szöge a  $0^\circ \dots 40^\circ$  tartományban van, ezen belül megad-

ható a  $15^\circ \dots 20^\circ$  közötti nagyobb nyereségű szög tartomány, amelyet a  $\delta$  kilövési szögnek tekintünk. A többemeles (pl. Yagi-típusú) beam-antennák sugárzási tartománya kisebb a függőleges síkban is, ugyanakkor az energiakonzentráló hatásuk (antennanyereség) nagyobb. Amikor ugyanazzal az antennával különböző távolságokra küldjük a rádióhullámokat egy ugráson belül, akkor a sugárzási szög "tartományában" más-más szög alatt kiinduló hullámok útját tárgyaljuk. Ezekben az esetekben feltételezzük, hogy antennák a vízszintes síkban a „főirányba” forgatva helyezkedik el.

A közbenső távolságokra használható MUF-értékeket számítások útján kapott grafikus segédletekkel határozhatjuk meg, az összeköttetés más fontos jellemzőinek ismeretében. Ilyen jellemzők a visszaverődési pontokban a MUF(0) és a MUF(4000) vagy: 3000, 2000 értékek és az áthidalni kívánt távolság km-ben. E grafikus segédletek tulajdonképpen a [13] összefüggésnek, a szekánstörvénynek megjelenítői. Használatuk az elmúlt 20 évben elterjedt, a rádióamatőr sávok adott viszonylatra való kiválasztásához alkalmazásuk ma is eredményes.

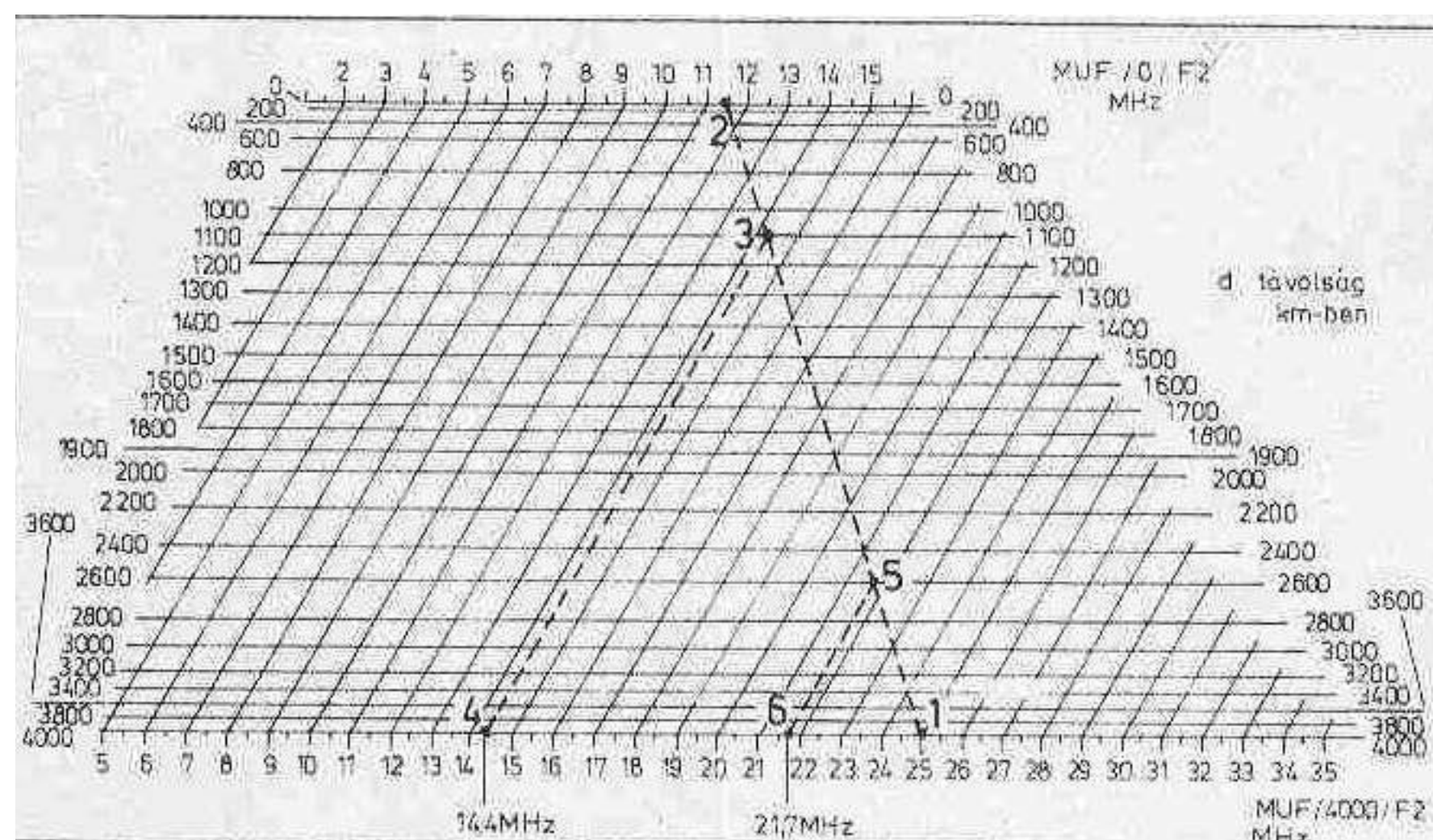
Tekintsük a 34. ábrát! Az F2 rétegen keresztüli összeköttetéseknél egy ugráson belül más-más távolságokhoz más MUF tartozik. Meghatározásukhoz ismerni kell az F2 réteg állapotára jellemző MUF(0)F2 és MUF(4000)F2 függőleges és vízszintes határfrekvenciákat, amelyek meghatározásáról a korábbiakban volt szó. A 30. és 31. ábrákon (előző rész) adott órára, adott napfolt relatív szám mellett világtérképeken ábrázoltuk a MUF-értékeket. Ilyen térképet a nagy kutatóközpontokban a befutott mérési adatok alapján kétóránként készítenek és azokat a már kialakult átlagok térképeivel összehasonlítják. A legutóbbi

elkészült térkép a következő kétórás időszak rövididejű hullámterjedési előrejelzésének tekinthető, míg az átlagokról készült térképek — a megfelelően azonos naptevékenységű időszakok egybevetésével készült átlagolásról van szó — az adott időszak adott órájában hosszúidejű előrejelzések.

A CCIR 340. sz. jelentésében adott hónap bármely napjának 2-2 órájára készült térképeket adott közre az F2 rétegen keresztül létesíthető összeköttetések méretezéséhez. Adott órában is kétféle naptevékenységi időszakra ( $R = 0$  és  $R = 100$ ) paraméterekkel számították a MUF(0) és MUF(4000) frekvenciák átlagait. Ez 4 db térképet jelent, naponta összesen 48 db-ot. Ez a készlet egy hónapig jó, az évi készlet tehát  $48 \cdot 12 = 576$ . A térképeket egy atlasz formájában összeállítva, minden rádióhírközlő szerv rendelkezésére bocsátották, hazai viszonylatban is több könyvtárban elérhetők. E térképekből mutattunk be kettőt a 30. és 31. ábrákon.

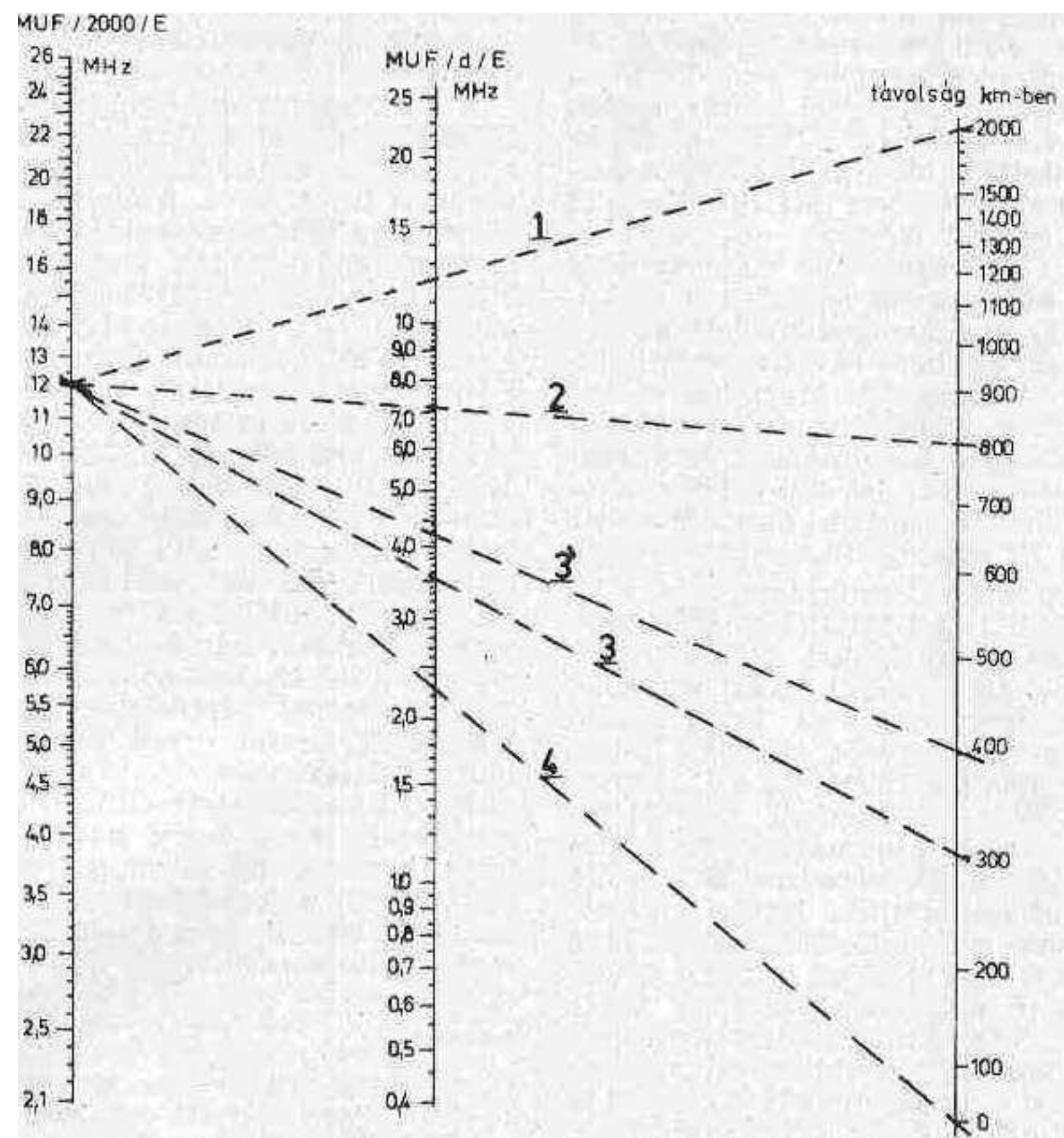
Legyen a leolvasott MUF(0)F2 = 11,5 MHz és a MUF(4000)F2 értéke 25 MHz! Vigyük fel ezeket az adatokat a 34. ábra megfelelő skáláira! A kapott két pontot összekötve kapjuk az 1—2 egyenest. Ha pl. 1100 km-re kívánunk összeköttetést létesíteni, az ehhez tartozó km-vonal az 1 — 2 egyenest a 3. pontban metszi. A 3. pontot a frekvencia rendező vonalakkal (ezek a ferde helyzetű egyenesek) párhuzamosan kivetítjük az alsó frekvenciategelyre, 4. A kapott eredmény 14,4 MHz, vagyis a szóban forgó összeköttetéshez a 20 m-es amatőrsávot még éppen, a 40 m-es sávot nagy biztonsággal (de veszteségesebben) használhatjuk.

Másik példa: az előzőekben fennálló MUF-értékek mellett nézzük meg, mely sávokban létesíthetünk összeköttetést 2600 km-es ugrással! Az 1 — 2 egyenest a 2600 km-es vonal az 5. pontban metszi, ennek kivetítése a 6. pont, a MUF(2600)F2 értékére 21,7 MHz-et kapunk. Ez azt jelenti, hogy a kitűzött távolságra legkisebb veszteséggel a 21 MHz-es amatőrsávban kisugárzott rádióhullámok jutnak el, de dolgozhatunk 14 vagy 7 MHz-en is, nagyobb veszteséggel, A példaként



3.4. ábra. MUF(d)F2 meghatározása 0 km és 4000 km áthidalt távolságok között. Példák a szövegben. A példákban szereplő távolságoknál közelebbre csak alacsonyabb frekvenciákon létesíthetünk összeköttetéseket, mivel a kisebb távolságokhoz tartozó nagyobb  $\delta$ -szögek mellett a 14 MHz is „átüti” az F2 réteget...





36. ábra. Az E réteg közvetítésével létesíthető összeköttetések frekvenciáinak meghatározása ismert  $MUF(2000)E$  mellett, különböző  $d < 2000$  km távolságokra

felhozott visszaverődési pontban a 28 MHz-es sávban viszont nincs visszaverődés, az F2 réteg kisebb elektronsűrűsége miatt [ $MUF(4000)F2 = 25,0$  MHz].

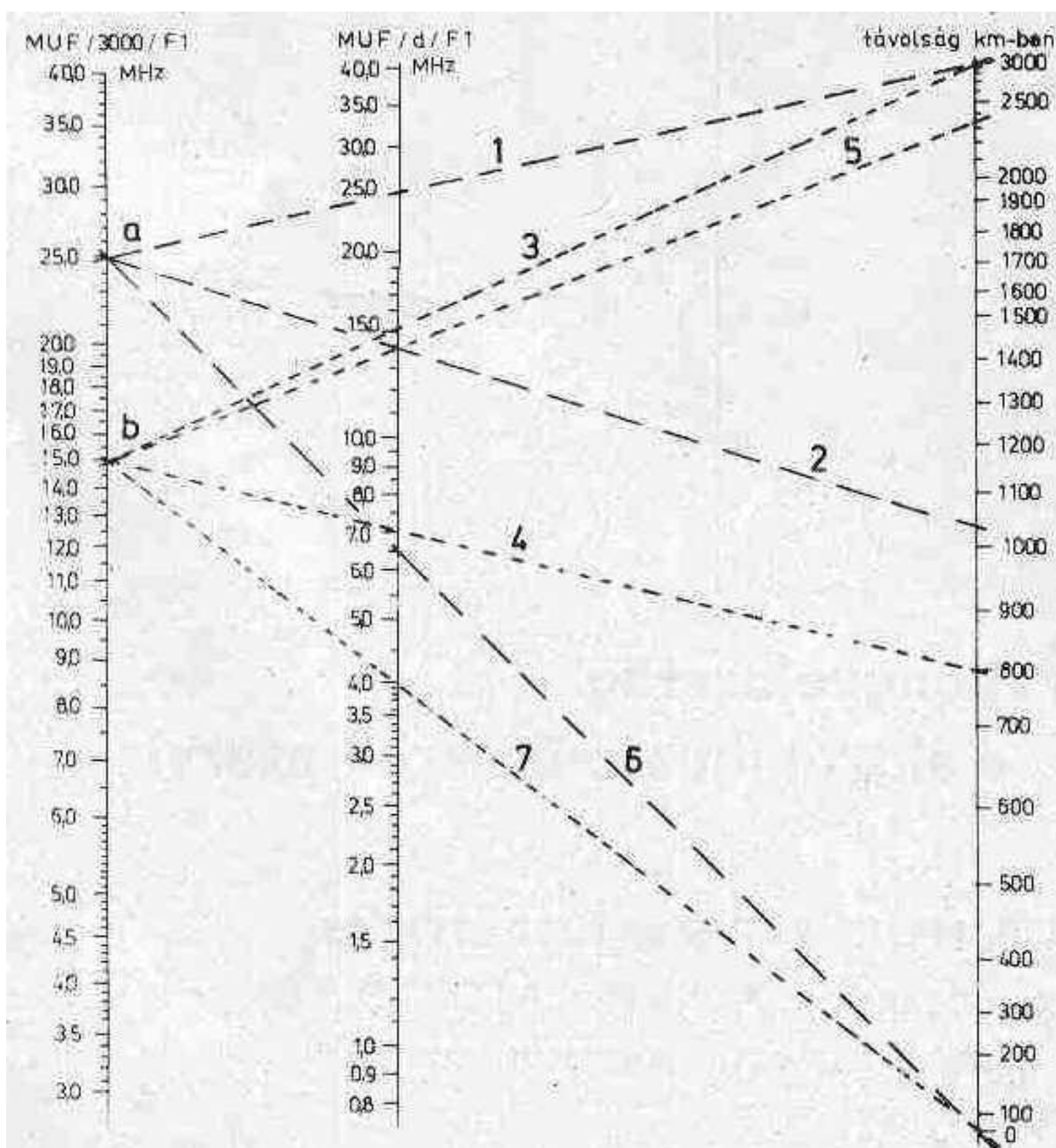
A közepes távolságú összeköttetésekhez nemcsak az F2 réteget használjuk. Nappal jelentős forgalma van az E és F1 rétegeknek is. Gyakran terveznek olyan összeköttetéseket a kereskedelmi és a tengeri hírközlésben, amelyek az E rétegen keresztül  $d < 2000$  km-re szólnak. Rádióamatőr szempontból ugyancsak jelentősek az E-módok, nappal a 7 MHz-es sávban 2..4 E összeköttetés többször előfordul. Az ilyen esetekben az egy ugrással áthidalt távolság  $d < 2000$  km. Méretezéshez gyakran használt segédletet mutatunk be a 35. ábrán.

E nomogram segítségével  $MUF(2000)E$  ismeretében közbenső távolságokra meghatározhatjuk a használható legmagasabb frekvenciákat, vagy leolvashatjuk, hogy adott frekvencián mekkora az a legkisebb  $d$  távolság, amelyre már kapunk visszaverődést, tehát ahova a rádióhullám az E rétegen keresztül eljuthat.

Legyen a  $MUF(2000)E = 12,0$  MHz! Ezt az értéket adott hónap bármely napjára a 33. ábrából a visszaverődési pontra érvényesen leolvashatjuk. Itt jegyezzük meg, hogy a 33. ábrához hasonló  $MUF(\dots)E$  térképekből minden évben 12 db készül, tehát havonta egy. Az E réteg szabályos viselkedése ellenére van különbség a megfelelő naptevékenységű évekre készült átlagtérképek és az éppen most elkészíthető új  $MUF(\dots)E$  térkép adatai között.

Példánkra visszatérve (lásd a 35. ábrát!) az 1 vonallal „hitelesítjük” nomogramunkat: 2000 km-hez valóban 12 MHz frekvencia tartozik. A 2 vonal azt mutatja, hogy 800 km-re a 40 m-es sáv még éppen jó, vagyis a 7 MHz-es hullámokat a 800 km-hez tartozó nagyobb  $\delta$ -szög mellett is visszaveri az E réteg. A 800 km-nél nagyobb távolságokra ugyancsak ezzel a frekvenciával juthatunk el E-módban, mert a 14 MHz már „átüti” kijelölt visszaverő rétegünket [ $14 \text{ MHz} > MUF(2000)E$ ].

A kereskedelmi táviratozás összeköttetéseinek frekvenciakészletei gyakran lehetővé teszik, hogy a



36. ábra. F1-en keresztüli összeköttetések frekvenciáinak meghatározása 3000 km-nél kisebb távolságokra a) 25 MHz-es, b) 15 MHz-es  $MUF(3000)F1$  mellett. Az ábrából leolvashatók a  $MUF(0)F1$  értékek is, mindkét példánál



használható legmagasabb frekvencia környékére válasszuk meg adásunk üzemi frekvenciáját. Ekkor fokozott jelentősége van annak, hogy 1 — 2 MHz-et felfelé hangolva kedvezőbb körülmények között létesítünk összeköttetéseket. A rádióamatőr sávokban folyó munkánál is törekszünk arra, hogy minél üzembiztosabban használható frekvencián, minél pontosabban tudjuk produkálni azt az összeköttetést, amelyet előre elterveztünk. A sávok viszonylag nagy távolsága és kis sáv szélessége nemcsak nehézségek forrása, hanem jó alkalom arra, hogy az egész rövidhullámú tartományt jellemezzük az amatőrsávokban mint kiragadott „mintákban” tapasztalható terjedéssel.

Visszatérve a 35. ábrához, látható, hogy a 80 m-es sávban 300 km-től nagyobb távolságokra jutunk el az E rétegen keresztül. Amíg a 300 km-re 3,5 MHz a MUF, 400 km-re már 4,15 MHz (3 és 3' vonalak). Ez azonban nem jelenti azt, hogy 3,5 MHz-en a 400 km-es távolságot nem kedvező körülményekkel hidaljuk át, sőt — amint erről később még lesz szó — a folyamatos összeköttetéseknél jó egy kicsit „alámenni” a MUF-értéknek. Ez az ionoszféra jellemzőinek statisztikus változásaiból következik, emlékszünk: a MUF-frekvencián kisugár-

zott rádióhullám 50%-ban verődött vissza. Mint sok más területen, itt is kompromisszumot kell kötni a nagyobb veszteséggel a folyamatos jelátvitel kedvéért... A 35. ábrán feltüntettük még az E rétegre példánkban érvényes  $MUF(0)E = 2,25$  MHz értéket is.

Az F1 rétegen való visszaverődés 3000 km-ig teszi lehetővé a szokásos rétegmagasságok mellett az egy ugrással elérhető távolságok áthidalását. A nagyobb magasság és az F1 réteg elektronsűrűsége megengedi, hogy a távolságokat és a frekvenciasávokat is nagyobb tartományban válasszuk meg, mint az E-nél ez lehető volt.

Kiindulásul szükségünk van a  $MUF(0)F1$  és  $MUF(3000)F1$  frekvenciákra, amelyeket a 33. ábrához hasonló térképekről olvashatunk le. Ilyen térképeket az 1. irodalom rendszeresen közöl. Legyen pl. a  $MUF(3000)F1$  értéke a) esetben 25,0 MHz, b) esetben 15,0 MHz! Az F1 rétegen keresztüli összeköttetésekhez a 36. ábra szerinti nomogramot használjuk. Itt az 1. és 2. vonalak azt mutatják, hogy 1100 és 3000 km közötti minden távolságra jó a 20 m-es sáv, sőt ha a 2000...3000 km közötti távolságokat nézzük, az ehhez tartozó kis kilövési szögek mellett a 15 m-es rádióhullámok is visszaverődnek.

Az a) példában az F1 réteg függőleges határfrekvenciája 6,5 MHz, amint ezt a 6. vonal kimetszi.

A b) példában alacsonyabb naptevékenységű időszakra 15 MHz-es a vízszintes határfrekvencia. A 36. ábrán a 3., 4. és 5. vonalak szemléltetik a lehetőségeinket: a 20 m-es sávban lapos szögek alatt 2400...3000 km-es összeköttetésekre van lehetőség egy ugráson belül, míg a 15 m-es hullámok kijutnak az F1-en túlra, esetleg az F2-t is átütik. A 40 m-es sáv  $d > 800$  km-es távolságokra lesz jó, a 7,0 MHz a  $MUF(800)$  közelében van. Ugyanakkor az F1 réteg függőleges határfrekvenciája 4,0 MHz körüli érték (7. vonal). Ez azt jelenti, hogy a 80 m-es rádióhullámok biztosan visszaverődnek, bármely szög alatt is indultak ki az adóantennából. A veszteségek természetesen itt jelentősek, amint ezt a korábbiakban részleteztük.

Az F1-összeköttetéseknél mindig meg kell nézni, hogy az E réteg hogyan viselkedik az adott frekvencián. Erről a későbbiekben részletesen beszélünk, igen érdekes jelenséggel állunk szemben!

(Folytatjuk)

Irodalom :

1. Meszjácsnűj Prognóz Nauk SZSZSZR. 1978.
2. CCIR.: Report 340. Atlas of Ionospheric Characteristics, 1969.

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése

## 12. Szabó István okl. rádióhírközlő szakmérnök, HA5KFV

Az eddigiek során megismertünk több olyan grafikus segédletet, amelyekkel figyelembe vehettük az ionoszféra rétegeinek pillanatnyi állapotát, meghatározhattuk a kívánt összeköttetéshez használható frekvenciákat. Nézzük most meg, hogy a változások sorozata a nap 24 órájában, és éves viszonylatban is, hogyan alakul!

### 2.33. A frekvenciaadatok változásai

Az ionoszféra állapotának többféle változása van. E változások az ionizáció folyamatára, okaira vezethetők vissza, elsősorban a Nap sugárzásának változásaira. Mindezekelőtt jellemző a nappalok és éjszakák, valamint az évszakok változásaival összefüggő ionoszféra-állapot-változás: a rétegek határ-

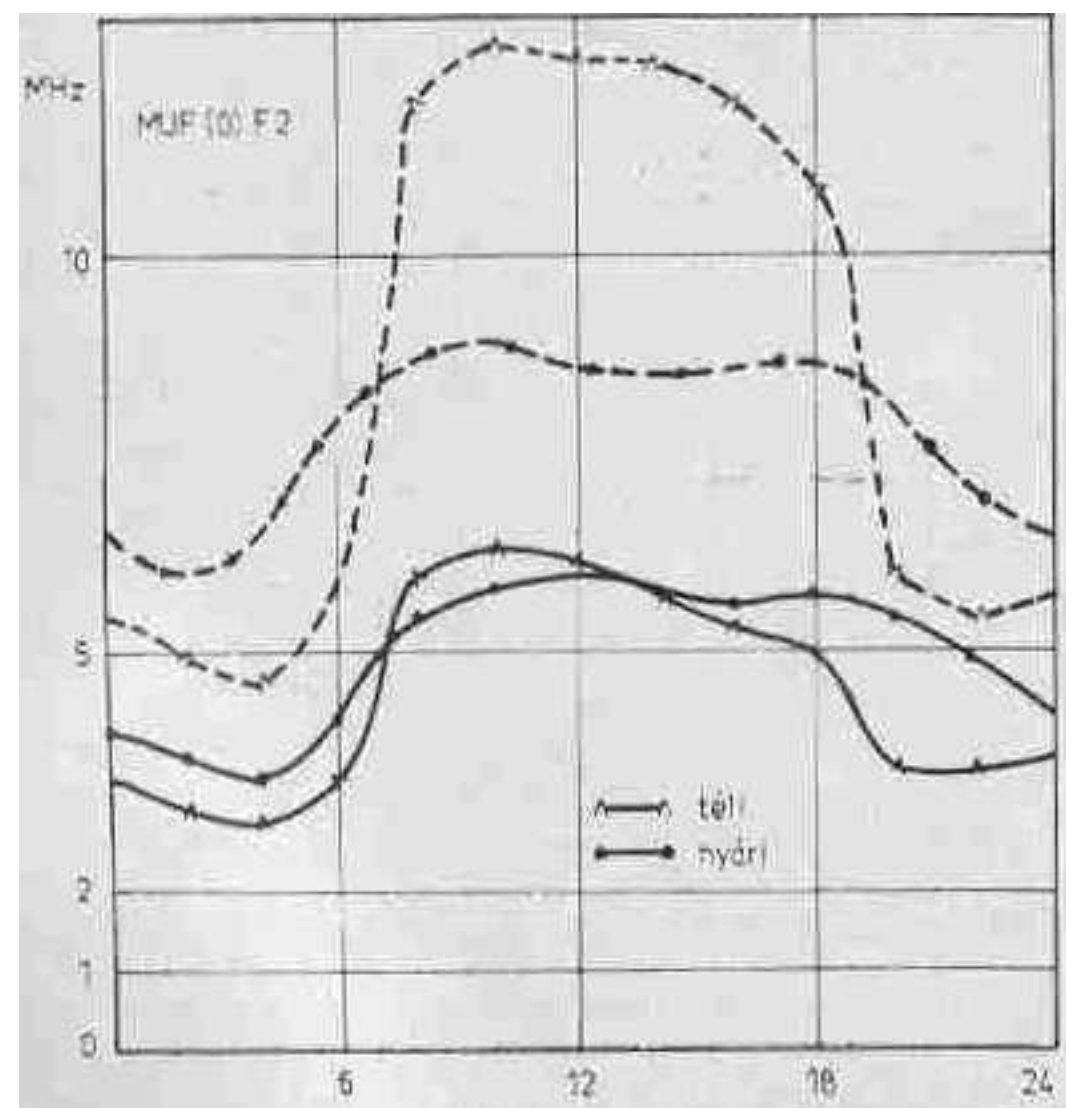
frekvenciái jól mérhető meneteket mutatnak.

Ha az óránkénti ionoszféramérés eredményeit olyan koordináta-rendszerben ábrázoljuk, ahol a vízszintes tengelyen a helyi időt tüntettük fel, megkapjuk a különböző rétegek határfrekvenciáinak napi menetét. A 37. ábrán feltüntettük az F2-réteg határfrekvenciáinak jellemző értékeit erős naptevékenység mellett (szaggatott vonal) és gyenge naptevékenységnél (folyamatos vonal). Mindkét időszakra egy nyári és egy téli görbét is bemutatunk.

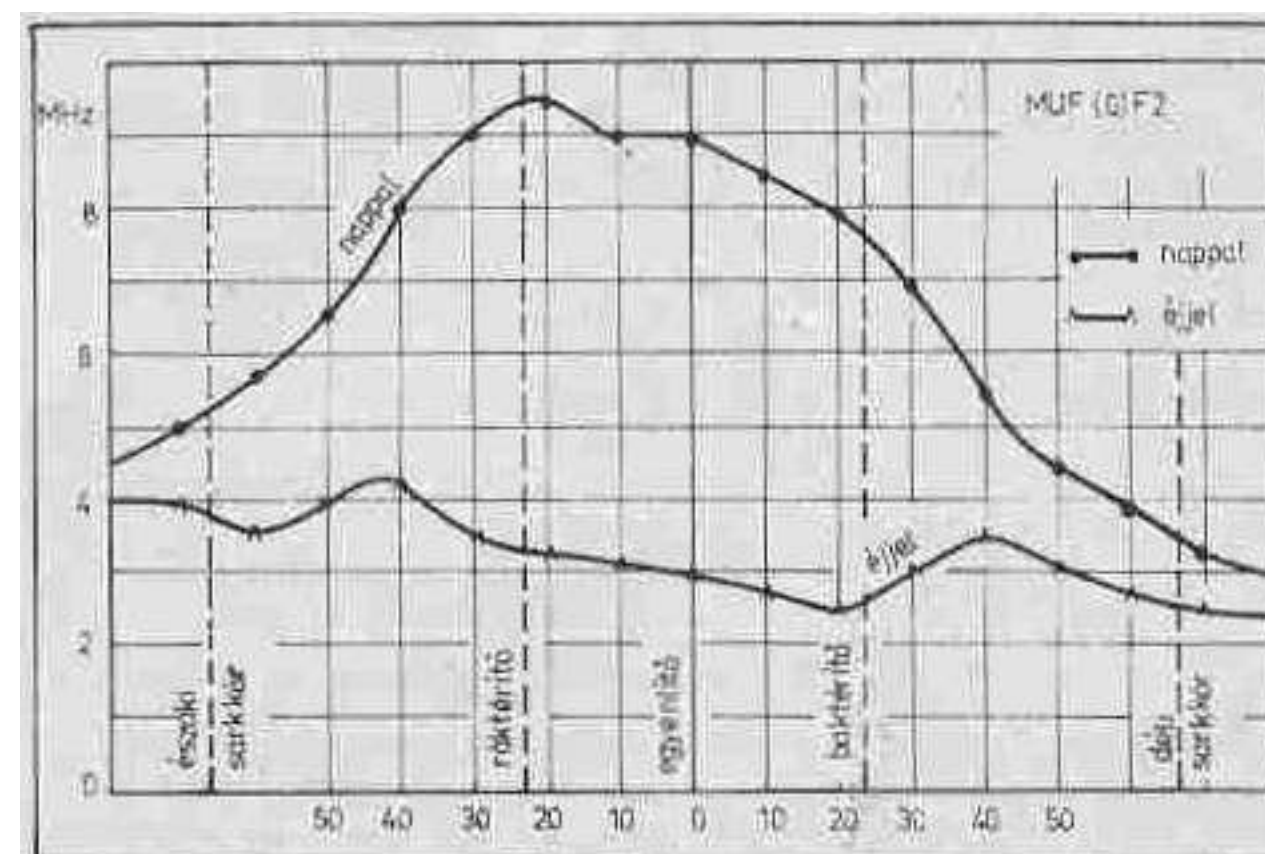
Feltűnő a nyári görbék közel egyenletes menete, vagyis az F2-réteg elektronsűrűsége a hosszú nyári nappalok alatt a naptevékenység által meghatározott magasabb értékű. A rövid éjszakák idejére nem

csökken jelentős mértékben az ionizáció az F2-rétegben. Télen más a helyzet: a nappali és az éjszakai elektronsűrűség értékei jelentősen eltérnek egymástól. A határfrekvencia is eszerint alakul: nappal igen magas, még a nyári maximumnál is nagyobb, míg éjszakára jelentősen lecsökken. A nappali magas határfrekvencia azzal magyarázható, hogy a téli napállás mellett az ionizáló napsugarak hosszabb úton fejtethik ki hatásukat az F2-réteg magasságának megfelelő légköri zónában, mint nyáron. Ez a hatás más jellegű, mint az E-réteg ionizációja során a  $\chi$  zenitsszöggel jellemzett hatás.

Természetesen az ionoszféra rétegeinek elektronsűrűségét az ott uralkodó hőmérsékleti viszonyok is jelentősen befolyásolják. A melegebb levegőtömeg ionsűrűsége a hőtágulás miatt csökken, míg a lehüléssel kapcsolatos zsugorodáskor nagyobb lesz az elektronsűrűség ionizáció nélkül is. Több hatás együttesen eredményezi az ionoszféramérésekkel meg-



37. ábra. Az F2-rétegen keresztüli összeköttetések maximális frekvenciáinak változása a nap 24 órája alatt. Látható, hogy éjszaka alacsonyabb az F-réteg határfrekvenciája is



38. ábra. Az F2-rétegre érvényes határfrekvencia menete a földrajzi szélesség változásával. A „nappal”-görbe a helyi idő szerinti délben, az „éjjel”-görbe pontjai éjfélkor mért értékeket tüntetnek fel



határozható elektronsűrűséget és határfrekvenciát.

A 37. ábra adatai lehetnek egy adott napra mérésekkel meghatározott értékek, vagy egy hónap mérési adataiból számított átlagok. Figyelembe véve a naptevékenység jellemzőit, a méréseket követő hasonló időszakokra a 37. ábra arra nézve ad előrejelzést, hogy milyen határfrekvencia-értékek várhatók a mérés hónapjában, közel azonos napfolt relativitás mellett.

Cikksorozatunk 10. részében (lásd a februári számot!) a 30. és 31. ábrákon bemutattuk a MUF(0)F2 és a MUF(4000)F2-értékeknek világtérképen való ábrázolását. E térképekről leolvashatók a frekvenciaváltozások a földrajzi szélességgel és következtetni lehet a napi menetekre is a hosszúsági körök egymásutánján leolvasott értékekből. Ez utóbbi

tulajdonképpen a 37. ábra, míg a földrajzi szélességgel való változást a 38. ábrán, tüntettük fel.

Látható, hogy az egyenlítői övezetben, de még a mérsékelt égöv kisebb szélességi értékeinél is nagy eltérés van a nappali és az éjszakai határfrekvencia között. A sarkkörök környékén viszont a nap minden órájában csaknem azonos az ionizáció mértéke, nyugodt napsugárzás esetén. A kis beesési szög miatt az ionizáció gyenge, különösen alacsony a határfrekvencia a féléves téli éjszakák területe felett. Az ellenpóluson ilyenkor folyamatos nappal van, de a határfrekvencia itt is alacsonyabb, mint a mérsékelt égövi területek felett.

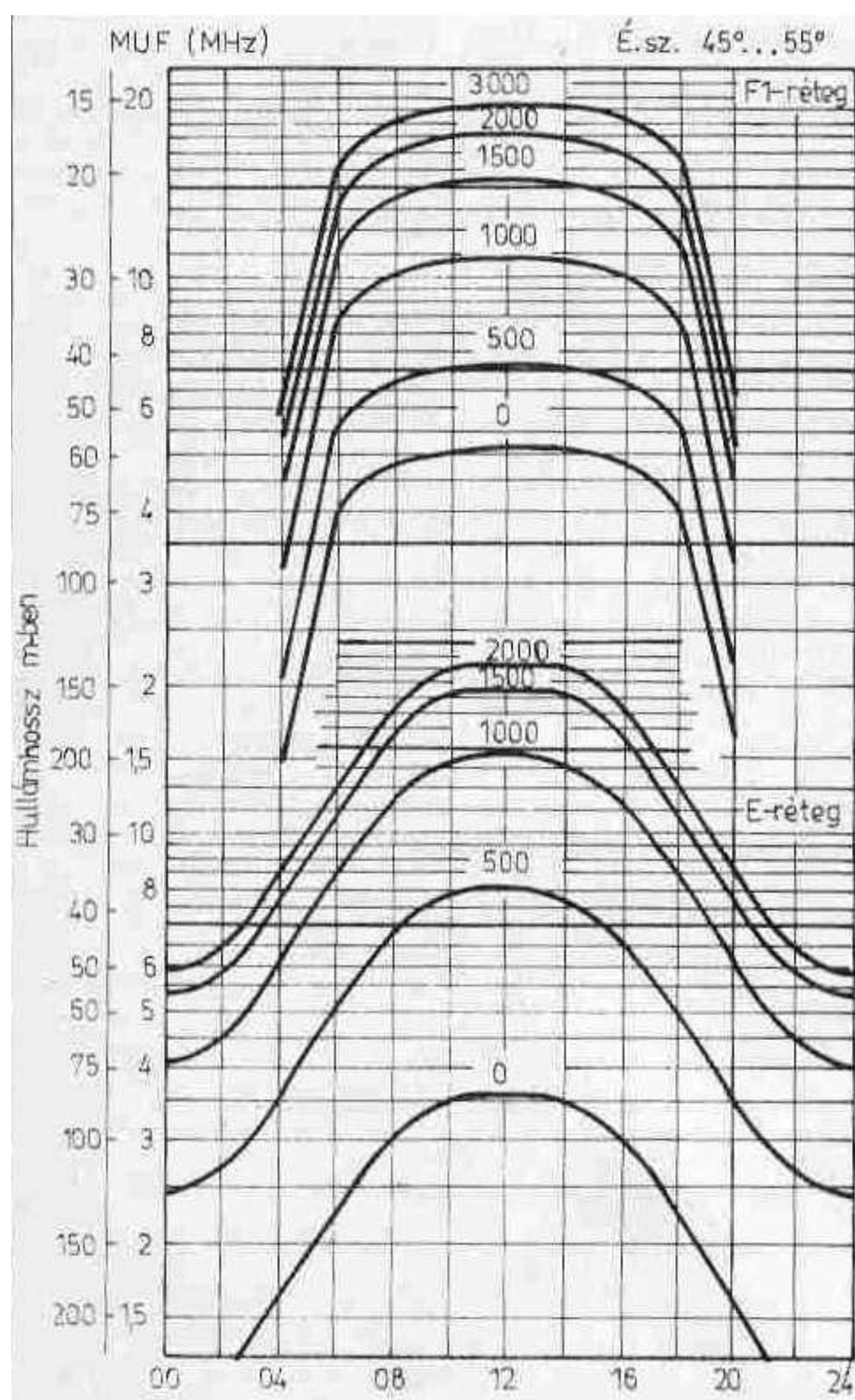
A 38. ábrát úgy is elkészíthetjük, hogy a MUF-értéket kétóránként (30 fokonként) megrajzoljuk. Ekkor az ábrán látható két görbe között

több adatot kapunk MUF(0)F2 menetére. Ezek lesznek a 30. ábra szerinti térkép szintvonalából kialakított észak-déli irányú metszetek, hasonló irányú összeköttetések méretezéséhez adott órában használható segédletek. Az ilyen összeköttetések az egyenlítőt rendszerint átszelik, az egyenlítői öv feletti nagy elektronsűrűségű F2-réteg lehetővé teszi a megszokott útvonalától eltérő útvonalakat is a rádióhullám számára. Az ilyen esetekben lehetséges összeköttetési útvonalakkal később, a példák során foglalkozunk. Most csak annyit, hogy a megfigyelt maximális frekvencia a MOF (Maximal Observed Frequency) értéke több MHz-cel nagyobb lehet, mint a számított MUF-érték egy adott egyenlítői útvonalra.

A mérsékelt égövek nagy kiterjedése és lakott jellege kiemeli a mérsékelt égövi jelenségek fontosságát a rádiózás szempontjából. Összeköttetéseink visszaverődési pontjainak jelentős része az ionoszférának mérsékelt égöv feletti régióiban van. Ezért fontos a határfrekvenciák számítása ezekben az övezetekben.

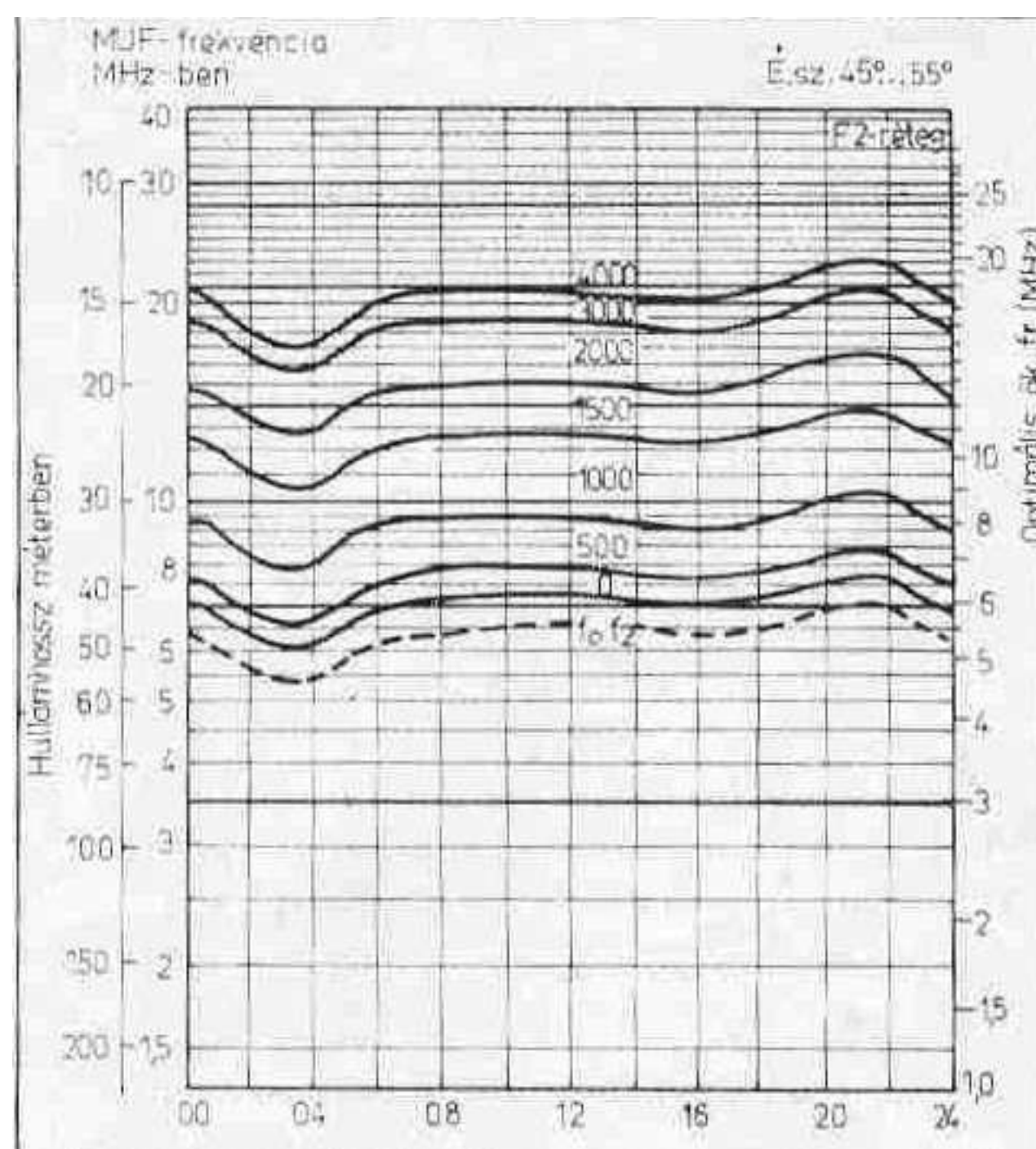
A CCIR 340. Report Scott-féle formulája a mérések átlagából indul ki és figyelembe vesz két naptevékenységi időszakot:

$$f_o F2 = f_o F2_0 + 0,01 (f_o F2_{100} - f_o F2_0) R_{12} \quad [16]$$



39. ábra. Maximális használható frekvenciák napi menetének értékei az E- és az F1-rétegekre különböző távolságokra, a mérsékelt égövbe eső visszaverődési pontokra, aktuális naptevékenység mellett.

Megállapíthatjuk hogy erősebb naptevékenységi időszakban készült az ábra, mert az E réteg is visszaveri a 20 m-es rádióhullámokat, a helyi idő szerinti 08 és 16 óra között, 1500 km-es ugrás mellett



40. ábra. Az F2-réteg jellemzése a mérsékelt égövben. Az ábrán feltüntetjük az optimális munkafrekvenciát 500...4000 km távolságokra, a frekvencia kis mértékű változásait a nap 24 órájában. Szaggatott vonal mutatja a kritikus frekvencia menetét

ahol:

$f_o F2_0$  = mért adat F2 határfrekvenciája, ha  $R = 0$ .

$f_o F2_{100}$  = Az  $R = 100$  napfolt relatív szám mellett mért határfrekvencia.

$R_{12}$  = a megelőző R-értékekből számított, várható napfolt relatív szám értéke.

$f_o F2 = a$  keresett határfrekvencia értéke.

Scott formulájánál pontosabban írja le Dr. Flórián Endre az F2-réteg határfrekvenciájának függését a napfolt relatív számtól:

$$f_o F2 = A + B \cdot R_{12} - C \cdot R_{12}^2 [17]$$

Ebben a formulában az  $A = 4,5$ ,  $B = 0,03$  és  $C = 0,00005$  állandók a mérési helyre lesznek jellemzőek. Közép-Európára más mérőállomás is hasonló állandókkal szerepel. A C tényező a másodfokú tagban az ionoszféra „telítési jelenségére” utal: nem lineárisan emelkedik a határfrekvencia a napfolt relatív számmal, amint azt a [16] képlet feltételezi.

Ha ábrázoljuk a [17] kifejezést, egy elnyújtott másodfokú parabolát kapunk.

Sok más számítás is használatos az ionoszféra-rétegek határfrekvenciáinak meghatározására. E számítási eljárások eredményeképpen adott időszakra (napra, hónapra) használatos nomogramokat tesznek közzé a kutató központok. A 39. ábrán egy hónapra érvényes, mérsékelt égövi határfrekvenciákat láthatunk, az E- és az F1-rétegekre. A határfrekvenciák különböző ferde beesések mellett a rádióhullám egy ugrásának távolságát mint paramétert tartalmazzák. Jól látható, hogy az F1-réteg segítségével 08 és 16 óra között a 10 MHz feletti frekvenciákon 1000 km és 3000 km közötti „ugrás” létesíthető, ha a frekvencia a 18,00 MHz-et nem haladja meg.

A 30. ábrán feltüntetett szélességi övezettől északabbra más, de jellegre nézve hasonló nomogram érvényes, alacsonyabb frekvenciaértékekkel.

Az F2-rétegre összeköttetési frek-

venciákat a 40. ábra alapján határozhatunk meg. A közepes naptevékenység melletti nyári jellegű görbe a nap folyamán lényeges eltérést nem mutat a határfrekvenciákban sem és a különböző távolságokra használható MUF(D) értékekben sem. Az ábra szerint a 14 MHz-es sávban egész nap dolgozhatunk, ha 2500 km-nél nagyobb ugrás mellett létesítünk összeköttetést. Ezzel szemben a 21 MHz a nap folyamán csak 1 — 2 óráig lesz használható, akkor is csak a leglaposabb kisugárzási szögek mellett (4000 km-es ugrás). Napjainkban e nomogram értékei eltolódtak, kb 10 MHz-cel felfelé, köszönhetően az erősebb naptevékenységnek.

(Folytatjuk)

Irodalom:

1. Dr. Flórián Endre: A naptevékenység befolyása az ionoszférára. Asztronautikai Közl. 1973.
2. Moszjacsnij Prognóz Nauk SZSZSZR, 1978.



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 13.

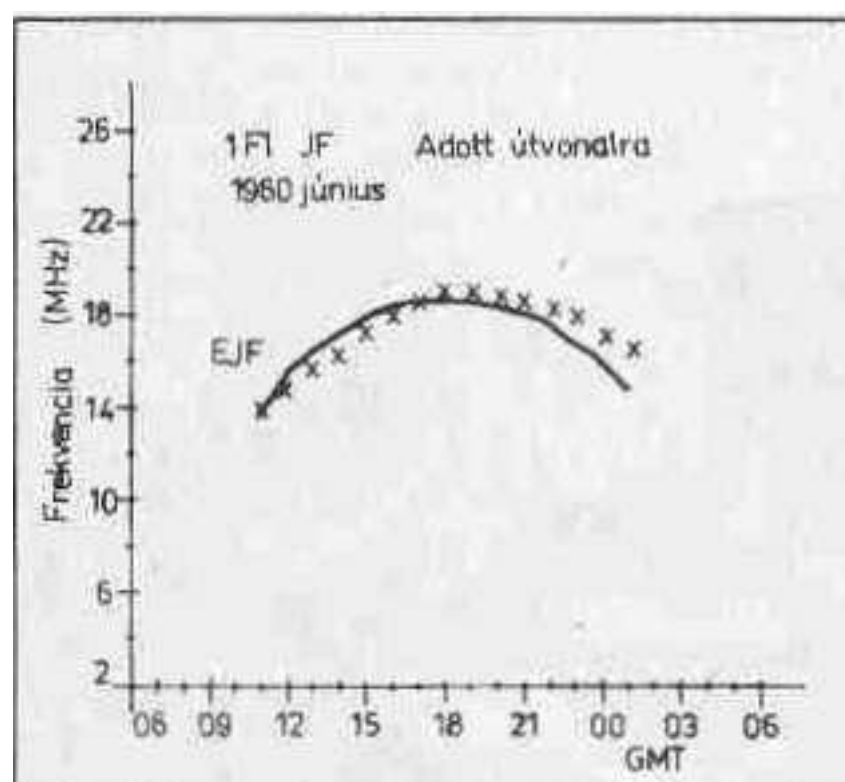
Szabó István okl. rádióhírközlő szakmérnök. HA5KFV

A [16] és [17] összefüggésekben az  $R_{12}$  igen változó érték. Naponta több napfolt keletkezik és szűnik meg, jelentős ingadozást hozva be a napfolt relatív szám értékébe (és természetesen jelentős ingadozást okozva az ionoszféra-rétegek elektrosűrűségében), amelyeket figyelembe kell vennünk összeköttetésink számításánál. Az ingadozások jellemzése a statisztikusán változó mennyiségeknél megszokott módszerekkel lehetséges: pl. a napfolt relatív számok értékeiből havi átlagot számítanak, s ezt összehasonlítják az előző hónapokban kapott átlagokkal. Ezek az átlagok már jól mutatják, hogy a naptevékenység a folyamatban levő napfoltciklusnak mely szakaszában tart. Figyelembe véve tehát a ciklus aktuális szakaszát, az  $R_{12}$  értékét előre lehet becsülni az elmúlt 12 hónap átlagából.

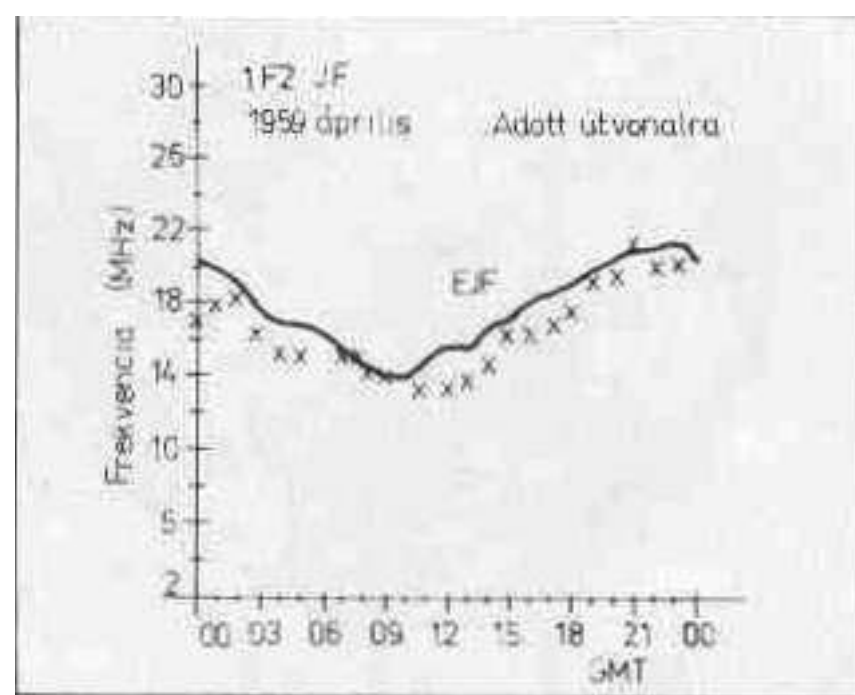
## 2.34. A legnagyobb üzemi frekvencia és az amatőrsávok

Megismertük az ionoszféra elektrosűrűségétől függő MUF- (Maximal Usable Frequency) értékek napi és éves meneteit, változását a földrajzi szélességgel. A MUF értékét meghatározott viszonylatokra származtattuk a kritikus frekvenciából [fo vagy MUF(0)] a szekáns-törvénnyel [13].

Gondoljuk meg: a MUF(0) értéke mediánérték volt, az a frekvencia, amelynél a rádióhullám az esetek 50%-ában már nem tér vissza a földre. Ezt úgy is mondhatjuk, hogy ezen a frekvencián az összeköttetés létrejöttének gyakorisága az összes kísérleti esetre vonatkoztatva 0,5.



41. ábra. A lényeges összeköttetési frekvencia (JF) és az előre számított átlagérték (EJF) összehasonlítása. Az EJF-et folytonos vonal, a 90%-os gyakoriságú JF-et xxx ábrázolja, a kisebb gyakoriságú ... értékek között



42. ábra. Megadott viszonylatú 1 F2-módú összeköttetés J F-értékeinek szórása a mérés hónapjának különböző napjain, óránként mérve. A jelölések azonosak a 41. ábrával. Látható, hogy az EJF meghatározás túl optimistának bizonyult, s a szórás is nagyobb, mint F1-módban

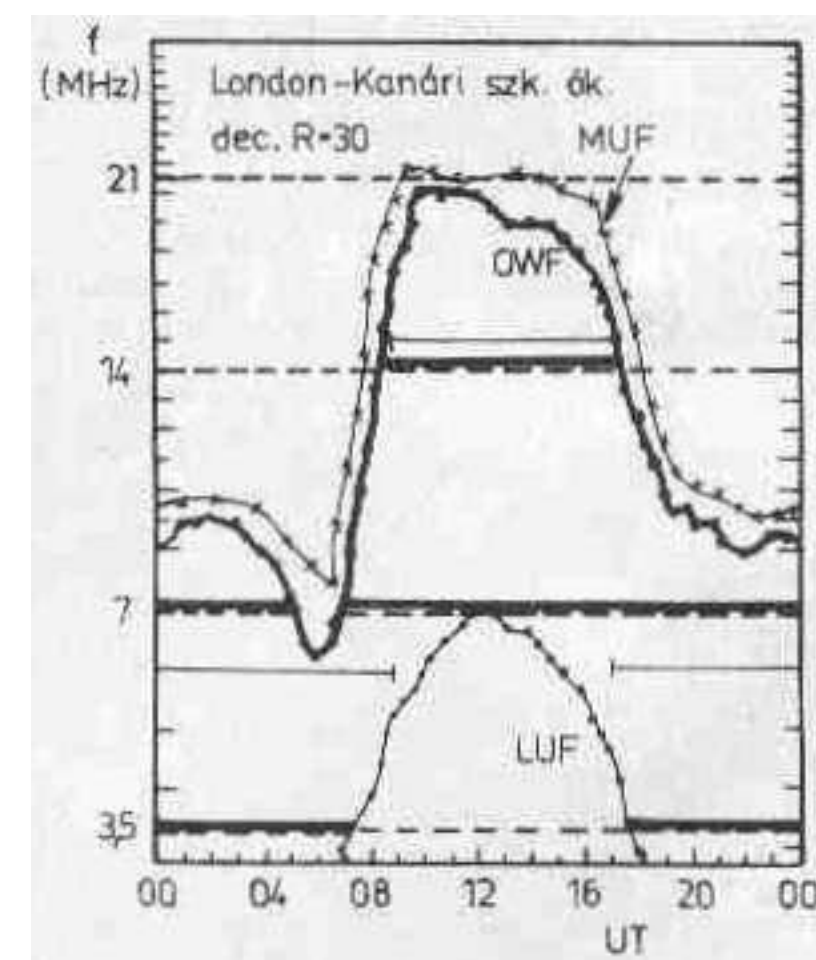
Általános esetben azt mondjuk, hogy az összeköttetés valószínűsége a MUF-nál 0,5 vagy 50%.

Az ionoszféra-rétegek elektronsűrűsége örökös változásban van, ezért lesz olyan időszak, amikor az elektronsűrűség pillanatnyilag lecsökken, s a rádióhullám visszatérési gyakorisága kisebb lesz, mint 50%. Ha javítani akarjuk a visszatérés, vele az összeköttetés valószínűségét, alacsonyabb összeköttetési frekvenciát kell választani, mint a MUF. Így már a lecsökkent elektronsűrűségű helyen és időszakban is visszatér a rádióhullám: nagyobb valószínűséggel jön létre az összeköttetés, mint a MUF-nak megfelelő frekvencián.

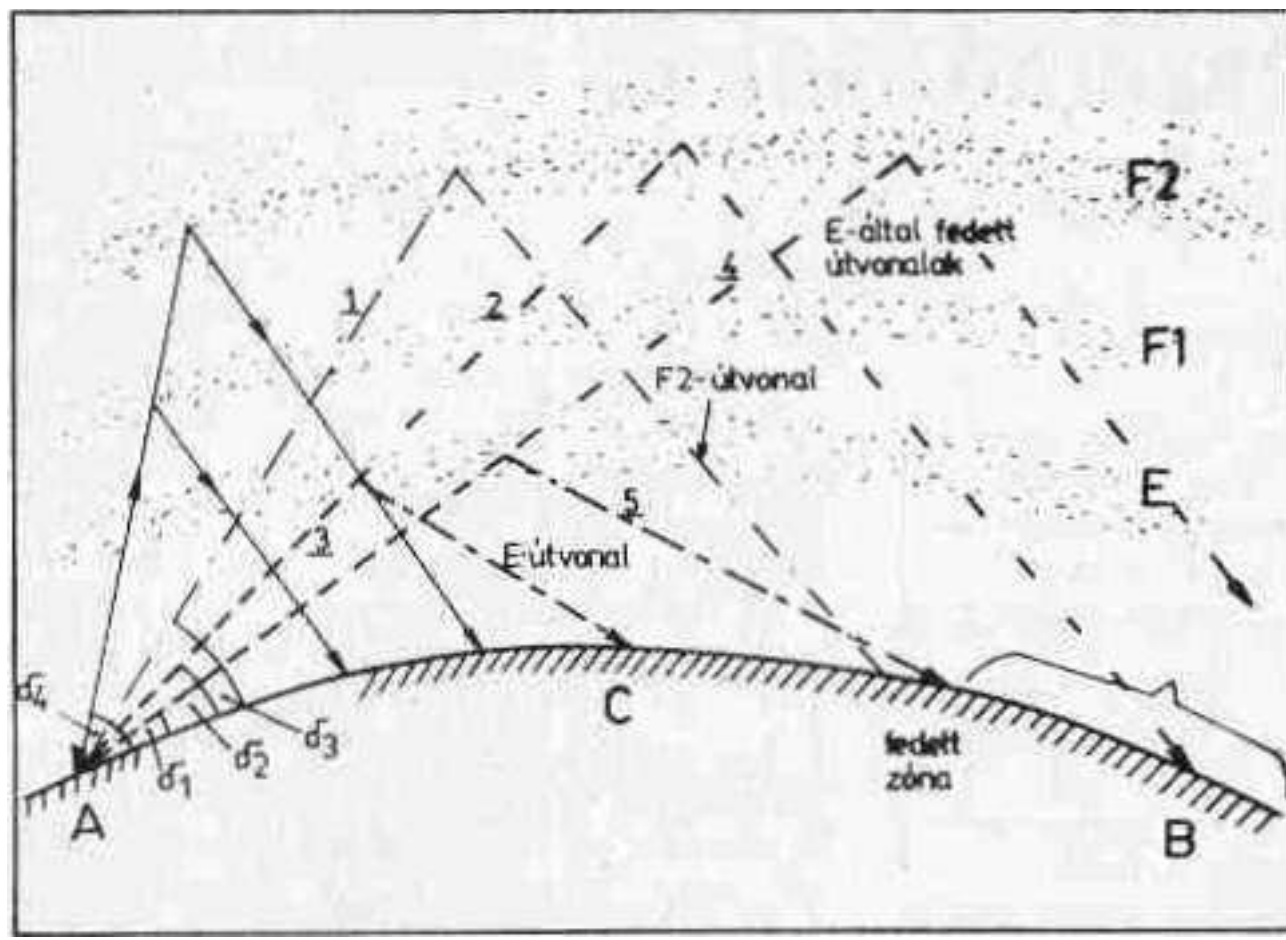
Az ionoszféra-rétegek határfrekvenciáinak ingadozását a pillanatnyi állapottól függően úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a rádióhullámok visszatérésének eseménye szempontjából az összeköttetés frekvenciája valószínűségi változó. Jellemző pl. az F2 rétegre, hogy ha a MUF értékétől lefelé 15%-ot eltérünk, a visszatérés gyakorisága 0,5-ről 0,9-re megnövekszik, vagyis az összeköttetés valószínűsége jobb lesz. Az így lecsökkentett értékű frekvencia még mindig igen kis veszteség mellett teszi lehetővé az összeköttetést, mert a rövidhullámú csatorna alsó határától, a LUF-tól távol vagyunk (lásd a 8. részt!). A MUF-érték alatti, biztonságos összeköttetést adó frekvenciát a legjobb üzemi vagy mlfrekvenciának szokták nevezni. Jelölései: OWF (Optimum Working Frequency), ORCs (Optimalnaja Rabocsaja Csasztota). Attól függően, hogy melyik ionoszféra-rétegen keresztül dolgozunk, a MUF-hoz rendelhető csök-

kentő szorzó értéke más lesz: az igen stabil E-rétegnél a MUF és az OWF igen közel esik egymáshoz, az eltérés 100-200 kHz. Az F1 rétegnél 5-10%-ot, az F2 rétegen keresztül összeköttetéseknel 15-25%-ot kell levonni a pillanatnyi MUF-értékből ahhoz, hogy az összeköttetés valószínűsége 90% felett legyen.

Joggal teheti fel a kérdést az Olvasó, hogy miért kell ennyire „kicentizni” a frekvenciakálán az összeköttetés frekvenciájának értékét, amikor az amatőrsávok úgyis adottak. A kérdés első közelítésre jogos, pl. ha a MUF(4000)F2 értéke 26 MHz, a felette levő 28 MHz-es sávban nem lesz összeköttetés, míg a 21 MHz-en vígan QSO-zhatunk. Más esetekben pl. a MUF értéke 21 MHz körül ingadozik több órán keresztül, s csak rövidebb időszakokban létesíthetünk itt összeköttetéseket. Ez esetben ismernünk kell a jelenséget, hogy a MUF környékén az összeköttetések rövidebb-hosszabb kimaradásával kell számolnunk, éppen a rádióhullámok visszatérési feltételeinek változásai miatt. Kisebb naptevékenységű időszakokban a 14 MHz-es munka is megnehezül: csak az egészen lapos szögben induló hullámok fognak visszaverődni az F2 rétegről, mert a nagyobb  $\delta$ -hoz tartozó MUF-érték a 14 MHz-es sáv alá esik. Az pedig az eddigiekből kitűnik, hogy a MUF felett az összeköttetés valószínűsége gyorsan közeledik a nullához.



43. ábra. Adott viszonylatra, a megjelölt hónapra használható frekvenciák napi menete. Felülről a MUF, ill. az OWF, alulról a LUF jelent korlátot a felhasználható frekvenciák számára. A használható amatőrsávokat folytonos vonallal jelöltük



44. ábra. E-fedés egyugrásos összeköttetésnél, erős naptevékenység mellett. Az adóállomás jelei  $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3 < \delta_4$  különböző kilövési szögek mellett más-más utat tehetnek meg, de az F2-ugrás  $\delta_1$  és  $\delta_2$  mellett nem jöhet létre, így a rádióhullámok a B fedett zóna helyett a közelebbi C területre jutnak el

Abban az esetben is jó ismerni a MUF- és az OWF-értékek várható átlagértékeit és ingadozásait, ha összeköttetésünk órájában a határok az üzemelő amatőrsáv fölött vannak. Figyelembe véve az ionoszférarétegek állapotának napi meneteit, a tartós összeköttetések időszakában (pl. 24 órás versenyek) olyan menetrendet kell kialakítani és figyelembe venni, amely számol a rövidhullámú csatorna frekvenciahatárait, a visszaverődési pontok helyi időitől és a viszonylattól függően!

A MUF klasszikusnak mondható elnevezése és értelmezése alkalmas arra, hogy összeköttetéseink felső frekvenciahatárának várható értékeit és ingadozásait konkrétan megmagyarázzuk. E megmagyarázásra volt példa a 30. és 31. ábra, ahol sok eddigi mérési eredményből származtattuk a MUF-okat. E térképet - mint jeleztük - hosszútávú prognózisnak tekinthetjük. Igen fontos azonban a pillanatnyi állapothoz tartozó legjobb üzemi frekvencia ismerete. A legmagasabb összeköttetési frekvencia JF (Junction Frequency) értékeit tényleges összeköttetéseken keresztül, pl. ferdeszögű ionoszfér mérő adó- és vevőállomás között lehet mérni, kísérletileg meghatározni. E frekvenciának ingadozásai a MUF körül, vagy az előre becsült EJF (Estimated JF) körül, mint várható érték körül, mennek végbe. Adott hónapra mérésorozatot végezve, a 30. és 31. ábrák szerinti térképeket ismételtlen meghatározhatjuk, pontosabbá téve az adott időszakról szerzett eddigi ismereteinket. Az EJF és a MUF tehát a prognózis és a meghatározott szabályok szerint képzett „sokévi átlag” fogalmaknak felelnek meg a legmagasabb használható frekvenciák között. Ne feledjük, hogy mindkét frekvenciaérték az adott körülmények között adott ugrásra (viszonylatra) határozható meg. Példaként a 41. és 42. ábrákon bemutatjuk az EJF és a tényleges összeköttetési frekvenciák alakulását F1 ugrásra nyári hónapban és F2 ugrásra tavaszi hónapban. Szemléletes, hogy

mennyire követi a 90%-os valószínűségi frekvenciák menete az előre számított EJJF” görbét, de a naponta adott órában újra lement JF-értékek szórása (ingadozása az átlag körül) is jellemző a visszaverő rétegek állapotára.

Sok kutatóállomás végzett és végez hasonló méréseket, ahol az előre becsült összeköttetési max. frekvenciák és a ténylegesen észlelt JF (összeköttetési frekvencia) egybevetése, az eltérések jellemzése és megindokolása a cél. A 42. ábrán pl. láthatjuk, hogy a tényleges JF 0...3 MHz-cel alatta volt az EJJF-nek, a várható értéknek. Ugyanakkor kisebb gyakorisággal a várható értéktől való  $\pm 6$  MHz-es eltérések is voltak. Ezek az ábrák „beszédese” a MUF statisztikus változásairól, az ionoszféra dinamikus tulajdonságairól. Felvillantják annak a jelentőségét, hogy a rövidhullámú összeköttetések előrejelzése rövid időszakra milyen fontos!

### 2.35. A rövidhullámú rádiócsatorna határai

Megismertük tehát az ionoszféra elektronsűrűségétől függő felső határfrekvenciákat, láttuk, hogy ezek állandó mozgásban vannak. Korábban a csillapítások áttekintésénél és meghatározásánál az alsó határfrekvenciát adott teljesítmény mellett az ionoszférikus csillapítás korlátozta (LUF).

Összeköttetéseinket a felső és az alsó frekvenciahatár közé kell tervezni, az összes igény és lehetőség figyelembevételével. A 43. ábrán bemutatunk egy példát, mérsékelt égövbe eső összeköttetési viszonylatra, téli hónapban, gyenge naptevékenység mellett. A 80 m-es sáv 18.00 óra és 07.00 óra (UT) között egész éjjel használható, 100 W adóteljesítményt feltételezve. A 40 m-es sáv csaknem végig jó, kivéve a hajnali lecsökkenését az elektronsűrűségnek, 05 és 07 óra között. Délben a LUF görbéje éppen érinti a 7 MHz-et, ekkor jelentős csillapításra

kell számítani. A 14 MHz-es sáv 08... 17.00 óra között (UT) jó stabil, mert a MUF jelentősen feljebb van, ugyanakkor a csillapítás ezen a frekvencián már lényegesen kisebb. A 21 MHz-en 09... 14 óra között lehet dolgozni, de állandóan a MUF közelében leszünk, ezért jelentős QSB-re lehet számítani. Látható az ábrán, hogy a 28 MHz egyáltalán nem megy, ami az alacsony naptevékenység egyenes következménye.

A rádiócsatornának határoltságára érdekes példát mutatunk be a 44. ábrán. Ez az E-fedés esete. Nappal az E-rétegre érvényes MUF-érték olyan magas lehet, hogy magasabb frekvenciákat, pl. a 14 MHz-et is visszaveri, ha azokat alacsonyabb szög alatt sugároztuk ki. Rövidebb távolságra nagyobb  $\delta$ -szög mellett a rádióhullám az 1 útvonalon halad. A kisebb  $\delta$ -szögek mellett 2 és 4 útvonalak nem jöhetnek létre, mert az E-rétegen már megtörténik a visszaverődés és a 3, ill. 5 útvonalak alakulnak ki. Az

E-réteg magas MUF-értéke mellett tehát nem engedi létrejönni a tervezett nagyobb távolságú F2-ugrást, hanem a kisebb távolságú E-módot produkálja. Ebben a módban pedig egy ugrással — mint tudjuk — csak 2000 km hidalható át. Az ábrán látható 1 jelű F2 útvonal is kb. ugyanide juttathatja a rádióhullámot. Marad tehát 2000 km után egy „fedett zóna”, ahova laposabb szögű F2 hullám nem juthat el, mert maga a hullám fel sem érkezik az F2 rétegre, az E-réteg takaró hatása miatt. Ilyenkor csak magasabb frekvenciára való áthangolással érhetünk el 3000—4000 km közötti távolságokat 1F-módban, amikor már az E-réteg MUF-ja fölött van az összeköttetés frekvenciája.

A magasabb frekvencián való F2-módú QSO-nál az E-réteg nagy elektronsűrűsége nagyobb csillapítást okoz. Az előrejelzések számításánál ezt a csillapítást is meghatározzák, amikor számottevő értéke van.

Magas naptevékenységű időszakban az E-fedéshez hasonlóan E1-fedés is előfordul, gyakrabban az egyenlítői övezetben. A nálunk megszokott MUF-értékeknél a trópusokon lényegesen magasabb MUF-értékek vannak, amint ez a korábban idézett térképekről leolvasható. Erre példát a későbbiekben hozunk.

( Folytatjuk )

Irodalom:

1. Kenneth Davies: Inospheric Radio Propagation NBS. Mon. 80. 1965.
2. Dr. Flórián Endre: Hullámterjedés Műsz. K. 1956.
3. M. P. Doluchanov: Rádióhullámok terjedése Műsz. K. 1978.



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 14.

dr. Flórián Endre fizikus, HA5KFV

## 3. Az ionoszférikus rádióösszeköttetések lehetőségeinek előrejelzése

### 3.1. Az előrejelzésekről általában

A magyar nyelv annak a kifejezésére, hogy valamilyen esemény vagy körülmény egy előre adott időpontban vagy egyáltalában a jövőben be fog következni, több szót, kifejezést is használ. Ilyen szavak a *jóslat* (jóslás, Jövendölés), az *előrebecslés*, az *előrejelzés* és a (görögből, majd) latinból származó, idegen, de már eléggé nemzetközivé vált szó: a *prognózis*.

A Magyar Értelmező Kéziszótár már nem tud megbirkózni e kifejezések fejlődésével. Az igaz, hogy amennyiben az ismert legrégebbi szó jelentését vesszük alapul, akkor valóban a *jóslat* szót kellene mindig használnunk, Így azonban nem tudnánk kifejezéseinkben különbséget tenni sem a régi madár- és békajóslások, sem a szintén elég régi kártya- és csillagjóslások, de a mai *előrejelzések* között sem. A teljesen a véletlenre bízott *jövendölés*, az álmokból, a látomásokból önkényesen (sőt a nagyobb „térítés” kedvéért még változtatott) *jóslást* jelentő szó így előtűnik teljesen egyenlő értékűvé válhat az *előrejelzés* értékével.

A csillagjóslásról azonban meg kell jegyezni, hogy hasznos is volt. *Kepler* tulajdonképpen ebből élt, de szerencsénk közben rájött a róla elnevezett csillagászati törvényekre.

Ha el akarjuk kerülni a „jóslat” szónak már ilyen eléggé lealacsonyító jellegű használatát, akkor ma már két magyar szó is rendelkezésünkre áll.

Ezek egyike az *előrebecslés*. Ez a szó (rádiós viszonylatban!) angol eredetre vall (egyébként is ez „ősi” kifejezés), de könnyen fordítható és valószínűleg ezért „nem használják az angol (estimate) változatot. Az *előrebecslés* abban különbözik a „jóslat”-tól, hogy már van *elfogadható statisztikai alapja*. Ismeretes, ha hosszabb ideig figyeljük egy város utasforgalmát, akkor *előrebecsülhetjük* pl. a hét végére szükséges autóbusz vagy éppen villamos szükségletét egy adott időszakra.

A hosszú idő alatt vizsgált adatokból csináltunk tehát *statisztikát* és ennek alapján merjük előre megmondani: erre és erre, számszerűleg ennyire és ennyire van szükségünk, mert az előrebecsült esemény általában így szokott lezajlani, ennyi az igénye...

A másik kifejezés, az *előrejelzés* valamivel többet jelent. Akkor használjuk, ha *nemcsak statisztikát* veszünk alapul, hanem figyelemmel kísérjük a *statisztika adatait előidéző okokat is*. Így akkor lesz jó (akkor válik be) az előrejelzés, ha az okok *bekövetkezését is tudjuk már előre*. Nos, itt rejtőzik a hiba lehetősége mindenféle előrejelzésnél. Igaz, ma már nagyon sok természeti jelenség okát ismerjük, de az okok egymás utáni sorára — sajnos — a legtöbb esetben megint csupán a statisztikai eredményekből következtethetünk.

Amellett ugyanazon Jelenségnek olykor két (sőt több) oka is lehet és fordítva: ugyanaz az ok több jelenséget okozhat. Ilyenkor kell hosszú idő a vizsgálatra: kifogni olyan alkalmat, amikor az ok és az okozat közötti összefüggés világos.

Az idegen *prognózis* szó igen régi eredetű, de tulajdonképpen megcsupán „jóslást” jelent. Mai értelmezésében azonban (a legtöbb helyütt) az *előrebecslés* és az *előrejelzés* keveréke lett. Sok ember használja ezt is mint idegen kifejezést és reméli: vagy nem tudják hallgatói, vagy olvasói a szó igazi értelmét (no, de úgysem vallják be), vagy — és ez sűrűn fordul elő — a helyes értelmezést maga a szó használója se ismeri. Igazán, de hát így „műveltebbnek” tartják...

Azokban az intézményekben, amelyekben előrejelzési munkát végeznek, használatosak másféle kifejezések is. Egy gyakori, de nem közismert: szó a *prediktor* (latin eredetije: *predico* = előre megmondani; angol változata: *precursor*). A prediktorok alatt tulajdonképpen *jelenségeket* értenek, amelyek általában *megelőzik* magát az előrejelzendő eseményeket, de a közönség számára (a műszerezettség hiánya, a

hozzá nem értés slb. miatt) észrevehetetlenek. Ezek általában a rövid időre, egy-két nappal előre szóló, az ún. „rövid lejáratú” előrejelzéseket segítik. Ilyen jelenségek láthatók esetleg pl. a Napon, amelyek a „rövid lejáratú ionoszférikus előrejelzések” prediktorai.

#### 3.1.1. Az előrejelzések beválási százaléka

Ismeretes, hogy az ún. 50%-os beválás már egyáltalában nem előrejelzés, hiszen igent és nemet jelent ugyanakkorra. A tényleges helyzet azonban sohasem ilyen egyszerű. Minden előrejelzés többféle összetevőből áll (mindennap hallhatjuk pl. az időjárás előrejelzését). Éppen ezért a beválás százalékos megállapítása vagy egy szervezet megállapodásán múlik, vagy sokszor teljesen átmeleg az egyéni ízlés területére...

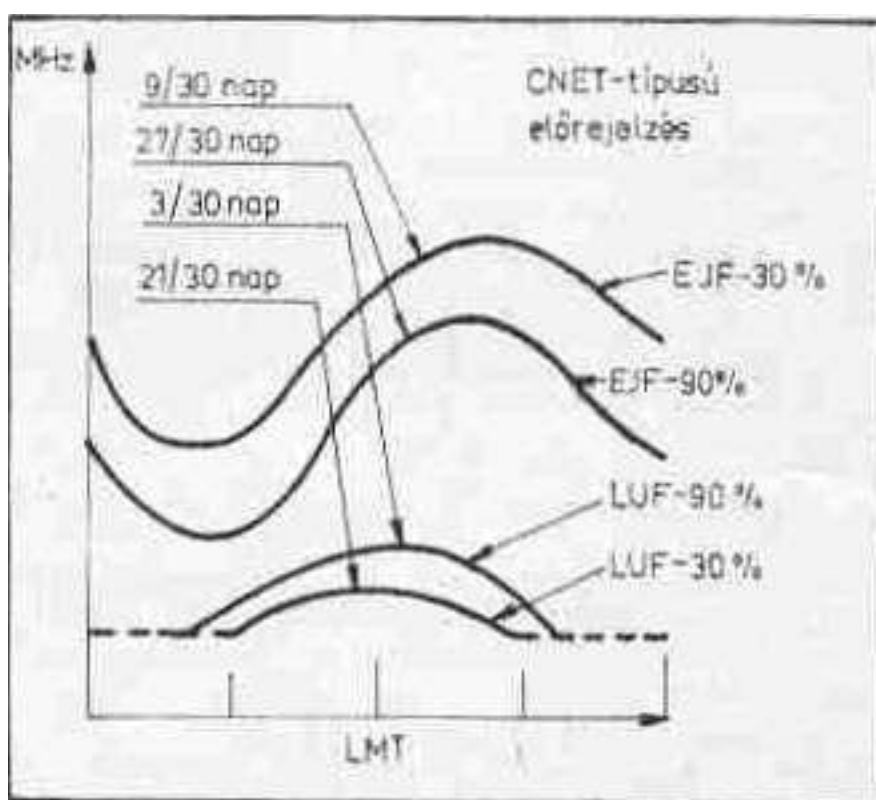
A beválási százalék rádiós viszonylatban általában kétféle típusú *ellenőrzést* és így kétféle *megállapítási lehetőséget* is jelent.

Vegyük előre a beválás *időszázalékát*. Azt mondhatjuk az egy hónapra szóló (pl. hullámterjedési) előrejelzésről, hogy az egyik görbéjének *10-es az időszázaléka*. Ez annyit jelent, hogy abban a hónapban a görbe által mutatott frekvenciák a teljes időszaknak (30 nap) csupán 10%-ában (tehát:  $3 \cdot 24 = 72$  órában) használhatók. Tudnunk kell azonban: ez egyáltalában *nem azt* jelenti, hogy a 30 nap *valamelyik egymás után következő napjáról van szó*, hanem napi két, olykor két és fél órában (a jelzett frekvencián) kihasználható időtartamról, amelyek összege a kb. 72 óra. Hogy aztán ez az időtartam melyik napszakra esik?

- Ezt illik megtalálnunk az előrejelzésben.

Különösen az ionoszférikus előrejelzések *francia iskolája* szolgáltat ebben a vonatkozásban érdekes példákat. A francia Posta- és Távközlési Minisztérium „Nemzeti Távközlési Kutató Központja” (Centre National d'Études des Télécommunications = CNET... érdekes, ott Knet-nek ejtik) részletezi legjobban az „időszázalékokat”. Később elmondandó és a többi nemzetétől „kissé” elütő fogalmakat is használó intézmény alaposabb ismertetése nélkül is érdekes lehet az időszázalékokat bemutató CNET-féle havi előrejelzésnek a *vétel helyére* használható, általános bemutató ábrája (46. ábra).

Ezen, a koordináta-rendszer függőleges tengelyén, a frekvenciát

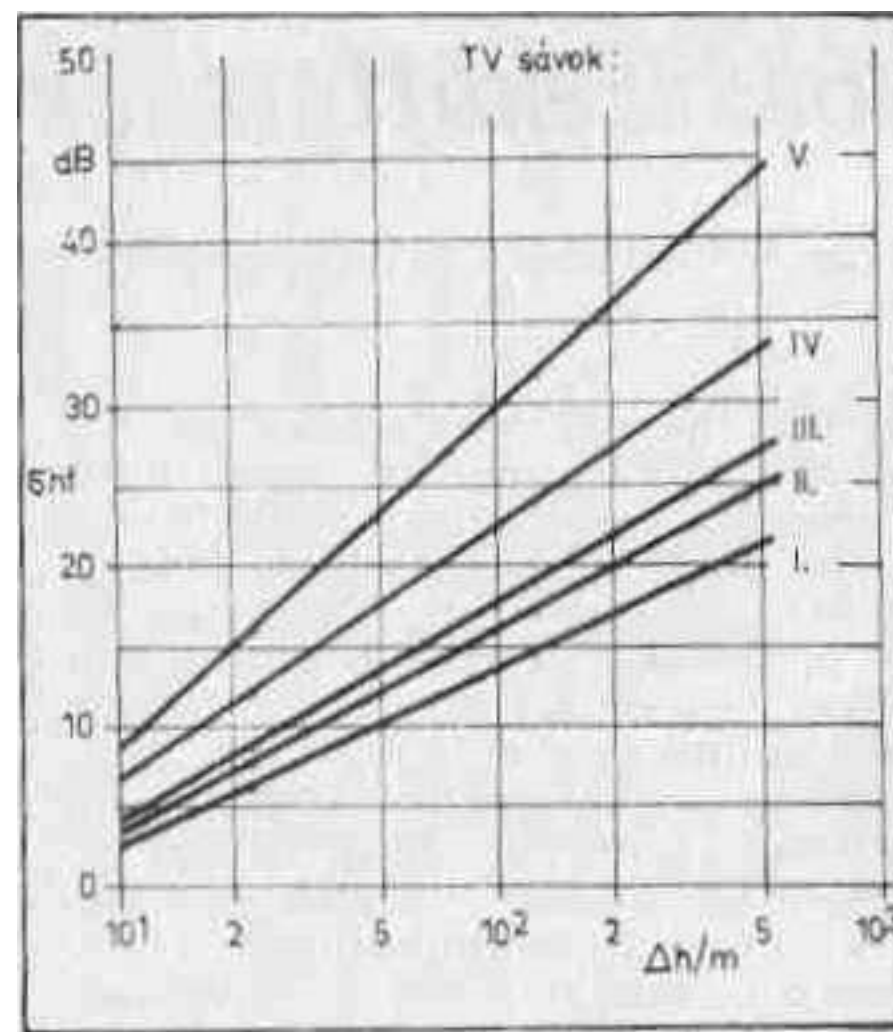


46. ábra. A francia típusú — átlag havi előrejelzés az időszázalékok fel tüntetésével

(MHz-ben), a vízszintesen pedig (az adott vételi hely helyi időszámítása szerinti) „helyi közepes időt”, vagyis a Local Mean Time=LMT-t találjuk. Az ábra görbéin kétféle jelölést látunk. A baloldalon a tört vonal előtt a kihasználható (de az előbb leírtak szerint értelmezhető!) napok száma, a törtvonal után a hónap napjainak száma olvasható. A jobb oldalon a felhasználható frekvenciák Jelölése mellett az időszázalékok láthatók. A frekvenciák jelölését olvasóink a rovat előző közleményeiből már ismerhetik. A nyilak segítenek megtalálni a jelölésekhez tartozó görbéket.

A másik „beválási százalék” ismertetése az ionoszférikus terjedés vonatkozásában, ritkább alkalmazása miatt talán kevésbé időszerű, de annál inkább használatos az URH-ok sugárzása esetében, ezért ezt is megemlítjük.

Ebben az esetben a rádióhullámok által beszórható területnek (az adóállomások elhelyezésétől és teljesítményétől függő) területi százalékos ellátottságát kell előrebecsülni (majd mérésekkel igazolni). Nyilvánvaló, hogy a beszórható terület domborzati viszonyai lesznek az előrebecslés kiinduló alappontjai. Ezért megállapítják a kérdéses terület legmélyebb pontját és az adóállomások (továbbá a feltehető vevőállomások) ehhez viszonyított, fő-



40. ábra. A területi ellátottság előrebecslésére szolgáló, az NDK-ban kidolgozott módszer, amely figyelembe veszi a magasságkülönbségeket és a (TV) frekvenciákat

ként magassági elhelyezkedését. Elsősorban a fenti adatok alapján próbálják előrebecsülni az így beszórható területek mértékét. E területek összessége, viszonyítva az egész területhez, adja meg a terület *előrebecsült százalékos ellátottságát*.

Az igazoló mérések alkalmával

hamar kitűnt, hogy a területi százalékos ellátottság előrebecslésénél erősen figyelembe kell venni (a fenti adatokon kívül) a *használandó frekvenciát is!* Így az előrebecslés képe bizony másként alakul... Ebben az esetben az NDK járt elől jó példával, ezért onnan mutatunk be egy, már az előrebecslésekhez mással is felhasználható ábrát.

A 40. ábrán a koordináta-rendszer vízszintes tengelyén a (legalacsonyabb ponthoz viszonyított)  $\Delta h$  magasságkülönbségek láthatók, a méter 10-es hatványaival kifejezve.

Az I..V sávokba tartozó televíziós adók összes vételi lehetőségeinek a szórását ( $\sigma$ ) a magasságkülönbség és a frekvencia függvényében (tehát  $\sigma_{hf}$  jelöléssel) a függőleges tengely mutatja. Itt az összes esetekben a várható télerősség 50 és 10 százalékát meghaladó különbséget jellemző, dB-ben kifejezett értékeket találunk. A frekvenciát a sávokat Jelző, külön-külön húzott egyenesek képviselik.

(Folytatjuk)

Irodalom:

1. Instructions d'emploi des prévisions de propagation ionosphérique des ondes radioélectriques CNET 1969.
2. P. Beckmann: Die Ausbreitung der ultrakurzen Wellen. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1963.



## Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 15.

dr. Flórián Endre fizikus, HA5KfV

### 3.2. A régi előrebecslések

Sokan gondolják, hogy a rádiós hírközlés valami újabb keletű műve az emberiségnek. Nem emlékeznek arra, hogy hosszú hullámokon már kb. hetven éve folyik rendszeres rádiózás és arra sem, hogy pl. a Berlin—New York között megnyílt rádióforgalom 1919-ben évi 1,1 millió szóval kezdődött, majd tíz év múlva, tehát fél évszázaddal ezelőtt 18,9 millió szóra gyarapodott — mégpedig rövid hullámokon (9,810; 13,180; 19,240 és 20,140 MHz-en). A legnagyobb napi, rendszeres rádióforgalommal áthidalt távolság 1929-ben 12 350 km volt, rövidhullámon (Berlin-Chile).

#### 3.2.1. Fél évszázados az első előrebecslés

A tízéves rövidhullámú rádiós tapasztalat máris arra ösztönözte a rádióhullámok terjedésének akkori kutatóit, hogy — még hozzá lehetőleg műszeres mérések segítségével — statisztikát készítsenek a (kb.) 9 irányú rádióforgalom vételi viszonyairól és ezt a statisztikát a sugárzandó hullámhosszak legalább napszaki és évszaki előrebecslésére használják fel.

A rádióforgalomban szereplő hullámokat ezért azonos (ohmos-) ellenállású fejhallgatókkal vették és a „hallhatóság” mértékét azokra kapcsolt műszerrel állapították meg. A hallhatóság mértékének egységét annak idején *Barkhausen* elnevezte Wien-nek (semmi köze Bécshez...). Ez az egység, amelyet egyébként akkoriban a telefonvonalak zajosságának mérésénél is használtak, már régen feledésbe merült. Lényeges, hogy elég jól jellemezte a „vételetértséget”, amelyet különben is a kezdetben egy visszacsatolt audion és utána kapcsolt hangfrekvenciás erősítőtől nyertek (mennyire csendes lehetett akkor még ez a világ). Hamarosan működtek azonban a 2-3 előkörös szuperkészülékek, még pedig két (2,5 MHz és 250 kHz-es) középfrekvenciával, 6 kHz-es sáv-

szélességgel, ha kellett ellenütemű végerősítővel.

A statisztikát úgy készítették, hogy vétel közben félóránként mérték meg és jegyezték fel a hangerősséget, illetve a „hallhatóságot”.

Ebben az időben már ismeretes volt, hogy a felhasznált rádióhullámokat az ionoszféra (az akkori neve még *Kennelly* — *Heaviside-réteg*) veri vissza és azt is tudták, hogy ez a réteg a nap folyamán mind a magassá-

át, mind a sűrűségét változtatja. 1925-ben ugyanis már működött az USA-ban a *Breit* és *Tuve* mérnökök ionoszféra-vizsgáló berendezése (a radar őspéldánya).

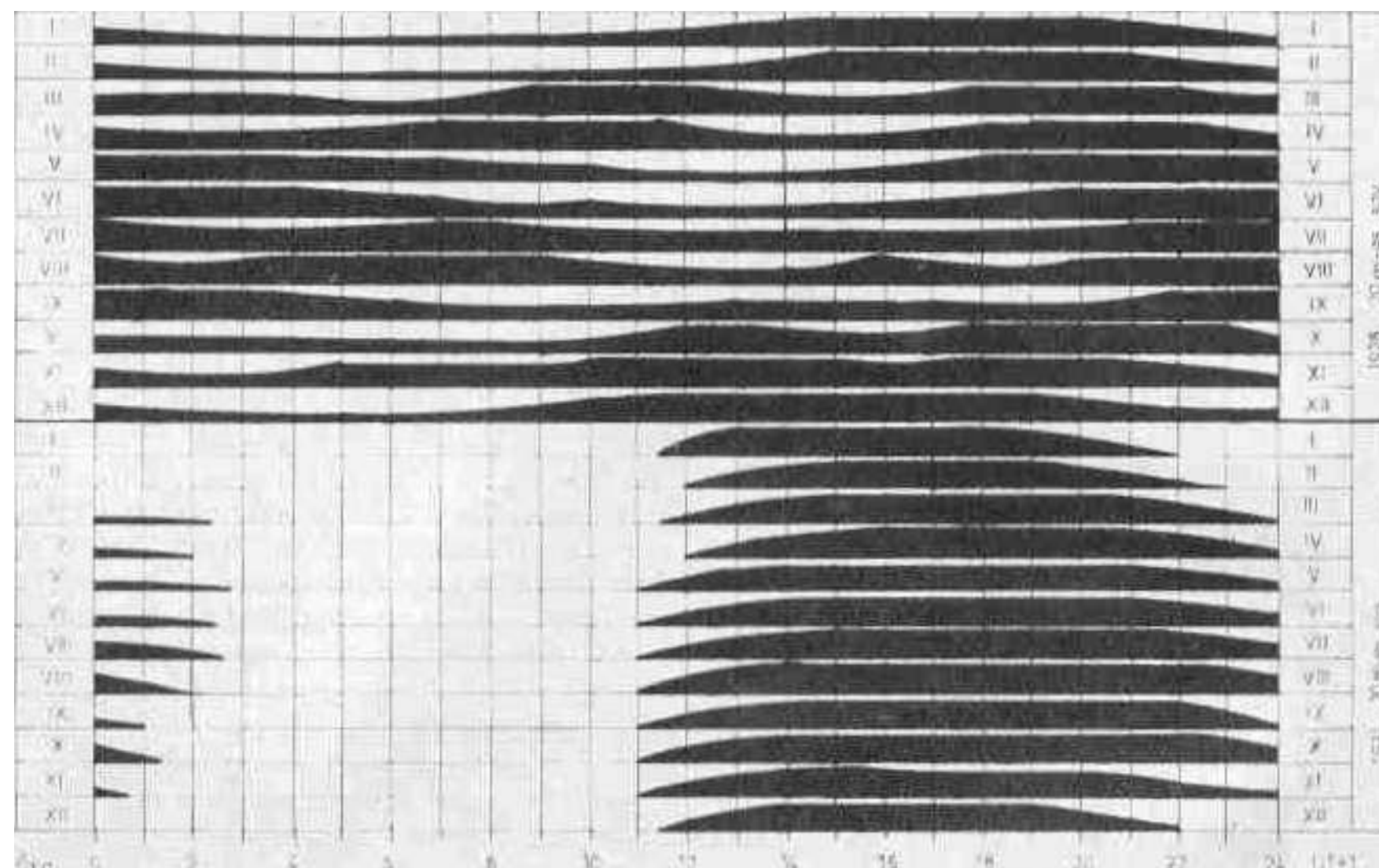
Az ionoszféra ingadozó jellemzői miatt az összeköttetések frekvenciáját már a nap folyamán is változtatták. Megkülönböztettek külön-külön az egyes útvonalakra használható „nappali”, „átmeneti” és „éj-

szakai” hullámokat. Egyelőre persze csupán a *tapasztalatok* alapján.

A tapasztalatokból azonban egy évtized alatt (1919-1929) már jól kirajzolódott az akkori hullámterjedés-kutatók ma is irigylésre méltó szakmai ismerete. Lássuk csak, hogy a fenti évtized adatai és az akkori föld- és napfizikai ismeretek birtokában mire tudták máris felhívni a rádiósok figyelmét!

*H. Mögel* (akinek a neve a *Mögel—Dellinger-effektus* révén ma is él még, hiszen ezt az effektust az utóbbi évek során eleget észlelhettük) egy cikkében idézi *Male von Pendl* kutató szavait (részletek az idézetből):

*A napfoltperiódus minimuma idején várható, hogy a szabálytalan zavarok és pedig mind az áthatolók [— ezt ma a légkör felső részén áthatoló ultraviola- és röntgensugárzásnak nevezzük — ], mind az elterlthetők*



47. ábra. New Yorkból a 20 méteres sávon sugárzott és Berlinben vett rádióhullám átlagolt térerősségének változása, a napszak és évszak szerint (hónapokra bontva), relatív egységben. A felső rész a nagy naptevékenységű 1928-as, az alsó rész a naptevékenység minimuma felé haladó 1931-es évvételi lehetőségeit mutatja be. A naptevékenység hatását *H. Mögel* e statisztikája kitűnően ábrázolja

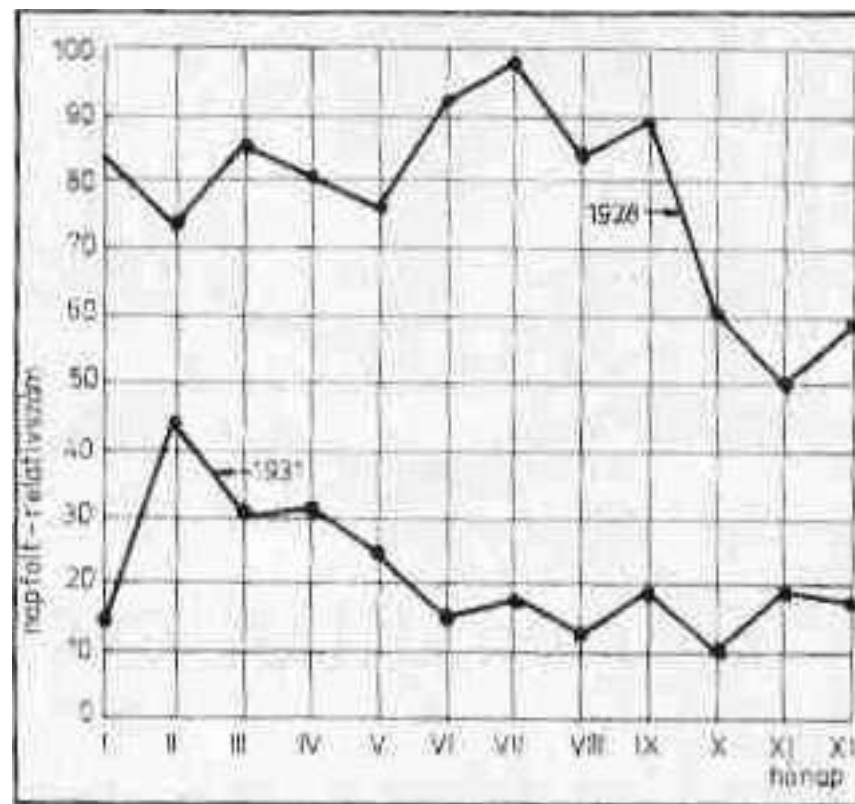
[— ezek a Napból, a napszéllel érkező részecskék, amelyeket a földmágnesesség térít el —] éppen úgy, mint a mágneses zavarok és a sarki fények csekélyebbek lesznek (erősségükben és gyakoriságukban), egyidejűleg azonban csökken erősségében a normális, a szabályszerű sugárzás is. Nem szabad tehát csupán napfoltgyakoriságról beszélnünk, hanem átlátásban naptevékenységről... Úgy látszik tehát, hogy nemcsak a Napon jelentkező zavarok és kitörések, hanem talán a teljes sugárzás is csökken minimum idején. Előre kell azonban bocsátanom, hogy a Transradio [— ez az akkori német rádióvállalat neve —] rövidhullámú megfigyelései szerint látszólag nem az összes sugárzás csökkent erősségében, hanem csak az elteríthető sugárzás [— részecskesugárzás—], vagyis a „corpuscular” vagy az elektronsugárzás. Hogy a Nap szabályszerű sugárzása a 11 éves naptevékenységi periódussal összefüggésben van-e, tulajdonképpen egészen világosan következik a hosszú hullámok nagy távolságra bekövetkező térerősség menetének vizsgálatából, amelyet már két perióduson át kapott tapasztalatok útján nyertünk. A washingtoni térerősségmérések egészen világosan mutatják, hogy a hosszú hullámok közepes térerőssége a naptevékenységi periódus minimumában sokkal gyengébb, mint a maximumában, mivel a visszaverődés mértéke a Kennelly—Heaviside-rétegről a minimumban a csekély visszaverő képesség miatt kisebb lesz...”

A továbbiakban H. Mögel vont le néhány következtetést a Transradio vételi tapasztalataiból (kivonatos idézet):

„A leginkább alkalmazható hullámok alacsonyabb frekvenciák felé tolódása [— ti. a naptevékenység minimumában —] nem minden irányban és távolságban egyformán következik be. Az eltolódás annál nagyobb, minél erőteljesebb a mágneses sűrűség az útvonal hosszában vagyis minél jobban közelíti meg a rövidhullámú útvonal a mágneses pólus zónáját...”

„A legjobban használható hullámoknak a fenti eltolódása [— a hosszabb hullámok felé a naptevékenység minimumában —] a nappali hullámoknál [— a magasabb frekvenciáknál —] kisebb, mint az éjszakaiaknál. Ebből következik, hogy a naptevékenység minimumában sokkal több frekvenciát használ az ember egy 24 óra alatt ugyanazon az összeköttetési vonalon, hogy a forgalmat biztosítsa... Azt is meg kell mondani, hogy — főleg egyes útvonalakon — az idő egy százalékában még így sem lehet az összeköttetést megvalósítani...” — Eddig az idézet.

A fentiekhez a következő megjegyzések szükségesek: a szögletes zárójelekbe tett szöveg, továbbá a kiemelések tölem származnak. Egyrészt magyarázni kellett a régi elnevezéseket, röviden pótolni a kivonatos közlés hiányát, másrészt a kiemelésekkel rá kellett mutatni arra, hogy sok mai „szakíró” még annyit se ismer a fenti témából, mint amenny-



48. ábra. A felső görbe az 1928-ik, az alsó pedig az 1931-ik év havi átlagos (ún. „zürichi”) napfolt-relatívszámait ábrázolja. Amíg a felső görbe az illető ciklus maximumát mutatja, addig az alsó még nem a minimum (ez 1933-ban volt), de a naptevékenység hatása az előbbi ábra szerint mégis könnyen kimutatható

nyit ötven évvel ezelőtt ismertek a hullámterjedéssel foglalkozó kutatók. Könnyen felismerhető ez az elnevezésekből... Még tavaly is csak „napfolttevékenységet” hallottunk rádióból, televízióból is, sőt rádiós mérnök a televízióban még Kennelly-Heaviside-réteget emlegetett...

A tiszteletet nyilván meg kell adnunk a régi kutatóknak, nevüket megemlíthetjük, de a régi, a róluk elnevezett természeti felfedezéseket, jelenségeket csak akkor írjuk le nevükkel együtt, ha idézünk vagy ha a történelmet írjuk. Egyébként csak arról teszünk tanúságot, hogy: tudatlanok vagyunk, nem haladunk a korrál, nem ismerjük a téma irodalmát és így a jelöléseit sem; valami ösbiblia van birtokunkban és nem is tartjuk érdemesnek tanulni sem. Ezzel hallgatóinkat, olvasóinkat nézzük le.

Meg kell említenem, hogy a nemzetközi egyesülések kitűzött célja egyrészt a nemzeti elnevezések, másrészt az egyéni elnevezések kiköszöbölése és mindezek nemzetközivé tétele. Így pl. tulajdonképpen már régen megszűnt a GMT (!), mert ez nemzeti elnevezés (Greenwich Mean Time = grincsi középidő) és régen vezették be helyette az UT-t, ami nemzetközi időt jelent (Universal Time); az Appleton-réteg már 40 éve: E-réteg; a Kennelly-réteg pedig F-régió... A nemzetközi tudományos élet arra hajlik, hogy csak nagyobb jelentőségű effektusok és mennyiségtani formulák, eljárások mellett maradjon meg a „feltaláló” neve. Így pl. van Appleton—Hartree diszperziós formula vagy megmaradt a fentebb is említett Mögel—Dellinger-effektus egyéni elnevezése...

Ma már nem beszélünk „alsó és felső Van Allen öv”-ről, hanem protonoszféráról és elektronszféráról.

A fenti idézettel kapcsolatban — a már jelzett egyéb elnevezéseket

nem számítva — csak még a naptevékenységi „periódus” szóval nem lehet teljesen egyetérteni, mert a több száz éve figyelt tevékenység — a mai fogalmak szerint — csupán ciklikus tehát ma: „naptevékenységi ciklus” a helyes elnevezés.

Mindenesetre leszögezhetjük, a fenti idézet alapján, hogy 50 évvel ezelőtt kezdődött meg az ionoszférikus hullámterjedési előrebeeslés (statisztikán alapuló) közlése.

Hogy mennyire előremutató egy ilyen statisztika, azt H. Mögel egyik közléséből vehetjük észre, elhagyván belőle a számunkra most nem szükséges részleteket. Nevezett ugyanis statisztikát készített arról, hogy a New York és Berlin közötti összeköttetés „hallhatósága” hogyan változott a 20 méteres sávban a különböző naptevékenységi ciklusok alatt. Erre két ábrát mutatunk be.

A 47. ábra a fenti hullámsáv vett amplitúdóit mutatja, óránkénti és havonkénti átlagokban. Fölül az 1928-ik, alul az 1931-ik évben. Az emelkedő dombok és a süllyedő völgyek jelzik a térerősség menetét. Rögtön feltűnik, hogy a felső részen a 20 méteres sáv egész napon át, éjszaka is jól használható volt, csupán a déli órákban mutatkozott meg a D-réteg elnyelő hatása. (Ezt már csak most mondhatjuk.) Az ábra alsó része pedig arról tanúskodik, hogy három évvel később ugyanez a hullámsáv már csak délután volt használható, bár jól belenyúlt az éjszakába. Akkor ezt nem is lehetett még másként indokolni, mint a naptevékenységet szinte egyedül képviselő napfolt-relatívszámok csökkenésével. 1928-ban ugyanis a napfolt-relatívszámok évi átlaga 77,8 volt, 1931-ben pedig csak 21,2!

Magának az akkori naptevékenységnek a jellemzésére a 48. ábra ad lehetőséget. Ebben a felső görbe a napfolt-relatívszámok 1928-ban megfigyelt, havi középértékeit, az alsó görbe pedig az 1931-es év ugyanazon adatait mutatja be. Megfigyelhető, hogy az 1928. évi július havi maximuma idején mennyire egyenletes volt a vételerősség, míg az év elején és végén, amikor a napfolt-relatívszámok 90 alatt voltak, dél előtt folyamán igen gyenge lehetett a „hallhatóság”. Az 1931-es minimum alatt ilyen jellegű változásokat alig láthattunk, szinte azt kell gondolnunk, hogy gyenge naptevékenység esetén inkább csak a napszak érvényesül.

Az ionoszférikus előrebecslések további fejlődését — sajnos — leginkább a második világháború hozta meg. Háború előtt és alatt ugyanis jut is, marad is pénz a tudományos kutatásra. Most bőven jutott. Ezeket az eredményeket mutatjuk be a továbbiakban.

(Folytatjuk)

Irodalom:

A Tolefunken Zeitung évfolyamai.



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 16.

dr. Flórián Endre fizikus, HA5KFV

## 3.3. Az Ionoszféra mérésének kialakulása

Az ionoszférikus távközlési előrejelzések a második világháború (a továbbiakban: II. vh.) alatt rendkívül szükségessé váltak, hiszen a rádiótávközlés akkorára már egy, az egész Földet beborító rádióhálózatot igényelt. A jól bevált hosszú hullámok divatja — elsősorban a nagyméretű antennarendszerük miatt — lassan csökkenni kezdett, *bár jelentőségük nem változott.*

Eppen ezért nem kívánatos már talán antikváriumba szánt — egyik szakkönyvünk tévedésébe esni, így hát megemlítendő, hogy a *hosszú* (és ez az elnevezés most még a *természetes, néhány Hz-es* hullámokra is vonatkozik) és a *közép hullámok nappal is* terjednek az ionoszféra alsó rétegei (így pl. a hosszú hullámok a D-, a közép hullámok az E-réteg) *segítségével is.*

A hosszú hullámok ugyanis — az öselmélettel ellentétben — nem a földfelület egyenetlenségeit (pl. a Himalája csúcsait és völgyeit, vagy a néha több méter magas tengerhullámokat) pontosan követve, kerülgetve, mint valami modern szárnyas rakéta, érik el akár a 20 ezer km-es távolságot! „őket” se lehet a talajra tapasztani és vízszintes kibocsátás esetén éppen úgy elérik 1100 km-es út megtétele után a 100 km-es magasságot, akár az URH-k. Sőt a hosszú hullámok száguldanak a legegyszerűbb útvonalon, mert őket nem érdekli a talajközeli időjárás vagy a troposzféra rétegződése...

A hosszú hullámok (beleértve még a 10 kHz-eseket is) egyébként több célra ma is használatosak, még rövid távolságra is (pl. az MTI hosszú hullámon sugároztatja híreit a vidéki lapok számára). Mondhatjuk, hogy fontosságuk az utóbbi években még nőtt is, mert bebizonyosodott, hogy igen nagy a talajba (sőt: a tengervízbe!) hatoló ké-

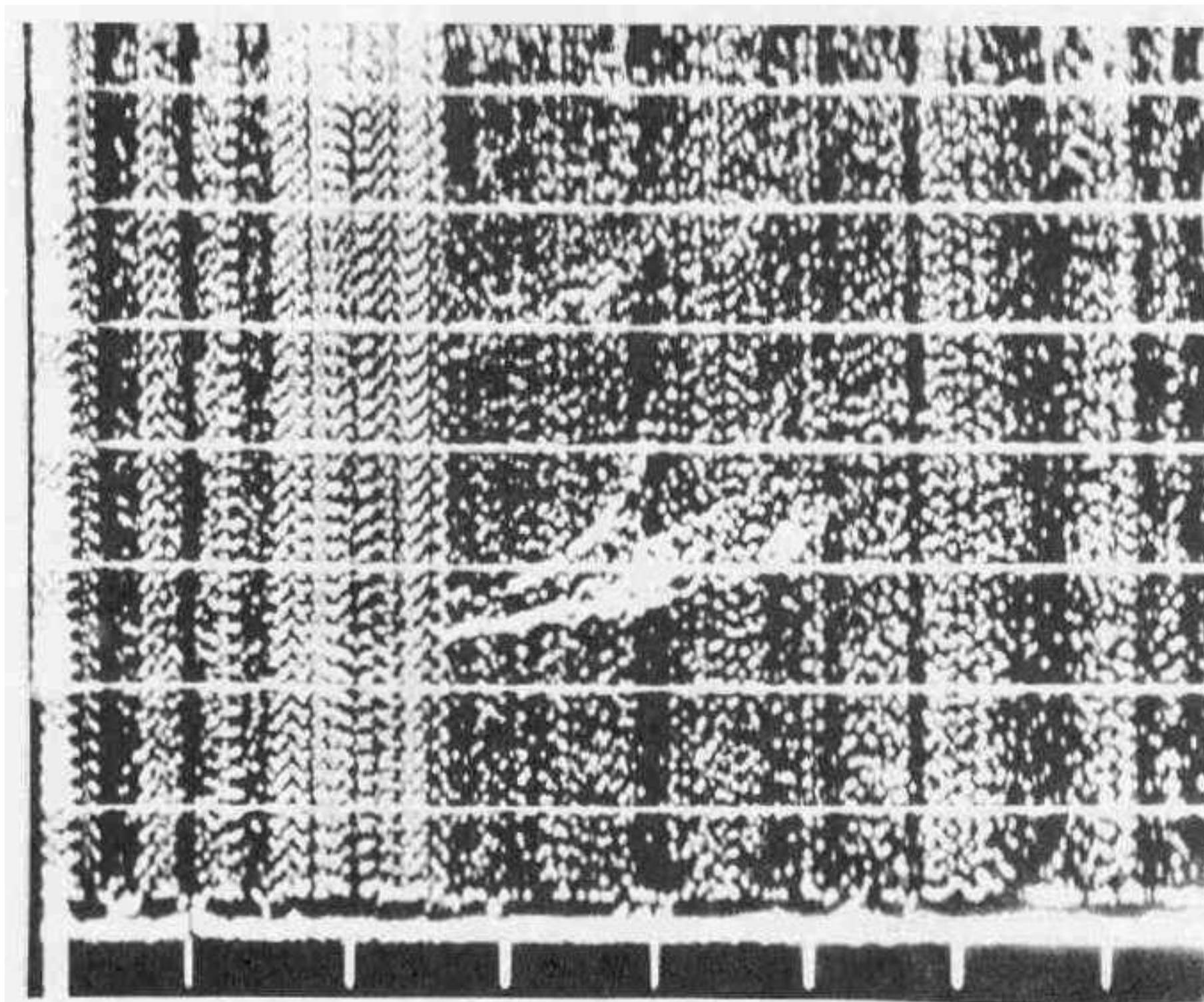
pességük. Nem hiába épültek a 12 kHz-es óriásadók! A repülőgépek és a hosszú utakat járó tengeri hajók helyzetük megállapítására — nagyméretű ferritantennával és megfelelő elektronikus berendezéssel — ma is hosszú hullámokat használnak. Sok időjel- és hiteles frekvenciát nyújtó adóállomás is működik ezen a sávon.

### 3.3.1. A rövidhullámú sáv használatának szükségessége

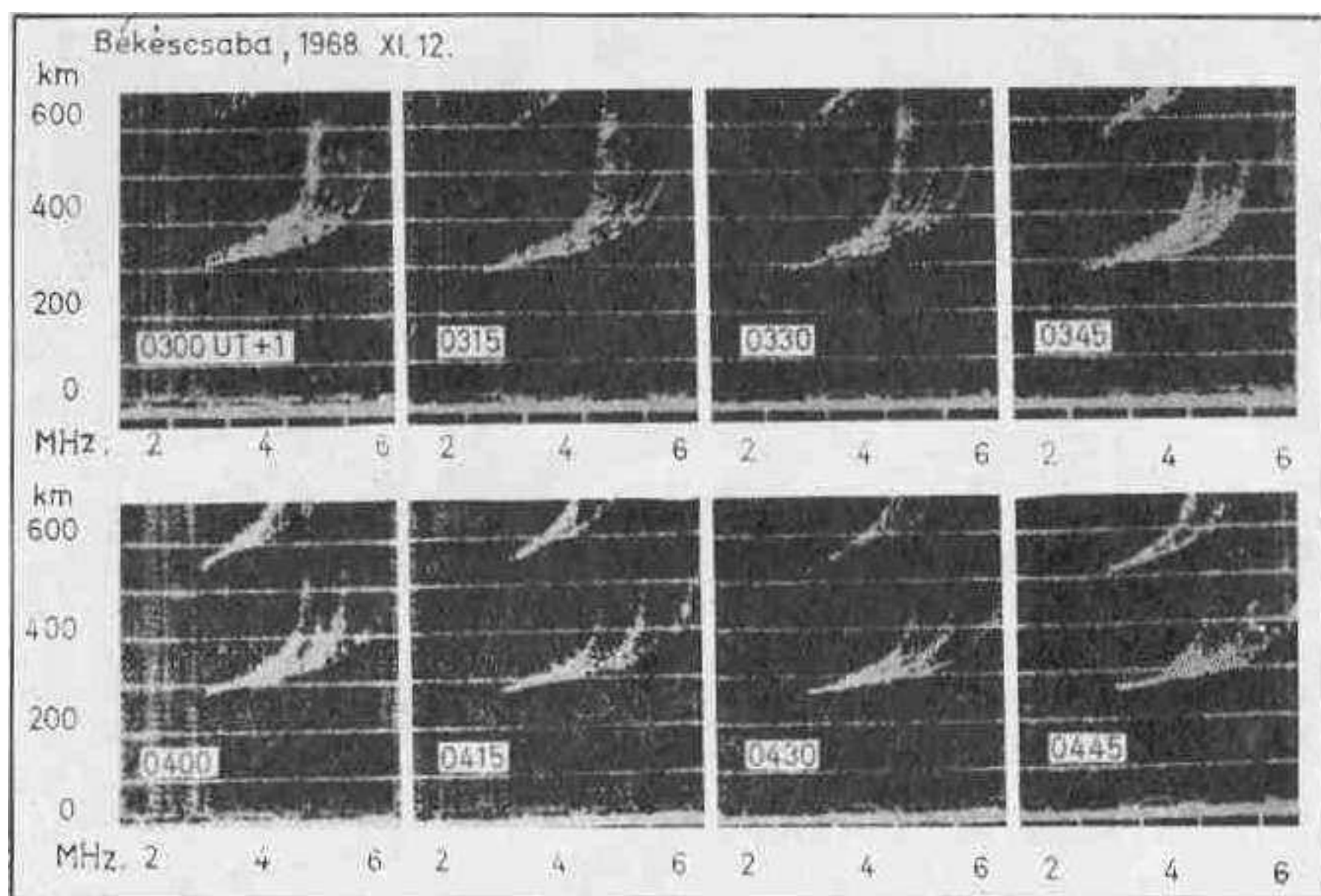
A II. vh. elején a navigáció és egyben a híradás céljára mind a pol-

gári, mind a katonai repülőgépek olykor 100 m-nél is hosszabb antennát „engedtek le” a 300 kHz körül használt hullámaik miatt, az antennát azonban a legkritikusabb idejekben, éppen a leszállásukkor kellett felhúzniok. Megjegyzendő, hogy ez a módszer ugyan még *ma is* használatos, de csak az igen nagy országok vezetői számára készült, speciális feladatú repülőgépeken.

Ilyen és hasonló célokra tehát még ma is jó a hosszú hullám. A II. vh. alatt azonban hamar kint, hogy főként a gyorsan mozgó



49. ábra. Egy, az F2-rétegben a földmágnesség erővonalat mentén sűrűsödő elektronok és ionok miatt (általában éjjel) keletkező, „spread echo”-nak nevezett rendellenesség (irregularity) képe az ionogramon. Az elektronsűrűség oly mértékű lehet, hogy a több száz MHz-es rádióhullámok is széjjelszóródnak rajta



•50. ábra. A spread echók alakváltozása az időben a földmágneses erővonalak szintén idő- (és térbeli) változása miatt

alakulatok számára használhatatlan, hiszen nem értek rá nagy antennákat építeni, így használatuk hamarosan lekerült a háborús napirendről. A közép hullámokat a sáv erős telítettsége miatt már eleve nem lehetett használni, így maradt a háborús használatra a rövidhullámú sáv (később feléledt az URH sáv is).

A rövidhullámok használata, éppen a sokféle irányú és távolságú rádióútvonal miatt lehetővé tette a vizsgálatok nagymértékű kiszélesítését és — néhány államban — a kutatók rátermettsége, no meg a nekik nyújtott óriási lehetőségek, még a módszeres megfigyeléseket és a kísérleteket is megengedték.

Röviden úgy jellemezhetnénk az akkori helyzetet, hogy a rövid hullámok használata és ennél fogva használhatóságuk ismerete (vagyis a: honnan? — hová? — mikor? — és mekkora frekvencián? — és mekkora teljesítménnyel? kérdések megválaszolása) a II. vh. alatt *életfontosságúvá vált!* Nos, éppen ezért fejlődött a rövidhullámú technika mellett a hullámok tulajdonságainak vizsgálata is.

Attekintjük a terjedési előrejelzések fejlesztése érdekében végzett kísérleti kutató munkát, amely elsősorban a terjedést lehetővé tevő ionoszféra minél alaposabb megismerését tűzte ki célul, beleértve a sokféle változást is, ami az ionoszférában (részben még ma is) rejlik. Az ismertetés kapcsolatokról nem szólhat, hiszen abban az időben, egy háborúra való előkészület idejében, nemzetközi együttműködés nehezen képzelhető el.

E sorozatban már olvashattunk arról, hogy G. Breit és M. A. Tuve a washingtoni Carnegie intézetben 1925-ben 4,286 MHz-es állandó frekvenciával rádióimpulzusok függőleges sugárzását kezdte meg, és így

vizsgálta az ionoszféra magassági és sűrűségi változásait. Az adóállomás az intézetben volt, a vevő 11 km-rel távolabb.

Angliában más módszert használtak. Slough-ban a felbocsátott hullámok frekvenciáját (impulzusokká történő átalakítás nélkül) 2 és 7 MHz, majd a tekercsek átkapcsolása után 7 és 16 MHz között folyamatosan emelték, mind az adó, mind a (szintén távolabb felállított) vevőállomáson. Amíg azonban az adóállomás 360 fokot forduló forgókondenzátorát egy motor egy sec alatt 25-ször forgatta meg, addig a szokásos szuper kapcsolású vevőkészülék frekvencia, átkapcsolás stb. szempontjából azonosan felépített bemenő köreinek forgókondenzátorai csak 30 sec alatt futották át a fenti két sávot.

Visszaverődési jelet ilyenformán csak a frekvenciák találkozásakor kaptak. Ez az eljárás, bár az impulzusadótól egészen eltérő módszer, nemcsak ugyanazt a feladatot teljesítette (a magasság és változásainak mérése), hanem ezenkívül a folyamatosan növekvő frekvencia használatát új felfedezéshez is vezetett: E. Appleton még 1927-ben ezért fedezhette fel az (akkor róla elnevezett) F-réteget.

Ugyancsak Appleton ismerte fel és értette meg rövidesen a rádióhullámoknak a földi mágneses tér miatt az ionoszférában bekövetkező „felhasadását”. Ezt a jelenséget jól láthatjuk a Rádiótechnika 1979/3. számának 117. oldalán levő 8. ábrán. Itt a folyamatos vonallal jelölt „echonyom” felfutó része adja meg az „f<sub>0</sub>” határfrekvenciát, a szaggatott vonallal jelölt nyom pedig az „f<sub>x</sub>” határfrekvenciát, amely (általában 0,5 MHz-cel) magasabb frekvencián jelentkezik és a földmágneses hatására keletkezik.

Hogy mit jelent egy fél MHz-es többlet, ezt az amatőröknek — gondolom — nem kell magyarázni. ( — A németeknek se kellett sokáig, egy darabig azonban a szövetségesek ezt az előnyüket is kihasználták.)

A földi mágneses tér — amikor a rádióhullámok megközelítőleg párhuzamosan haladnak az erővonalakkal — három részre hasítja fel a rádióhullámot. A harmadik, az „f<sub>z</sub>” echonyom kisebb frekvenciájú, mint az „f<sub>0</sub>”. Mivel ez a jelenség ma is érdekes, hiszen ez az F-réteg ama „szabálytalansága”, amelyen a rövid és az URH-k (akár 300 MHz-ig is) szóródhatnak, bemutatjuk az ionogramokon látható megjelenésük alakját (49. ábra). Az ábra a többszörös felhasadás olyan esetét mutatja, amikor a három nyomra történő felhasadás még elég jól kivethető. Még a kétszeres visszaverődés elkenődő foltjai is látszanak.

Az 50. ábra a felhasadás időbeli változásait mutatja. A változások nyilván a földmágneses hatás változásaira vezethetők vissza. Az ilyen echonyom neve: széttárt, szórt echonyom. Nemzetközi elnevezése: „spread echo” (ebben az „ea” hosszú e-nek ejthető).

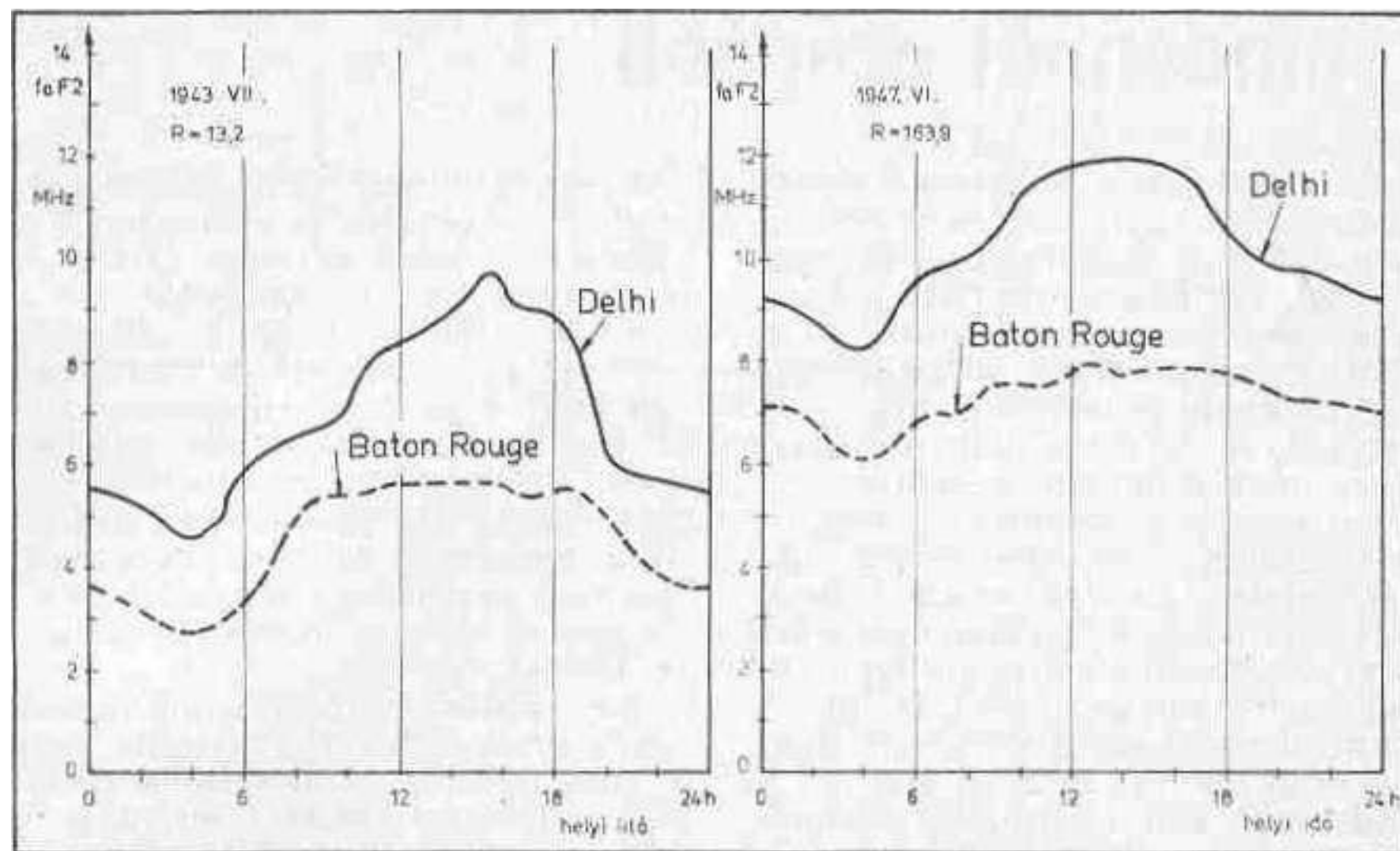
Természetesen nemcsak a „szövetségesek” kísérleteztek, dolgoztak komolyan, a német kutatók is, először szintén fix, majd növekvő frekvenciával, de kissé elkésve. Mégis 1930-tól 1946-ig működött egy ionoszonda Kochel-ben (Felső-Bajorország), egy másik berendezés pedig Kölnben. Itt fedezte fel H. Rukop és P. Wolf 1931-ben az „anomalen E-Schicht”-et, amelyet manapság Es-nek nevezünk.

Az említett impulzusos módszerrel (de már folyamatosan növekvő frekvenciával) működő vagy az előbbi „angol” mintájú ionoszféra vizsgáló berendezéseket hamarosan elnevezték (egyáltalában nem szerencsésen) ionszondának. Az amerikaiak már jóval a II. vh. előtt több ionszondát működtettek a Föld különböző pontjain, az egyenlítő mentén, sőt Ausztráliában is. Éppen innen (Watheroo-ból, 30°19' S; 115°53' E) maradt meg egy még 1939-ben készült olyan ionogram, amilyent mi itthon 1957-ben is szívesen láttunk volna (közlése nagy terjedelmet venne igénybe).

Igen fontos felfedezés volt 1943-ban a már sokfelé végzett mérések összevetett eredményeiből kitűnő: hosszúsági hatás.

Az ionoszféra valamelyes ismeretében nyilván arra gondol az ember, hogy azonos szélességi fokon, ugyanabban a helyi időben és ugyanakkora naptevékenység esetén az ionoszféra rétegeinek azonos adatakat kell mutatniok. Persze lehetséges, hogy amíg a nyugati állomás a keleti helyére ér, a Nap erősebben (vagy gyengébben) ionizáló sugárzást bocsát ki, de az már mégsem könnyen magyarázható jelenség, hogy pl. a Baton Rouge (30.5° N;





51. ábra. A „hosszúsági hatás” (longitude effect, Längeneffekt) egyszerű példája: a keleten, Delhiben mért  $f_0F_2$  értékek mindig (napszaktól, évszaktól és naptevékenységtől függetlenül) magasabbak, mint a majdnem fokra azonos szélességen, de messze nyugaton levő Baton Rouge-ban

91,2° W; USA) nyugaton levő állomás és a Delhiben (28,6° N; 77,2° E; India) működő ionszonda helyi időben végzett mérései mindig különböznek, és mindig Delhi mutatja a nagyobb értékeket! Igaz, a két állomás közötti hosszúságkülönbség miatt a helyi idők között kerekén 11 óra 14 perc különbség van (ennyi idővel előbb delel a Nap Delhi felett) és ily hosszú idő alatt valóban eleget változhat a napsugárzás erőssége. Az 51. ábra azonban mindenképpen elgondolkoztathatna, nemcsak az „öregeket”. Amikor 1943 júliusában a naptevékenységet jelző zürichi napfolt-relatívszám (R) csak 13,2 volt (havi átlagban) a Delhiben levő állomás  $f_0F_2$  határfrekvenciájának napi menetében (szintén havi átlagban) 2-3 MHz-es többletet látnak. A szélességkülönbség csak 1 (Delhi javára), ez a körülmény tehát nem ad magyarázatot. Ha megnézzük az 1947 júniusi havi átlagos napi menetet (amikor a napfolt-relatívszám 163,9 volt!), akkor is azt látjuk, hogy megint Delhiben nagyobb az  $f_0F_2$ , legfeljebb most (délután) 4 MHz-cel is többet mutat.

Már 1943-ban is gondoltak arra, hogy a Föld forgási és mágneses tengelye nem esik egybe, mások a földrajzi és mások a mágneses szélességi körök. Lehet, hogy a „hosszúsági effektus”-nak ez is magyarázata. De nem elegendő!

Az igazi kutatók sohasem jelentik ki, hogy valamit véglegesen állapítottak meg. A gyanútlan olvasó erre azt hiszi, hogy semmit se tudnak. Így pl.: nem találunk a tudományos szakirodalomban olyan kitételt, hogy az Es keletkezését már tökéletesen ismerjük... Igaz, olyant sem, hogy az E- vagy az F-réteget igen!

Érdeemes lenne a rövidhullámú

amatőröknek olyan csoportot alakítani, amely a hosszúsági hatást vizsgálná, bizonyára örülne ennek is a tudományos világnak.

A Föld északi és déli sarkvidéke szintén sok megismerni valót tár a kutatók elé az ionoszféra szempontjából is. Eredetileg csupán háborús céllal telepítettek az angolok (1942-ben) a Spitzbergák szigetére egy ionszondát. A cél a Murmanszk kikötőjébe küldött hadi és egyéb anyagot szállító amerikai hadihajók védelme volt. A rádió feltétlenül szükséges volt, de még senki se ismerte a sarki sapka alatti rádiózás lehetőségeit... Meg kellett tehát ismerni, minden áron.

Tulajdonképpen azért volt már érdemes ionszonda állomásokat telepíteni, mert ezek függőleges sugárzási eredményeiből, a határfrekvenciákból, N. Smith számításai és kísérletei révén már 1939-ben ismerték az ún. „secans törvényt”, és hamarosan alkalmazták is. Ma már jobban ismerjük és tudjuk, hogy „visszafelé” nem használható... (legkevésbé az URH tartományban).

A fentiekből láthattuk, hogy a II. vh. előtti és alatti rádiózás és a sok kísérlet, mérés nem maradt eredmény nélkül. Valóban, a nehezen megszületett béke után, ha lassacskán is, de sok titkos kísérlet és adat került elő. Ezekből már némi nemzetközi megegyezés útján „iskolák” alakultak ki, amelyek különböző elveken, alapokon próbálták mind jobban tudományos alapokra fektetni az addig inkább csak statisztikába foglalt eredményeket. Ezeknek az „iskolák”-nak a módszereit ismertetjük a továbbiakban.

(Folytatjuk)

Irodalom:

- Encyclopedia of Physics: Geophysics III/2. J. Bartels: Springer-Verlag, Berlin 1967.
- W. J. G. Beynon: Ionospheric Radio (XIII. th General Assembly of URSI); Amsterdam—New York 1962.
- Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker; III. Band; Radio-Foto-Kinotechnik GmbH, Berlin 1955.
- Report UAB—50; W. R. Piggott; High-Latitude Supplement to the URSI Handbook on ionogram Interpretation and Reduction. NOAA, Boulder; Colorado 1975.

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 17.

dr. Flórián Endre fizikus, HA5KFB

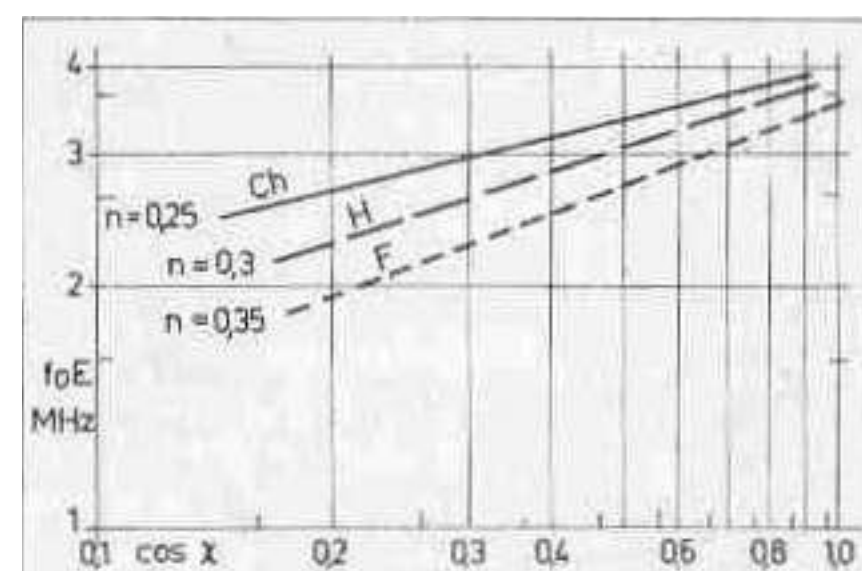
## 3.3.2. Érdekes nemzeti különbségek

Az előrejelzési módszerek kifejlődése természetesen főleg a második világháború alatt szerzett rádiós tapasztalatokon alapult, de nyilvánvalóan függvénye volt az előző gyakorlati méréseknek és az ezekből fakadó elméleti elgondolásoknak is. Főleg ez utóbbiak csak igen nehezen kerültek napvilágra, ha igen, akkor is szétszórtan, különböző folyóiratokban. Így, különösen sorrendet lenne nehéz megállapítani... Ne felejtjük, hogy pl. az angol rádiós tapasztalatok — bár nyilván erősen keveredtek az amerikaiakéval *ma sem* ismeretesek teljes mértékben, legalább is elkülönítve nem. Sőt, az angolok szemben a szovjet, az amerikai, a (nyugat- és kelet-) német, a francia és más országok kisebb-nagyobb mértékű közlékenységével — még ma is *talán nem*, vagy *alig ismert* utakon járnak. Ez a megállapítás vonatkozik még az antenna ismereteikre is. mert rádióhullámaikkal — területeket is számításba véve - szinte „oda lőnek” ahová csak akarnak. Erről nagyon könnyű meggyőződni, ha az ember ilyen szempontból is figyeli adásait. Egyes kutatók eredményeit legfeljebb akkor ismeri meg az ember, ha a már legalább öt-tíz éve lezajlott NATO rádiósértekezletek kiadványaihoz férkőzhet. A további leírásokban tehát nem uralkodhat a történelmi sorrend.

## 3.3.3. Lehet különböző az előrejelzési módszer?

Miben is különbözhet az egyik előrejelzési módszer, eljárás a másiktól? Nyilván a földfizikai és napfizikai jelenségek hullámterjedésbe történő beavatkozásának elsősorban gyakorlati megismerésétől, majd ezeknek a fizikai ismeretekbe történő beillesztésétől (vagyis a törvényszerűségek észrevételétől és felhasználá-

sától). Előfeltétele ennek azonban, hogy mind a földfizikai, mind a napfizikai jelenségek *előfordulási valószínűségét* is meg kell ismerni és -sajnos- amennyire egyáltalában lehetséges: szintén *előre is kell jelezni*. Az ionoszférikus előrejelzés készítése tehát (most nem a kész térképekből kivett útvonal-előrejelzésekre gondolok, hanem maguknak a térképeknek az elkészítésére) eleve nemcsak *hullámterjedési szakember*, hanem *geofizikus* és *napfizikus* munkáját is igényli. Hatványozottan szükség van ezekre az ismeretekre (és szakemberekre), ha az ún. „rövid lejáratú” előrejelzésekről van szó... Nézzük csak meg pl. az IZMIRAN vagy a BOULDER kutatói listáját! Ezzel nem állítom, hogy pl. a megadott térképekből egy útvonal előrejelzéséhez elég a vonalzó, meg a négy alapművelet. Bizony oda más is szükséges. Láttuk ennek hiányát pl. a *Rádiótechnikában* megjelent előrejelzések egyik magyarázatában. A módszerek tehát erős változást szenvedhetnek abból következőleg, hogy a szakemberek



52. ábra. Az  $f_{0E}$  határfrekvencia bizonyos mértékű, esetünkben csekély naptévékenység esetén — leolvasható a koszinusz függvény 1,0 értékét mutató függőlegesről a (ferde) vonalak meghosszabbítása árán, ha arra vagyunk kíváncsiak: mekkora (tenne) az  $f_{0E}$  függőleges napállás esetén

miről mit tudnak, mit és mennyire vesznek számításba, no és az sem mindegy, hogy mennyi anyag áll rendelkezésükre (itt jöhetnek elő pl. a nemzeti különbségek).

## 3.3.4. Néhány, már fizikai alappal rendelkező előrejelzési próbálkozás

Gondolom, az eddigiekből ismeretes, hogy az ionoszféra E-rétegét régen felfedezték és akkor még nem is gondolhattak másra, minthogy az E-réteg magasságát (éppen erre kevésbé), de főleg sűrűségét, csupán a napsugárzás erőssége befolyásolja. Mivel pedig (az ionizáló) napsugárzás erősségének - pl. egy napon belüli - változásait még nem, vagy alig ismerték, arra kellett gondolniok, hogy ez az erősségváltozás csupán a napmagasságtól, vagyis a Nap ún. *zenitszögétől* (\*) függ.

Ismeretes, hogy ez a zenitszög akkor és ott, azon a földrajzi szélességen és hosszúságon egyenlő nullával (egy előzőleges nemzetközi megállapodás alapján), amikor és ahol a Nap éppen a Föld erre az adott pontjára *merőlegesen* (a zenitből) küldi sugarait (ez az eset Magyarországon nem fordulhat elő). Csillagászati szempontból tehát éppen a lenyugvó Nap zenitszöge lesz (és most bármely földi pontra) kilencven fokos.

A zenit szöggel kapcsolatos összefüggést még *Appleton* fejezte ki több mérés alapján, de igen egyszerűen. Szerinte az E-réteg *elektronsűrűsége* (Ne) megközelítőleg:

$$Ne \sim \cos^{0.5} \chi.$$

ebben a  $\chi$  = a zenitszög (és ez a jelölés már nemzetközivé vált).

Érdekesebb számunkra az E-réteg határfrekvenciája, amelyet ugyancsak *Appleton* szerint, a következő képlettel fejeztek ki, szintén megközelítőleg (pedig *Appletonnak*, a



maga idejében lehetett elég önbizalma: de ő kutató tudós volt!):

$$fOE \sim \cos^{0,25} \chi$$

A későbbiekben (elsősorban *Harnischmacher* segítségével), ez az összefüggés egészen természetesen - kiegészítést nyert. Gondoljunk csak arra, hogy a felettünk tűző Nap esetében a  $\chi = 0^\circ$ , tehát a  $\cos \chi = 1$  (bármekkora is a kitevő).

Ekkor tehát az  $fOE$  is = 1! — Ez nem lehet igaz! Az összefüggés, amely egyébként a zenitszöggel való kapcsolatot jól mutatja, kapott tehát egy együttthatót (KE), amely azt mondja meg, hogy az adott helyen  $\chi = 0^\circ$  esetén mekkora értékű a Földre éppen függőlegesen sugárzó Nap ionizáló hatására keletkezett  $fOE$  határfrekvencia. Minden más esetben csak kisebb lehet és ezt már a koszinusz függvény biztosítja. Az összefüggés tehát így alakult:

$$fOE = KE \cdot \cos^n \chi,$$

ahol az  $n \sim 0,3$ .

Ez az összefüggés már közelíti a gyakorlati értékeket, de még mindig nem volt elég ahhoz, hogy előrejelzésre is felhasználható legyen. Nemcsak az  $n \sim 0,3$  bizonytalankodó értéke mutat erre, hanem az a közismert tény is, hogy a KE értékét gyakorlatilag (ionszondával) csak a két (a Rák- és a Bak-) térítő közötti, az egyenlítőt is tartalmazó terület-sávon belül lehet mérésrel meghatározni. Lejjebb és feljebb, így nálunk se kerül a Nap sohasem a zenitbe!

Szerencsére *Harnischmacher* rájött egy olyan összefüggésre, amely ezt a kérdést (részben grafikus módon, de mégis) megoldja. Ha ugyanis a folyamatosan növekvő

zenitszögek koszinusz értékeit (0.1... 1,0-ig) egy koordinárendszer vízszintes tengelyén is, meg az egyes zenitszögekhez tartozó  $fOE$  határfrekvenciákat a függőleges tengelyen is *logaritmikus* léptékben vesszük fel, akkor a *kapott pontokat egyenessel köthetjük össze*. Mivel ilyen ábrákat elkészítettek olyan (egyenlítőmenti) ionszonda állomások adataiból is, amelyek felett *függőlegesen* is sugárzott a Nap és ott az egyenes valóban *egyenesként* metszette a  $\cos \chi = 1,0$  függőleges rendező vonalát, feltételezhető volt, hogy ez az eljárás mindenhol érvényes és így a KE értéke bárhol meghatározható! Egyébként ugyanez a számítási eljárás egyúttal megadja a *mérés helyére* vonatkozó  $n$  kitevő értékét is.

Mind a KE, mind az  $n$  kitevő értékének megállapíthatósága már nagy gyorsulást adott az előrejelzések készítéséhez, még azzal a tudattal is, hogy helyi értékeket kapunk. Ezért ezeket az adatokat többen és több helyre is kiszámították. Az 52. ábrán látható folytonos (Ch-val jelzett) vonal *S. Chapman* számítási eredménye, rengeteg adatból, így egy „ideális átlagos” értéknek vehető, ebből az  $n = 0,25$ . A H-val jelzett (hosszú, szaggatott darabokból álló) vonal *E. Harnischmacher* munkájának eredménye, ő ezt az összefüggést, amelyben az  $n = 0,3$ , *Watheroo* (vagy más néven *Mundaring*) ausztráliai állomás (32,00 °S; 116,20 °E) adataiból készítette. A rövid vonalakkal húzott. F-fel jelölt egyenest a szerző számította a Békéscsabai adatok alapján. Itt az  $n = 0,35$  a KE pedig, tehát az az  $fOE$ -érték, amelyet akkor kaphatnánk Békéscsabán, ha a Nap ott a zenitben állana: 3,4 MHz.

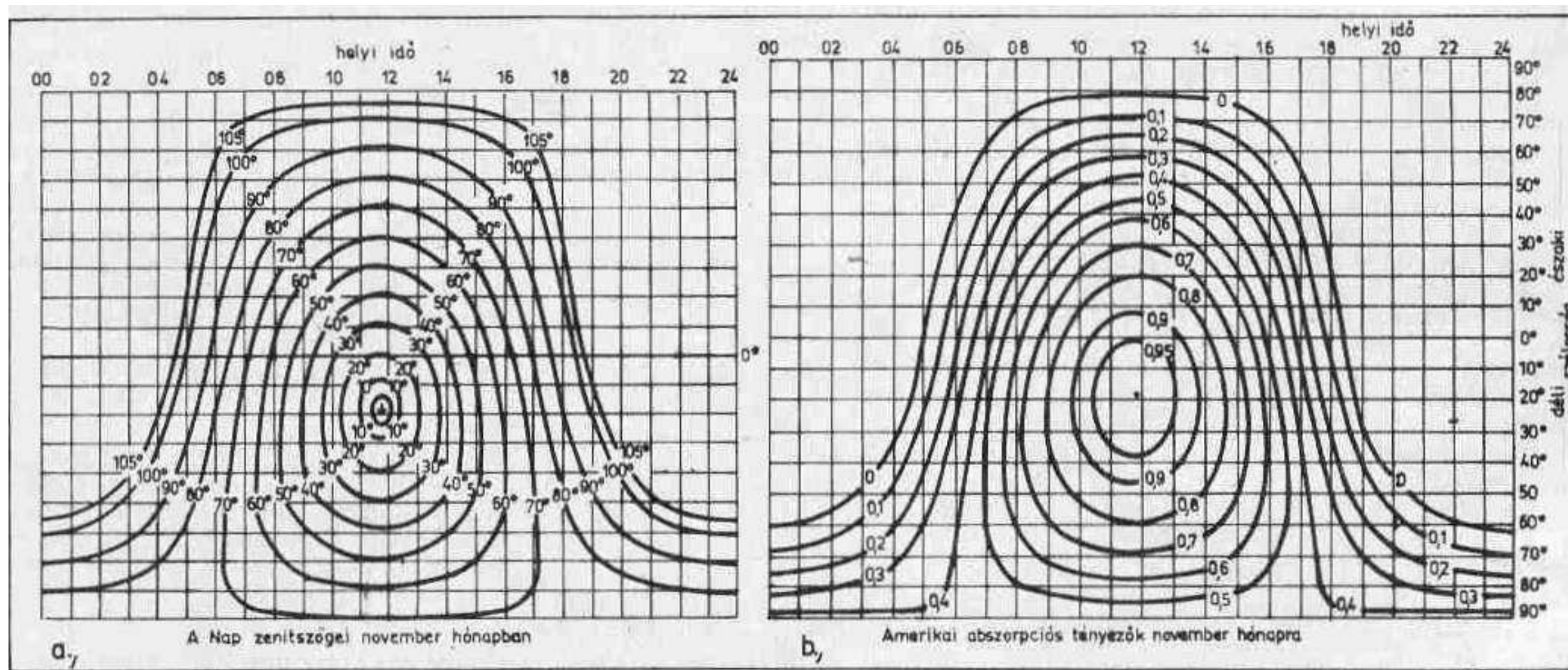
Nos, ezt a legutóbbi adatot látván (amely az F egyenes meghosszabbításából ered), bizonyára mosolyog-nak a (már kissé idősödő) békéscsabai ionoszféra észlelők: hiszen ők többször is értékelték ki ennél magasabb értékű  $fOE$ -t is, pedig sohasem volt a Nap a zenitben felettük... De remélem gondolnak arra, hogy „naptevékenység” is van és a jelzett adatok a „csendes Nap” (erről később) idejéből valók.

### 3.3.5. A naptevékenység hatásának számszerű jellemzése

A fenti észrevétel munkára serkentette az ionoszféra kutatók — nem népes — tábort. Kereslek olyan összefüggést, amely az  $fOE$  adatot a naptevékenységgel is összekapcsolja. A múlt évtizedben (a 60-as évekre gondolok) még csupán a *napfolt relatív számokat* tartották alkalmasnak arra, hogy a naptevékenységet úgy általában (tehát az ionizáló sugárzások tekintetében is) jellemezzék. A napfolt relatív számokat se akárhogyan, hanem alaposan „kisímitva”. Belevitték (-vittük) tehát a fenti összefüggésbe a napfoltokat is, no és természetesen a földrajzi szélességet ( $\varphi$ ) is, hiszen ettől is függ a Nap zenitszöge. Az így, még 1948-ban tartott washingtoni konferencia után, nemzetközi meg egyezéssel, az angolszász iskola következő összefüggését fogadták el (a hosszú képlet egy sorban nem férne el, ezért az egyes betűkkel jelzett értékeket külön sorokban adjuk meg):

$$fOE = KE \cdot \cos^n \chi$$

Ebben: az  $fOE$ , az *E-réteg határ frekvenciája* = a Nap zenitszögének  $n$ -



53. ábra. a) zenitszögek a helyi időben röviddel napnyugta utánig (nyilván csak a földrajzi szélességeket kell feltüntetni, a hosszúságok a helyi idő szerint értendők), b) az egyik amerikai módszerrel megadott abszorpciós tényező vehető ki a görbeseregéből a helyi idő szerint. Megfigyelhető, hogy az ugyanarra a hónapra szóló két görbesereg szinte azonos görbét tartalmaz. Fontos tehát: a zenitszög

edikre emelt koszinuszával kifejezve és szorozva a helyi érlékel képviselő KE állandóval. MHz-ben.

A

$$KE = 2,25 + 1,5 \cdot \cos\varphi + (0,01 - 0,007 \cdot \cos\varphi) \cdot R.$$

ahol: KE = az E-rétegre vonatkozó, helyi, elsősorban földrajzi szélességgel ( $\varphi$ ), majd a havi átlagos zürichi (végleges) napfolt relativszámmal (R) meghatározott érték. MHz-ben.

És:

$$n = 0,21 + 0,12 \cdot \cos\varphi + 0,0002R.$$

ebben: n = a Nap zenitszöge koszinuszának kitevője, amelyet a kérdéses hely földrajzi szélességével ( $\varphi$ ) és a havi. átlagos zürichi, végleges napfolt relativszámmal (R) fejeznek ki.

Két dologra kell felhívnom a figyelmet. Elsősorban arra, hogy a szélességek ( $\varphi$ ) megadásakor nem számít az a körülmény, hogy a kérdéses hely az északi vagy a déli félgömbön fekszik. A  $\varphi$ -nek csupán a koszinusza szerepel, ez pedig ugyanolyan előjelű érték akár pozitív a szög (északi félgömb), akár negatív (déli félgömb). Másodsorban azt láthatjuk, hogy a naptevékenység igen kis szorzószámokkal szerepel: valóban a naptevékenység hatása az E-rétegre a legkisebb (éppen ezért nem vették előbb észre). Később a szorzószámok módosultak.

### 3.3.6. Az abszorpció is függ a napállástól

Az angolszász iskola a rádióhullám elnyelődését, abszorpcióját (ez veszteség, tehát angolul: Loss, innen az L rövidítés) szintén főleg a napállástól tette függővé (egyébként azonos körülmények között). Ezt látjuk az abszorpció (egyik) alapképletéből:

$$L = C \cdot \cos^3 \chi$$

Ebben az L = az abszorpció (a részletezés később), a C egy állandó, amely — többek között — függ a felhasznált frekvenciától, az elektromos sűrűségtől stb. De itt is a lényeg: a zenitszög...

A zenitszögeket tehát minden iskola megadta, minden hónap 15. napjára, a nap minden órájára, görbék alakjában. Sajnos ezek között éppen a legutóbbi, a CCIR kiadvány a legzavarosabb, mert az éjszakai, képletes napállás-szögeket is tartalmazza. Teljesen elegendő a 105°-ig süllyedő Nap adatainak feltüntetése, ez alatt a szög alatt (tulajdonképpen alulról felfelé) történő sugárzás hatása már reménytelenül kevés. Ez vonatkozik az abszorpcióra is. Ilyen CCIR ábrát láthatunk a Rádiótechnika 1979/9. havi számában a 413. oldalon, ez a 22. ábra. A fenti megfontolások figyelembevételével ismételtül közlünk egy, a zenitszögeket a helyi időben feltüntető ábrát (53a ábra).

továbbá a zenitszögektől függő abszorpciós tényezőket részletező, szintén a helyi időtől függő görbesereget, ugyanarra a hónapra vonatkozólag (53b ábra).

Eddig még csak az E-réteg előrejelzésének alapfogalmairól volt szó és csupán az egyik iskola elképzeléseit, összefüggéseit mutattuk be. Az abszorpciót csak éppen megemlítettük.

Valahogyan más utakon járnak el pl. a CNET (francia) és az IZMIRAN (szovjet) intézmények kutatói (ezeket, lehetett leginkább megismerni).

Am az eddigieket és ebben a fejlődés útját is csupán bemutatónak szántuk, hogy bárki észrevehesse: az ionoszférikus előrejelzések alaptörvényeiben a legfontosabb szereplő a Nap. Ezután következik a felső légkör alaposabb vizsgálata és elhanyagolhatatlan a földmágnesség.

A kapott kérdések, az eddigi észrevételek (amelyekben nagy szerepet játszik az átjátszó állomások figyelmese), arra mutatnak, hogy ne megszakításként, hanem alapozaásként a fenti ható tényezők kerüljenek sorra.

(Folytatjuk)

Irodalom:

K. Rawer: The Ionosphere. Frederick Ungar Publishing Co. New York, 1957.  
M. P. Doluchanow: Die Ausbreitung von Funkellen (német fordítás az orosz nyelvű eredetiből). VEB Verlag Technik, Berlin, 1956.



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 18.

dr. Flórián Endre fizikus. HA5KFB

## 4. A Nap

Bármit akarunk bemutatni, ismertetni, illik elsősorban azt elárulni, hogy az a valami hol található. Nos, ez a helymagyarázat éppen a Nap esetében nem könnyű feladat!

Itt a földön a helymeghatározás igen egyszerű feladat, megadjuk a kérdéses tárgy, pont, földrajzi koordinátáit. Hogy éppen a rádióamatőrök számára ne legyen ennyire egyszerű, kitalálták a QTH (nem) négyzeteket (négyzetekről, vagy „kockákról” még kevésbé lehet szó).

A földrajzi koordináták kezdő vonalait és eloszlását mindenki ismeri és több-kevesebb pontossággal rábökhetünk a térképen a kérdéses pontra. Ha valóban „kicsire nem adunk”, akkor igen pontos helymeghatározást is vállalhatunk. Amióta azonban geodéta mesterséges holdak keringenek a Föld körül, nemcsak azt tudjuk (amit eddig csak sejtettünk), hogy a világrészek mozognak, „úsznak”, egymás alá, mellé (bár ez igen lassú mozgás, de földrengések keltésére éppen elég), hanem azt is, hogy világtérképeinken sok a hiba. (Akár 10 — 20 km-es is!)

Már csak azért is érdemes a fentieket megemlíteni, mert ezt a fejlődést is a rádiótechnikának, ezen belül a rádióhullámoknak, illetve ezek terjedési tulajdonságai alaposabb megismerésének köszönhetjük!

Ugyanez a helyzet a Nap „helyének” megállapítása terén is. Csak hogy amíg a Földön elhihetjük, legalábbis egy emberélet időtartamáig, hogy pl. Greenwich a helyén marad (az a bizonyos, a nulla hosszúsági koordinátát adó csillagda még valóban ma is ott maradt, mint múzeum, a száz évvel előbbi helyén, de a működő csillagda London fényei és füstjei miatt már más helyre költözött). Tehát Greenwich

maradt és legfeljebb 10—15 cm-rel lesz 10 — 20 év múlva közelebb vagy távolabb Amerikához (-tól), a világmindenségben azonban nincsen semmiféle rögzített, „stabil” pontunk, helyünk, csak sok-sok tíz, száz, esetleg ezer km/s sebességgel száguldó égitestünk.

Végeredményben ott tartunk, ahol a középkor tudósai: mindent ehhez a porszemnél is kisebb és jelentéktelenebb Földhöz viszonyítunk! Nos, azért annyira már fejlődöttünk, hogy azt is tudjuk: *nem mi körülöttünk forog a világ!*

De más ilyen, mondjuk *forogási középpontot* se ismerünk, amely az egész világmindenségre vonatkozhatna. Pedig már kissé széjjelnézett az ember a világmindenségben! Illetve mégis ismerünk egy ilyent, amely számunkra fontos, de ebben az esetben is a világmindenség egy kimondhatatlanul apró részletéről van szó. A sok billió közötti egyik „galaktiká”-ról, amelyhez mi magunk a Nappal együtt, a Föld is tartozik.

Mindenki ismeri a holdtalan és felhőtlen éjszakai égbolt *Tejútját*, ez a *mi galaktikánk*. Érdekés, hogy ennek *Tejút* elnevezése a legtöbb esetben és a legtöbb nyelvben ugyanaz, talán a görög *γαλαξίας* (ugyanazt jelentő) szóból származik; németül *Milchstrasse*, angolul: *Milky Way*...

A rádióhullámok segítségével megismerhettük a Tejutat, amelyet mi itt a Földről *belülről* látunk, hiszen a Nappal együtt közelebb vagyunk a közepéhez, mint a széléhez.

Nézzük először a már megismert eredményeket, aztán röviden ismeretjük a fontosabb részleteket.

Közben meg kell jegyezni: ezekre a fejezetekre esetleg néhány rádióamatőr azt mondhatja, minek ez énnekem? Én megelégszem azzal is, ha pl. Európa egyes országaival tudok összeköttetést létesíteni!?

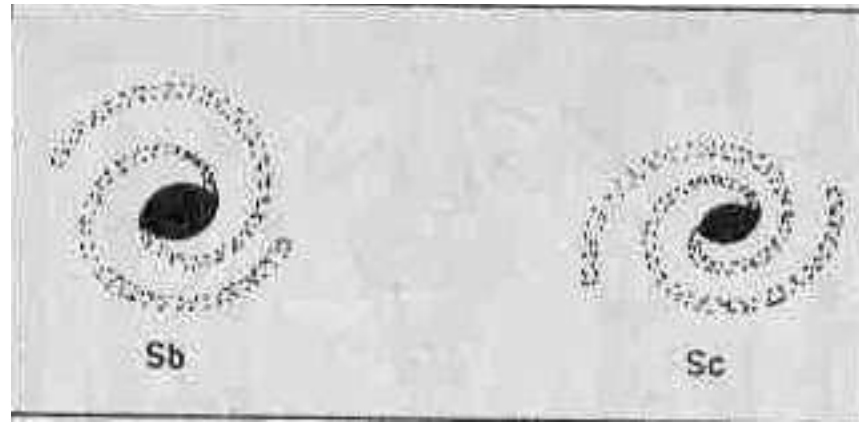
Ebben igaza lehet — *neki!* Tekintettel azonban arra, hogy a *Rádiótechnika* a híradástechnikai dolgozók lapja is és közöttük nem egyet ismerünk, aki csillagászt megszenvedően ismeri a Tejút-rendszer rádióforrásait (hiszen azok már „zavarják” munkáját), aztán az is ismeretes, hogy a rádióamatőrök szellemi fejlődése (nemcsak a technika terén) szintén elég meredek, mégis lényegesnek tartom, hogy az „igényes” olvasók olyan részletekről is tudomást szerezzenek ebből a folyóiratból, amihez egyébként vagy nem könnyű hozzájutni, vagy hosszabb előtanulmányt igényel.

A Tejút a sok billió galaktika egyike a világmindenségben, de mi ezt látjuk, ebben vagyunk. Igen nehéz megismerni alakját, méreteit, mert - mint említettem — benne vagyunk és nem távolról, kívülről nézzük. Más képe van egy embernek a körüli sokaság eloszlásáról, menetirányáról, ha mint járókelő nézi, vagy ha pl. helikopterről, fölülről szemléli! Egyéb nehézség még abból is adódik, hogy a Tejút közepét, amely valamilyen igen-igen sűrű és rettenetes nagy energiával bíró anyag, egyáltalában nem tudjuk vizsgálni, nem tudjuk „átvilágítani”, eddig ismert semmiféle elektromágneses hullám nem hatol át rajta. Ezért tölünk, tehát a naprendszer egyik bolygójáról nézve tekintélyes részt takar el előlünk. A fény segítségével már sok mindent megállapítottak róla, de csak azóta ismerjük valószínű szerkezetét és méreteit, amióta a 21,127 cm-es (1,420 GHz-es) és a 2,603 mm-es (115 271 MHz-es, röviden: 115 GHz-es) rádióhullámokkal már könnyebben bánunk rádiócsillagászati eszközeink segítségével (a cikken belül általában csak „kikerekített” számadatokat adunk).

Ezekből a mérésekből (kb. 1962-ig) következő adatok szerint a Tej-

utunk „átmérője” (nem kör alakú!) kb. 100 ezer fényév. Az újabb mérések szerint már 150 ezer fényévet mondhatunk! Egünkön szabad szemmel látható csillagok mind-mind ehhez a Tejúthoz tartoznak. A mi Napunk, mint a Tejút egyik jelentéktelen csillaga kb. 33 ezer fényévyire van a Tejút középpontjától. Azt is tudjuk már, hogy a Tejút a jelzett „titokzatos” központja körül kering, vele együtt kering a Nap is, egész bolygórendszerével együtt. keringés alatt általában vagy kör alakú, vagy a körhöz közel álló, ellipszis alakú pályán történő mozgást értünk. Itt ezt sem vehetjük biztosra, hiszen már azt is tudjuk, hogy parancsnokoló Napunk a „közeli” csillagok csábítása következtében rendszeres egyéb és olykor rendkívüli mozgást is végez, amelynek sebessége meghaladhatja a 10 km/s-os sebességet is. Egy „keringés” időtartama a Tejút közepe körül — néhány eddigi mérés szerint — 232 — 240 millió évre tehető.

Ha most egy kicsit utána gondolunk, no és apró számításokat végzünk, akkor kiderül, hogy Földünk egy természetes, szinte elképzelhetlenül apró égitest (és mi rajta), a Nappal együtt egy másodperc alatt kb. 260 km-es utat tesz meg a Tejút közepe körül, ugyanakkor a Napot kerülgetve másodpercenként még 30 km-es távolságot fut be... Nyilván nem is gondolhatunk arra már, hogy a Föld a körhöz nagyon hasonló ellipszis pályán kering a Nap körül! — Ez az állítás csak arra az elképzelt esetre vonatkozik, amely elképzelés szerint a Napot álló égitestnek gondoljuk. (Erre a részletre éppen azért tértem ki, hogy a kevésbé igényes olvasókat arra is emlékeztessem, hogy amikor



54. ábra. A Hubble-féle galaktika-típus-felosztás szerint Tej utunk valószínűleg az Sb vagy az Sc típushoz tartozik, ezek alakja látható az ábrán

Angliában megindult az első gőzmozdonnyal húzott vonat, a tudósok egy része, a közönség nagy része ellensége volt az ilyen utazásnak, mert véleményük szerint „az emberi test nem bírja ki a veszedelmes és óriási óránként 30 km-es sebességet”...

A rádiómérések szerint a Tejút szerkezete nagyon valószínűleg a spirális szerkezetű galaxisokhoz hasonló és a Nap (velünk együtt) a spirális egyik „karjában” van. A valószínűséget onnan vehetjük, hogy egyéb — már valóban nem részletezhető — tulajdonságai miatt Tejútunk az ilyen (távolról ilyen alakot mutató) galaktikákhoz hasonlít. E. P. Hubble, igen neves amerikai csillagász a galaktikákat különböző csoportokba osztotta alakjuk és egyéb tulajdonságaik szerint. E beosztásban a Tejút az Sb vagy az Sc csoportba tartozik. Itt az „S” betű a spirált jelenti, de az S éppen fordítva hajlik, amellyel a betű alakja is eléggé jellemző (54. ábra).

Földi szemmel a Tejutat is beosztották fokokra, ezt megtehették,

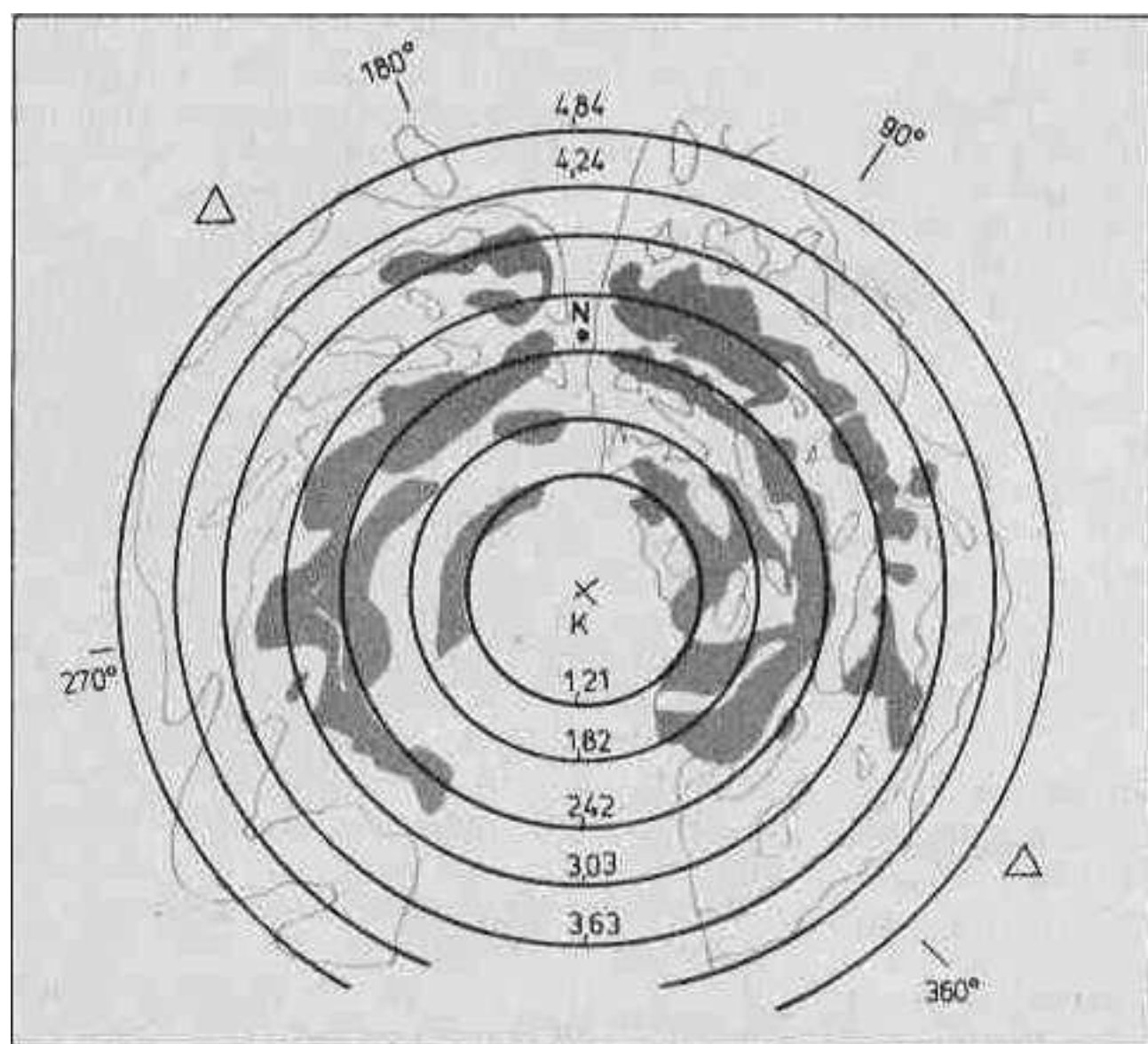
hiszen egy két évszázad alatt nem változnak meg jelentősen az égen vizsgálható csillagképek jelen pillanatban látható alakjai. Így azt a helyet az égen, amelyben a Napot látnánk, amikor az év folyamán tavasszal (márc. 21-én) tőlünk nézve éppen áthalad az egyenlítőnkön (felett), elnevezték „tavaszpont”-nak és egyúttal ez lett a Tejútra „kiszabott” koordinátarendszer nulla, illetve 360. foka. Ez a bizonyos pont a Kos csillagképben van. Természetesen ugyanígy van „őszpont” stb.; sőt egyéb fajta beosztás is.

Végső fokon tehát elmondhatjuk, hogy Napunkat a Földről jól látszó Tejútunk egyik, ún. „Cygnus-kar”-jában találhatjuk meg. A „kar” Cygnus elnevezése onnan ered, hogy iránya e csillagkép irányába mutat; az elnevezés egyelőre ideiglenes jellegű, az irány biztos megállapítása még a jövő feladata. Amellett tudjuk, hogy a Nap távolsága a Tejút közepétől számítva (kerekén) 33 ezer fényév és azt is tudjuk, hogy ebben a távolságban kb. 232-240 millió év alatt kerül meg a Tejút közepét. Közele csillagszomszédai (és talán egyebek?) hatásaira olykor-olykor kissé kitér megszokott útjából és megváltoztatja mozgási sebességét is (ezt a rendszeres vagy rendkívüli mozgását természetesen mi is követjük).

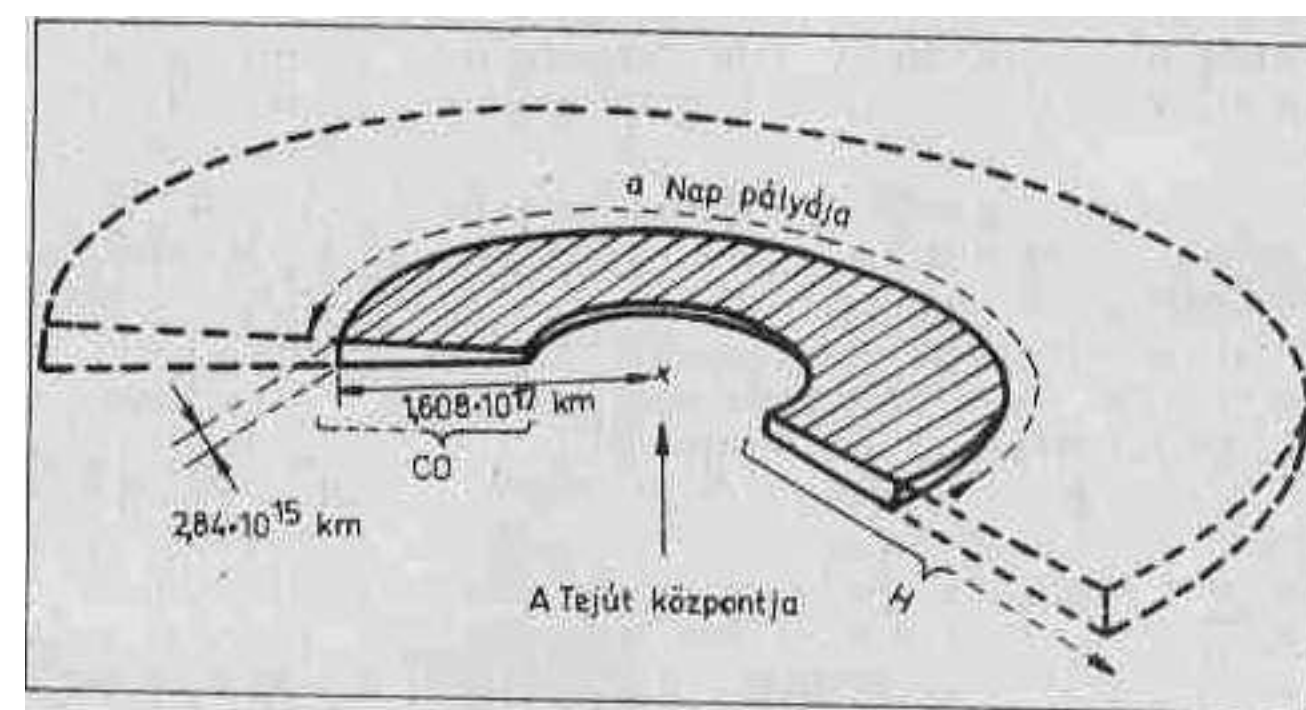
A Tejút spirális karjaiban nemcsak csillagok vannak, hanem rengeteg „csillagközi por” is. Egy-egy „kirándulásunk” alkalmával olykor „porosabb” helyre kerülhetünk. Ilyenkor le kell tisztítani a magasan keringő, „álló” mesterséges holdjaink villamosságot szolgáltató napelemeit...

ilyenEnnyire és ilyenformán lehet Napunk „helyét” megállapítani!

A szövegben a távolságokat fényévben adtuk meg, ahogyan a csillagászok szokták. A rádiósok — még a messze küldött mesterséges égitestek esetében is (egyelőre) km-ekben adják meg a távolságot. Így pl. sok millió kilométerről kaptuk a



55. ábra. A hidrogén-gáznak a Tejút karjai körül történő sűrűsödése miatt a rádiótávcsövek a 21 cm-es hullámon megrajzolták a Tejút vázlatos alakját. A „K” betű a Tejút közepét, az „N” betű a Nap helyét jelenti. A koncentrikus körök vonalai mentén látható számokat  $10^{17}$ -nel szorozva kapjuk a központtól mérhető távolságokat km-ben megadva



56. ábra. A rádióvevőkészülékek már az igen rövid hullámú, a sok GHz-es frekvenciájú jeleket is veszik. Ezért a rádiótávcsövek megállapíthatták, hogy a Tejút belsejében nagy mennyiségű szénmonoxid (CO) van a feni látható méreteken



színes képeket szolgáltató pontsorozatokat a Jupiterről. Csupán a Nap körül kering (legalább) négy Pioneer nevű mesterséges bolygó, ezek olykor 300 millió km-ről adnak (napi) adatokat a Napról! Két rakéta az 1426 millió km-re levő Szaturnusz felé halad. Egyelőre jól működnek rádióberendezéseik. A rádióamatőrök a Holdról visszavert rádióhullámokat fognak fel és panaszkodnak, hogy a „napzaj” zavarja vételüket!

Mintha valóban fejlődne a rádiózás!

Azt ugyan jól tudja mindenki, hogy a fényév egy akkora távolság, amelyet a fény a maga (kereken) 300 000 km/s-ra vett sebességével fut át.

Bár a nagy távolságok elképzelése a sok számú km-es adatok esetén se egyszerű, de az ember számára mégis megszokottabb. Ezért most megadjuk a legérdekesebb távolságokat fényévben is, meg km-ben is, az utóbbi esetben nyilván tízes hatványokkal és eléggé „kerekítve”:

Egy fényév =  $9,4608 \cdot 10^{12}$  km

A Tejút átmérője kb.

$150\,000$  fényév  $\sim 1,41912 \cdot 10^{18}$  km

A Nap távolsága a Tejút közepétől kb  $33\,000$  fényév  $\sim 3,12206 \cdot 10^{17}$  km

A Nap (körnek képzelt) úthossza a Tejút közepe körül  $\sim 1,96165 \cdot 10^{18}$

Ha a Nap keringésének ideje  $240$  millió év, akkor egy másodperc alatt megtesz (velünk együtt)  $\sim 259,18$  km-t

Amint fentebb említettük a Tejút közepe eltakarja előlünk annak elég nagy részét. A  $21,127$  cm-es rádióhullámokkal végzett mérések szerint az 55. ábrán látható szerkezetet ismerhettük meg (a rajz nem részletes), a „karok” alig vehetők észre. Megjelöltük a Tejút koordináta-rendszerének  $360^\circ$ -os és még néhány irányát (amelyek itt nem lehetnek szimmetrikusak). A „K” betű jelöli a Tejút közepét, az „N” a Nap helyét (innen jól látszik a takarás módja). A koncentrikus körök mentén irt számokat egyéb csillagászati egységekből számítottuk át, így  $10^{17}$ -nel szorozva km távolságot jelentenek. Az ábra a Tejútnak csak a belső részét mutatja. A fenti hullámokkal elvégezhető mérést a Tejutat kis sűrűséggel, de a karok

mentén mégis sűrűsödve jelenlévő hidrogéngáz tette lehetővé.

A rádióvevőkészülékek fejlődése, főként a gigahertzek tartományában lehetővé tette, hogy észrevegyék a Tejútban levő szénmonoxid (CO) jelenlétét és kiterjedését. Ezt a gázt lehet a fentebb említett  $2,6$  mm-es hullámhosszú rádióhullámmal észlelni. A mérések szerint a CO-gáz legsűrűbb a K középponttól számított  $1,608 \cdot 10^{17}$  km távolságban. Megmérték e gázréteg vastagságát is és amint az 56. ábrán is látható, ez  $2,84 \cdot 10^{15}$  km-nek adódott, vagyis a vastagsága kevesebb, mint a Tejút kiterjedésének ezredrésze.

Az ilyen, a hidrogénből és egyéb gázokból eredő elektromágneses hullámok keletkezését (illetve e gázok hullámelnyelését), továbbá a velük történő mérések módját a Nap sugárzásáról szóló részlet tartalmazza majd.

(Folytatjuk)

**Irodalom:**

**J. J. Littrow. K. Stumpff: Die Wunder des**

**Himmels; Ferd. Dummlers Verlag, Bonn.**

**Ch. A. Whitney: The Discovery of our Galaxy**

**A Scientific American folyóirat számai**

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 19.

dr. Flórián Endre fizikus. HA5KFBV

## 4.1. A Nap, mint csillag

Ha a Napot, mint csillagot nézzük, úgy a legelső (és egyben már az ókorban is elhangzott) kérdésünk: *mekkora a fényessége?*

Régen, csupán szemmel nézve és nyilván a csak így látható csillagok fényességét is annyira megtudták becsülni, hogy már az ókorban is 6 fényességosztályt különböztettek meg. Amikor pedig már a távcsövet is használták, a halványabb csillagokat is észrevették, és így bővült a fényesség szerinti osztályozás. A múlt században a csillagok fényességét „*magnitúdónak*” nevezték el. Ez a latin szó csupán „*nagyság*” jelent, tehát nem a legpontosabban fejezi ki a fényesség fogalmát, de megmaradt a fényesség nemzetközi elnevezésének. A magyar elnevezés (ha egyáltalában használja valaki): *fényrend*.

Nem árt erről is megismerni egyet-mást, annál is inkább, mert a fényrend esetleges fokozatait hallván, alaposan megütközhetünk az elrendezésen, ha előzőleg nem ismerjük. Abból a célból ugyanis, hogy a régi adatokat is fel lehessen használni, nem egészen következetes a mai elrendezés sem. Természetesen van „nulla” fényrendű csillag, ennek a jele:  $m_0$  lesz. (Sajnos jelen esetben nem hagyhatjuk el az indexeket.) Ezt tudván a fényrend fokozatai így alakulnak (belőlük csupán a sorozat középső részét tüntetjük fel):

— csökken a fény...  $+m_3$ ;  $+m_2$ ;  $+m_1$ ;  $m_0$ ;  $-m_1$ ;  $-m_2$ ;  $-m_3$ ... növekszik a fény —

Az egyes  $m$ -ek között tized, sőt század értékek is lehetnek. Így pl. a közismert Sarkcsillag fényrendje (átlagosan, mert változik a fényessége):  $-m_{2,12}$ , ez az adat 1969-ből való.

Napunk jóval fényesebb, fényrendje kb.:  $-m_{26,72}$ . Ez az érték szintén közepes, annál is inkább, mert a Nap fényességének mérése nagyon nehéz feladat (közel van), így a mérés közvetett: a bolygókról visszavert fényességekből számítják. A Jupiter fényessége (földközeli):  $-m_{2,3}$  a teli Holdé:  $-m_{1,2}$  stb. A fényrendek sorában minden következő „ $m$ ” kb. 2,51-szorosan nagyobb (vagy kisebb), mint az előző.

A fényrendekről még csak annyit, hogy a fenti adatokban is jelentékeny változások várhatók. Ma már olyan műszerekkel mérnek, amelyek a csillagok (és így a Nap) mindenféle frekvenciájú sugárzását felfogják és a fényesség fogalma megváltozik, hiszen eredetileg az emberi szem volt az alapja. Ezek ismertetése azonban nem feladatunk, bár a Napnál — más alakban — szót kell ejteni róla.

Napunk fényrendje — bárhogy is mérjük - nem megvetendő mértékű. Kár, hogy közvetlenül szinte csupán „nappali világításra” használjuk (közvetve végeredményben minden eddig használt energiaforrásunk tőle ered!). Számítás szerint „teljesítménye”  $3,73 \cdot 10^{23}$  kW. Eből Földünk csupán  $1,69 \cdot 10^{14}$  kW-ot kap (messze vagyunk és aprócska égitesten lakunk). Ám, ha meggondoljuk: ez az adat 169 millió egy gigawattos energiaforrást jelent, amelyből szinte semmit se használunk fel. Köztudomású, hogy tudunk pazarolni, de gondolnunk kellene arra is, hogy ez *elvehetetlen energia*, amellyel nem mindig a nagy tudósok találják ki a legjobb gyakorlati módszereket...

## 4.2. Napadatok

Csillagunk, a Nap jól látszó átmérője csak kerek fél pontosan

31' 58,26") fokos szög alatt látszik a Földről, amely keringése közben (éppen a mi nyarunk alatt)  $152,17 \cdot 10^6$  km-re, (téli pedig)  $147,17 \cdot 10^6$  km távolságra van a Naptól. Így a távolságkülönbség kerekén 5 millió km. Télen tehát valamivel több sugárzást kap a Föld. Lehet, hogy ez az oka az északi félgömbön észlelhető nagyobb F2-réteg sűrűségnek.

A Nap-Föld közepes távolságot kerekén  $149,5 \cdot 10^6$  km-nek veszik (1971-es adat:  $149.600.10^6$  km) és ezt a távolságot nevezik egyúttal „*csillagászati egység*”-távolságnak is (AE = Astronomische Einheit; AU = Astronomical Unit; UA = Unité Astronomique stb.). Ezekkel a rövidítésekkel az olvasó amatőrök ma már sok alkalommal találkozhatnak, utóvégre (a rádiótechnika meredek fejlődésének köszönve) a távoli bolygók közvetlen kutatásának időszakát éljük! Ma ez is az alapműveltség apró kelléke lett.

A Nap szabad szemmel jól látható korongjának (disk) átmérője  $13,927 \cdot 10^5$  km (csupán 109,2-szer nagyobb a Földénél). Tömege  $1,993 \cdot 10^{35}$  g (egy-két millió évig még elég lesz a Föld számára).

A Nap saját forgástengelye körül forog. E forgásnak időtartamát kétféleképpen észlelhetjük. Ha a Földről nézzük, amely a Nap saját tengelye körüli forgásának irányában kering körülötte, úgy nyilván lassúbbnak látjuk. Ez az időtartam 27,28 (földi) nap időtartama. Ezt nevezzük *szinódikus* forgási időnek.

Ha azonban valamely távoli csillagra telepedve néznénk, úgy azt találnánk, hogy már 25,38 ugyanilyen hosszú időtartamú „földi nap” alatt fordul meg egyszer tengelye körül. Ennek a forgásnak „sziderikus” a neve.

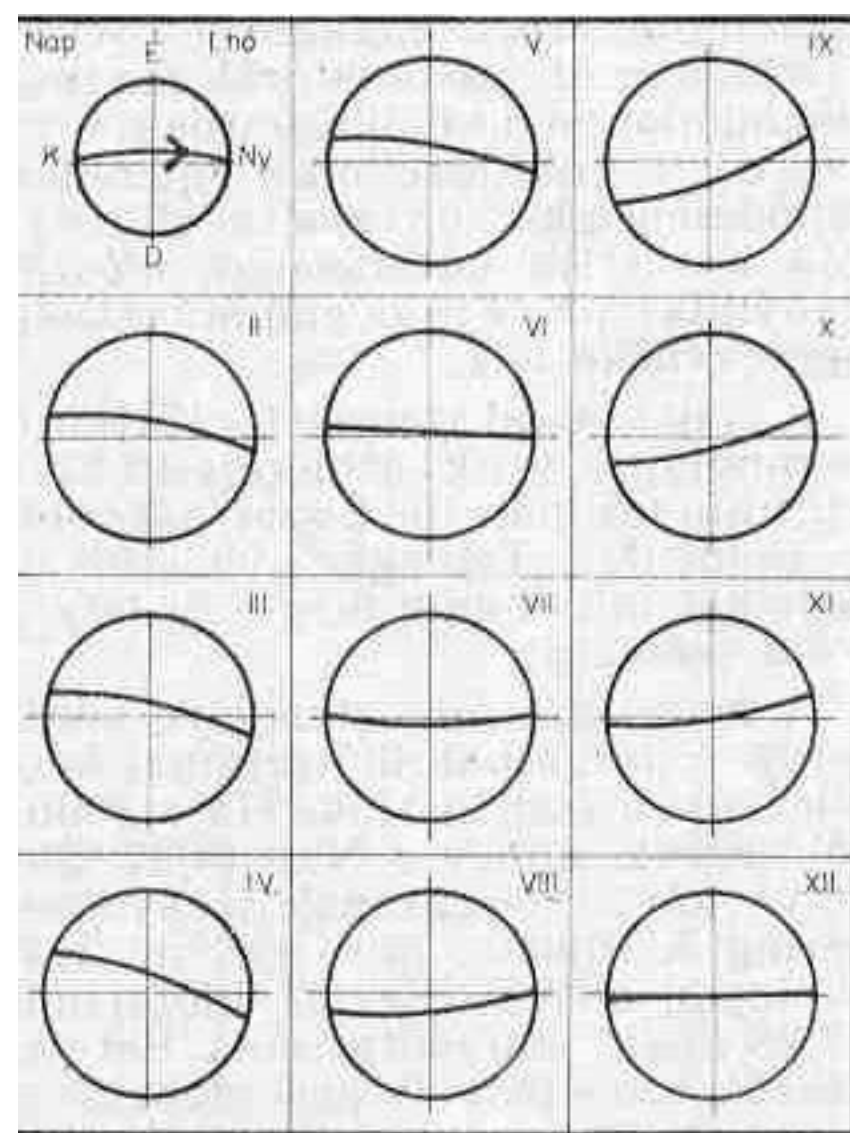
Miután a Nap 390-szer távolabb van tőlünk, mint a Hold, ezért a két égitestet, a Hold méretei miatt



kb. ugyanakkora szög alatt látjuk (már ti. az átmérőjét, ez  $31' 05''$ ). Így amikor a Föld valamely pontjáról nézve a két égitest éppen egy vonalba esik: a Hold akár teljesen eltakarhatja előlünk a Napot. Ezek a „napfogyatkozási” esetek nem véletlenek, előre számíthatók és jó lenne, ha az amatőrök kihasználnák a felső légkörből ilyenkor hiányzó sugárzás kimaradásának különböző hatásait, amit a „hivatásosok” meg is tesznek (amint ezt később olvashatjuk).

A fentiekhez tudnunk kell, hogy a Hold se kering pontosan kör alakú pályán a Föld körül, amellet több, mint 5 fokkal eltér pályájának síkja a Föld nap körüli keringési síkjától. Mindezek figyelembevételével tudják előre megmondani, hogy mikor — a Föld mely részén — lesz pl. teljes (vagy részleges, esetleg gyűrűs) napfogyatkozás. Az ionoszféra vizsgálata szempontjából mindegyik igen érdekes (és amatőr eszközökkel is kutatható).

A Napnak, mint csillagnak saját forgástengelye nem merőleges a körülötte keringő Föld keringési síkjára, hanem attól  $7^\circ 15,0'$ -re eltér. Ennek az eltérésnek számunkra rendkívüli következményei vannak: amikor a Nap körül keringünk, az év folyamán egy ideig a Nap (tőlünk, a Föld északi félgömbjéről nézve: *ne feledjük, mindig erről van szó!*) északi felén levő képződmények hatnának ránk erősebben, amikor másfelé járunk a déli felén levők. E sorok írásakor (1980 okt.) még a felső félgömb flare-jei váltak érdekessé számunkra, de mire a cikk megjelenik a két félgömb hatása



57. ábra. Így látjuk a Napot az év folyamán, hol kissé alulról, hol fölülről, mert a forgási tengelye nem merőleges az ekliptikára. A forgás irányát az I. hó képen nyíllal jelöltük. A tengelyferdülések erősen túlzottak a könnyebb ábrázolás kedvéért

egyenlő lesz, majd később mindinkább az alsó félgömb lesz hatásosabb.

Ezt úgy értjük, hogy pl. valamilyen képződmény legnagyobb erővel mégis csak a Nap (közepéből húzott) sugara irányába robban ki a Napból. Így esetleg nagyobb távolságban is inkább hatással lehet Föld keringési síkja felett vagy alatt.

Az 57. ábrán — a szemléltetés érdekében erősen túlzva — láthatjuk Napunk számunkra ferde forgástengelyét és közvetlen következményeit is érzékelhetjük: a Nap egyenlítőjét az év folyamán hol feljebb, hol lejjebb látjuk és csak két alkalommal szemlélhetjük a valódi helyén.

#### 4.3. A naprajzi koordináták

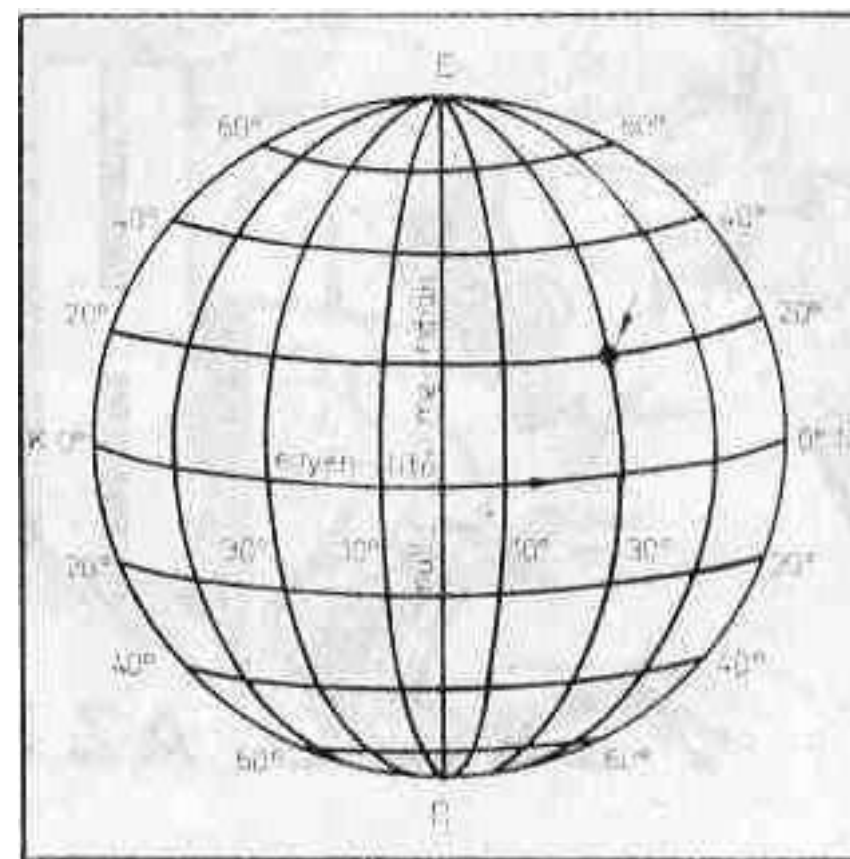
Éppen a majd sorra kerülő különböző napképződmények elhelyezkedése, illetve az elhelyezkedés pontos megjelölése miatt ismertetnünk kell az ún. „naprajzi” (a „földrajzi” nevet utánozva) koordinátákat. A Napon nincsen Greenwich..., semmi sincs, amire hivatkozhatnánk. a foltok és egyéb képződmények együtt forognak a Nap felületével, sőt pl. a foltoknak van még külön, saját mozgásuk is (többek között ezzel is foglalkozik a debreceni Napfizikai Observatórium). Ezért „földrajzi” mintára ugyan, de mégis másként határozták meg a „naprajzi” adatokat.

E szerint (58. ábra) a Nap felénk eső korongjának felező vonala, a felfelé eső északi és az alsó déli pólusát összekötő függőleges vonal a *mindenkori nulla meridián vonala*. Ettől számítva jobbra (nyugatra) vannak a nyugati hosszúsági körök vonalai, egészen a szélső  $90^\circ$ -ig (illetve néha — mint mostanában is még ezen túl is látunk nyugatra néhány foknyira). Ugyanígy haladnak, de balra (keletre) a keleti hosszúsági vonalak. Nulla meridiánjuk ezeknek is a középső függőleges vonal.

A Napot (egy adott, időpontban) éppen észak-déli félgömbre felező vonal a Nap *egyenlítője*. Ezt látjuk följebb vagy lejjebb (az 57. ábra szerint), mert mint említettük a forgástengely nem merőleges a Föld nap körüli keringési síkjára, amely síkot *ekliptikának* neveznek. E szó eredete elvész a történelem homályában, de sejthető, hogy valamilyen módon a „napfogyatkozási” vonalról lehet szó. A napfogyatkozás ugyanis — és ezt már régen észrevették — csak akkor következhet be, amikor a Hold tányérja éppen ebbe (vagy igen közel ebbe) a síkba esik.

Az 58. ábra a Napot kb. a július augusztusi időszakban ábrázolja, amikor az északi félgömbjéről látunk többet.

Megadjuk tehát valamely napképződménynek a helyét olyan módon, mint a Földön bármely pont



58. ábra. A „naprajzi koordináták” nulla meridiánja mindig a forgástengely északi és déli sarkát összekötő (függőleges) vonal. Ettől jobbra (nyugatra) vannak a nyugati, balra (keletre) a keleti hosszúsági fokok, a középtől kezdve  $90^\circ$ -ig. A nulla szélességnek számító egyenlítő felett északra láthatók az északi, lefelé, délre a déli szélességi fokok vonalai, szintén  $90^\circ$ -ig, már amikor a tengely végei láthatók. Az ábra éppen az év közepe idejéből való, amikor az északi félgömbből többet láthatunk, mint a déliből. A jobbra látható pont URSIGRAM szerinti koordinátái röviden: 43020 (l. a szöveget)

helyét: megmondjuk a naprajzi koordinátákat. Pl. az 58. ábrán megjelölt pont az északi szélesség  $20^\circ$ -án. a nyugati hosszúság  $30^\circ$ -án van.

A jelölések könnyebb és csak számszerű adatokkal történő egyszerűsítése érdekében a következő felosztást találták ki (59. ábra): a nulla meridiánnal és az egyenlítővel felosztották a Napot négy szektorra. ezeket 1...4-ig számmal látták el, az ábra szerint. így az URSIGRAM-okból is ismert jelölés szerint egy öt számjegyből álló számcsoporthoz az első számjegy a szektor számát, a következő két számjegy a hosszúságot, a negyedik és ötödik pedig a szélességet jelzi. Ezzel a módszerrel az előbbi pont koordinátáinak jelölése csupán: 43020!

A naprajzi adatok ismeretében már beszélhetünk arról, hogy az egyes napképződmények mind a déli, mind az északi félgömbön. főleg az alacsony szélességeken fordulnak elő, de érdekes módon a legtöbbjük *magán az egyenlítőn* szinte sohasem!

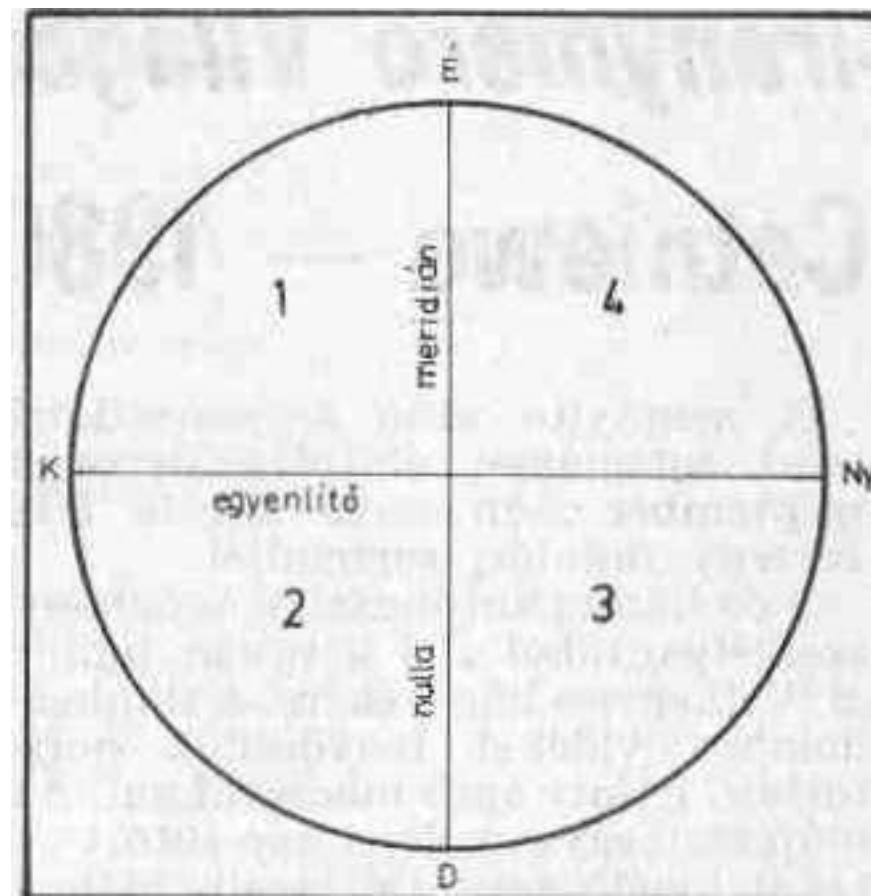
Az is lényeges, hogy a Nap egyenlítő menti része se forog azzal a sebességgel, amelyet fentebb említettünk, itt egy fordulatot 25 napra is vehetünk, míg a „sarkok” felé a forgás jóval lassúbb, 35 napos forgásidőt is észleltek. A Földről is tudjuk, de a Napon is észrevehető, hogy a légkörének (gázkörének) magasabb rétegei nem követik pontosan az alsó rétegek forgási sebességét. A Napnál ez könnyebben ért-

hető, hiszen teljesen gáznemű anyag-ról van szó (a belsejét természetesen nem ismerjük).

A Nap tengely körüli forgását „számolják”, a fordulatok számát Carrington angol csillagászról, aki számította a különböző szélességeken mutatkozó forgásidőket, *Carrington-fordulat* számoknak nevezik. Ide természetesen szükséges egy pontosan megadott nulla meridián! Nos, erre azt a nulla meridiánt veszik alapul, amely Greenwichből 1854 január elsején 12 órakor volt látható (képzeltető) a Napon.

Hogyan lehet ezt a meridiánt újból megtalálni és így számolni a fordulatokat? — Nem tudom.

A Napnak, mint izzó gázgömbnek érdekesen van mérhető, saját mágnessége (nem a foltok külön mágnességére kell gondolni). Régebbi mérések szerint a mágneses sarkok itt se esnek egybe a forgástengely végeivel, ettől még 6°-kal hajolnak el. Ez a saját mágnesség erősség szempontjából nem hasonlítható a foltok mágneses erősségéhez, legfeljebb csak 400 — 450 gauss lehet, de ez az



60. ábra. Egyszerűsítés a naprajzi koordináták felhasználására: a nulla meridián és az egyenlítő által alkotott négy szektort a fenti módon számozzák. Ezen túl egy számcsoportban két számjeggyel a hosszúság, a következő kettővel a szélesség adható meg

érték is csak a legalsó rétegekben vehető észre, feljebb erősen csökken.

Erre a körülményre se ártana figyelni néha, amikor valaki periódusokat vagy legalább ciklusokat keres... Annál is inkább, mert a Nap a mágneses pólusait összekötő tengely körül kb. 31 és fél nap alatt fordul meg egyszer.

Valószínűleg többet tudunk majd minderről, ha sikerül az amerikaiaknak az a terve, hogy az ekliptikára merőleges síkban keringő mesterséges bolygót küldjenek a naprendszerbe, lehetőleg közel a Naphoz!

(Folytatjuk)

Irodalom:

Jos. Joh. von Littrow/Karl Stumpf: *Die Wunder des Himmels.*

Ferd. Dümmeler's Verlag. Bonn. Hannover. München. 1969.

Dr. Wodetzky József szerk.-ben: *A csillagos ég.* Kír. Magy. Természettudományi Társulat, 1938.

*International URSIGRAM and WORLD DAYS SERVICE:*

Synoptic Codes for Solar and Geophysical Data. UNESCO, ISCU, Boulder Colorado 1973. (1975).



## Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 20.

### 4.4 A naprendszer

Naprendszernek nevezzük a Napot és a körülötte keringő égitestek összességét. Erről valószínűleg bő felvilágosítást kap mindenki már a középiskolában, így most csupán néhány, a méretekre és a Naptól számítható távolságokra, továbbá a keringési síkok eltérésére szorítkozunk, közben elmondva a ritkábban hallott érdekességeket és az új felfedezéseket.

A 60. ábra az eddig ismert (már évek óta ígérik egy új bolygó felfedezését) kilenc bolygó átmérőjének nagyjából méretarányosan érzelhető adatait mutatja be a Naphoz viszonyítva. A fekete négyszögben a fehér körterület a Nap méretét adja (átmérője: 1 392 700 km), benne fölül a Szaturnusz látható (átm.: 120 570 km) a „gyűrűjével”. 1980 októberében fedezte fel az amerikai Yoyager űrszonda (az eddig ismert 9-en kívül még) a tizedik holdját, amelynek a mérete kb. akkora, mint Magyarországé. (Nem csoda tehát, hogy eddig távcsővel nem láthatták; amelletten igen közel van a bolygóhoz és nagy sebességgel kerülgeti!) Ugyanezen az ábrán alul a Jupiter látható (átm.: 143 640 km), balra a Neptunusz (átm.: 49 700 km), jobbra az Uránusz: (átm.: 53 400 km). A többi (elnevezésük szerint a „belső”) bolygóknál az átmérő már nem lehel méretarányos. Kicsiny voltuk miatt csak ponttal jelezhetők. Balról jobbra: a Merkúr (átm.: 5140 km), fent a Vénusz (átm.: 12 610 km), a Föld (átm.: 12 757 km) és a Mars (átm.: 6860 km). Az átmérőket úgy számítjuk, mintha a bolygók mind valóban gömb alakúak lennének (a Földről már biztosan tudjuk, hogy nem így van).

Annak a szemléltetésére, hogy magát a Napot mekkorára képzeljük,

a középre helyezett Föld köré berajzoltuk a Holdunk keringési pályáját, méretarányos átmérővel (természetesen ezt is pontos körnek számítva). Ezzel együtt tehát mindnyájan, a Nap egész nagy családjában bőven elférnének magában a Napban ...

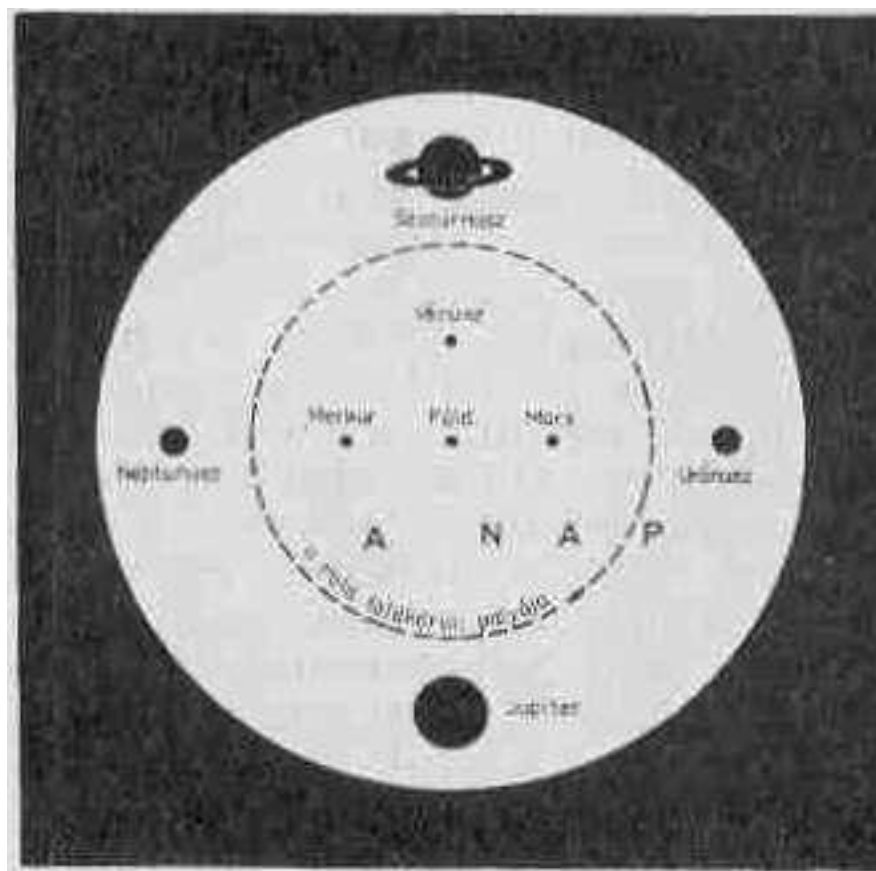
Egy bolygó pályája se pontos kör. A legkisebb „excentricitása” a Vénusznak és a Neptunusznak van, a legnagyobb a Plútónak (0,2485), valamivel kisebb a Merkúrnak. Ez azonban így egyszerűen nem hasonlítható össze, mert amíg a Plútó legnagyobb távolsága a Naptól (keréken)  $7,5 \cdot 10^9$  km, a legkisebb pedig kb.  $4,5 \cdot 10^9$  km. addig a Merkúr csak kb. 10-12 millió km-es távol-

ságkülönbséget mutat fel keringése közben.

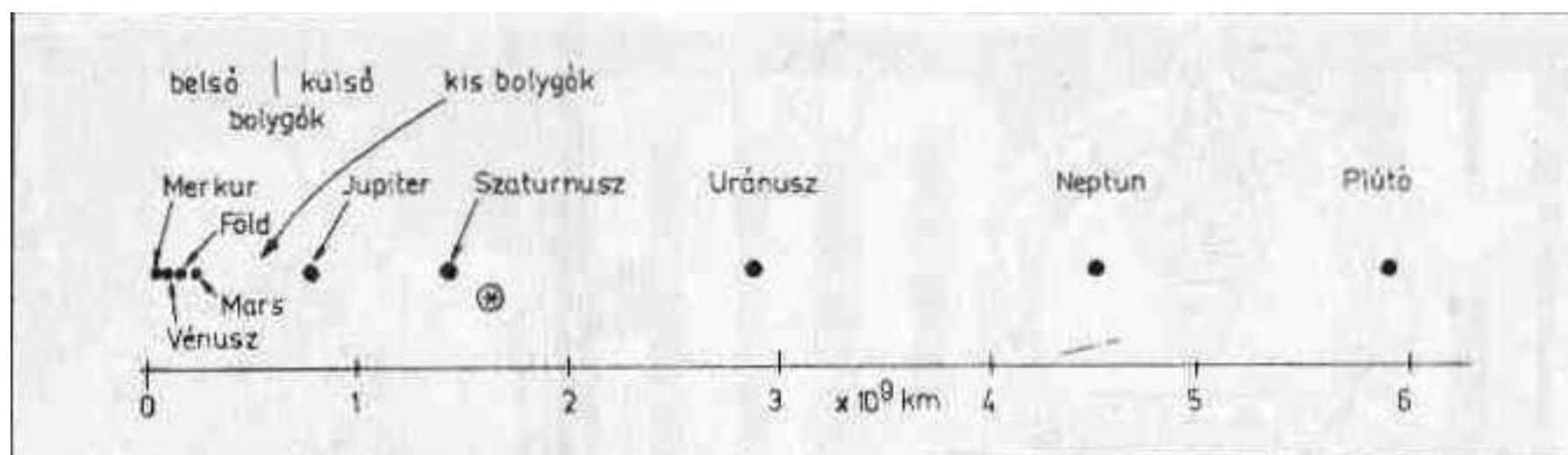
Arra is gondoljunk, hogy a (majdnem) babonás „bolygóegyüttállások” is ritkán sikerülhetnek, hiszen a bolygók nem mindegyike kering a Föld keringési síkjában (az ekliptika síkjában). Az együttállások szempontjából nyilván a nagy tömegű bolygók a fontosak, tehát a Jupiter, amely az ekliptikához  $1,3^\circ$ -os, a Szaturnusz, amely  $2,5^\circ$ -os és a közel levő Mars, amely  $1,8^\circ$ -os szöggel hajló pályán kering a Nap körül. A Plútót nem is érdemes számításba venni, messze is van, kicsi is, amelletten  $17,1^\circ$ -os szöggel hajlik a keringési síkja az ekliptikához. A Vénusz akkora kb., mint a Föld, de furcsa megjelenési idejei (esthajnali csillag) kis részben abból is erednek, hogy a keringési síkja kb.  $3,4^\circ$ -kal tér el a Földétől.

Nehéz dolog így összehozni az „együttállásokat”. Ezt külön még azért is említem, mert volt egy olyan elmélet a napfoltok hatásai figyelembevételének „virágkorában” (még csak fonnyadozik ez az időszak), hogy a napfoltokat, legalábbis a nagyobbakat (a hatásosabbakat) az együttálló bolygók, vagyis a Napra egy vonalba eső központokkal bíró erő, tehát a Napon levő, egy viszonylag kis területen ható bolygótömegvonzás okozza. Bár részben az alaposabb számítások, részben a tapasztalat ezt az elgondolást már akkor megcáfolta, amikor a csillagászatot kezdtem tanulni (1929), sok ember fejéből még ma sem lehet egészen kivenni!

Másfelől pedig (hideg számításból eredően: ne kelljen vele foglalkozni, nem hoz pénzt azonnal stb.), nemcsak a napfoltok, hanem a sugárzó Napnak a légkörre gyakorolt hatását is igyekeznek — főleg a hivatalos körök — „minimalizálni”... így aztán mire gondoljon az a szegény újságolvasó ember?



60. ábra. A fekete négyszögből kilátszó fehér kör jelzi a Nap méreteit. Ezen belül, arányos átmérőkkel láthatók a felírás szerint a nagyobb bolygók (a kicsinyeket csak pont jelzi). Látható továbbá a Holdunk föld körüli pályája (szaggatott vonalból készült kör). A kilencedik bolygót nem rajzoltuk be, a Plútó méretei ugyanis még bizonytalanok, valószínű átmérője 0000 km



61. ábra. A nulla kilométernél a Nap közepét képzeljük el, a továbbiakban a bolygók (mint pontok) közepes távolságaik szerint sorakoznak fel; az alul jelzett skála teszi kb. méretarányossá a távolságokat. Itt jól látható a belső és külső bolygókra való felosztás. Ember készítette mesterséges égitest már a csillaggal jelölt helyen száguld

A Vénuszról már tudjuk, hogy kb. kétszer fordul meg saját tengelye körül, amíg megkerüli a Napot.

A Marsot alaposan megnézegetük a közelmúltban. Most éppen ezért felújult a „Mars-csatornák” létezésének lehetősége, azzal a különbséggel (a múlthoz viszonyítva), hogy mint „vízmosságok” igenis lehetnek valamikor sok millió évvel ezelőtt.

A Jupitert már motornak használták fel az ember: úgy meghúzatta vele a Voyager 1-et, hogy ennek a sebessége majdnem elérte a 180 km/s-ot. Ez már valami!

Valóban a csodák világát éljük, már ami a rádiótechnikát és a rádióhullámok felhasználását illeti. Ma napelemekkel meghajtott, 100 W-ot se sugárzó rádióadók, impulzusmodulációval, GHz-eken, az impulzusok ismétlésével leküzdve a világűr és a berendezések zaját, olyan színes képeket küldenek sokszáz millió km távolságból, a bolygók közeléből, sőt a felszínéről, aminőket néhány tíz évvel ezelőtt a Földről se tudtunk volna csinálni. Ezeket láthattuk Budapesten a COSPAR- és az IUGG-értekezleteken.

Meg kell említeni, hogy manapság a távoli bolygókon végzett kísérletek, amelyek az „életet” keresik, nem holmi apró „zöld emberkék” után kutatnak, a zsebszámológépeket használó cserebogarakra se kíváncsiak, hanem csupán osztódásra képes sejteket „sejtenek” a bolygókön.

A bolygók mindegyike ugyanazon irányban kering a Nap körül (mint a Föld), ha nem is ugyanabban a síkban. A bolygók saját forgástengelye azonban annyifelé áll, ahányan vannak. Legérdekesebb az Uránusz, mert ennek forgástengelye egyirányú, vagyis (majdnem) egybeesik a keringési síkjával. Mivel pedig a forgástengelyek iránya nem, illetve csak legfeljebb igen hosszú idő alatt változik meg (a Föld esetében kb. 26 000 év), kellemetlen lenne rajta élni! A Nap körüli keringési ideje 84 (földi) év. Így tehát egyik fele-időben részben az egyik tengely végét, a másik fele-időben a tengely másik végét süti a Nap. Eközben (a mi földi időnk szerint) 10 óra

és 14 perc alatt fordul meg a tengelye körül az egész bolygó. Amikor tehát keringése közben a tengelyvégek nem mutatnak a Nap felé, kb. öt óránként váltogatja egymást a világos és a sötét időszak.

Az a csodálatos, hogy ezt a fantasztikus mozgást és ezen a bolygón az életlehetőséget még nem aknázták ki a tudományos-fantasztikus regényeket írók (talán ők maguk nem olvassák?).

A bolygók mindegyikén van valaminő gázréteg, még a Merkúron is, ahonnan akár a Nap sugarainak fénynyomása is elúzhatná a könnyű gázokat. A napszél a mi sarki fényünkhöz hasonló jelenséget okoz a Merkúr gázkörében.

A Jupiter gázlégrétegeinek magszféra is van és többféle saját elektromágneses sugárzása (így pl. 2 és 9 cm-es hullámokon).

Majdnem minden bolygónak van saját mágneses tere. Ezt a tulajdonságukat mi, itt a Földön csupán a „belső bolygók” körében vesszük észre, itt ugyanis a bolygók mágneses tere befolyásolja a napszelet. (A Jupiter ezt nagyobb mértékben teszi, de az odáig eljutott napszél már számunkra nem érdekes, kivéve természetesen a fizikai okokat.)

Amikor „bolygóközi térségről” („interplanetáris” térség”) olvasunk, akkor ugyan az egész naprendszer teljes térfogatát kellene értenünk ezen elnevezés alatt, mégis inkább a Nap és köztünk, a Föld közötti térségről van szó a legtöbb esetben, hiszen ez érdekelt bennünket a legjobban. Ezt a térséget méri a messze kinyúló, ellipszis pályákon keringő és a Napot kerülgető mesterséges holdak, illetve mesterséges bolygók. Így kapjuk meg (elsősorban nem mi, vagy ha igen, úgy jó későn) a bolygóköri térségben dúló napszél adatait (sebesség, sűrűség, esetleg anyagi összetétel), továbbá ugyanezen térség mágneses viszonyait. Ezt a teret mágneses szempontból általában (a Nap körüli) négy szektorra bontják, aszerint, hogy a Nap távolra ható (vagy a napszél segítségével, vagy óriási erejű felületi) mágnességével éppen hogyan alakítja. A szektorok mágneses tereinek erőssége között nagyobb

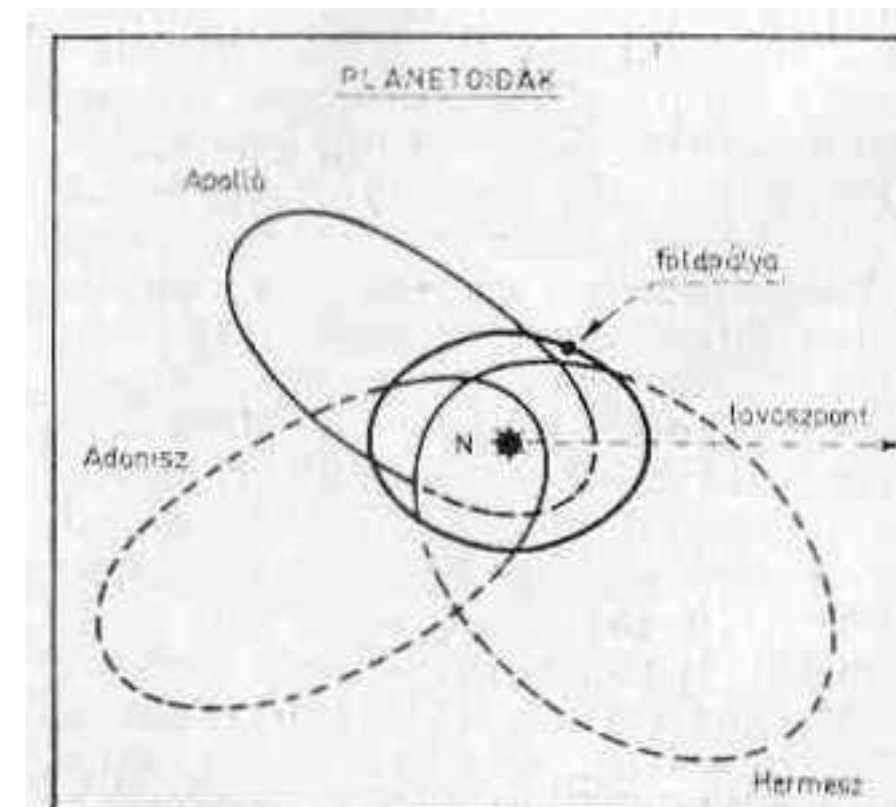
(5—10 gammás, az egységekről még beszélünk) különbség is található, hasonlóképpen más és más a térerősség iránya is. Így beszélünk a Nap felé vagy a Naptól el irányuló mágnességről. Ezeket az adatokat a Thule-i állomás összegezi. (Thule Grönland északi részén van [N 76°, W 68° óriási jelentőségű nap- és földfizikai obszervatóriummal, kár, hogy egyben katonai támaszpont is.)

Azzal is számolnunk kell, hogy a bolygóknek, a Merkúron és a Vénuszon kívül, vannak saját, természetes holdjaik is, szép számmal. Ezeknek a holdaknak a méretei igen különbözőek és az is megesik, hogy a bolygójuk körüli forgásirányuk eltér a megszokottétól (pl. a mi Holdunkétól, amely a Föld napkörüli pályamozgásának irányát követi). Természetesen csak a Földnek van mesterséges holdja (a használtakat és már nem használtakat is beszámítva legalább 3000 kering felettünk, némelyik roncs alakjában).

Amint a napilapokban is olvashatjuk, a távoli bolygók apró holdjait, amelyeket távcsövekkel már nem észlelhetünk, mostanában fedezik fel az űrszondák.

#### 4.4.1. A kisbolygók

A Mars és a Jupiter között szinte számtalan kisbolygót fedeztek fel. Nevezik őket planetoidáknak, esetleg aszteroidáknak. A méretük (és alakjuk szintén) sokféle, kezdve a legkisebb, (talán) ökölnyi nagyságútól a 800 km-es átmérőjűig. Volt időszak, amikor a csillagász amatőrök sportja lett a kisbolygók valamelyikének, természetesen lehetőleg egy előzőleg ismeretlennek a felfedezése. Sok kisbolygónak megmérték már a napkörüli keringési idejét, pályájának az ekliptikához viszonyított szögét stb. Azt találták, hogy sok hasonló van közöttük és így bizonyos (bennünket nem érdeklő) felosztásuk is van.



62. ábra. Három (nagyobb méretű és a földpályát metsző) kisbolygó pályája alakja, méretei a Föld pályájához viszonyítva és a méretarányos ábrázolást is „megkísérelve”. Az N a Napot jelzi.



Vannak közöttük olyanok is, amelyek a Nap és a Jupiter, mint egy ellipszis két fókusza szerinti ellipszis pályán keringenek. Soknak igen nyúlt az ellipszis pályája.

Ha összességükben akarjuk látni pályáikat, akkor adjunk egy kisgyerek elébe papírost, kezébe ceruzát, jelöljünk meg a papíron egy pontot (ez lesz a Nap) és bizzuk meg a gyereket azzal, hogy „köröket” rajzoljon a pont köré... Ha kitaróan rajzol, úgy kb. egy óra múlva már kibontakozik előttünk a kisbolygók pályamozgásainak képe. Csak még azt kell elképzelnünk, hogy a „körök” nemcsak a papír síkjában vannak. Egyes kisbolygók pályasíkja ugyanis eléri a 30 fokos szögkülönbséget, sőt a „944 HIDALGÓ” nevezetű (nevüket a felfedezés évszáma, majd egy, a felfedező kívánsága szerinti elnevezésről kapják). 40°-nál is nagyobb szöggel tér el az ekliptikától, és amellettt akkora el-

lipszist rajzol az égre, amely a Mars pályájától a Szaturnuszig terjed.

Az említett „rajz” megtekintése után gondolhat az ember arra, hogy mit kell tudnia egy olyan világköz-pontnak, amely pl. a Jupiter (és a többi) bolygó közeli megfigyelésére küldi el űrszondáját, ahhoz, hogy ez az űrhajó ne egyenesen valamely kisbolygó oldalán törje össze magát...

A gyenge elképzelés érdekében megadjuk három (nagyobb) kisbolygó pályájának képét a Föld nap-körül pályájához viszonyítva. Előbb azonban meg kell néznünk a 61. ábrát, hogy arról legyen fogalmunk: mekkora távolságokra keringenek a bolygók a Nap körül. Az ábrán a Nap nincsen feltüntetve, ennek a középpontja képzelendő el a nulla km-nél. Itt látszik a „belső” és a „külső” bolygófelosztás nagyságrendje is. A rajz — már a meny-nyire ilyen kis méretben lehet —

méretarányos, a bolygók csupán, mint pontok szerepelnek.

Ezután érdemes megtekinteni a 62. ábrát, amelyen a jelzett három kisbolygó látszik. Az ábra jól mutatja, hogy mindegyik „metszi” a Föld pályáját, de sajnos — vagy így a jobb? — legfeljebb 2 millió kilométerre közelítheti meg valamilyen a Földet. A pályájuk rajza — legalábbis igyekezet szerint — szintén méretarányos a Földéhez viszonyítva.

Lehetséges, hogy egy jól kiválasztott kisbolygó lesz majd a jövő emberének nagy kutató és — ezúttal már - „természetes” égiteste.

( Folytatjuk)

Irodalom:

Jos. Joh. von Littrow/Karl Stumpf: *Die Wunder des Himmels.*

Ferd. Dümmler's Verlag. Bonn. Hannover. München. 1969.

Waller Sullivan: *Signale aus dem All.* Econ Verlag, Düsseldorf, Wien..

Dr. Bay Zoltán washingtoni egyetemi tanár személyes közlései.

## Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 21.

Dr. Flórián Endre fizikus. HA5KFV

### 4.4.2. Az üstökösök

Sokan talán nem is gondolnak arra, hogy az üstökösök is érdekesek nemcsak csillagászati (tehát fizikai, világ fejlődési, naprendszer vizsgálati és egyéb) szempontból, hanem közvetve rádiós viszonylatban is.

Az üstökösök megjelenési formája általában egy (olykor csak) *ködszerű*, (tehát *átlátszó!*) *fej*, majd egy ebből kiinduló, különböző hosszúságú, fényességű és anyageloszlású *csóva*. A fényesebb üstökösöket szabad szemmel is jól lehet látni, megjelenhetnek ijesztő méretű, hosszúságú csóvával, amely az egész eget átszelve lassan az irányát is változtatja (a csóva a Nappal ellentétes irányban látható). Ez a változás is ijesztő jelenség, így nem csodálhatjuk, ha még a mult században is babonás félelem fogta el az embereket, amikor pl. a nevezetes *Halley-üstökös* tündökölt hosszú csóvájával (és hosszú ideig) az égen.

Azért nevezték el ezt az üstököst *Halleyről* (aki kora, a mult század közepe, neves angol csillagásza volt), mert ő mutatta ki, hogy az üstökösök legtöbbször ugyan igen nagy „excentricitású”, de mégis ellipszis alakú pályán kering a Nap körül. Így előre, sőt visszamenőleg is, számítható megjelenési idejük.

Halley számításait később kiegészítették a bolygók tömegvonzó erejének figyelembevételével, és így már a mult század közepén majdnem egy napos pontossággal tudták előre jelezni egyes üstökösök megjelenési idejét. A Halley-üstököst 1986-ban látják majd Olvasóink újra felragyogni az égen, remélem nem ijednek meg tőle...

Érdekes körülmény, hogy a szabad szemmel látható és főleg a széles és a nagy csóvával rendelkező üstökösöktől mindig félték az emberek. Ezek mindig „háborúkat és betegségeket” jelentettek a félénk

szemlélőknek. Ma, ha ilyen félelem elképzelhető is, csak részben állhat fenn: azt hiszem háborúra senki se gondol, utóvégre jól tudjuk, hogy nehéz találni évtizedek óta olyan *napot*, amelyen, valahol a Földön, ne dörögtek volna a fegyverek! Nem kellett hozzá üstökös.

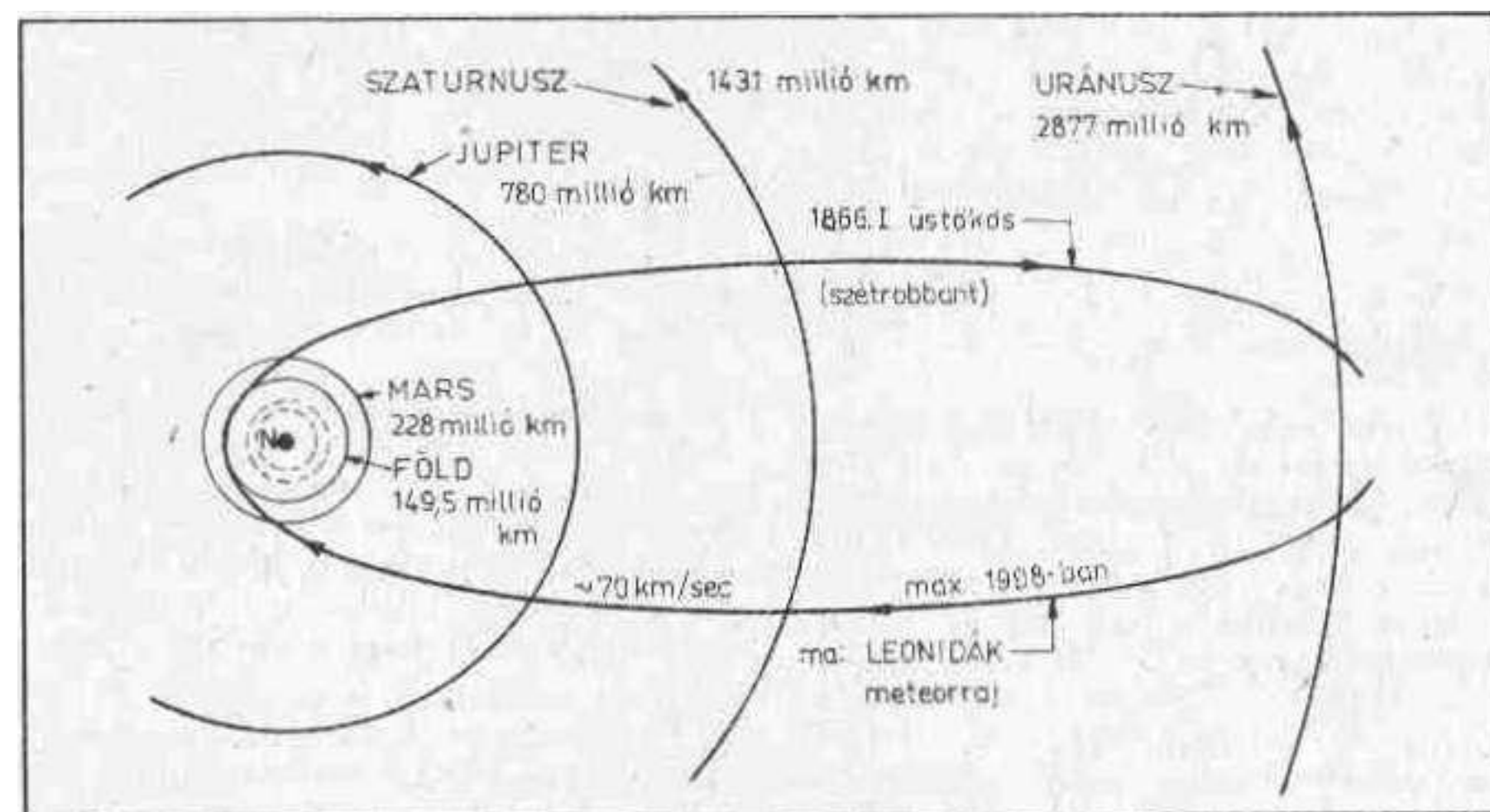
Más a helyzet a betegségekkel. Vannak olyan tudósok, akik el tudják képzelni, hogy az üstökösök gázáiból valamely bolygó (és így a Föld is) magához tud vonzani valamekkora mennyiségűt és ezek a gázok (a Föld esetében) a légkörbe kerülve valóban árthatnak az emberiségnek. De ezt a felfogást, illetve elméletet, amely arra támaszkodik, hogy a közelebb húzó üstökösök megjelenése után nagyobb területen törtek ki járványok, csupán kétes értékű statisztika támasztja alá. Kétes értékű, mert ma sem lehet az

egész Földre vonatkozó, teljes mértékben megbízható statisztikát készíteni! Visszamenőleg ez még nehezebb.

Annyi bizonyos, hogy a bolygók tömegvonzó ereje nemcsak erősen befolyásolhatja az üstökösök pályáját, hanem szét is húzhatja, *szétmorzsolhatja az üstökös fejét is* (már a mennyiben a fej elegendő tömegű és eléggé kicsiny benne az összetartó erő és amellet természetesen elegendően kicsiny a fej távolsága a vonzó bolygótól).

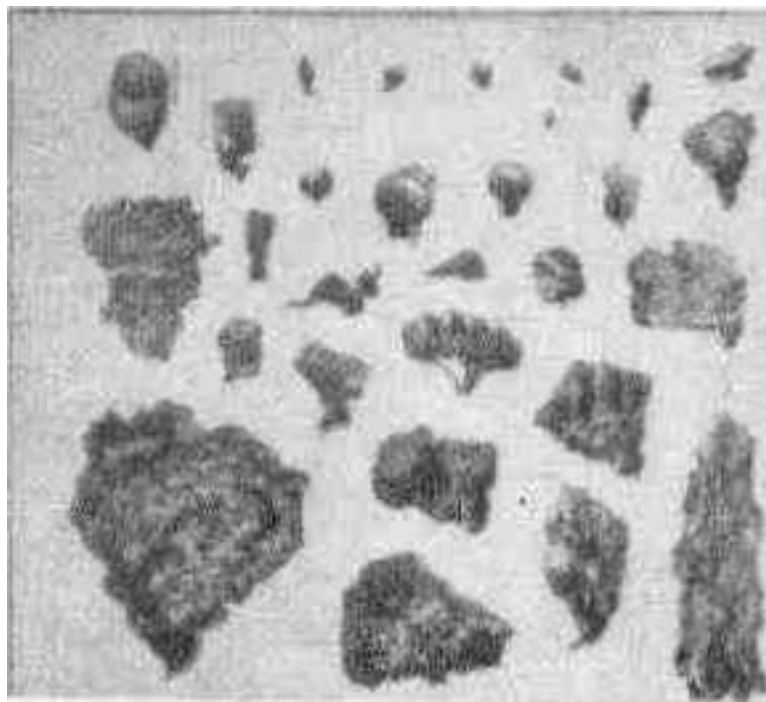
Így például a *Biela* nevű üstökös 1845-ben két (egymástól kb. 300 ezer km-es távolságban haladó) részre szakadt, majd a távolság az üstökös 1852-ben történő újbóli megjelenése idején már 2 és fél millió km-re növekedett aztán többé nem látták.

Am ugyanezen a pályán megjelent



63. ábra. Az 1866. I. nevű üstökös, eltávozván napközelből, a nagy bolygók közelében szétrobbant. Maradványai az üstökös volt pályáján széjjelhúzódva ún. „permanens meteorrajt” alkotnak, kis sűrűséggel. Leonidák névvel. A leg-sűrűbb, a rádióösszeköttetésre jól használható „maximum” 1998-ban éri el a Földet





64. ábra. Az északi-sarki hómezőkön összeszedett apró meteoritok. A millimétert jelző skála mutatja méretüket

két meteorraj (a szétszakadásnak megfelelően): az *Andromedidák* és a *Bielidák*. Ez utóbbi rajt már kimondottan a létrehozó üstökösről nevezték el (jelentéktelensége miatt ma már alig hallani róla!).

Hasonló eset történt az 1866-ban megjelent „1866. I.” nevű üstökös-sel is. (A sok felfedezett üstökös miatt, ha nem kaptak valamilyen „becenevet”, úgy az évszámmal és a megjelenési sorrendet jelölő római számmal jelölik őket.) Ezt az üstököszt valószínűleg a Jupiter és (vagy) a Szaturnusz robbantotta szét. Azóta egy igen hosszú (és általában kis sűrűségű) meteorraj alakjában jelenik meg az üstökösének megfelelő pályán. Látszólag a *Leonidák* csillagképből indulva. Így lett a neve: *Leonidák meteorraj*. A leg-sűrűbb része, a fej legtömörebb maradványa, a raj „maximuma” 1998-ban érkezik Földünk közelébe. Részecskéinek átlagos sebessége kb. 70 km/s. Tekintettel arra, hogy bár kis sűrűséggel, de szinte állandóan áramlik, „permanens meteorrajnak” is nevezik. Nyilván szétszóródott az üstökös anyaga az egész pályájára (63. ábra).

Kísse elgondolkozhatunk azon, hogyan is építik fel a távolra, a nagy bolygók közelébe küldött mesterséges égitesteket? A Jupiter ugyanis nem szedte szét alkatrészeire (csavarjaira, IC-ire) a Vovager űrszondát ...

#### 4.4.3. A meteorok

A meteoroknak (Sternschnuppe; shooting star) a magyar nyelvben több elnevezése is van. Ezek egyúttal a fajtájukra is utalnak. Így pl. van *hullócsillag* (sebesen rohanó csillagnak látszik, amely halvány fényvel kezd pályáját, fénye felerősödik, majd a láthatatlanságig legyöngül: valószínűleg csak átfutott a légkörön...); aztán ismerünk *tűzgömböt* (hirtelen növekvő, majd erősen változó fényű, olykor „sziporkázó”. inkább hullani látszó, sebes csillagként jelenik meg, majd rövidebb-hosszabb út után jól láthatóan szétrobban: ha szerencsések vagyunk és a robbanás a fejünk fe-

lett történt, pár perc múlva esetleg a robbanás távoli dörrenését is hallhatjuk).

A láthatóan szétrobbant tűzgömbök apró részei elérhetik a földfelszínt. A sziporkázás a meteorról leváló, izzó részecskék következménye. Az északi, meg a déli sarok kutatói időnként összesöprik a hólepel felső rétegét és a havat megolvasztva találják meg a földfelszínre került, már *meteoritoknak* nevezhető részecskéket, aminőket a 64. ábrán láthatunk. A *meteor* és a *meteorit* elnevezés egyébként elég változatosan és bizony nem valami nagy következetességgel található meg az idevágó irodalomban.

Időnként nagyobb meteorok is elérik a földfelszínt, akkorak, amelyeket a légkörben elképzelhető sűrűdési hő nem tudott se porrá égetni, se szétrobbantani. Ezek esetleg a talajra érésük pillanatában robbannak fel, amikor az Űtődés következtében még növekszik a hőmérsékletük. A legnagyobb, eddig megtalált (vas anyagú) meteor Grönlandból szállították New Yorkba, a múzeumába (65. ábra). Adatai az ábra alatt olvashatók.

Mielőtt a meteorok csupán rádiós vonatkozásaira térnénk rá, megemlítünk néhány más, főleg fizikai szempontból nézhető érdekességet, amelyről kevés szó esik egyéb folyóiratokban.

Így pl. 1908-ban Közép-Szibériában hullott le egy tűzgolyó, robbanását több száz km-re hallható dőrejek kísérték. Egyúttal akkora légnyomásemelkedés, szél keletkezett, hogy - egykorú leírás szerint -

még a 640 km-re levő Kanszokban is nagy pusztítást okozott: „földre taszítván a kocsiba fogott lovakat is”. A talajba űtődését a Föld minden földrengésjelző készüléke jelezte. A légnyomás pedig, éppen úgy, mint a Ferencz József-földön végzett 60 - 100 megatonnás nukleáris robbantás nyomán, kétszer is körülfutott a Földön (energia összehasonlítás). Porszerű részecskék még Spanyolország felett is piszkossá tették a légkör felső részét, még jobban észrevehető volt ez az északi sarok felé.

A lezuhant tűzgömböt (valamiről?) *Tunguszkának* nevezték el (pedig nem érdemelte meg a becézést). Nos, ez a Tunguszka ma is megoldatlan kérdése a kozmológiának, a geofizikának és összefoglalva: a fizikának. Bár a földre érés pontos helyét a 32 km-es körzetben kidőlt fák dőlési iránya ma is pontosan mutatja, azon a helyen egy *szent meteoritnyomot* se találtak, máig sem!

Ma a robbanás helye közlében van a *Tunguszka* nevű kis település egy geofizikai obszervatóriummal (N 62°; E 90°), amely naponként szorgalmasan küldi földmágneses adatait (URSI száma: 39 601).

Egy másféle érdekesség: egy amerikai lezuhant nagy meteorit megmaradt kráterében (ilyen, robbanás okozta kráter sokfelé talál-

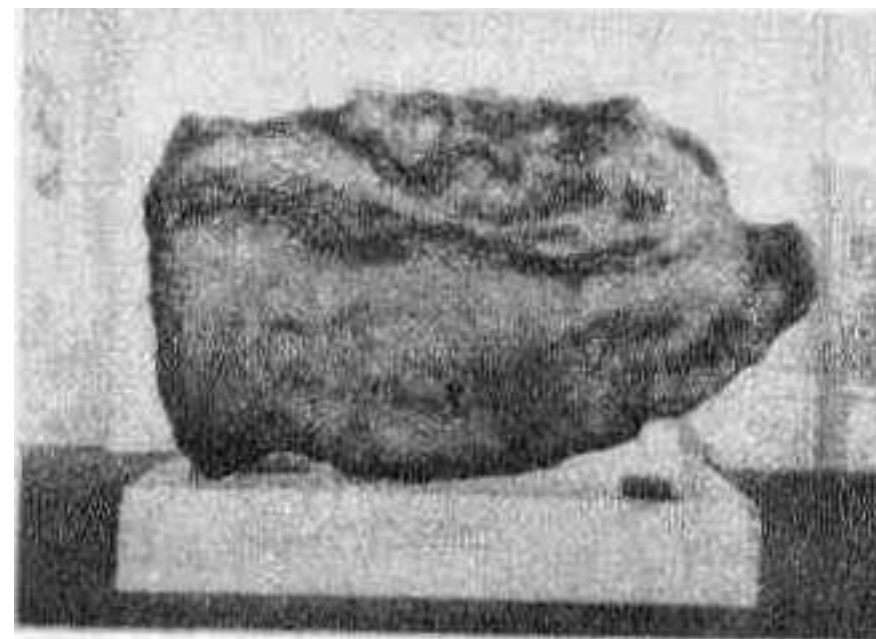
ható a Földön) *gyémántszemeket* találtak. A kutatók feltételezték, hogy a meteorban sok grafit lehetett. Számolgatni kezdtek: *mekkora nyomás és mekkora hőmérséklet* lehetett a kráter fenekén a robbanás pillanatában? — *A számítás sikerült: ettől kezdve gyártják a már szinte nélkülözhetetlen ipari gyémántot!*

Sokféle vizsgálják a meteorok anyagi összetételét, a szempont is sokféle, a talált eredmények is igen sok anyag jelenlétét mutatták ki. Ilyen vizsgálatok voltak a debreceni ATOMKI intézetben is *Szalay Sándor* prof. vezetésével. Mindenestre főleg vas, szén (grafit) és rengeteg izotóp található a meteorokban.

A rádiós célokra (ma már szinte csupán) az amatőrök által felhasználható meteorok eleve a legapróbb méretűek, amelyek — ha megfelelő az anyaguk — már 100 km felett is felizzanak sebes futásuk és a levegővel történő sűrűdésük miatt. A magas hőmérséklet képessé teszi őket arra, hogy ionizáló (ultraibolya) sugárzást is bocsássanak ki, ezért a pályájuk nyomán egy ionizált „hurka” keletkezik. Ez a hurka — az egyúttal magas hőmérséklete miatt — rögtön tágulni kezd. Nyilván felfelé tágulhat könnyebben, amerre ritkább a levegő. Így egy kb. tojás alakú hurka marad el a száguldó meteor mögött, amelynek a hosszanti átmérője elérheti a 9 km-es értéket is, még mindig akkora ionsűrűséggel, hogy a 30-40 MHz-es radarhullámokat visszaverheti (akkora frekvenciákon mérték meg pl. a Szovjetunióban).

Ekkora meteorokból tömémentelen mennyiség érkezik a légkörbe állandóan, a 0,1 mm-től a néhány cm-esekig napi milliárd darabra számították régebben a becsapódó meteorokat. A számítás - mint a mesterséges holdakra kötött (olykor magyar) műszerek is kimutatták, méret, sebesség, sőt irány szerint - nem volt helyes, az apróbb meteorok még nagyobb mennyiségben csapódnak be légkörünkbe.

Nézzük most már csupán a rádiós összeköttetések szemszögéből alkalmas meteorokat. Tudjuk, hogy a „tűzgolyók” alkalmasak lehetnek



65. ábra. Az eddig megtalált legnagyobb meteor (vasból). Grönlandból szállították New Yorkba. Hossza 3,27 m, magassága 2,02 m, szélessége 1,55 m; tömege 33 133 kg

ugyan, de ritkák, meg kell tehát elégednünk az apró, a szemmel egyáltalában nem látható felizzású meteorok használatával.

Ebből a szempontból a meteorokat két csoportra oszthatjuk:

1. a bizonyos szabályszerűséget mutató meteorrajokra, vagy magyarul (is) a záporosőre emlékezve a „meteor záporokra”, és

2. a világűrben, illetve a naprendszerben minden szabály nélkül cselengő, szétszórtan (szporadikusan), de óriási mennyiségben jelentkező meteorokra. Az üstökösökhöz kapcsolódva nézzük meg először a meteorrajokat.

#### 4.4.3.1. A meteorrajok

Ma már arra gondolhatunk, hogy szinte minden meteorraj valamilyen üstökös maradványa, legfeljebb nem ismerjük melyiké, mert régebben a távcsöves észlelés hiányában a kisebb üstökösöket nem vették észre.

Biztosan ismerjük pl. az 1861. I. nevű (az elnevezésekről az előző fejezetben emlékeztünk meg) üstökös maradványait. Ezek a *Lyridák* (kb. ápr. 2.3-27. között jelennek meg); az 1862. II. üstököséből keletkezett a *Perzeidák* egy része (aug. 9-14. között jelentkeznek) és az 1966. I. (már említett) *Leonidák*



66. ábra. A görög mondákban szereplő „nagy vadász” csillagképe, az Orion, hagyomány szerinti elképzeléssel, amint ezt egy középkori rézmetszet mutatja. Magához a csillagképhez tartozó csillagokat (8 db) fehér pontok jelzik

raja (nov. 8-22-e közötti jelentkezéssel).

A meteorrajok tőlünk látszó kiinduló forráspontja az égen az a pont, ahol az ősi üstökös jelennék meg, ha még „élne”. Az ilyen pontokat, a rajok forrását, rendszerint a könnyebb tájékozódás és az egyszerű elnevezés érdekében annak a csillagképnek a nevével jelölik meg, amelyből a raj kiindulni látszik. Csillagkép van elég minden meteorrajt be lehet valamelyikbe illeszteni.

A csillagképeket szinte mindenki ismeri, nevük ugyan majdnem minden nép nyelvén más és más, a népek régi mondái, legendái szerint (magyarul: Göncöl szekere, Fias-tyúk stb.). A „hivatalos” nevük azonban a régi római és görög legendákból megmaradt elnevezés, mert ezek a nevek már nemzetköziek. A rómaiak (és még előbb a görögök, talán még előbb az arabok) isteneiket, hőseiket, általában „nagyjait” a csillagos égen is elképzelték és egyes csillagképekhez kapcsolták megjelenési helyüket. Így pl. az Orion (nálunk alig vagy nem is látható) csillagképet a hozzá tartozó, elképzelt „nagy vadással” (akinek a fegyvere egy vastag faág, de aki már a régi görög mondákban is szerepel) a 66. ábra mutatja. Maga az Orion csillagkép csupán az ábra fehér pontokkal jelzett csillagaiból áll, a többit a fantázia adta. Az ábra egy 1603-ból való rézmetszet fényképe.

(Folytatjuk)

#### Irodalom:

Dr. Wodetzky József szerkesztésében megjelent *A csillagos ég. Kir. Magy. Természettudományi Társulat; Budapest, 1938.*

Littrow/Stampf: *Die Wunder des Himmels Ferd. Dümmler-s Verlag, Bonn, Hannover, München 1969.*

≈Метеориое Распространение Рааиоиолн; VII. és VIII. füzet.

A kazáni egyetem kiadása; 1970, 1971



## Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 22.

dr. Flórián Endre fizikus, HA5KFB

A német mondavilág a szabad szemmel is jól látható augusztusi csillaghullást az augusztus 10-i *Lőrinc*, névnap miatt *Laurenliustränenek*. „Lőrinc könnyeinek” nevezi. Talán ennek köszönhető, hogy egy német csillagász 1935. augusztus 8–9 közötti éjszakán fényképezte a Perzeusz csillagképet és egy óra alatt 27 jól látható „hulló csillagot” talált a fényképen. A meteorokat, a széttartó irányokban látszó nyilak, magát a Perzeusz csillagképet a fehérített pontokon levő csillagok mutatják a 67. ábrán. Így képzelhető el tehát a többi meteorraj vagy meteorzapor forrása is.

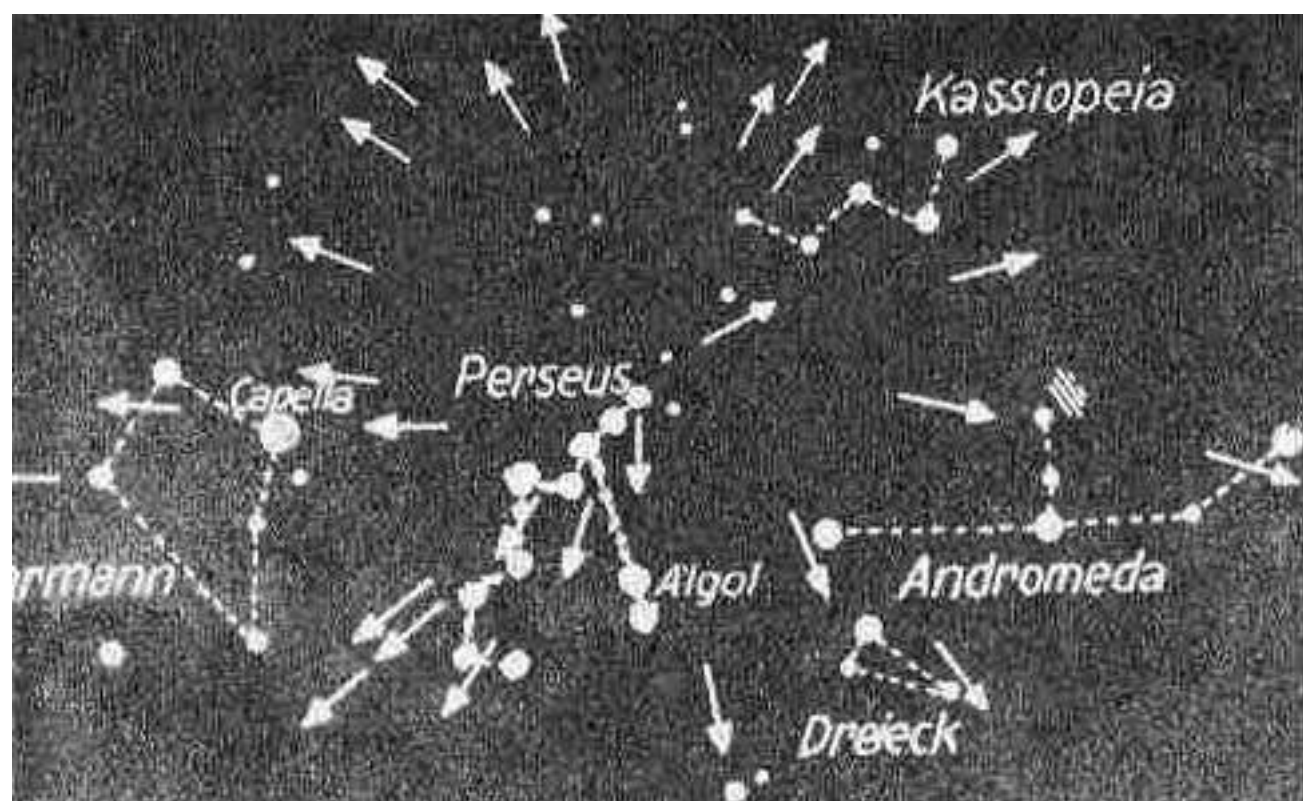
A meteorrajok neveit (pl. Perseidenschwarm, Perscidshower, egyszerűbben: Perseids; Персеиды) nyugodtan fordíthatjuk, mondhatjuk a magyar nyelvben már elfogadott és használt: Perzeidák, Lyridák stb. szavakkal, ettől nem kell félni... Így pl. jobb lett volna, ha pl. *Roger W. Bunney* füzetének fordításakor a fordító inkább a terjedési vonatkozású részletekben ragaszkodik

dott volna az eredeti szöveghez. Bár ez az angol szerző nem szakíró, de a szövegét bizonyára hozzáértő szakemberrel vizsgálhatta fölül. — Kár, hogy az idegen nyelvekről magyarra fordított könyvekben még elemi fizikai hibák is előfordulnak!

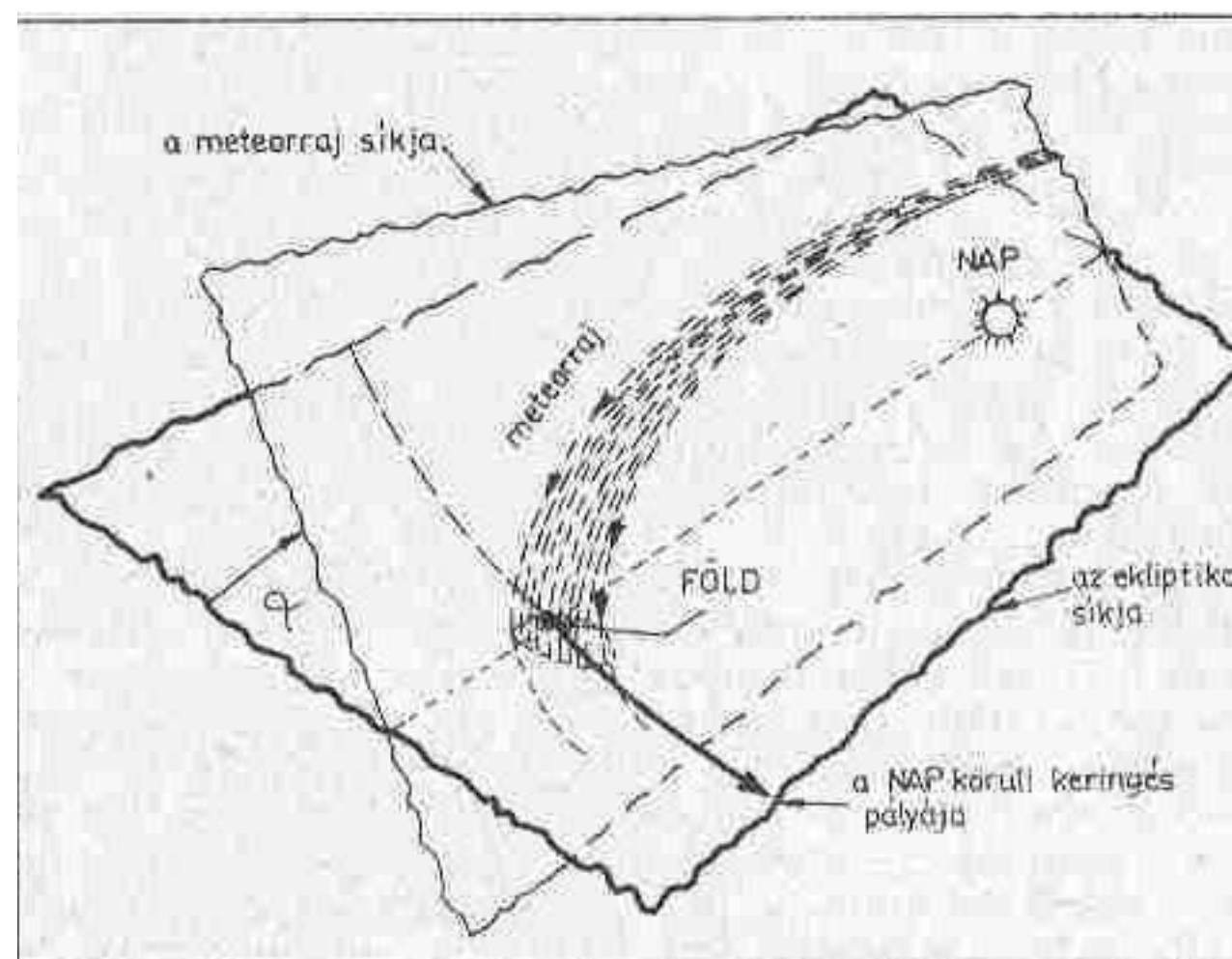
A meteorrajok elsősorban a Föld északi félgömbjét érik! Ennek oka az a körülmény, hogy az eredeti üstökösök keringési ellipszisének síkja elég nagy szöveget zár be az ekliptikával 68. ábra, a szög), ezen fölül még az üstökösök keringési iránya is olyan volt, hogy Földünket a rajok általában „fölülről”, az északi sarok felől érik. Ez a mi szerencsénk is! A déli félgömbön, pl. az ausztráliai amatőrök kevesebb meteor-összeköttetést létesíthetnek.

A rádióamatőrök elég nagy része abban a jól begyökereszt hitben él, hogy a profi kutatók alig vagy egyáltalán nem foglalkoznak hullám-

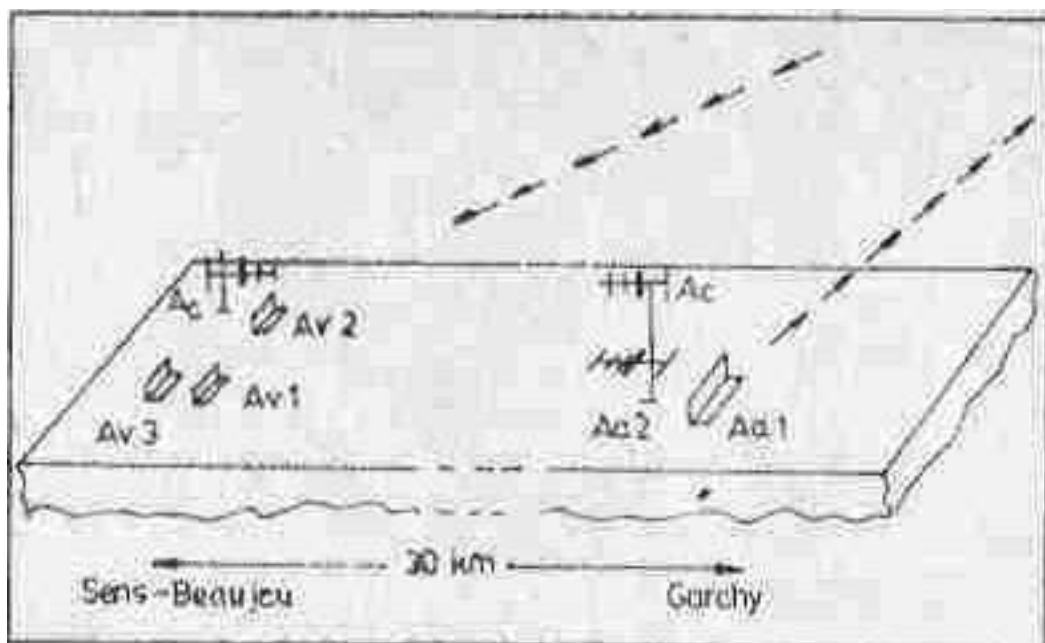
terjedési kísérletekkel (különösen nem pl. a meteorok és az Es felhasználásával), ami pedig eredményként eddig mégis elkönnyvelhető, az — néhány dicsérő és olykor kissé túlzó, sőt váll veregető mondatból következő — csupán az amatőrök tevékenységéből következik! Nos, ez a fajta biztatás egy darabig beválik, legalább is addig, amíg a rádióamatőr tudományos szakfolyóirat-hoz és könyvekhez nem jut... Ezután már két eset következik: vagy teljesen elveszti a kedvét és hitét, vagy — és ez a szerencsés eset, ez az amit szeretnék „elhinteni” — a továbbiakban *tudatosan*, előre meghatározott időkben és irányokban, továbbá alkalmakkor igyekszik adott, már jól ismert távoli amatőrökkel összeköttetéseket létesíteni. És még egy fontos részlet: a *sikertelen kísérleteket* is feljegyzi, ezek ugyanis pontosan ugyanolyan



67. ábra. A Perzeusz csillagképet magát a kilenc (fehérített pontokkal jelölt) csillag adja, a csillagképből kiáramló 27 db, fényképezőgéppel felvett, világító nyomot hagyó meteort pedig az irányukkal együtt a nyilak jelzik



68. ábra. A vastag vonallal körülkerített sík az ekliptika síkja, ebben kering a Föld a Nap körül, útját egy kis íve mutatja, magát a Földet apró fekete pont; a meteorraj egy, az ekliptikától a jelzett szöggel, eltérő síkban kering a Nap körül; a meteorok haladási iránya rendszerint a Föld északi félgömbje felé irányul



69. ábra. A Garchy melletti meteor-nyom kutató telep rádióállomásai: Aa1 a fő adóállomás, innen indul ki a jel 45° alatt a magasba; az Av1, Av2 és Av3 a vevőállomás három vevőantennája, az ábrán látható elrendezéssel, hogy a visszaérkező jelet irány szerint is megkülönböztethessék; az Aa2 egy kiegészítő adó antennája, a fő adó hátrasugárzott, nem kívánatos jeleinek kiküszöbölésére (vízszintes polarizációval); a két Ac adó-vevő antenna, az állomások közötti összeköttetés biztosítására (függőleges polarizációval és más frekvenciával, hogy semmi zavart se okozzon)

értékesek, mint a sikeresek (néha értékesebbek)!

Így és csak így lehet elismert kutató munkát végezni!

Annak az ábrázolására, hogy pl. a meteorok kutatása hogyan folyik a profi berkekben, ismertetem a francia kísérletek egy részét.

Annyit előre kell bocsátanom, hogy ez a francia kutatás (éppen úgy mint a többi hasonló) *céltudatos!* Ez most annyit jelent, hogy több, mint egy évtizede már — csupán abból a célból, hogy a meteorok ionizált nyomvonala visszaveri-e (az ekkora és a még magasabb frekvenciájú) rádióhullámokat, továbbá, hogy ezek a visszaverődések alkalmasak-e hírközlésre — *nem folynak kísérletek!* Hiszen csak technika (mondjuk így: pénz) kérdése, hogy pl. 300 MHz-en nagy távolságra is rádiózzanak. Így ennek *ma már semmi értelme se lenne* (de bemutatam a meteorokkal kapcsolatos, régebbi és ilyen jellegű kísérletek eredményeit is).

Ezek az újabb francia és más kísérletek a 100 km-es magasság körüli szelerősség és szélirány, továbbá az ugyanitt található *szélnyírások* megismerését célozzák. A szélnyírás esete akkor áll elő, ha két teljesen eltérő irányú légmozgást esetleg csak méterek választanak el egymástól és a találkozó felületeken örvények keletkeznek. Van ilyen fajta szél alacsonyabban is (ezeket „jetnek” nevezik), ezekre akkor jöttek rá, amikor belerepülve a másik irányú, vagy a sebesebb szél letörte a repülőgép szárnyát... A fenti kutatások most is a repülést szolgálják végső fokon, de már a rakéták továbbbírása érdekében.

A meteorok nyomvonala ugyanígy viselkedik, mint a magasban húzó repülőgépek okozta „kon-

denzcsík”, amely a talajról nézve olykor műszer nélkül is jól mutatja a kondenzcsík magasságában uralkodó szélirányt. Figyelmesen (vagy megfelelő műszerrel) nézve, kissé hosszabb idő alatt a sebesség is megállapítható (ha ismerjük a magasságot).

Franciaországban Garchy mellett (N 47°; E 03°; ugyanitt működik földmágneses adatokat szolgáltató obszervatórium is, URSI száma: 30 506) épített fel a *Centre National D'Etudes des Telecommunications* egy a magassági szél mérésére alkalmas állomást, amely 1965-től kezdve

— megszakításokkal — máig is működik és a meteornyomvonalak segítségével állapítja meg a magassági szélviszonyokat. Itt egy 4 kW-os, folyamatosan sugárzó, modulálatlan hullámot kibocsátó rádióadó működik 29,8 MHz-en. Adóantennája sarkreflektoros (corner reflector) dipól, főiránya: kelet. Az antenna 3 dB-es vízszintes nyílásszöge  $\pm 13^\circ$ , a vízszintestől számított kisugárzási szöge  $45^\circ$ ,  $\pm 10^\circ$ -os nyílásszöggel, nyeresége az adott irányok közép-pontjában kb. 16 dB. A vevő Sens-Beaujeu-ban van, Garchytól 30 km-re nyugatra. Itt három — az adóhoz hasonló, de kisebb méretű — vevő-antenna van elhelyezve oly módon, hogy kettő egy vonalba esik (Garchy felé néz), a harmadik velük párhuzamosan, de hátrább van felállítva, nyugat felé. A vevőkészülékek saját zaja:  $10^{-13}$  mW (!).

A fentiekén kívül van még az adóállomáson egy vízszintes polarizációjú, több elemes Yagi-antenna, amely a vevők felé sugározza ugyanazt a jelet, amit a főadó — de ellentétes fázisban, megfelelő amplitúdóval. Így kiküszöbölhető a főadó esetleges hátrasugárzása (amely kb. -20 dB) és egyéb, a vételnél felesleges, illetve zavaró jel.

Mind az adó-, mind a vevőállomáson van egy-egy adó-vevő berendezés, amely függőleges polarizációjú hullámával (és a fentitől eltérő frekvenciájával) tulajdonképpen csak a

két állomás közötti összeköttetést biztosítja (pl. jelazonosítás, időjelzés, beszéd stb.) és a kísérletet nem zavarja.

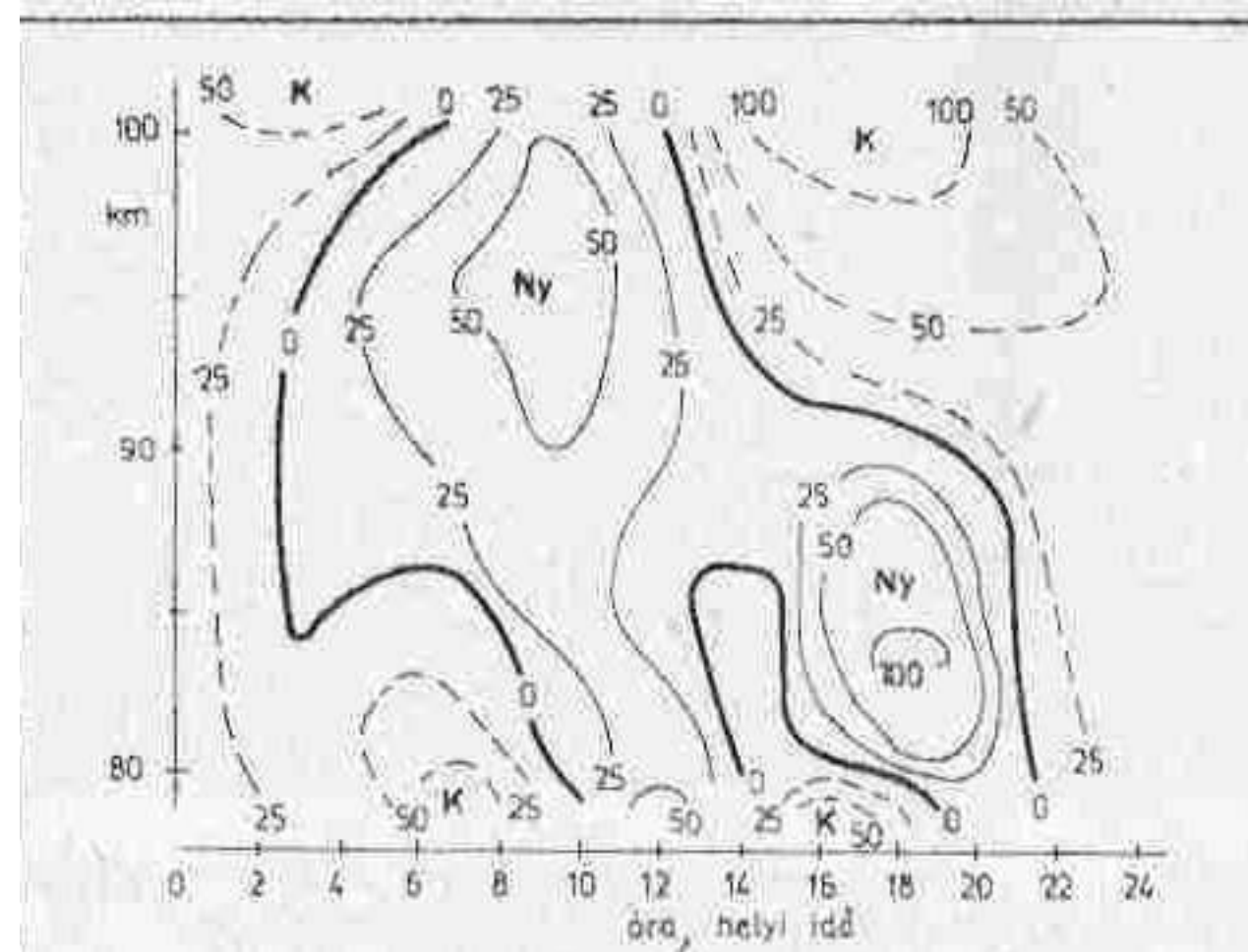
A leadott és a már a meteornyomról visszaverődött jelet a három vevőantenna (illetve vevőkészülék), részben a Doppler-elv alapján, részben a visszaverődési időtartam be- számításával, azonnal számítógépbe programozza, és ez állapítja meg folyamatosan a meteor nyomvonal magasságát (egyáltalában a helyét), továbbá a magassági szél miatt történő elmozdulását (ebből a szél irányát és sebességét). Lásd a 69. **ábrát!**

Hasonló, szintén állandóan működő berendezések vannak szerte a világon. Különösebb keresés nélkül 19-et lehetne megnevezni, ezek között az egyik *legegyszerűbb felépítésű* a Garchy mellett levő. Az Illinoisban levő, hasonló célra épült kutató állomás (N 40°; W 90°) több vizsgálo rendszerből áll. Adóberendezései radarok, frekvenciájuk 40–90 MHz között változhat. Minden egyéb adatuk is az éppen szükséges mértékűre változtatható. Egy részüknek pl. nyolc vevőállomása van, amelyeket (az adóállomással is) mikrolánc köt össze. Alkalmasak a berendezések az irányokon és a sebéségen kívül, az adott 80-110 km-es magasságban, a függőleges mozgások mérésére is. Az egyik radar, amely 40-42 MHz-en sugároz 4 MW-os teljesítményű (impulzusban, átlagos teljesítménye csak 120 kW!). Az impulzusok szélessége 3  $\mu$ sectól 100  $\mu$ sec-ig változtatható, ugyancsak szaporítható vagy csökkenthető az impulzuskövető frekvencia is.

Még európainak számítható az az együttműködés, amely a *Jodrell Bank*, *Kühlungsborn*, *Garchy*, *Moszkva*, *Kazán* és *Harkov* állomások között a meteorok mérése témájában évek óta fennáll.

Ausztráliában *Adelaide-ben* (S 35°; E 139°) 1960-tól működik hasonló állomás 26,773 MHz-en (folyamatos adással, 1,5 kW teljesítménnyel),

70. ábra. Magassági „szél-profil”, amelyet az Adelaide-i állomáson, Ausztráliában mértek a meteorok nyomvonalai segítségével, radar berendezésekkel; a K betű és a szaggatott vonalak keleti irányú, az Ny jelzés a folytonos vonalakkal a nyugati irányú szelek jelenlétét mutatja az adott magasságban és órában; a vas-tag, nullával jelzett görbe a szélcsendes helyeket és időket mutatja; hasonló mérés történt az észak — déli irányokra is; az ábrán az 1961 szeptember havi mérések átlageredményeit láthatjuk





továbbá 27,540 MHz-en (impulzus módszerrel, 65 kW-os impulzus teljesítménnyel).

Annak a bemutatására, hogy mit tudnak ezek az állomások mérni a magasban a meteorok segítségével, megadjuk ennek az állomásnak az 1961 szeptember havi (átlagos) szélirány és szélesség adatait ábrázoló közismert a 70. ábrán. Itt a légkörnek a 80-100 km-es rétegét mintegy metszetben látjuk, amelyben a folytonos vonalak a nyugati, a szaggatott vonalak a keleti irányú légmozgásokat jelentik, a vonalakra írt számok a sebességet mondják meg km/órán. Az ábrán a könnyebb eligazodás kedvéért megritkítottuk a görbéket. A vastag vonal a szélcsendét jelenti. Hasonló ábrát lehetne bemutatni az észak-déli irányú légmozgásokra is (ugyanabban a magasságban és ugyanarra az időszakra).

Ezt az ábrát azért is érdemes meg-

nézni, mert két egyszerű következtetést is lehet belőle levonni:

1. Amint látjuk, bőven nyílik alkalom szélnyírásra (különösen akkor vennék ezt észre, ha meghagytuk volna a sűrű vonalkázást és berajzoltuk volna az északi és déli irányokat is). Ez arra mutat, hogy Es-réteg ezen a vidéken is bőven teremhet, természetesen (mint azt már jól tudjuk) 100 km alatt is!

2. Azt is észrevehetjük, hogy ebben a magasságban igen sok, különböző, vékonyabb vastagabb légrétegek, inverziók, izotermák is keletkezhetnek, hiszen a „másik” szélirányban mozgó levegő hőmérséklete is rendszerint elüt az „egyik” irányétól. Ennél fogva szó se lehet arról, hogy — különösen a magasabb frekvenciájú hullámok, mint pl. a 144 MHz — *egyenesen, törés vagy hajlás nélkül* haladjanak át rajta.

És akkor mekkora *beesési szöggel*

*érik el a meteor pályáját vagy éppen az Es-réteget?*

A profik éppen ezért igyekeznek ezeket a műveleteket alacsonyabb frekvenciával elvégezni, ebben az esetben ugyanis a hullám irányának a változására kisebb az esélyük.

Az itt-ott megjelent, a légkör felső rétegeit semmibe vevő elképzeléssel készült ismertetések tehát teljesen nélkülözik a valós alapot.

( *Folytatjuk* )

Irodalom:

-Littrow/Stumpf: Die Wunder des Himmels; Ferd. Dümmler-s Verlag, Bonn, Hannover, München; 1969.  
-Progress in Astronautics and Aeronautics sorozat 27. kötet: Thermospheric Circulation  
-The Massachusetts Institute of Technology, 1972.  
Prof. Dr. A. Sprenger-nek, a kühlungsborni rádió kutató obszervatórium igazgatójának személyes közlései, 1980

## Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 23.

Dr. Flórián Endre fizikus. HA5KFV

### 4.4.3.2. A meteorrajok felhasználása rádióhullámok visszaszórására

Az eddigiekből világos, hogy tulajdonképpen nem maguk a rajok, hanem ezek egyes darabjai (illetve szporadikusan előforduló egyes meteorok) által okozott ionizált légsztrona használható a rádióhullámok visszaszórására (majd a továbbiakban szó lesz a továbbításról is). Visszaverődés helyett alkalmasabban a „visszaszórás”, a „visszaszóródás” (backscatter) szavak.

A meteorok, de főképpen a meteorrajok és rádiós felhasználásuk alaposabb megismerésére régebben elsősorban ilyen méréseket (backscatter) végeztek. Ezekből ugyanis megállapíthaták az egyes meteorzárók visszaszórásra alkalmas *egyedeinek (időbeli) sűrűségét*.

A fentiekben a meteorrajokban előforduló egyes darabokat, egyedeiket, illetve ezek (nyomainak) felhasználását azért hangsúlyozzuk, mert félreértésre adott okot egy rossz fordítás. Ebben ezt olvashat-

tuk a meteorrajokról: „Néha az ilyen részecskék vastagabb rétegekbe tömörülnek, ezt meteorzárónak hívjuk”. Hát — szó se lehet rétegekről... A továbbiakban pedig éppen nem a meteorzáróokra, hanem kimondottan a szporadikusan megjelenő, „csellengő” meteorokra vonatkozik a „kora reggeli periódus”. — Az eredeti angol szövegben nincsen hiba.

A továbbiakban éppen az ilyen jellegű kérdésekre próbálunk felvilágosítást adni, bár nehéz lesz a régebben közölt (és utólag oly könnyűnek talált, de mégse folytatott) meteorzárók előrejelzésének magyarázata!

Nézzük meg a visszaszórások segítségével történt mérések eredményeit. Előbb azonban néhány elnevezést kell tisztáznunk.

### 4.4.3.3. A kulmináció

Tudjuk azt, hogy amikor (bármelyik év bármelyik napján) a Nap felettünk, egy adott pont felett (mondjuk pl. Budapesten a Szabad-

ság híd *budai* hídfője felett) éppen a legmagasabban látszik, akkor van az illető helyen, ponton (tehát a pesti hídfő felett már nem!) a *helyi időszámítás szerint dél* (vagyis  $12^h 00'00''$ ). A közép-európai időszámítás szerint, amelyet Magyarországon használunk, amelyet az óránkról olvasunk le, ekkor még csak kb.  $11^h 44'$ -et mondhatunk. Ugyanakkor azt is mondhatjuk, hogy a Nap a jelzett pont felett a közép-európai időszámítás szerint éppen  $11^h 44'$ -kor *delel*. (Amikorra ez a cikk megjelenik, már valószínűleg *nyári időszámításunk* lesz és ebben az időpontban az óránkról  $10^h 44'$ -et olvashatunk le). A közép-európai időt szokás (nálunk is) a német neve után MEZ-zel jelölni, a táviratokban pedig (nemzetközi szokás szerint is) a megadott időpont utáni „z” betűvel (pl. 2304 z = 23 óra 04 perc a közép-európai időszámítás szerint; az URSIGRAM-okban is így találjuk). Vigyázat! A helyi idő valóban egy adott *pontra*, illetve az azon *a ponton átmenő délkörre* vonatkozik, tehát keletre és nyugatra már



71. ábra. A kühlungsborni rádió kutató obszervatórium főépülete



72. ábra. A kühlungsborni obszervatórium 33 MHz-es radarjának 50 m magas tornya a függőleges tengely körül (percenként kétszer) forgó adó-vevő antennájával



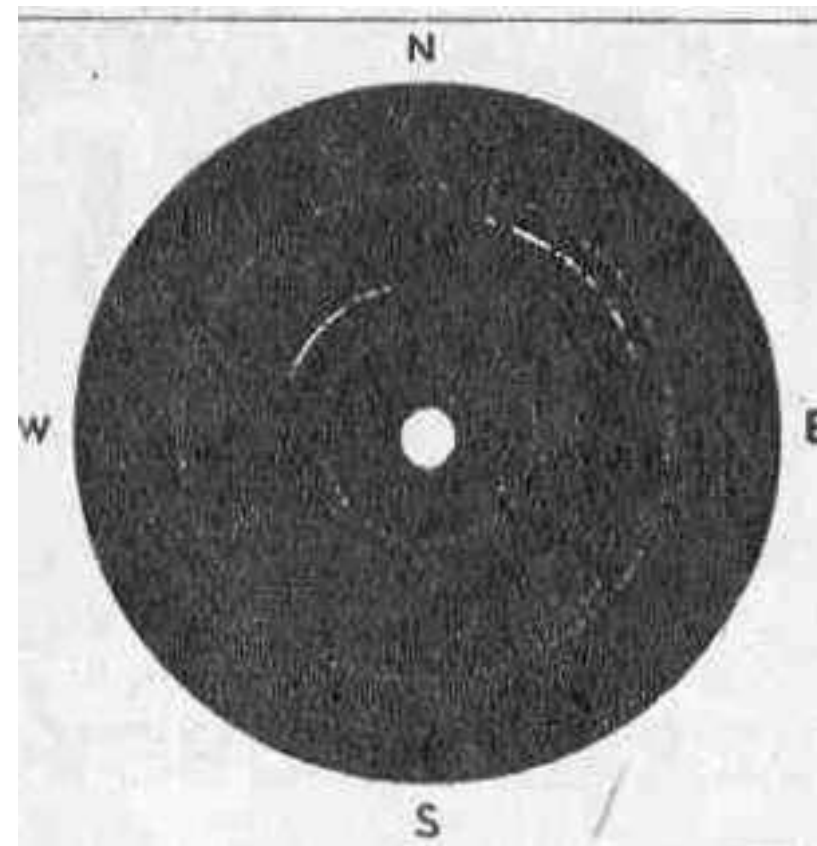
nem. Így pl. a fenti esetben a híd pesti hídfőjére (elvileg) már nem, hiszen (a híd hosszát kelet felé 400 m-re feltételezve), kb. 20 másodpercet delez ott a Nap előtt! Ezért nem lehet a „helyi időt” használnunk a mindennapi életben.

Nemcsak a Napra, hanem bármely más csillagra is elmondhatjuk ugyanezt. Ha holdtalan és felhőtlen éjszakán, majd úgy június közepe táján, éjjel 22 órakor megnézzük pl. az ismert Göncölszékér rúdjának az utolsó, a legtávolabbi csillagát, akkor azt majdnem a fejünk felett találjuk meg, a legmagasabban. De másnapra, a hajnalpír megjelenése előtt már eldőlt a székér, másfelé, lejjebb áll a rúdja, alacsonyabban van az utolsó csillaga. (Ezért lett ez a rúd a nép mondáiban a részesgekedők óramutója.) Előző éjjel jelzett csillagunk éppen delez.

Persze ez a megnevezés olykor (mint most is) kissé tréfásan hat a magyar nyelvben, ezért vezették be (talán) nálunk is és másutt is a latin *culmen* (=csúcs, orom, tetőpont) szóból származó *culminatio* (=tetőzés) kifejezést a delezés helyett. Ma már magyarul írhatjuk (a nyugati nyelvekben a c-nek ejtendő t betűt a kírásban meghagyták).

Természetesen mi mindent a Föld északi feléről nézünk és ezért a kulminációt a csillagnak a mi délkörünk lehető legmagasabb fokon látzó metszéspontjára értjük. Igen ám, de ugyanez a csillag ugyanezt a délkört 12 óra múlva ismét metszi majd! Ekkor azt mondjuk — mivel ez a metszés a délkörön (jóval) alacsonyabban történik —, hogy az előbbi esetben volt a „fölső”, az utóbbiban az „alsó kulmináció”.

De nemcsak egyes csillagokra mondhatjuk azt, hogy adott hely felett és adott időben ilyen és ilyen magasan (fokon) a vízszintes felett, vagy csillagászati nyelven (a függőlegestől számítható) zenitszög alatt kulminált, hanem a csillagképekre is és ennél fogva a meteorzaporok forráshelyeire is. Ilyen esetben vagy a csillagkép egy megadott pontját



73. ábra. A radarernyőn megjelent jelek: meteornyomok és az 500 km-eket jelző körvonalak

vagy egyszerűbben egy megnevezett csillagát vesszük alapul. Gondolnunk kell arra is, hogy a csillagképek, ugyanúgy mint a Nap és a többi csillag, a földi észlelő számára naponként felkelnek a horizont alól, majd, mint említettük kulminálnak, aztán lenyugszanak a horizont alá. A sarkcsillaghoz közelebb álló csillagképek természetesen alsó kulminációjuk idején nem ereszkednek le a horizont alá, de nappal a napfény erősebb volta miatt nem láthatjuk őket.

Miért kellett a fentieket ismertetni? Mert a meteorzaporokra vonatkozó régebbi kutatások nyomán teljes bizonyossággal állíthatjuk, hogy a meteorrajban a *meteorsűrűség* (az egy percre eső, valamilyen módon észlelt meteorok száma) akkor a legnagyobb, ha az észlelő pontról nézve a forrás helye, a megnevezett csillagkép, éppen kulminál!!

Mielőtt még erre vonatkozólag néhány ábrát mutatnék be, lássuk, hogy az ilyen fajta méréseket pl. hol, hogyan és mivel végezték? Egyáltalában kívülről és belülről milyen az effajta obszervatórium?

#### 4.4.3.4. A kühlungsborni obszervatórium

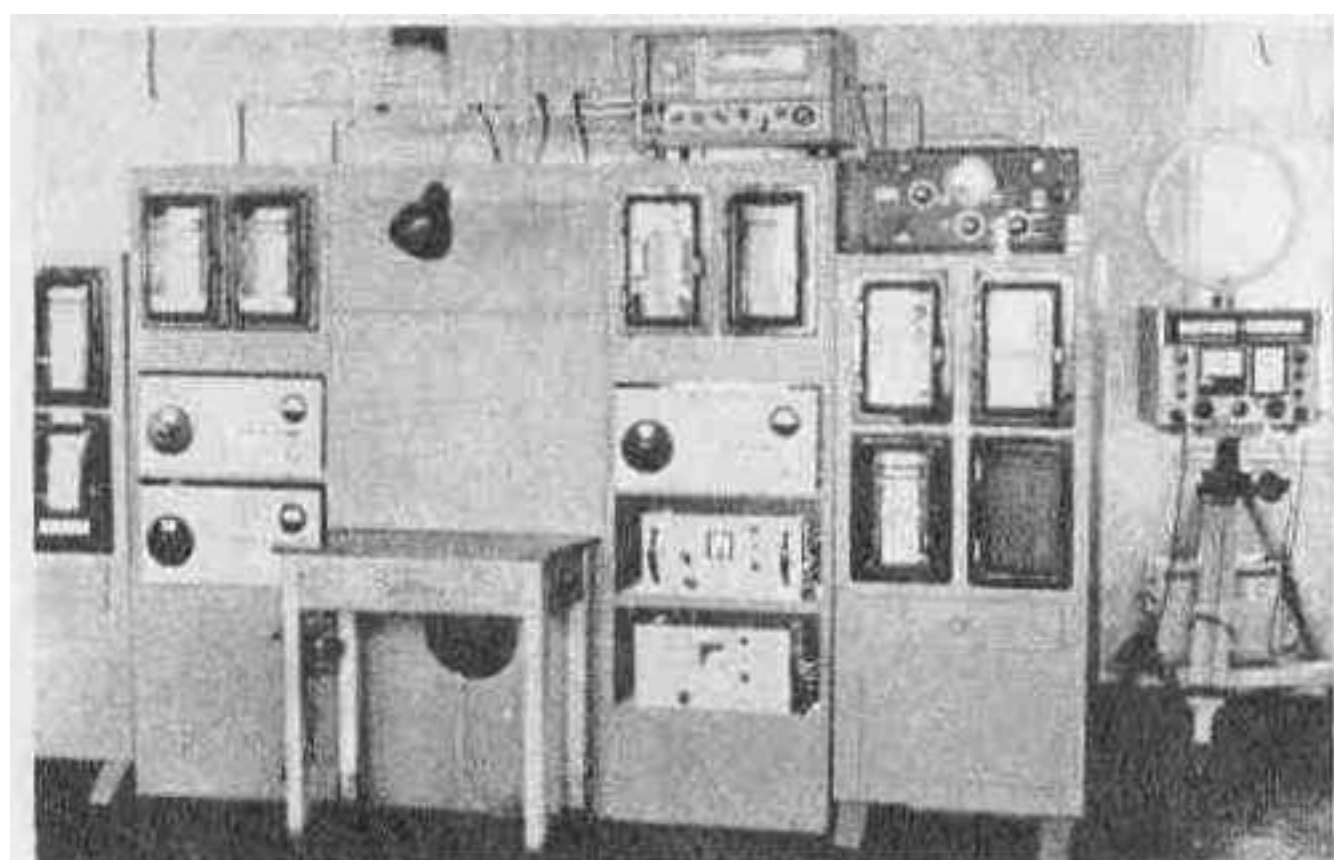
A fentiekben említett méréseket a Föld sok obszervatóriumában végezték, erről azonban a legrészletesebben (hivatalos és személyes természetű összeköttetések miatt) a kühlungsborni rádió obszervatórium adatai és képei állanak rendelkezésre.

*Kühlungsborn* az NDK északnyugati csücskében van. A kevert német—dán neve (kb. hűvöspart) eleve már a helyére utal (N 54° 07'; E 11° 46'; URSI száma: 31 510). A Mecklenburgi-öböl hideg vizű tengerének partján, Rostocktól nyugatra található.

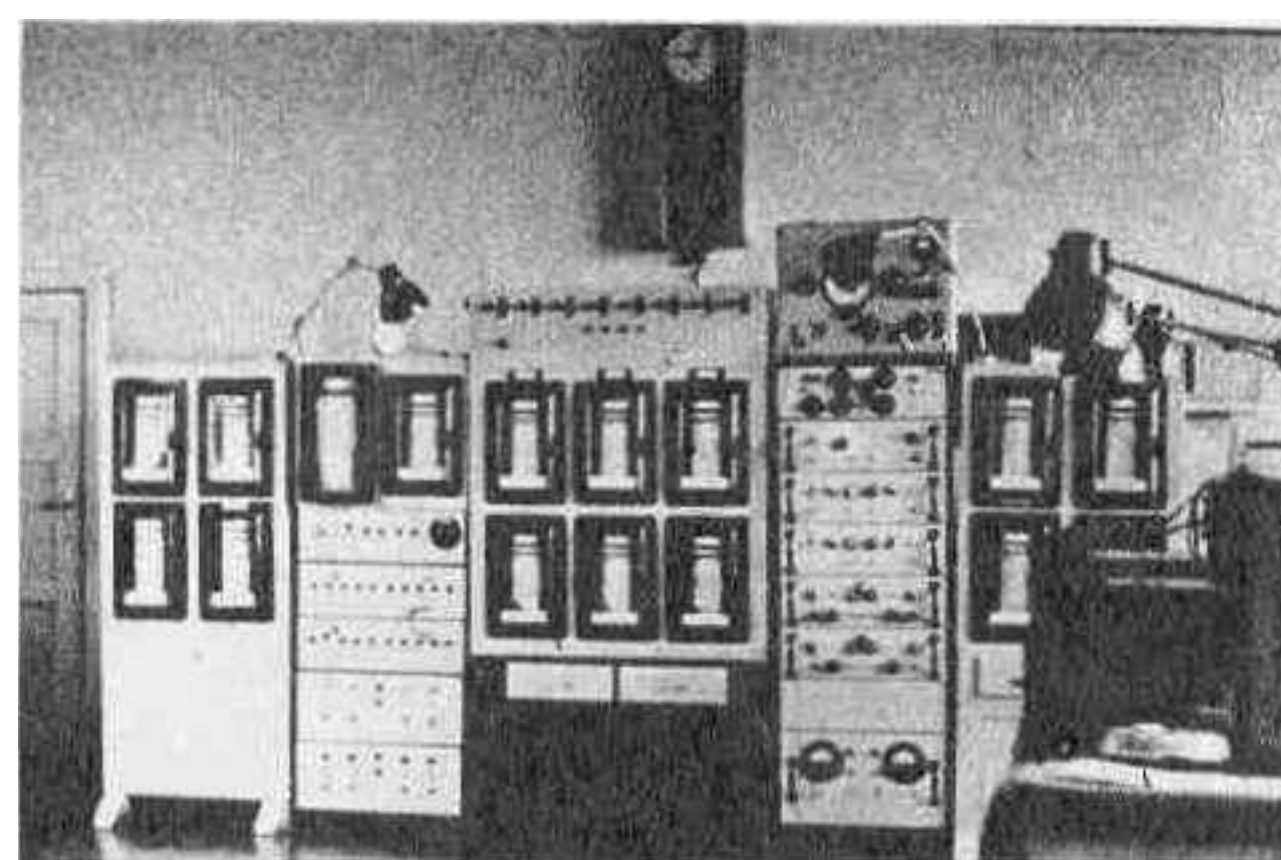
Az obszervatóriumot 1945 után egy országút melletti, nagy vendéglőből alakították át mérőállomássá. Így magától a tengerparton fekvő (már várossá rejlődött) *Kühlungsborn* egykori falutól több km-re fekszik, ezért nem kell sok mester-séges zajjal megküzdenie (71. ábra).

A meteorok és más elemek mérése már 1958-ban megkezdődött. Műszereinek idevaló legfontosabb része egy PPI radar. Frekvenciája 33 MHz, impulzusteljesítménye 10 kW, az impulzusok időtartama 10<sup>-4</sup> sec; az impulzuskövető frekvencia 25 Hz (tekintettel arra, hogy 1000 km-nél távolabb észlelhető meteorokat, Esfelhőket és sarki fény „darabkákat” is kívántak észlelni). A négy elemes Yagi- (adó-vevő) antenna vízszintes polarizációjú hullámokat bocsát ki, vízszintes irányban, egy 50 m magas torony tetejéről, miközben percenként — függőleges tengelye körül — két fordulatot tesz meg (72. ábra). A kör alakú képesővén jelentkező meteornyomokat a 73. ábrán láthatjuk.

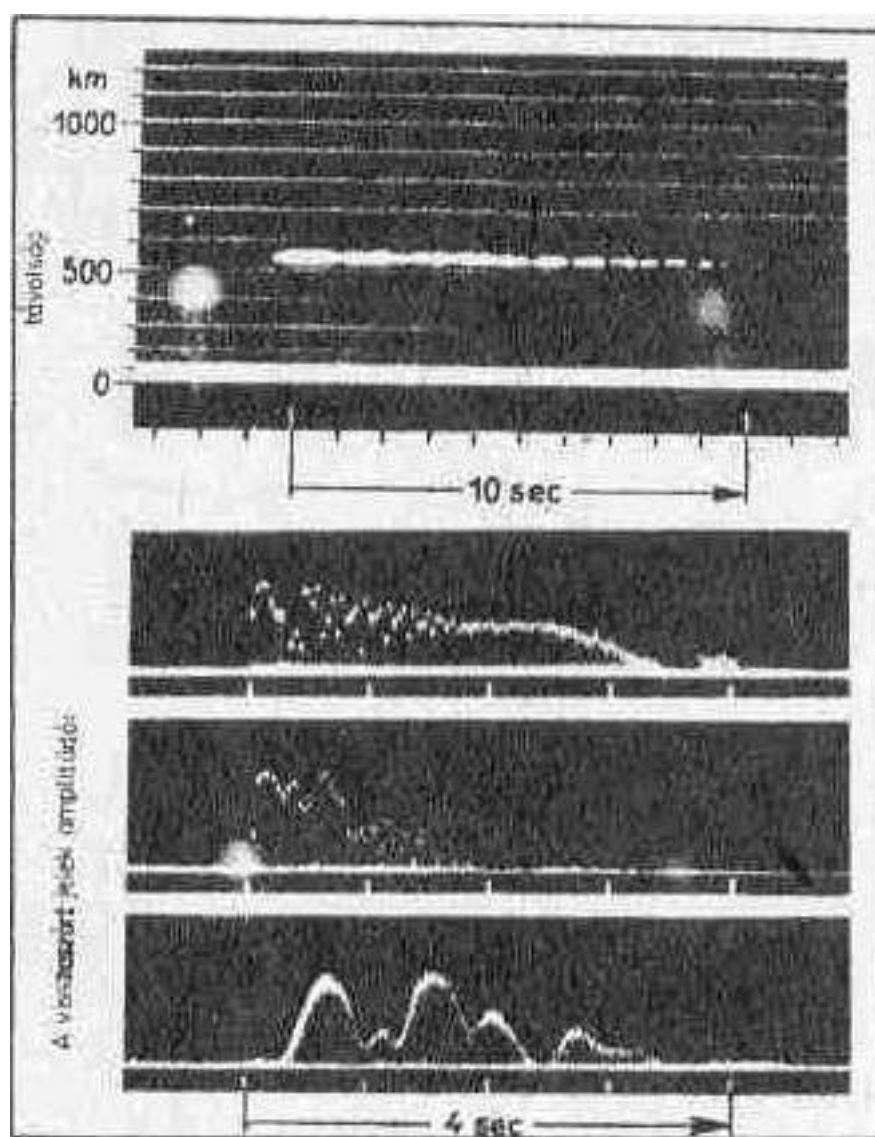
Az obszervatórium felszerelése (1961 — 1962-re, a fényképezés idejére már) jelentősen növekedett. Ekkor már Es-sel és hosszúhullámokkal magassági szélméréseket is végeztek. A hosszúhullámú antennáik (a szélmérések előírásai szerint) adott irányokban az observa-



74. ábra. Az obszervatórium néhány vevőkészüléke (regisztrálóikkal), hosszúhullámú irányvevő készüléke



75. ábra. Az obszervatórium regisztráló termének felszerelése



76. ábra. A 33 MHz-es radar A-oszcilloszkópjának jelei: a felső képen a meteorok távolságát és a visszaszórás időtartamát, az alsó képeken a visszaszórás alatt kapott amplitúdók méretét és időtartamát láthatjuk

tóriumtól (és egymástól is) több száz méteres távolságra épültek. A hosszuhullámokkal (pl. a Prága melletti 272 kHz-es és Brassó 154 kHz-es rádióállomások adásait is felhasználva) mérték a D-réteg magassági és abszorpciós adatait, bizonyították a D-réteg nappali felhasadását stb. A méréseket természetesen csak is regisztrálással végezheték, így teméntelen regisztrálójuk volt (a belső berendezés egy részét a 74. és 75. ábrán láthatjuk).

A radar antennájának vízszintes sugárnyalábszögéből és a forgásidejéből következtetve azonnal kitűnik, hogy egy-egy meteor ionizációs csatornája hosszabb ideig hagy nyomot az ernyőn, mint amekkora ideig a nyom visszaszóró képessége (az adott frekvencián) még él. Ezért az utánvilágító ernyőn megjelenő nyomokat több szempontból helyesíteni kellett. Az utánvilágítás (és természetesen a fényképezés) időtartama a forgási sebességgel egyeztetve 30 sec volt. (Természetesen a képcső — lehetséges időtartamú — utánvilágítása szabta meg a többi tényezőt.) A pontosabb adatszolgáltatás érdekében ezért egy A-típusú (amplitúdót és egyben távolságot mutató, továbbá fényképező) oszcilloszkóp berendezést is használtak (76. ábra mutat néhány felvételt). Ennek utánvilágítása  $4 \cdot 10^{-2}$  sec volt.

A pontosítás, a korrekciók felvétele, egyáltalában a működtetés módjának ismertetése már messzire vezetne. Inkább az eredmények egy (kis) részéről számolok be, amelyeket a 77. ábráról ismerhetünk meg.

Itt a legfelső, a) részlet az 1961. és 1962. május 3. és 5. között lezajló Aquaridák meteorraj időbeli meteor-sűrűségét mutatja; a b) jelű. közép-

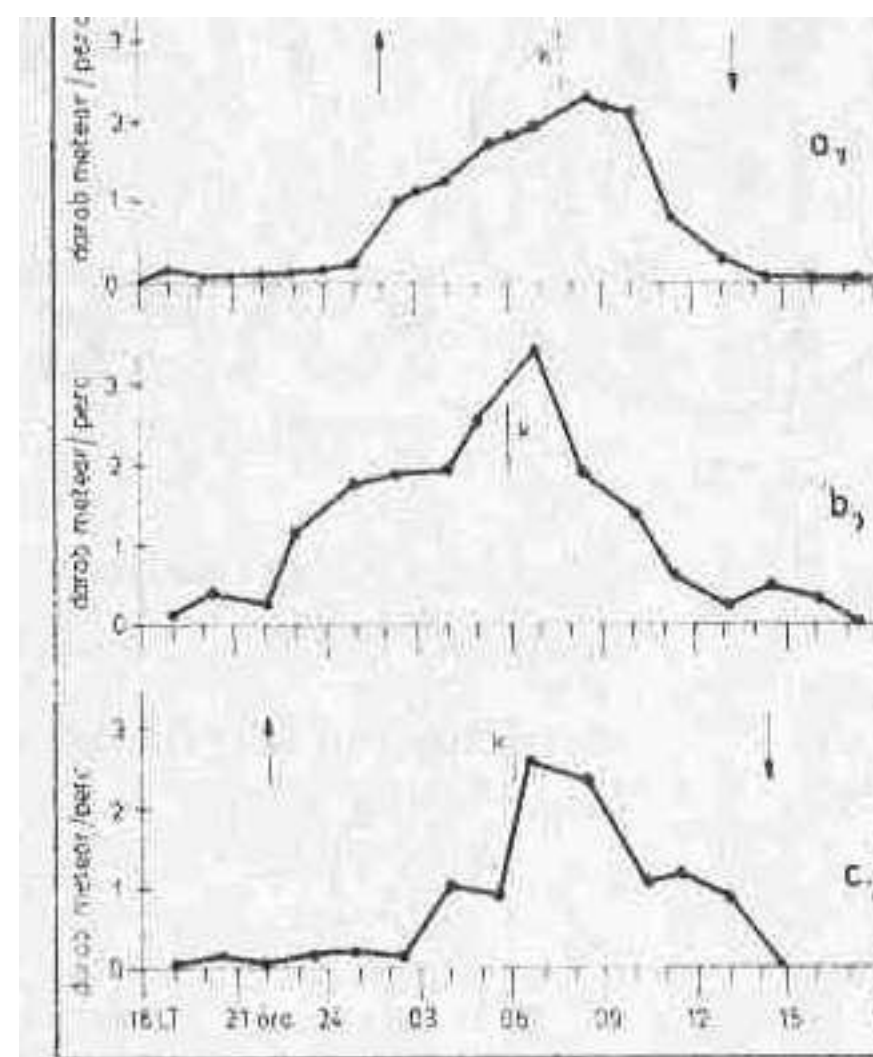
ső rész az 1961. augusztus 9—14. között észlelt Perzeidák; az alsó c) ábrarész pedig az 1961. november 15 — 17. között érkező Leonidák meteorrajának időbeli meteor-sűrűségét ábrázolja. Mind a három esetben a közölt napokon mért sűrűség átlagos értékeit láthatjuk a helyi idő (LT = Local Time) szerint.

Jól látható, hogy pl. az augusztusi Perzeidák, kulminációjuk idején, óránként több mint 180 „darab” meteorral dicsekedhettek!

Igen ám, de valamit ne felejtsünk el: eddig mindig backscaterről, a szó szoros értelmében vett visszaszórásról beszéltünk és ezt is a 33 MHz-es frekvenciával mérték! Magasabb frekvenciával nyilván kisebb sűrűséget kaptak volna (nagyobb elektronsűrűségű meteornyom tudja csak a magasabb frekvenciákat visszaverni, ilyen pedig — nyilván — kevesebb van). Csakhogy a mérés irány- és távolságkorrekciói annál bizonytalanabbak, minél magasabb a frekvencia. Túl a 30-40 MHz-en a rádióhullám már annyi meteorológiai akadálynak van kitéve, amennyit még a mai napig se tudunk mérni (de a ma már napi rakétamérésekből tudjuk, ismerjük változékonyságukat) a sztratoszférában és a mezoszférában! Nem is szólva arról, hogy a hullámnak oda-vissza át kell haladnia a troposzférán!

Mégis a meteornyomvonalak ekkora frekvenciákon mért backscatter eredményei a „forward scatter” (előreszórás) és így már a „visszaverődésre” való érdekes — talán éppen a „mellékkörülmények” segítségével történő — áttételei a rádiós felhasználás szempontjából nagyon hasznosak voltak.

A meteornyomvonalas közvetítésekre valóban nyugodtan elmond-



77. ábra. Egyes meteorrajok időbeli meteor-sűrűsége; a felfelé mutató nyílak a forrás „felkelésének”, a lefelé mutatók a forrás „lenyugvásának” idejét, a „k” betűvel jelzett vonás a kulmináció időpontját jelenti; a függőleges koordináta a napi (átlagos) meteor-sűrűséget mutatja a vízszintesen futó helyi idő függvényében; az a) az Aquaridák a b) Perzeidák és a c) a Leonidák meteorrajának adatait jelenti a szövegben jelzett időpontokban.

hatjuk, hogy megmaradtak a tudomány és a rádióamatőrök számára.

(Folytatjuk)

#### Irodalom

A kühlungsborni rádió obszervatórium kiadványai és igazgatójának dr. prof. K. Sprenger-nek személyes közlései.



## Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 24.

Dr. Flórián Endre fizikus, HA5KFV

### 4.4.3.5. A meteorrajok felhasználása rádióhullámok előreszórására

A visszaszórással végzett méréseket ritkán végzik magas (~100 vagy >100 MHz-es) frekvenciákon. Ehhez nem elég sűrű az ionizált légcsonna, aztán minél rövidebb a hullám (30 MHz felett), annál inkább eltérítheti oda és vissza is a légkör sokféle rétegződése. (Bizonytalanokká válnak az irányok!)

Egészen más a helyzet akkor, amikor a rajok okozta ionizációs csatornákat „előreszórásra” (forwardscatter) akarjuk használni. Ekkor például a radar ernyőjének éppen nem a rajok forrására kell „néznie”. Ilyenkor — és különösen nem radaradók használata esetében — eleve egy hosszú ionizált légcsonnára van szükségünk, hogy eltalálhassuk a csatorna éppen megfelelő mértékben ionizált részletét.

Ilyen esetben ugyanis egyáltalában nem olyan „visszaverődésről” van szó, mint bármelyik ionoszféra réteg esetében. Ha valaki repülőútra

megy, figyelje majd meg: a repülőgép — általában — nem egy határozott síkban kerül bele a felhőbe, hanem fokozatosan sűrűsödő ködön keresztül. Ilyen az ionoszféra alja is, persze nagyobbak a méretek, óriási a terület.

A meteor ionizált légcsonnaja egészen más. Elsősorban a meteoroknak annyira fel kell izzania, hogy a látható fényen kívül (amelyet persze alulról nem láthatunk) még ionizáló, ultrabolya sugárzást is ki kell bocsátania. Ez a körülmény függ az adott légréteg sűrűségétől, a meteor méreteitől és anyagától, továbbá nem utolsósorban a sebességétől. Minél nagyobb ez a sebesség, annál magasabban (kisebb sűrűségű levegőben) izzanak fel a meteorok elegendő mértékűre.

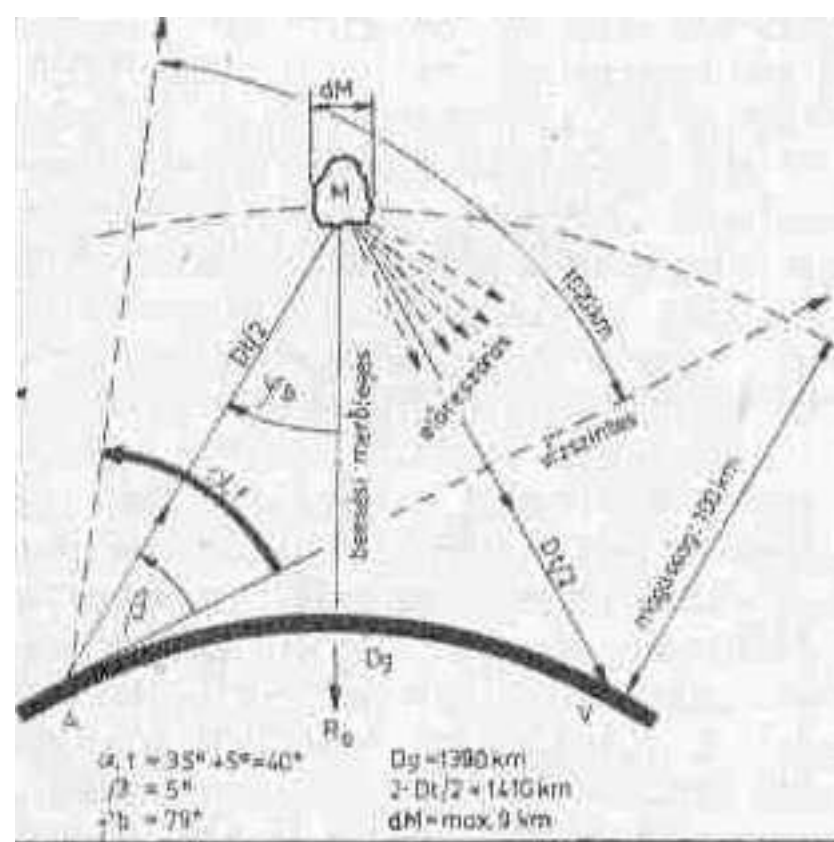
A meteor okozta légcsonna a suhanó meteor környezetében még erősen ionizált ugyan, de kis átmérőjű. A hő okozta felmelegedés miatt a csatorna „átmérője” fokozatosan növekszik. Az átmérő nem lehet valami szabályos henger átmérője. A csatorna növekedése felfelé (ritkább levegő) a nagyobb, lefelé a kisebb. Ebből nagyjából egy tojás alakú csatorna képződne, de ez az alak se lehel szabályos, mert maga a meteor se melegít és főleg nem ionizál minden irányban. Utóvégre izzó anyaga is más és más terjedelmén belül (bizonyára láttak már Olvasóink sziporkázó hullócsillagot). Nyilván a csatorna alsó felülete lesz a legegyenletlenebb — és ennek köszönhető szóróképesége is.

Nézzünk meg egy előreszórási esetet. Legyen az ionizált légcsonna az átlagosnak megfelelő ~100 km-es magasságban. A 78. ábrán lehetetlen a mérethű ábrázolás, hiszen az  $R_0$  a beesési merőleges teljes hossza a Föld középpontjába 6371,2 km-t jelent, emellett a 100 km-es magasság elenyésző, ábrázolhatatlan... Az M meteor, amely maga és az általa húzott légcsonna a lap síkjából

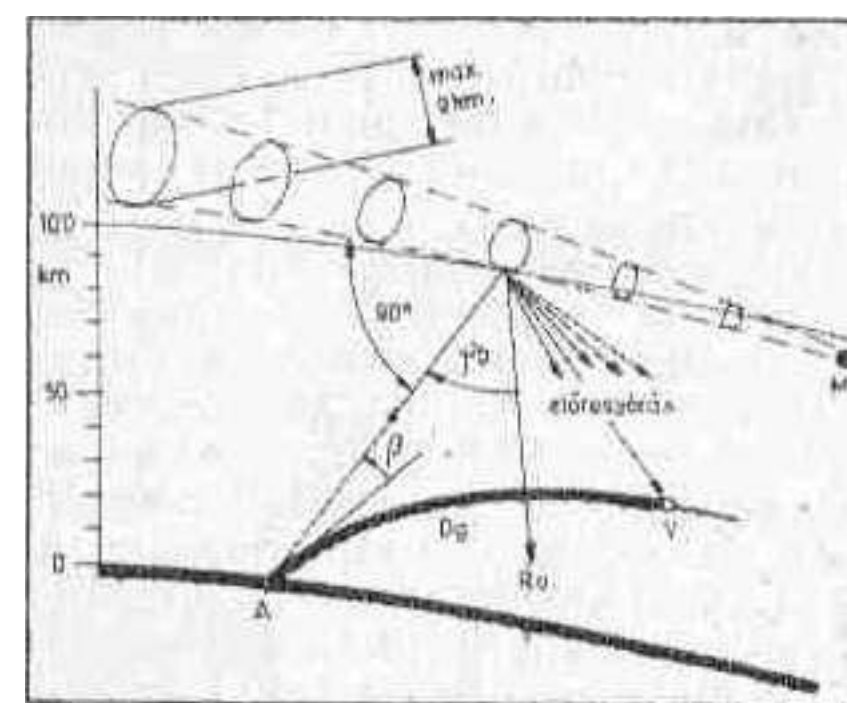
irányul felénk, a bal oldalról kapja a rádióhullámot.

Használjunk pl. egy hatelemes Yagi-antennát, 2 méteres hullámhosszra és nézzük meg ennek a függőleges síkban feltételezett irány karakterisztikáját. Ha a maximális teljesítmény irányát vesszük középre, úgy a -3 dB-es pontok között kb. 70°-ot találunk, ez lesz a „függőleges nyílásszög” ( $\alpha_f$ ), ezt felezi a maximum iránya. Így lesz egy felső és egy alsó 35°-os nyílásszög. Igen ám, de ha azt akarjuk, hogy a 100 km magas légcsonna segítségével 1000 km-nél távolabba rádiózhassunk, úgy a nyaláb max. értékének irányát legalább 5°-ra kell emelnünk. Ez az 5° lesz a hullámnak a vízszintestől számított „kilövési szöge” ( $\beta$ ).

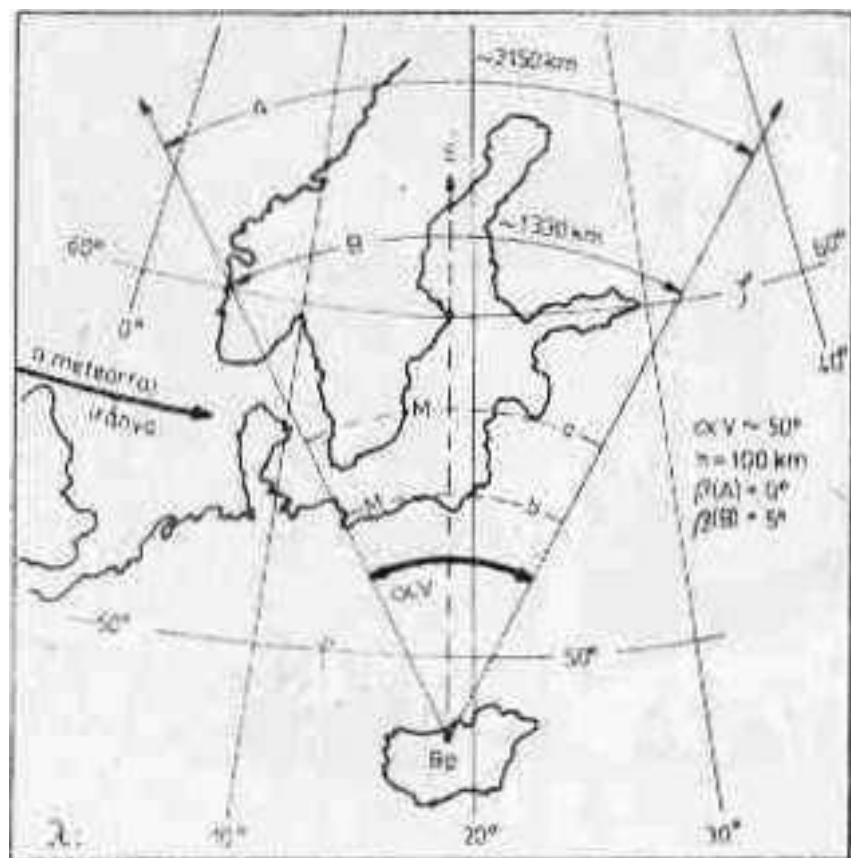
Egészen természetes, hogy a függőleges nyílásszögből, ekkor az alsó 30°-ot elveszítjük, hiszen ez a talajba irányul, Onnan ugyan visszaverődhet, de ennek a részletnek már nem vagyunk urai... Marad tehát összesen a felső 35° és az alsóból még 5°. Az 5°-os szög alatt (0°-ig, a vízszintesig) is van még elég teljesítményünk, de ennek a kihasználása sokszor reménytelen.



78. ábra. Előreszórási lehetőségek egyike az adatok szerint, amikor a meteoromvonal, mintegy a lapból kiindulva, felénk közeledik



79. ábra. Az ionizált légcsonna vastagodó és szabálytalan alakja; legelőnyösebb, ha a rádióhullám merőlegesen éri el a légcsonnát



80. ábra. Egy 50°-os vízszintes nyílás szögű antenna segítségével, 0°-os kisugárzási szöggel az A vonalig, 5°-ossal pedig a B vonalig juthat el a 2 méteres hullám; a nyomvonal 100 km magasan az „a”, illetve a „b” távolságban van

Tegyük fel azt az ideális esetet, hogy az alsó részt is használhatjuk, akkor összesen 40°-os a függőleges nyílásszögünk. A vízszintesen kibocsátott hullámunk (ha a légkör „kegyes” és nem téríti el) kb. 79°-os beesési szöggel ( $\phi b$ ) éri el a légcsonna alsó „göngyös” felületét, tehát elég „laposan”. Visszaszórás lehet bőven, csak legyen közte elegendő erősségű a kívánt irányba (és arrafelé is segítsen a légkör). Így elérhetjük az A adóállomásból a V vevőállomást, természetesen akkora apró időtartamokban, amekkorákban az ionizált légcsonna éppen engedi.

Az áthidalt földi távolságot az A-t és a V-t összekötő főkör e két pontja által meghatározott gömbi távolság ( $D_g$ ) jelenti. Esetünkben ez 1390 km. A hullámnak a térben megtett útja nyilván hosszabb, de a jelentéktelen magasság miatt csak 20 km-rel. A térbeli út ( $D_t$ ) két része, fel és le  $(D_t/2) \cdot 2 = 1410$  km. Ez az úthossz a hullám érkező térerőssége miatt lényeges. Egyébként a használt 2 m-es hullám miatt (és az ideális légkört feltételezve) az abszorpció főleg a szórásnál lép fel, különben csak a  $D_t$  távolság miatt szalad széjjel a hullám, sem a D-réteg, sem az (ideális) légkör nem túlságosan érdekes. (Van tehát előnye is ennek a frekvenciának.)

A függőleges nyílásszög legmerekdebb, 40°-os értékét az amatőrök nem használhatják (meteornyom és 2 m-es hullám esetén). Más frekvenciákkal (és megfelelő nyalábolással) az egész 40°-os nyílásszög használható és ekkor 100 km magasan a Föld körül kb. 1020 km-es (függőleges síkban levő) körív vizsgálható.

A meteor nyomvonalak ionizált légcsonnájára (100 MHz alatt) szovjet mérések szerint kb. 9 km átmérőig használható.

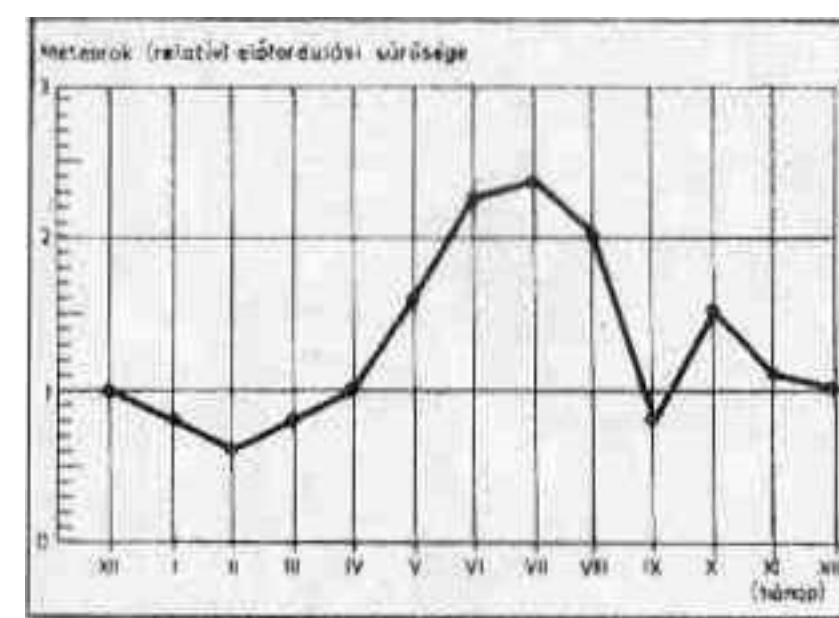
A 79. ábra a táguló, ionizált légcsonnát, ennek szabálytalan alak-

ját és a rá merőlegesen irányított rádióhullámok útját, a 80. ábra az így — észak felé — beszórható terület kívánja bemutatni. Ismét nélkülözve a méretarányosságot.

Előreszórásra nyilván a meteorrajok jönnek elsősorban számításba, ezek adják a legtöbb majdnem párhuzamos ionizált légcsonnát, amelyeket „hivatalos” használatra is igénybe vettek (régebben), amikor még híradó mesterséges holdak nem voltak. Így pl. többek között Goose Bay (USA) és Kanada (1470 km), Goose Bay és Grönland (1580 km), Grönland és Izland (1320 km), Izland és Anglia (1920 km) között és másutt is. A használt frekvencia általában 50 MHz körüli volt, az adók teljesítménye legalább 100 kW(!), az antennanyereség pedig kb. 50 dB! Csak így lehetett a közvetítéseket valamelyest biztosítani.

Amint a fentiekből látjuk, főleg az északi (jeges, havas vidékeken és a tengerekkel elválasztott) állomások között használták ezt a terjedési módot. Oka többek között: a táviróvonalak (dróttal) vagy a kábelek a sarki fény (és a mágneses háborgások) miatt fellépő földi áramok következtében errefelé használhatatlannak! - A többször említett, kanadai Janel-rendszerről ma már nem hallunk semmit.

Rengeteg ugyan a meteorok okozta ionizációs csatorna, mégis kevés a felhasználásuk. Miért? Mert általában kicsiny a csatornák ionizációs sűrűsége. Ezt figyelembe véve kétféle nyomvonal csoportot különböztetünk meg, angol eredeti elnevezés után (underdense, overdense) egyszerűen alul- és felülionizált neveket adhatnánk nekik (magyarosabb lenne a „nem- és az eléggé ionizált” kifejezés). Számították azt a légcsonna egy méter hosszára eső „kritikus elektronsűrűséget” ( $N_{kr}$ ).



82. ábra. A meteorok havi előfordulási sűrűsége decemberhez viszonyítva

amely már éppen alkalmas (pl. az 50 MHz-es hullám) visszaverésére:

$$N_{kr} = \sim 2,4 \cdot 10^{14} \text{ elektron/m}$$

A visszaverődés időtartama ( $t$ , sec-ban), a kísérletek és számítások szerint arányos (a 78. ábrán szereplő beesési szög) a  $\phi b$  kétszeresének reciprokával ( $k =$  arányossági tényező):

$$t = \frac{k}{2\phi b} \text{ [sec]}$$

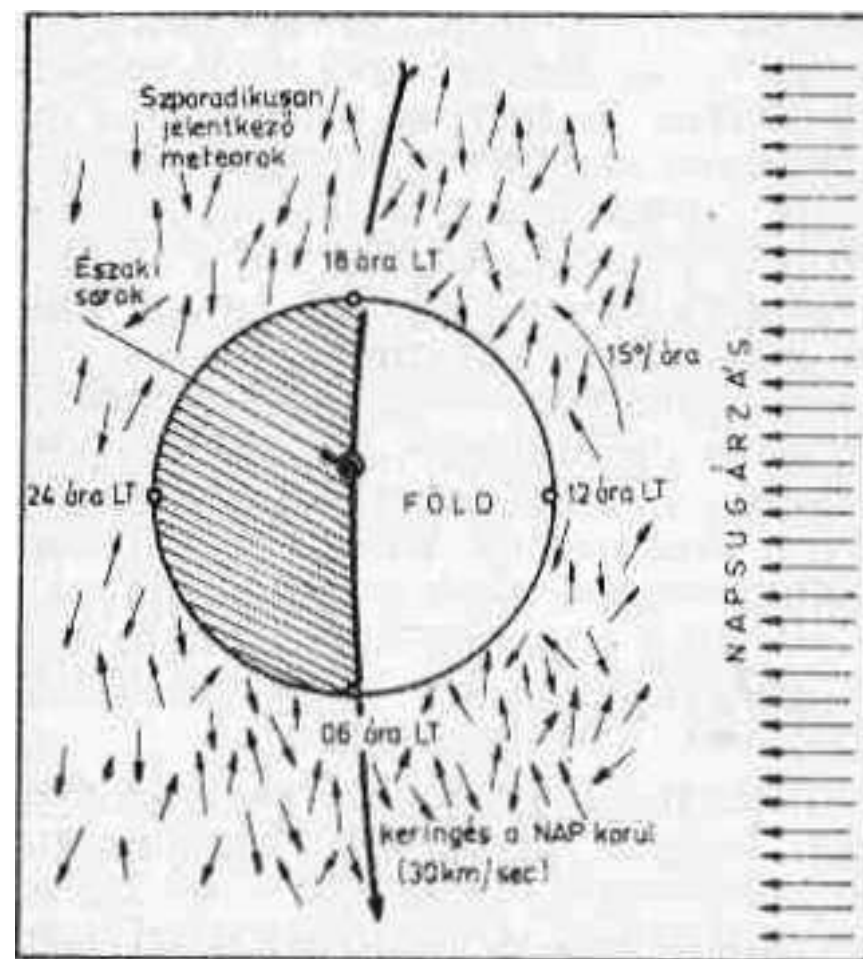
Azt az összes időtartamot ( $t_0$ ), amelyet egy ionizált légcsonna felhasználása esetén, mint részidőket összeadva nyerhetünk (duty cycle), a következőképpen fejezhetjük ki:

$$t_0 = \frac{\sum n_i t_i}{t}$$

Ebben  $t_0 =$  a felhasznált részidők Összege (a valóban hasznos időtartam);  $t_i =$  az egyes ( $i$ ) részidőtartamok, szorozva  $n_i$ -vel, a  $t_i$ -k darabszámával;  $t$  pedig = az egész (egy csatornáról felvett) vétel időtartama (minden idő sec-ban).

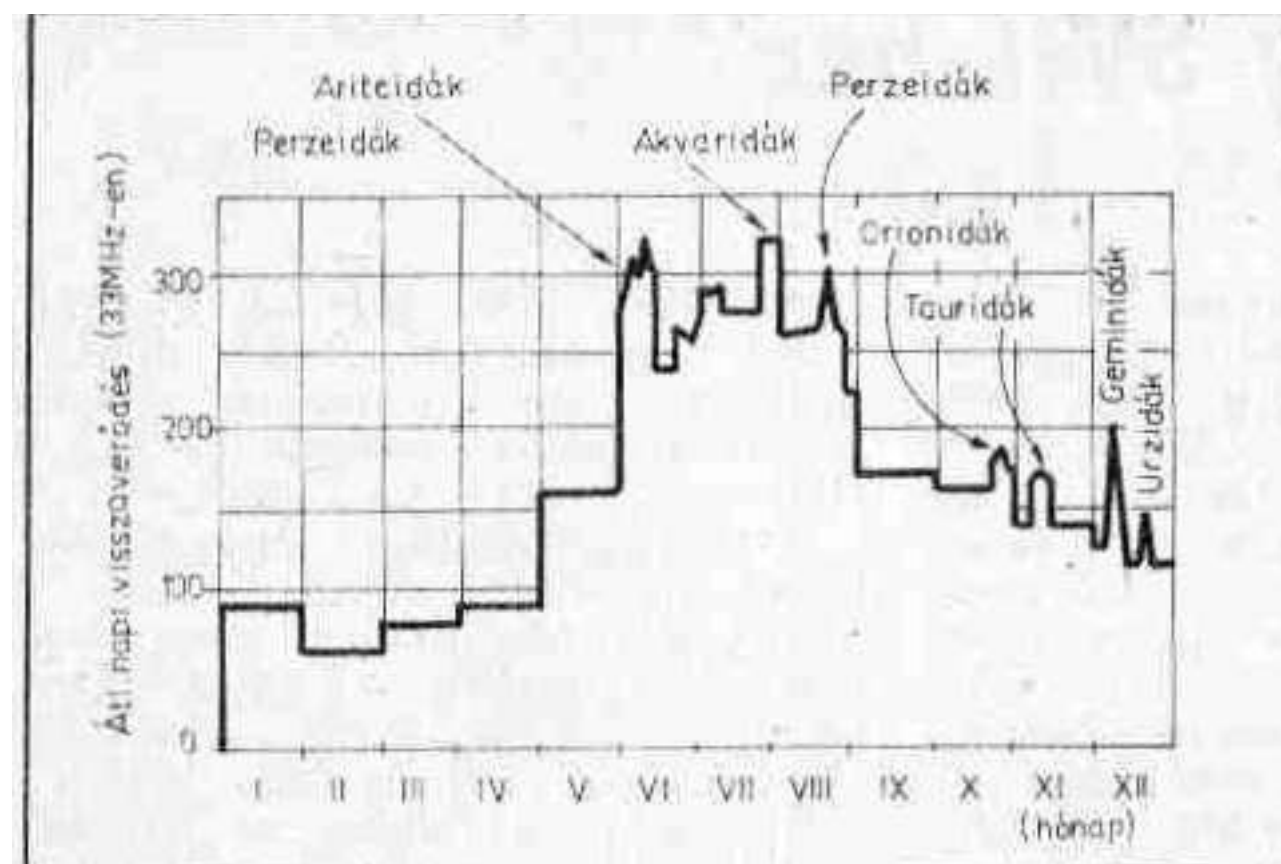
#### 4.4.3.6. A szporadikus meteorok

A naprendszerben rengeteg olyan meteor is mozog, a legkülönbözőbb sebességgel és irányban, amelyek nem tartoznak valamilyen meghatározott irányú meteorrajhoz. Valószínűleg ezekből eredtek, de a bolygók elcsalogatták őket eredeti társaságuktól. Ezeket nevezzük szétszórtnak jelentkező, szporadikus meteoroknak. Ezt az össze-vissza elhelyezkedést, irányt és sebességet jelképezi a 81. ábra. Az ilyen meteorok sebessége általában kisebb a Föld Nap körüli keringési sebességénél (30 km/sec), így Földünk, rohanása közben, sok ilyen csellengő meteorral találkozhat és ezek légkörünkbe kerülve szintén elégnak. Nyilvánvaló, hogy a Föld előre haladási irányában kapjuk a legtöbb szporadikus meteort (esőben futva is elől ázunk meg a legjobban). Mivel pedig mindig a reggel 6 órás helyi idejű (Local Time = LT) oldalunkat fordítjuk haladási irányunkra: ekkor, illetve itt lesz a legtöbb beeső meteor. Az is

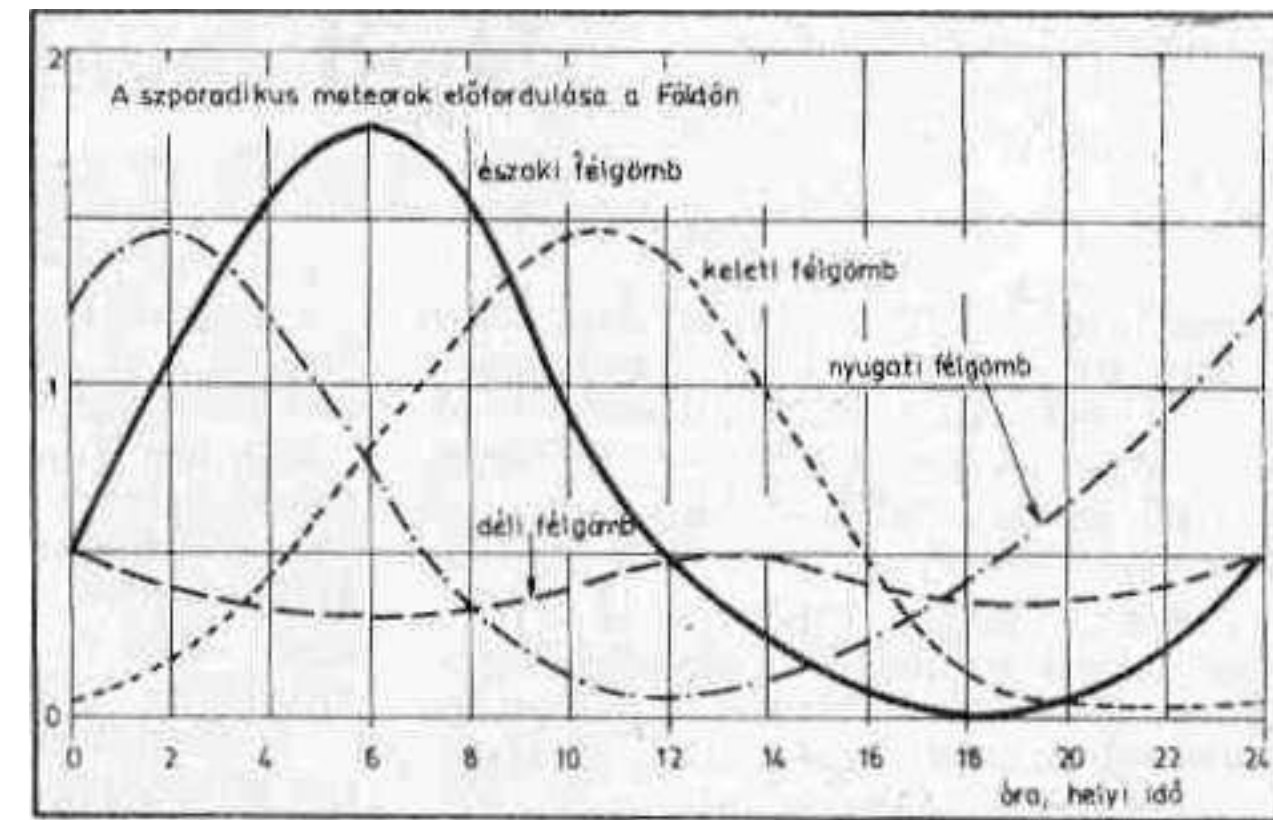


81. ábra. A szporadikus meteorok mindig a Föld napköri előrehaladásának irányában, tehát 06 óra helyi időben találkozhatnak legsűrűbben a Földdel





83. ábra. A meteorok (és a meteorrajok) okozta átlagos napi visszaverődések száma (1958-62 között), havonként, Kuhlungsbornban



84. ábra. A sporadikus meteorok előfordulási arányszáma a Föld különböző részein. A Föld forgása miatti napi eloszlásban

biztos, hogy a sarkok felé lehet őket legjobban felhasználni, hiszen itt lesz a leghosszabb útjuk a légkörben.

#### 4.4.3.7. A meteorok előfordulása az időbe, előrejelzésük

Már régen és sok helyütt vizsgálták a meteorok előfordulási és sűrűségi időszakait. Általában 30 MHz körüli frekvenciákon. A relatív előfordulási sűrűség menetét havi eloszlásban a 82. ábra mutatja. Eszerint a nyári hónapokat tüntetik ki sűrűségükkel és februárban található belőlük a legkevésbé. Ez a körülmény mindenesetre a Föld naprendszerbeli tartózkodási helyétől is függ, de letagadhatatlan a meteorok (leginkább az év közepén történő) nagyobb mértékű előfordulása. Ha pedig a meteorrajokat is számításba vesszük (és részben meg is nevezzük őket), úgy a kuhlungsborni (1958—62 közötti) észleléseket nézzük meg a 83. ábrán. Itt a Perzeidák két részre szakadt sűrűségi szakasza és az Akvaridák tűnnek ki átlagos napi sűrűségükkel.

A sporadikus meteorok előfordulásának napi függése is érdekes, különösen, ha a Föld különböző helyeiről nézzük. Az előbbiekből már várható, hogy az északi félgömbön és itt is a helyi idejű 6 órákor lesz

a legtöbb és nyilván 18 órákor a legkevésbé (84. ábra). A déli félgömb valóban alig kap belőlük és nehezen magyarázható a napi sűrűségeloszlásban a déli és éjféli még oly csekély maximum is... Érdekes még a nyugati és a keleti félgömbön észlelhető meteorsűrűség is. Szinte nyilvánvaló, hogy a maximumokat akkor kapjuk, amikor a Föld haladási irányában ezek a félgömbök éppen „előre néznek”.

Hogyan képzelhető el a meteorrajok előrejelzése? Magyarországon is megjelenik minden évben a „Csillagászati évkönyv”. Ez tartalmazza pl. a „Legfényesebb csillagok” táblázatában sok csillagképben található egyes csillagoknak (amelyeket a csillagászok görög betűkkel jelölnek) a „tavaszpont”-tól (az égi egyenlítő „Greenwichétől”) mérhető szögtávolságát. Ez nem mértékben, hanem módszerben, hasonlít a földi „hosszúsági” fokokhoz. Maga a tavaszpont ott van a csillagos égen, ahol a Nap március 21-én éppen „átlépi” az egyenlítőt. Ez a pont egyben az égi óra (a csillagászati időszámítás napi) nulla órája is. Az ettől való, tőlünk nézve balfelé irányuló szögeltérés a „rectascensio” amelyet vagy a-val vagy RA-val jeleznek.

Az égi egyenlítőtől (amely tulajdonképpen a Föld egyenlítőjének

a végtelenségig való kiterjesztése) merőlegesen (tőlünk nézve felfelé) vezető körön, (kisebb pontossággal) kb. a sarkcsillagig mérhető szögtávolságokat pedig „declinationak” nevezik. (Ez felel meg a földi szélességi köröknek.) Ennek jele D betű. Mind a két adat igen sok csillagra (így csillagképre) benne van az említett naptárban.

A fenti adatok és a csillagidő birtokában megállapítható, hogy a nap melyik órájában, hol található valamelyik csillag, és így a meteorrajok forráspontja is; nyilván nappali időszakra is.

Csak hogy, amíg az egyes csillagképeket (sötétben) aránylag könnyen megtalálhatjuk, esetleg a benünk jelzett csillagokat is. addig az RA-t és a D-t bizony már kevésbé... Ezek ismeretében pedig már megmondhatnánk: merre irányítsuk antennánkat, hogy a meteorraj irányára merőleges legyen!

De kár, hogy Magyarországon a tudományos intézetekben nem divat (civilben) rádióamatőrnek lenni!!

(Folytatjuk)

Irodalom:

P. Beckmann: Die Ausbreitung der ultrakurzen Wellen. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1963.  
Csillagászati évkönyvek: Gondolat Kiadó, Budapest

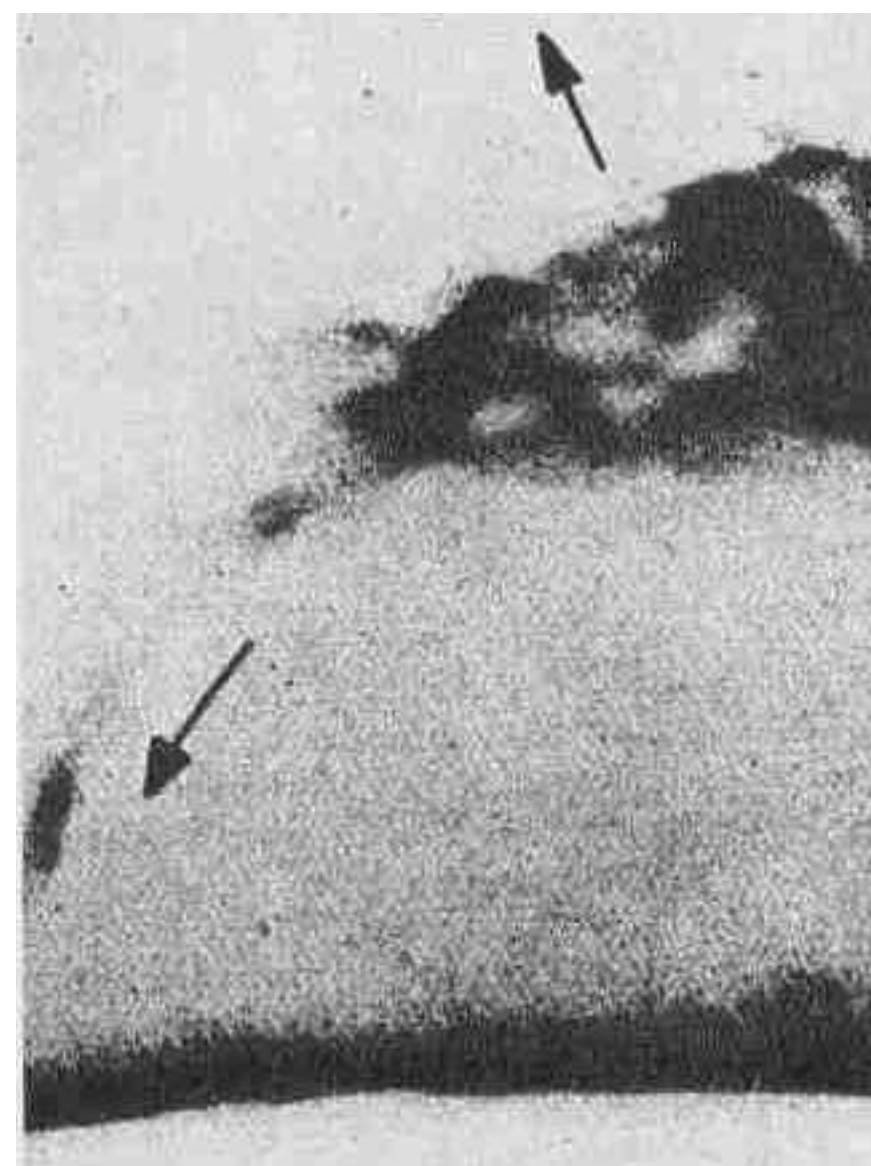
## Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 25.

dr. Flórián Endra fizikus, HASKFV

### 4.5. A Nap rádiós szempontból érdekes jelenségei

Vizsgáljuk meg először a napfelületet, amelyen a jelenségeket látjuk. Azt az erősen fénylő felületet, amelyet szabad szemmel is (de így inkább ne!), vagy szűrővel ellátott távcsővel láthatunk, a görög  $\phi\omega\sigma$  (= fény) szó felhasználásával *fotoszférának* nevezzük. Maga a *szféra* szó szintén görög származású, eredetileg gömböt jelent, de mi már — mind a Föld, mind a Nap esetében — gömbhéjat értünk alatta. A fotoszféra maga nem átlátszó, ez már a Nap legalsó gázrétege, kis engedménnyel nevezhetnénk a Nap talajának, ha a talaj szóhoz nem kötjük egyúttal a szilárd kőreg fo-

galmát. Vastagsága 50—100 km-re becsülhető, benne a gáz nyomása csak kb. 75 higany mm. Izzó és folyton forrongo állapotban van. Így felülete nem is lehet egyenletes. Látszat szerint apró (~1000 km átmérőjű) világosabb és magasabb, sokszor a főtt rizszemekhez hasonló,

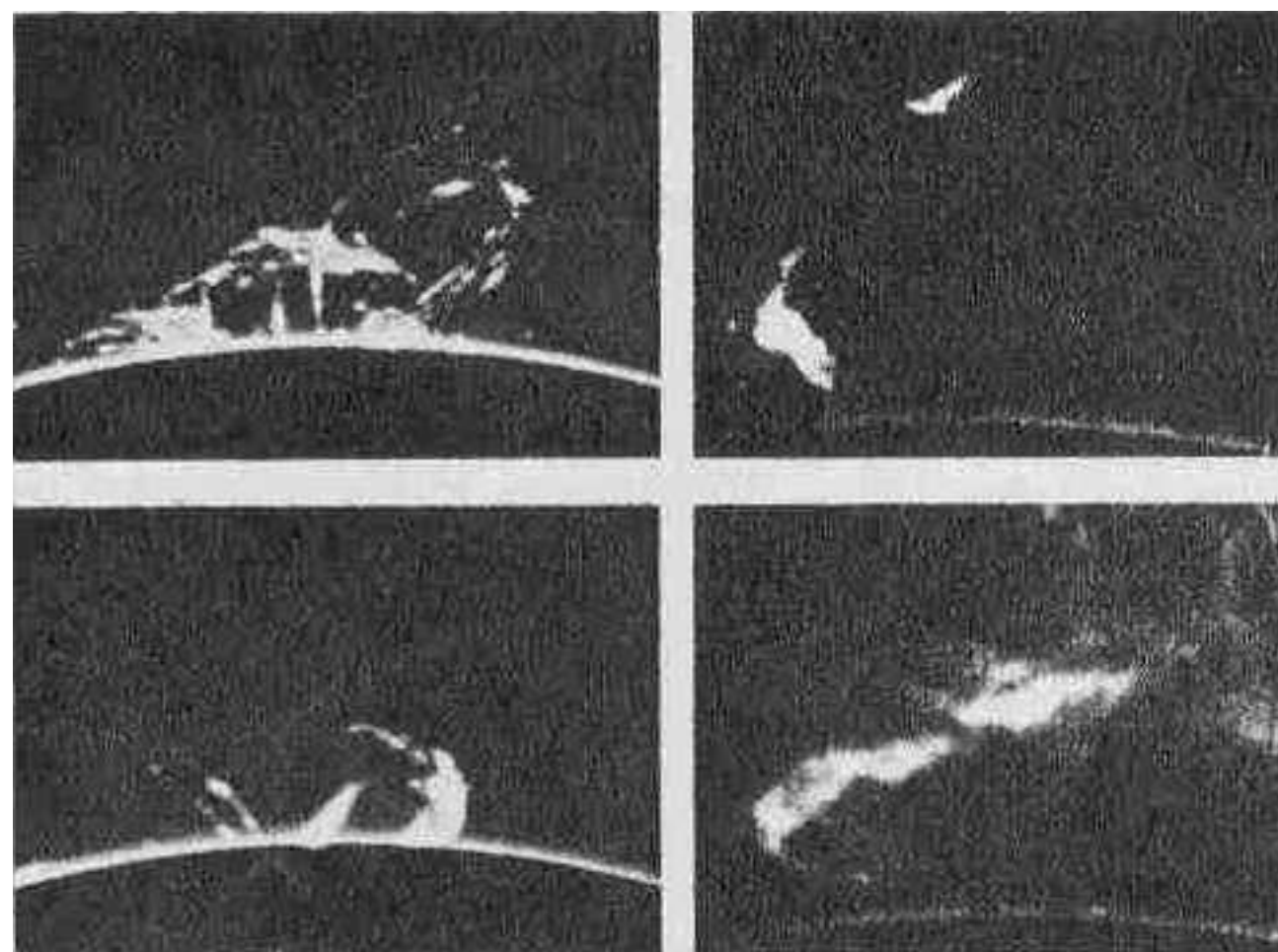


85. ábra. Egy visszahajló protuberancia (kitörés) a Napon

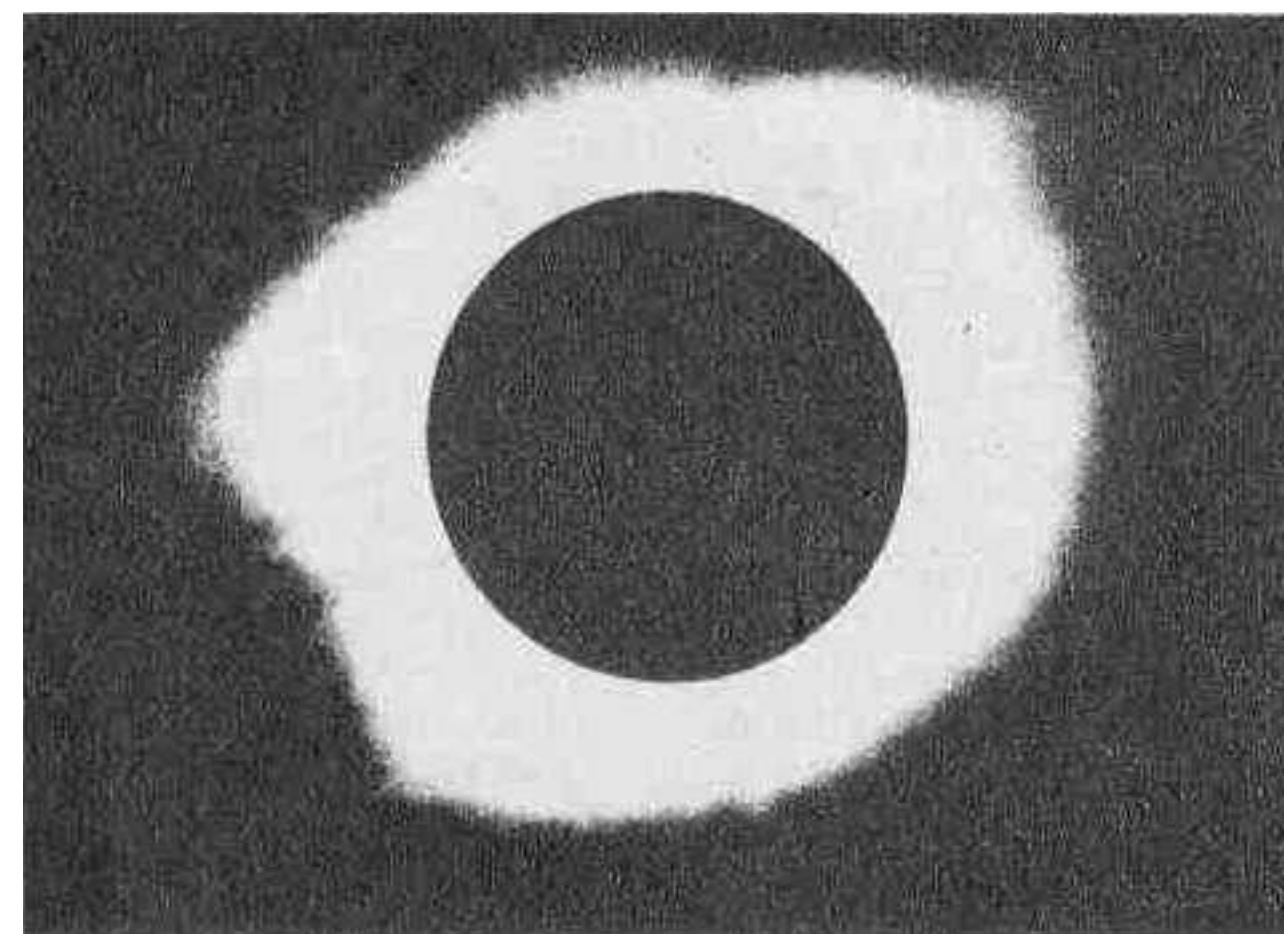
fehérebb részek, amelyek fénye erősen változó, teszik ezt a réteget mozaikszerűvé. Tulajdonképpen csak percekre emelkednek ki ezek a *granulák* a 100-200 fokkal magasabb hőmérsékletükkel az átlagosan 6000 fokos fotoszférából (a hőmérsékleteket ugyan abszolút fokokban adjuk meg, amelynek nulla foka a Celsius-skálában -273,16 foknak felel meg, ez azonban az említett magas hőmérsékleteknél alig jöhet számításba).

Ez a gázréteg *folytonos szinképet ad*. Ebben a rétegben keletkeznek a *napfáklyák* és a *napfoltok*.

A napfáklyákról keveset hallunk. Ezek fehéres fényű, felhőszerű képződmények (egyáltalában nem „fáklya” alakúak). Ponthoz hasonlóan csoportosan jelentkeznek a foltok környékén, az utóbbi esetben „fáklyamező” a nevük. Hőmérsékletük szintén 100—200 fokkal magasabb a fotoszféránál és csupán ezért érdekesek számunkra (valamivel több ultraibolya sugárzást bocsátanak ki, mint maga a fotoszféra). Jelentősé-



86. ábra. Négyféle napkitörés. Mind protuberancia; a bal felső ún. „loop” (keret alakú), a jobb felső valószínűleg áttöri a koronát és kijut anyaga a naprendszerbe; a bal alsó: több visszahajló protuberancia; a jobb alsó: magasba kidobott, felhőszerű kitörés



87. ábra. A napkorona alakja a naptevékenység minimumában



gük kicsiny, az URSIGRAM-okban nem is szerepelnek.

A fotoszféra felett több gágréteg van, ezek mind átlátszóak. Közvetlenül a fotoszféra felett van az ún. megfordító réteg. Neve onnan ered, hogy a fotoszférából jövő színek fekete vonalait „megfényesíti”, megfordítja. Vastagsága csak 500-600 km. Régebben, amikor még nem volt koronográf, olyan távcső, amely előtt egy, a Nap fotoszféráját éppen eltakaró, vagyis „mesterséges napfogyatkozást” (legalábbis az éppen a távcsőbe néző számára) előidéző fedél van, ezt a réteget csak a valódi, teljes napfogyatkozások alkalmával figyelhették. Ilyen berendezés van már Debrecenben is. A Napfizikai Observatóriumban. A megfordító réteg hőmérséklete 5000 fok körüli, sűrűsége jelentéktelen (tíz-ezerszer kisebb, mint a földi, talajmenti légnyomásból eredő légsűrűség).

A megfordító réteg felett helyezkedik el a kromoszféra (a színes övezet), nevét a teljes napfogyatkozások alkalmával szabad szemmel is jól látható, a Napot rózsaszínű gyűrűként körülvevő volta miatt kapta. Gázsűrűsége ennek is jelentéktelen. Ebben is találunk kifényesedő részleteket, de ezeknek jól mérhető magasságuk van (olykor 10—15 ezer km), alakjuk lángnyelv-szerű. A napfizikusok „szpikulák”-nak nevezik őket. Néha lassú mozgású lángtenger benyomását keltik. A kromoszféra a naptevékenység maximumában megvastagodik, benne a mozgások sebessége növekszik. Ebben a rétegben keletkeznek a flokkuluszok. innen indulnak a protuberanciák. Az előbbieket csak a teljes napmegfigyelés adatai között találjuk meg, az utóbbiak azonban már eléggé fontosak számunkra.

Mindezek felett van a napkorona. Ez ezüst árnyalatú, gyöngyfényű sugárkoszorú a Nap körül. Szabad szemmel (sőt távcsővel is) csak teljes napfogyatkozás alkalmával látható. A Napnak ez a külső gágrétege, amely kifelé fokozatosan ritkul.

Lehet, hogy 150 millió km-re még mi is benne vagyunk ebben a hatalmas gágrétegben (egyek kutatók szerint).

Röviden külön is ismertünk néhány jelenséget, így pl. a protuberanciákat, amelyek a legtöbb esetben a kromoszférából, ritkábban mélyebbről törnek fel. Hőmérsékletük 5000 fok körüli. Kitérésük „lassan” (5—6 km/sec) indul, majd felgyorsul (10—18 km/sec-ra). Ezek a leg-hatalmasabb anyag-napkitörések. Irányuk a kitérés kezdetén kb. a Nap középpontjából a kitérés pontjára húzott sugár, de feljebb a legtöbb esetben már elhajolnak, rendszerint vissza a napfelületre (85., 86. ábra). A kitérés magassága igen különböző, 60—100 ezer km, de (1946-ban) láttak egy 1 700 000 km-es magasságú kitérést is. Anyaguk tehát elhagyhatja a Napot és mint „napszél” kerül ki a naprendszerbe.

Általában hidrogénből és héliumból állnak, de vannak ún. „fémek” protuberanciák is, melyekben pl. nátrium, magnézium, stroncium, vas, titán és más fémek is előfordulnak. Mindezt a színek árulja el, de a Föld légkörébe kerülve a magasabb hegyek obszervatóriumaiban végzett kutatások szerint, egy-egy nagyobb kitérés után az alsó légkörben is megtalálhatók.

A napkorona (a 87. ábrán a naptevékenység minimumában jelentkező napkorona alakját látjuk), a maximum alatt két irányban is kiszélesedik. elmosódva. Számunkra azért is fontos, mert ebben a rétegben keletkezik a legtöbb URH rádiózáj. Magas (millió fokos) hőmérséklete miatt a gázok sokszorosan ionizálódnak. Éppen így is ismerhető fel magas hőmérséklete. Ha pl. a vasatomot 12—14-szeres ionizációval találjuk benne (ezt a színekéből lehet megtudni), akkor már a korona igen forró — és várható a napszél sebességének és sűrűségének jelentős növekedése.

A legújabb megfigyelések szerint (pl. a Skylabról) a fényes napkoronában sötétebb foltokat találtak. Lehetséges, hogy ezekből áramlik ki a sebesebb és sűrűbb napszél.

#### 4.5.1. A napfoltok, típusaik, mágnességük

Jó ideig a napfoltok voltak számunkra a Napon lezajló jelenségek között a legfontosabbak. Nem csoda ez, hiszen a napfoltokat sokszor szabad szemmel is láthatjuk. Legfőbb bizonyítékot erre az esetre a ferihegyi szolgálatom idején tapasztaltam. Onnan ugyanis a budai hegyeken legördülve nyugvó Nap, a főváros piszkos levegője miatt szabad szemmel is jól megfigyelhető. Egy alkalommal beszalad hozzám valaki: „Gyűjjön már. nézze mondta —, én régen figyelem, kilyukadt a Nap”. Valóban óriási fekete folt díszelgett rajta...

A napfizikusok megfigyelése szerint a napfoltok úgy keletkeznek, hogy a fotoszféra granulái között megjelenik egy kisebb sötét folt, amelyet akkor még pórusnak neveznek. Rövidebb-hosszabb idő alatt kifejlődik belőle a napfolt belső része, a sötét umbra (árnyék). A fotoszféra granulái a folt szélén beleolvadnak az umrába, így jön létre a sugaras szerkezetű penumbra (félárnyék). Ezzel a napfolt elérte végleges alakját. Élettartamuk a legkülönbözőbb lehet, esetleg csak pár óra, de nagyon ritkán előfordulhat olyan napfolt is, amely több napfordulatot is „megél”. Leggyakoribbak a rövid életű és a kis méretű (területű) napfoltok. Területüket a látzó napkorong milliomod részével, mint egységgel fejezik ki (ezt persze módosítani is kell, hiszen a túlünk már elfordult részeken látható foltokat kisebb területűnek észleljük a valóságosnál). Jelentősen nagy

területű napfoltok a naptevékenység maximumában fordulnak elő leginkább, így pl. 1958-ban volt egy 230 ezer km átmérőjű folt a Napon. Az átmérőt ebben az esetben se egy kör, hanem egy meghatározhatatlan alakú terület legnagyobb belső távolsága adja.

A foltok általában csoportosan jelennek meg. Legegyszerűbb a két pólusú (bipoláris) napfoltcsoport: két foltból áll, ezek közül a Nap tengely körüli forgása irányában az első a „vezető” (preceding = p), a második a „követő” (following = f) folt. Az ilyen két folt úgy képzelhető el, mintha a Naptól kifelé fordított mágnespatkó két vége lát szódnék ki a foltok helyén. A két folt mágnessége valóban ellentétes: az egyik északi, a másik déli mágneses pólust mutat (ezt a foltokból kiáramló fény vizsgálatával, a Zeeman-effektus segítségével lehet megállapítani). Külön érdekessége ennek a mágnességnek, hogy amennyiben pl. a Nap déli félgömbjén a p folt pl. déli mágnességet mutat, úgy ezen a félgömbön minden p folt déli mágnességű és az északi félgömbön minden p folt északi mágnességű. Van ugyan ebben is kivétel, de ez már külön jelentendő érdekesség. Ez a helyzet, tehát a déli félgömbön déli, az északin északi a p foltok mágnessége egy egész naptevékenységi ciklus idejéig tart, a következő ciklusban megfordul ez az állapot: most már az északi félgömbön lesz a p folt déli mágneses és a déli félgömbön északi mágneses... Éppen ezért a naptevékenységet a mágnesség szerint is szokták elnevezni: a mágneses naptevékenység ciklusának ideje eszerint kétszerese a napfoltok szerint vett ciklusokénak.

A foltok mágnessége pl. foltcsoportok esetén érdekesen úgy helyezkedik el, hogy van esetleg egy nagyobb déli mágnességű folt, ebbe áramlanak bele a környező kisebb foltok északi pólusaiból a mágneses erővonalak. Lehet ez természetesen fordítva is. Éppen ezért egy foltcsoport területén meghúzhathunk egy (sokszor eléggé görbe) mágnesesen semleges vonalat, amely elválasztja a különböző mágneses területeket.

A napfoltok osztályozása sokféle lehet. Mióta azonban a híradás szempontjából sokat veszítettek jelentőségükből, ezeket a felosztásokat alig érdemes (az ionoszféra szempontjából) figyelembe venni. A napfoltok ma már leginkább azért érdekesek, mert általában körülöttük (bennük) képződnek olyan jelenségek, amelyek már érdekesek a légkör ionizációja szempontjából. A napfoltokat könnyen követjük a Napon, miközben az saját tengelye körül forog, ezzel egyúttal azokat a jelenségeket is előre jelezhetjük, amelyek majd a foltok jövőjének helyén keletkezhetnek. Ilyen módon lehet a napfoltok megfigyelésével ionoszféra (rövid lejáratú) előrejelzéseket ké-

szíteni. Ez azért is lehetséges, mert a *folatok saját mozgása* általában csekély, így, ha csupán a Nap forgását vesszük figyelembe, nem sokat tévedünk.

A napfoltok száma időnként növekszik, majd csökken. Ezt a jelenséget egy *Schwabe* nevű *amatőr csillagász* vette észre először. Több éves megfigyelési anyagát 1843-ban vizsgálta fölül Wolf, a zürichi csillagda akkori igazgatója. Ez az igazgató előszedte a zürichi, régi megfigyelési rajzokat is (a napfoltokról) és rájött arra, hogy a foltok megjelenésében valóban ciklikusság látszik! Wolf nevéhez fűződik a napfolt-relatívszám fogalma is. Ma már főleg ezeket a számokat használják. (Bár a hivatalos iratokban se találjuk mindig mellettük a relatív szócskát, a legtöbbször csak mint „sunspot number” szerepelnek, pedig pl. a *napi napfoltszámok* és a „*zürichi végleges napfolt-relatívszámok*” között jelentékeny a különbség!)

A napfolt-relatívszámokat a következőképpen számolta Wolf:

$$W = k(10g + f).$$

Ebben a  $W$  (Wolfról elnevezve, de jelzik olykor  $R$ -rel is) = a napfolt-relatívszám;  $k$  = az az állandó, amellyel azért kell megszorozni a következő számokat, hogy a régi, zürichi megfigyelésekkel összehasonlíthatók legyenek az adatok; a  $g$  (a német *Gruppe* = csoport szóból) a napfolt csoportok számát jelenti (Wolf szerint azonban egy, esetleg *egyedül jelentkező* foltot is csoportnak kell vennünk); az  $f$  pedig = az összes, a Napon található foltok számával (itt is a német *Fleck* szóból ered a jelzés).

Ha tehát látunk a Napon pl. *10 napfolt csoportot*, összesen mondjuk *53 foltal*, akkor a  $k$  állandót  $0,2$ -nek választva a következőket kapjuk:

$$w = 0,2(10 \cdot 10 + 53) = 30,6$$

Ezzel a példával éppen azt mutatuk be, hogy ez a napfolt-relatívszámképzés ma már nem tekinthető korszerűnek! Ma ugyanis *percenként fényképezik* a Napot (Nap-patrol) és *a használt távcsövek messze fölülmúlják* a régi zürichi távcsövet, amely *csak 8 cm átmérőjű!* Tehát a mai adatokat egyszerűen nem lehet már a régiekkel ilyen módon összefüggésbe hozni és ebből következtetéseket levonni.

Igen valószínű, hogy egy napfizikai értekezés után ezt az egész rendszert megváltoztatják. A napfolt adatok összehasonlítása és végleges megállapítása Zürichben történt. Ma már ez is három obszervatórium (köztük a debreceni) feladata.

(*Folytatjuk*)

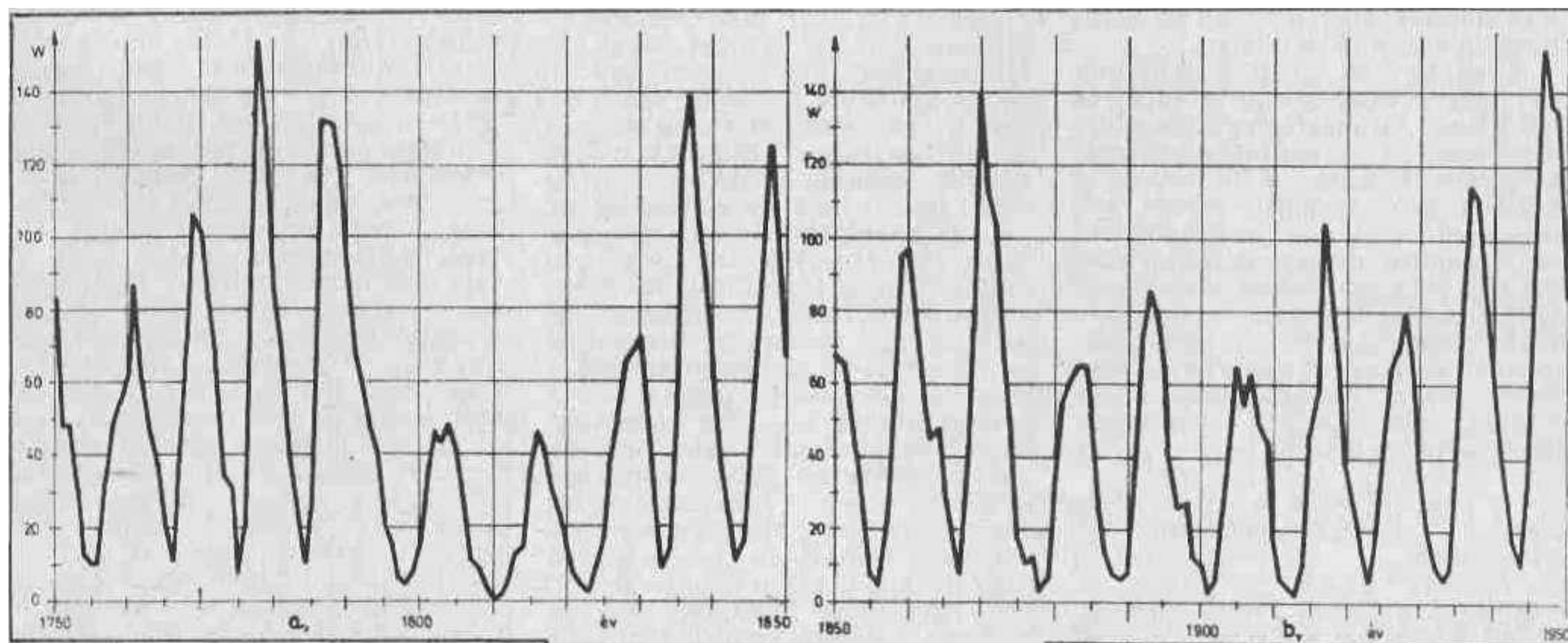
Irodalom:

*W. Wallmeier: Ergebnisse und Probleme der Sonnenforschung. Akademische Verlagsgesellschaft, Geest und Portig K. G. 1956.*  
*World Data Center A: Report CAG füzetek NCAR Quarterly kiadványok*



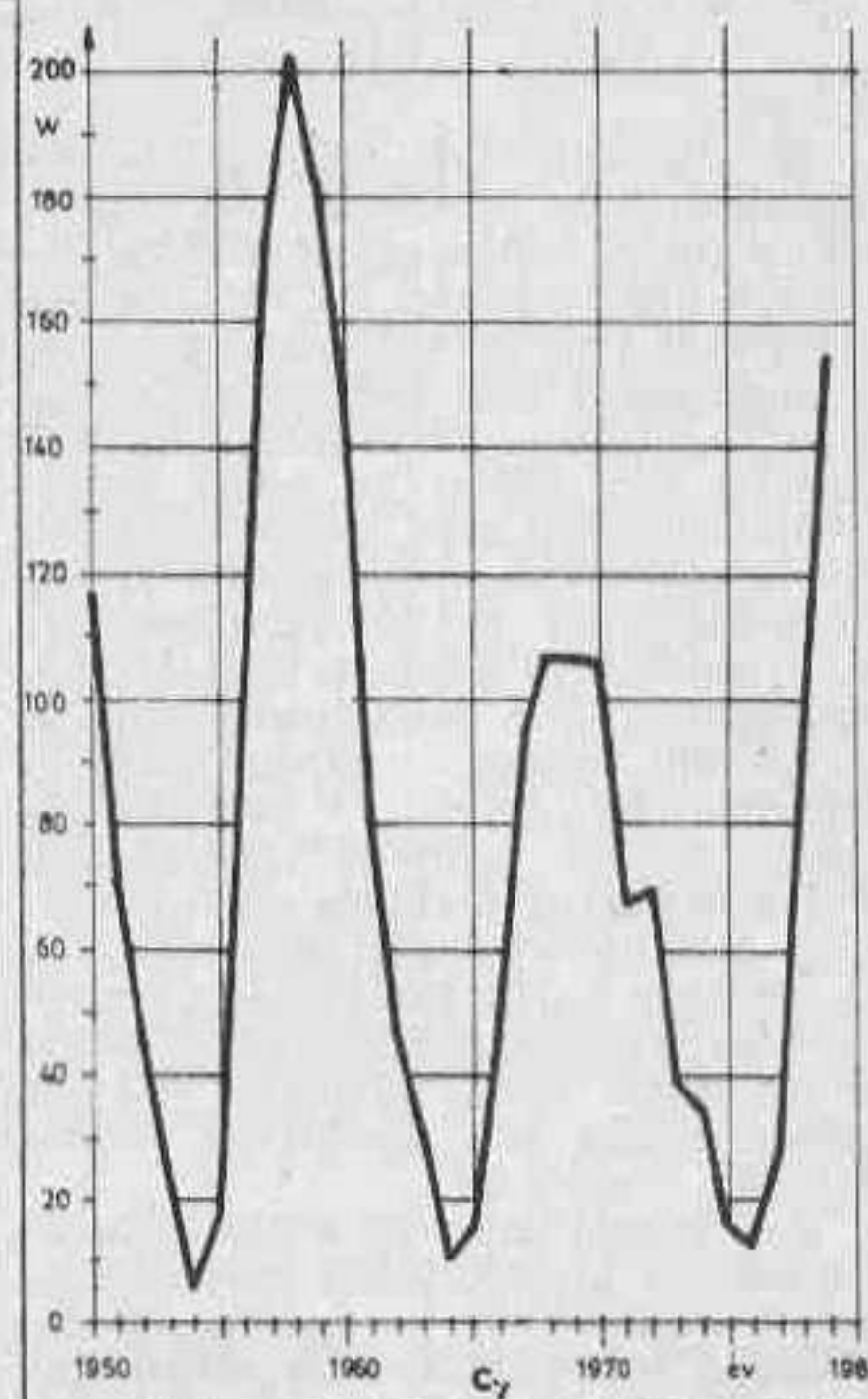
## Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 26.

dr. Flórián Endre fizikus, HA5KFV



Amikor Wolf meggyőződött a napfoltok megjelenéseinek ciklikus voltáról, összeszedett minden régi rajzot és visszamenőleg is megpróbálta megállapítani a ciklusok menetét. A kb. 1610-től 1700-ig terjedő anyag azonban erre alig használható (nem voltak megfelelő távcsövek, szó sem lehetett állandó jellegű észlelésekről sem). Lassú fejlődés után, kb. 1750-től kezdve már használható anyag áll rendelkezésre, ezt érdemes már be is mutatni (88. ábra, a, b és az utolsó 30 évre szóló c részlet). Itt a függőlegesben levő W betű jelenti a napfolt-relatívszámokat (Wolfról elnevezve, de az R betűt is használják). Az adatok a zürichi csillagda „végleges” adatai.

Tudnunk kell, hogy a Föld különböző pontjain végzett megfigyeléseket már az észlelési időpontok miatt is össze kell hangolni! A Nap egyenlítőjének egy pontja, a tengelye körüli forgása miatt, egy sec. alatt kb. 1875 km-t tesz meg! Egy sec. múlva egy foltot tehát több, mint 1500 km-rel látjuk távolabb megpillantási helyétől. Amellett más és más lesz az eltérés a Nap különböző (északi és déli) szélességi fokain. Azt se felejtsük, hogy a földi észlelőhelyekről más szög alatt, nem



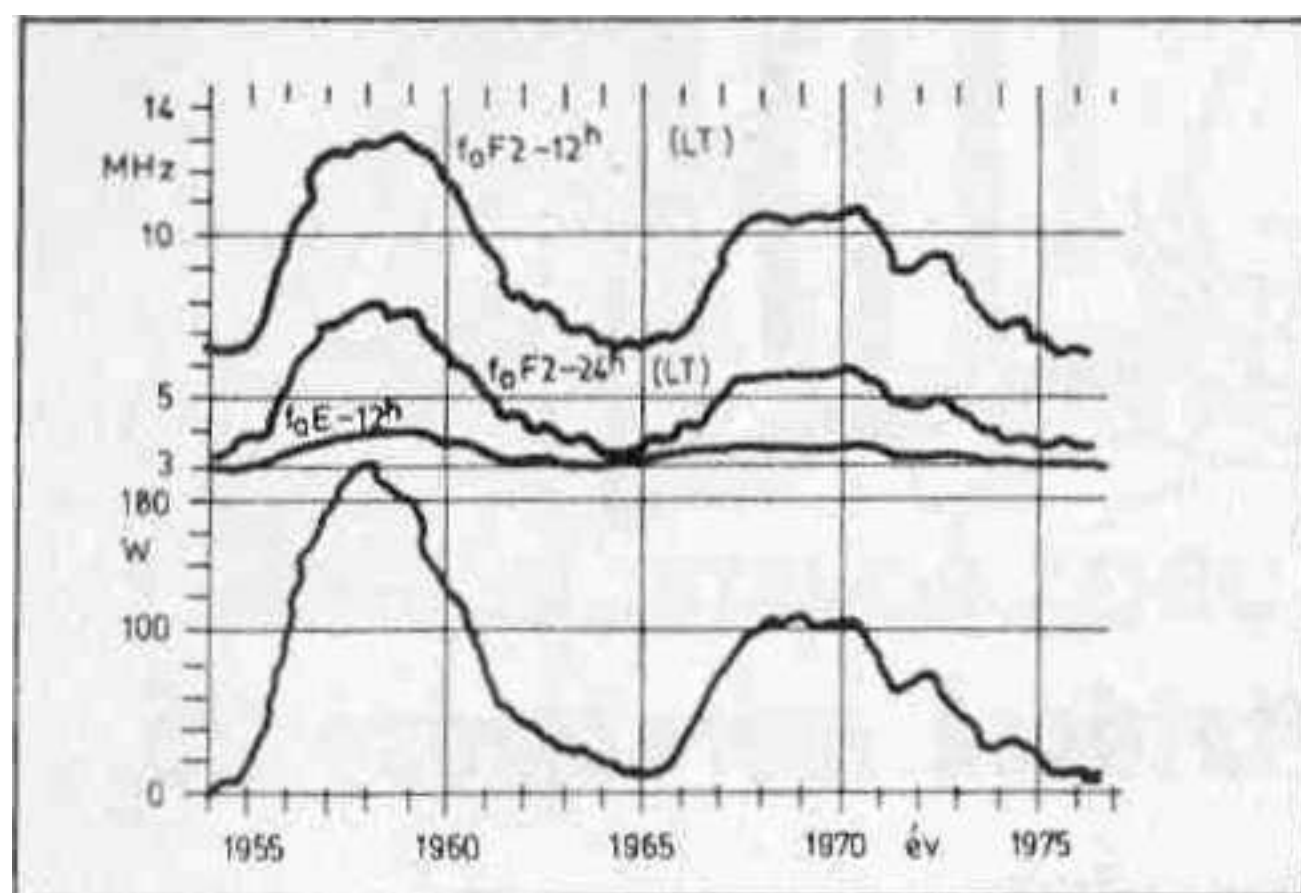
88. ábra. A napfolt-relatívszámok évi középértékeinek alakulása 230 évre visszamenőleg. Az értékek a zürichi „végleges” adatok

egyformán láthatók a foltok. Valóban szükséges annak a megállapítása, hogy az egyes észlelőhelyeken ugyanazt a foltot látták-e?

Így készülnek az ún. „végleges zürichi napfolt-relatívszámok” („definitive sunspot numbers”; „relative sunspot numbers, final”; a jelölése általában: Rz). Az előre, *ideiglenesen* kiadott napfolt-relatívszámok jele: *Prov. Rz*. Mindezeket közlik a csillagászati és geofizikai, sőt több meteorológiai szakfolyóiratban is.

De mire való ez a rengeteg munka, a sok közlés?

Az ok régi eredetű, lassan múlik. A napfoltok felfedezése, majd ciklikus sokasodásuk észrevétele után sokan gondoltak arra, hogy a foltok hatással lehetnek a Földre, hiszen itt is vannak hasonló ciklusokban megjelenő események. Várható volt a túlzás is, különösen amikor ki-tűnt, hogy a napkitörések rendszerint a napfoltokból vagy környékükről indulnak! Így a betegségeket, sőt a háborúkat is a napfoltok okozták... Máskor pedig a Nap nagyon is valószínű földi hatásait is kétségbe vonták (sokan csak a felső légkörnek „engedik meg”, hogy a



89. ábra. A tokiói ionoszférámérések adataiból készült évi középértékek: az F2-réteg délben és éjfélnél mért határfrekvenciái ( $f_0F_2$ ) és az E-réteg délben mért határfrekvenciája ( $f_0E$ ). Összehasonlítás a napfolt-relatívviszámok szintén évi középértékeivel. Ez utóbbiak növekedésekor a határfrekvenciák is magasabbak

Nap hatással legyen rá, mi itt lenn: megélünk a Nap nélkül is).

A legnagyobb lökést a napfoltok kutatására talán mégis a rádiózás adta meg. Jól megfogható összefüggést találtak a napfolt-relatívviszámok és a dekaméteres (és hosszabb) rádióhullámok terjedése között. Kimutatható volt a közvetlenebb ok, az ionoszféra rétegeinek határfrekvenciái és a napfolt-relatívviszámok közötti szoros kapcsolat (az 1955–1976 közötti tokiói mérések eredményeit a 89. ábra mutatja). Talán éppen ilyen összefüggések miatt érezték szükségesnek a napfolt ciklusok előrejelzését.

#### 4.5.1.2. A napfolt-relatívviszámok előrejelzése

Elsősorban annak a megállapítása a fontos, hogy a következő ciklusban nagyobb vagy kisebb lesz-e a napfolt-relatívviszámok maximuma? — Hogy ez a kérdés mennyire jogos, jól láthatjuk a 89. ábrán: a nagyobb maximum idején magasabbak az ionoszféra rétegeinek határfrekvenciái (vagyis: jobb a terjedés).

Csak statisztikai előrejelzésről lehet szó, hiszen a napfoltok megjelenésének fizikai okait nem tudjuk. Így az előrejelzés hasonlít a meteorológiai előrejelzésekhez, átvitt értelemben: meg kell tudni, hogy egy-egy időjárási helyzetet általában milyen időjárási helyzet követ a kérdéses helyen. Ebben a módszerben ma már annyi haladás van, hogy az egyszer megismert helyzetet és következményeit nem kell valakinek a fejében tartania, emlékeznie rá. Valamivel pontosabban és részletesebben őrzi azt meg egy számítógép, és így még a találgatási lehetőség is nagyobb.

Nos, a napfoltok esetében is megnézik a „múltat”, a számítógéphez táplált, igen részletes ciklusadatokat, no és az utána következőket is. A részleteket, pl. a felfutás meredekségét, az értékek időbeli távolságát, ismétlődését stb. megfigyelve próbálják megállapítani egy régivel való hasonlatosságot és így megnézni: vajon mi következett ezután? Itt nehezebb a helyzet, mint

a meteorológiánál, mert ott már ismerünk néhány fizikai okot is. Mindezekből még csupán egy új ciklus kialakuló görbéjére lehet következtetni, részleteire még nem. A felmenő és lemenő ágak futását csak később (inkább a ciklus kezdete után) jelzik. Erre szolgálnak az ún. „csúszó középértékek” (running average). Ezeket úgy képzik, hogy számítják a már ismert (pl. 5–6 hónap) középértékeit, majd az idővel haladva egy hónappal megtoldják az ismert hónapok középértékeit is, meg az előrejelzett (szintén 5–6 hónap) értékeit is... Az a közbeeső hónap sokat segít: vajon milyen lesz a változás? Ilyen előrejelzés található pl. a *Telecommunication Journal*-ban (ezt Zürichben készítették). Az IZMIRAN (SZU) három négy hónappal előbb szállít előrejelzést egy adott hónapra, ezekben azonban a napfolt-relatívviszám csak egy adat, az előrejelzési füzet részletes ionoszféra előrejelzéseket tartalmaz.

Mindezeket az előrejelzéseket azonban még óvatosan kell fogadnunk (ezért szükségesek a rövid lejáratú prognózisok). Az előbbieket (a hosszabb lejáratúak) néhány, max. 6 hónappal előzik meg az adott hónapot, a rövid lejáratúak pedig legfeljebb egy héttel az adott hetet.

Nézzük meg a 90. ábrán az 1979. év előrejelzett és mért adatait. Itt a függőlegesben a WWA (Boulder) napi adataiból képzett havi középértékeket ( $W$ ; szaggatott vonal), a zürichi végleges napfolt-relatívviszámok ( $R_z$ ; folytonos vonal) havi középértékeit, amellet ugyanazek évi középértékét ( $K$ -val jelölt vastag, folytonos vonal: 155) találjuk. A pontsor az öt hónappal előrejelzett zürichi prognózist ( $Z$ ), a pontvonásokból álló, I-betűvel jelzett görbe pedig az IZMIRAN előrejelzését mutatja.

Jól láthatjuk, hogy a zürichi előrejelzés a középértéket közelítgeti, tehát csak akkor jó, ha ezt az értéket a foltszámok is közelről kerülgetik. Éppen olyan bizonytalan tehát, mint az IZMIRAN-é, amely bizony elég nagy különbséggel (és fáziseltolódással) követi még az  $R_z$ -t is!

Messze vagyunk még a kielégítő minőségű előrejelzésektől.

De, hogy lássuk, mennyire nehéz lehet egyáltalában ilyen előrejelzések elképzése is, bemutatjuk az 1980. év pl. május havának napfizikai és földfizikai arcát, ha nem is minden, de sok adatát ábrázolva. A 91. ábrán látott adatok nagy részét az URSIGRAM-okból vehettük (erre felhívjuk a határokon túli Olvasóink figyelmét is).

A vastag, folytonos vonal a WWA napi napfolt-relatívviszám ( $W$ ), ezeknek havi középértékét a WA-K vastag vonala jelzi (245). Az Ideiglenes (provizórikus) zürichi napfolt-relatívviszámokat az  $R_{zp}$  jelű, egyenlőtlen hosszúságú vonásokkal (pontokkal) rajzolt görbe mutatja, középértéke az  $R_{zp-K}$  jelű rövid vonalsor (180). A rövid vonásokkal húzott (pontokkal is jelölt) görbe, amelyet  $\Phi$ -vel jelöltünk, a 2800 MHz-es napsugárzás napi értékeit mutatja (eddig a bal oldali skála érvényes). Az alsó, M-mel jelölt, folytonos, vékony vonal a földmágnesség összetevőinek kerekített értéke (skála a jobb oldalon, alul). A rajz alsó felében látható, függőlegesen írt adatok a Nap 2800 MHz-es „zajkitöréseit” jelentik (ezekről még lesz szó). Az első adat a fluxus mértéke, majd törtvonal után a kitérés időtartama látható (percekben). Így

pl. az első napon a 284/40 azt jelenti: az elsején észlelt (a  $\Phi$  szerint):

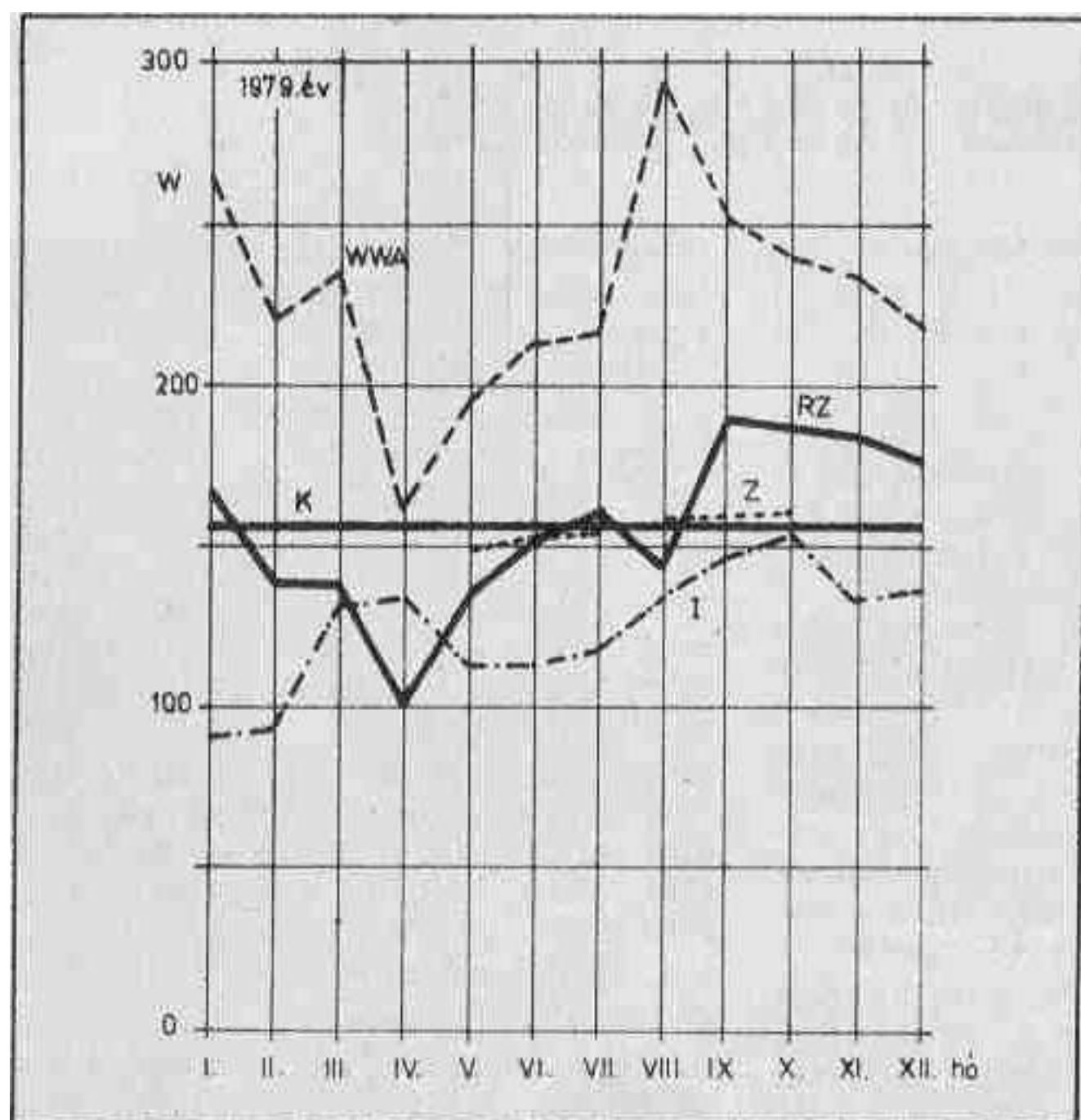
199 fluxus egységű, állandó napzajon kívül a nap folyamán volt egy 284 egységgel nagyobb, 40 percig tartó zajkitörés is. Más frekvencia vételéből származó adatoknál a frekvenciát az adatok után zárójelbe tettük (pl.: 10 GHz).

Az ábra felső részében látható, szintén függőleges irányban írt számokat így értelmezhetjük:  $\ddot{O}/C/M/X$ . Az  $\ddot{O}$ -betű jelzi az illető napon észlelt összes napkitörések számát; a C-betű a C típusú, az M-betű az M típusú flérek számát jelzi, szintén az adott napra. A C típusú flérek nem bocsátanak ki röntgen sugarakat, az M típusúak már igen, de kis mértékűt és gyengébb ionoszféra vihart is okozhatnak. Az X típusú flérek röntgen su-

gárzása erősebb, feltétlenül okoznak ionoszféra zavarokat. Így pl. a május 28-án látható 17/2/4/1 a következőket jelenti: ekkor összesen 17 napkitörést észleltek, ebből 2 darab C típusú, 4 darab M típusú és 1 darab X típusú flér volt. A fennmaradó 10 kitérés röntgen sugárzást nem mutatott (de lehetett bő ultraibolya és anvgi sugárzása is). Az ábra tetején látható S-betűk a SID (Sudden Ionospheric Disturbance = hirtelen induló ionoszféra háborgás) bekövetkezését jelentik. Végül az I-betűvel jelzett vonaldrabb az IZMIRAN e hónapra előrejelzett átlagos napfolt-relatívviszámát mutatja (134).

Az ábráról láthatjuk (ha csak néhány adatból is), mi történhetik „égen és földön” egy hónap alatt a

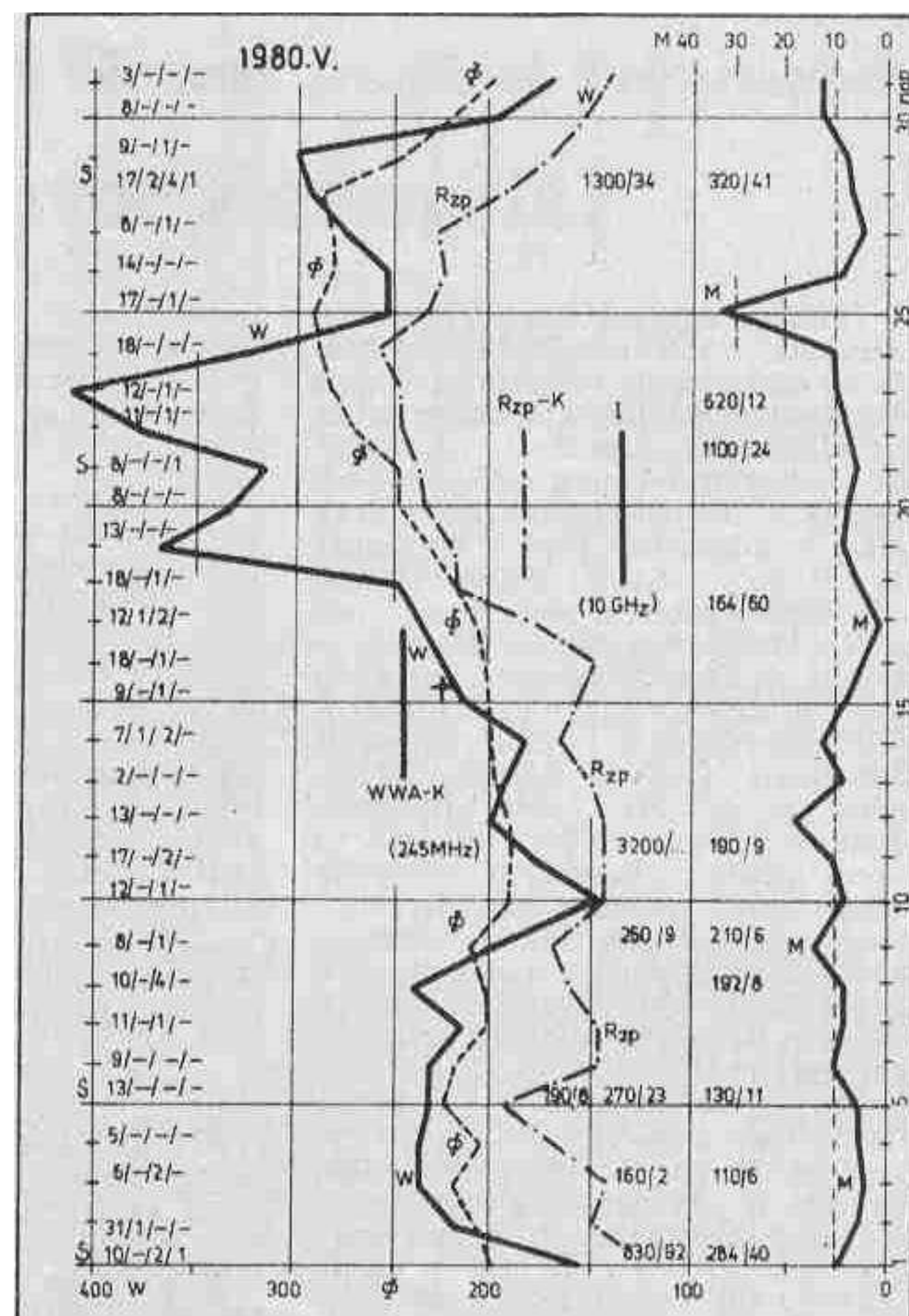




90. ábra. Az 1970. év előrejelzett és mért adatai, a WWA (Boulder) napi napfolt-relatívszám adataiból képzett havi középérték; Rz a zürichi végleges napfolt-relatívszám; K ennek évi középértéke; Z a zürichi (havi) előrejelzés; I az IZMIRAN havi előrejelzése

naptevékenység maximuma idején. Azt is észrevehetjük, hogy „normális” körülmények között az I előrejelzés elég jól bevált (a hónap első felén I~Rzp!). Nyilvánvaló azonban, hogy a második felében a Nap rendetlenkedett és „Ö” valóban kiszámíthatatlan. No, de vannak már rövid lejáratú előrejelzések is...

(Folytatjuk)



91. ábra. (Adatok a szövegben)

**Irodalom:**

M. Waldmeier: Ergebnisse und Probleme der Sonnenforschung; Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1955.  
Journal of Geophysical Research füzetek (Published by American Geophysical Union.)

Solar Terrestrial Environmental Research in Japan füzetek (University of Tokyo)

Japan National Report on Space Research

The Science Council of Japan ICSU Committee kiadása, 1979

URSIGRAM-ok rádióvétele

## Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 27.

Dr. Flórián Endre fizikus, HA5KfV

### 4.5.2. A Nap fontosabb rádiófluxusai

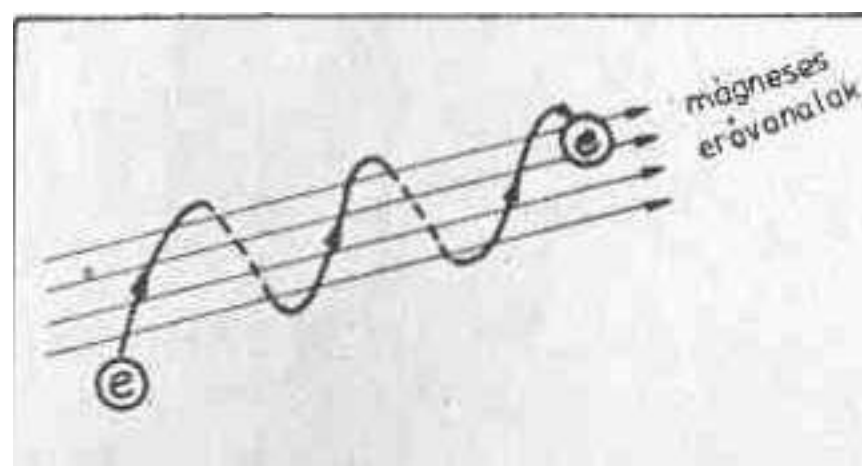
Nézzük meg az alapfogalmakat. Maga a „fluxus” szó latin és csupán *folyást* jelent, de mint annyi más latin szót, ezt is ma -és rádióvonatkozásban -- kissé más értelemmel toldottuk meg.

A Napból (vagy más csillagból) érkező elektromágneses hullámok erősségét az egységnyi felületre eső teljes teljesítménysűrűséggel [ $W/m^2$ ] fejezzük ki. Azt a körülményt, hogy a különböző frekvenciájú hullámok nem egyenlő teljesítménnyel érkeznek, de mi össze akarjuk hasonlítani őket, egyszerűen úgy fejezzük ki, hogy *mindig csak az egy Hz-nyi sávszélességre jutó teljesítményt* vesszük figyelembe. A különböző módokon és frekvenciákon mért teljesítményt ezért mindig *elosztjuk a frekvenciával*.

A Napból érkező rádiózájnak (egyenirányítva ugyanis csak *zajt* hallunk) a Földön mérhető teljesítményét tehát a fentiek figyelembevételével végül is a következő képlettel számoljuk:

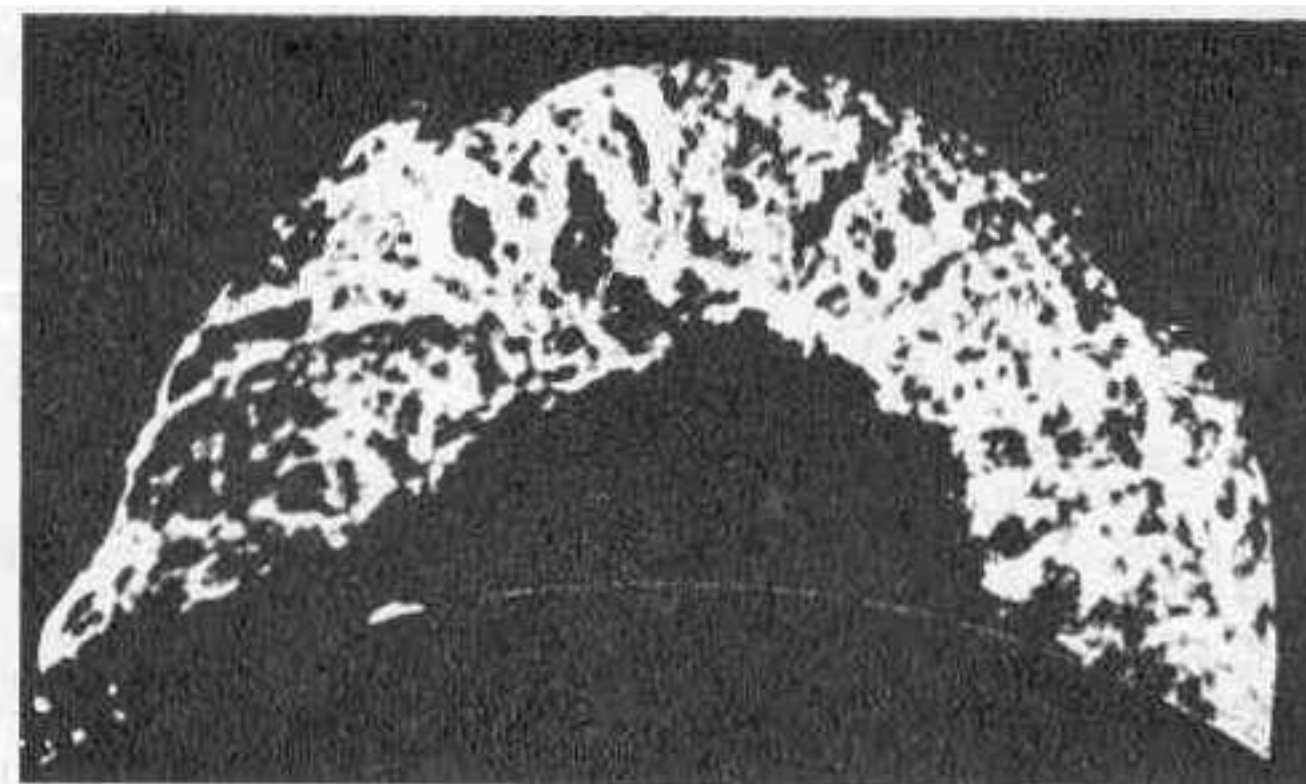
$$\begin{aligned} \text{teljesítménysűrűség} &= \\ &= W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1} \cdot 10^{-22}, \end{aligned}$$

ebben a  $W$ -t az észlelő berendezés adja, a reflektor területéből számítható az  $1 m^2$ -re eső érték, a felvett zaj frekvenciájából pedig az egy Hz-re eső mennyiség. A  $10^{-22}$  egy önkényesen felvett, de az idők folyamán és a mérések tapasztalatai sze-



92. ábra. A girofrekvencia keletkezése

93. ábra. Napkitörés közben „csavarodva” halad át az anyag az egyik foltból a másikba, a mágneses erővonalak miatt

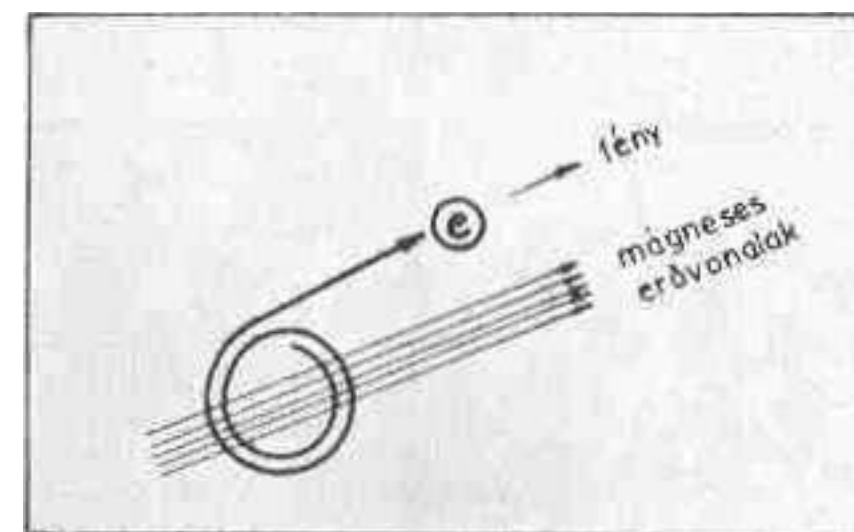


rint a mértéket jól érezhetővé tevő állandó. A fenti adatot mondják „fluxussűrűségnek” is és sokszor és sok helyütt  $\Phi$ -vel jelölik.

Kérdezhetné valaki: Egyáltalán mi kelthet elektromágneses hullámokat a természetben? — Könnyű rá felelni: Minden. A töltőtoll, amivel most írok: hőhullámokat kelt, hiszen molekuláiban, illetve atomjaiban „elég magas” (utóvégre a kezem miatt is), legalább  $273 + 36 = 309$  K fok a hőmérséklete (az ún. Kelvin-fokot, amely a legtöbb esetben a részecskék mozgása által keltett hőmérséklet mértéke, ma már csak K-val — és nem  $^{\circ}K$ -kal vagy  $K^{\circ}$ -kal — jelöljük). A töltőtollban az elektronok és az ionok különböző sebességű és amplitúdójú rezgőmozgást végeznek. Így keletkezik a *hőmérsékleti rádiósugárzás*. De éppen a fenti különbségek miatt ennek a sugárzásnak *igen széles a sávja!* Azoknak az elektromágneses hullámoknak, amelyeket *hétköznapi nyelven hőhullámoknak* nevezünk, legnagyobb hullámhossza kb.  $0,4$  mm ( $\sim 750$  GHz), ennél hosszabb hullámot (de már ezt is) távközlési (és egyéb) célra is használnak. A leg-rövidebb — szintén a fenti értelemben vett — hőhullámot kb.  $0,005$  mm hosszúnak vehetjük ( $\sim 60$  THz). A rövidülő hullámhosszak a fény felé (infravörös), a hosszabbodók

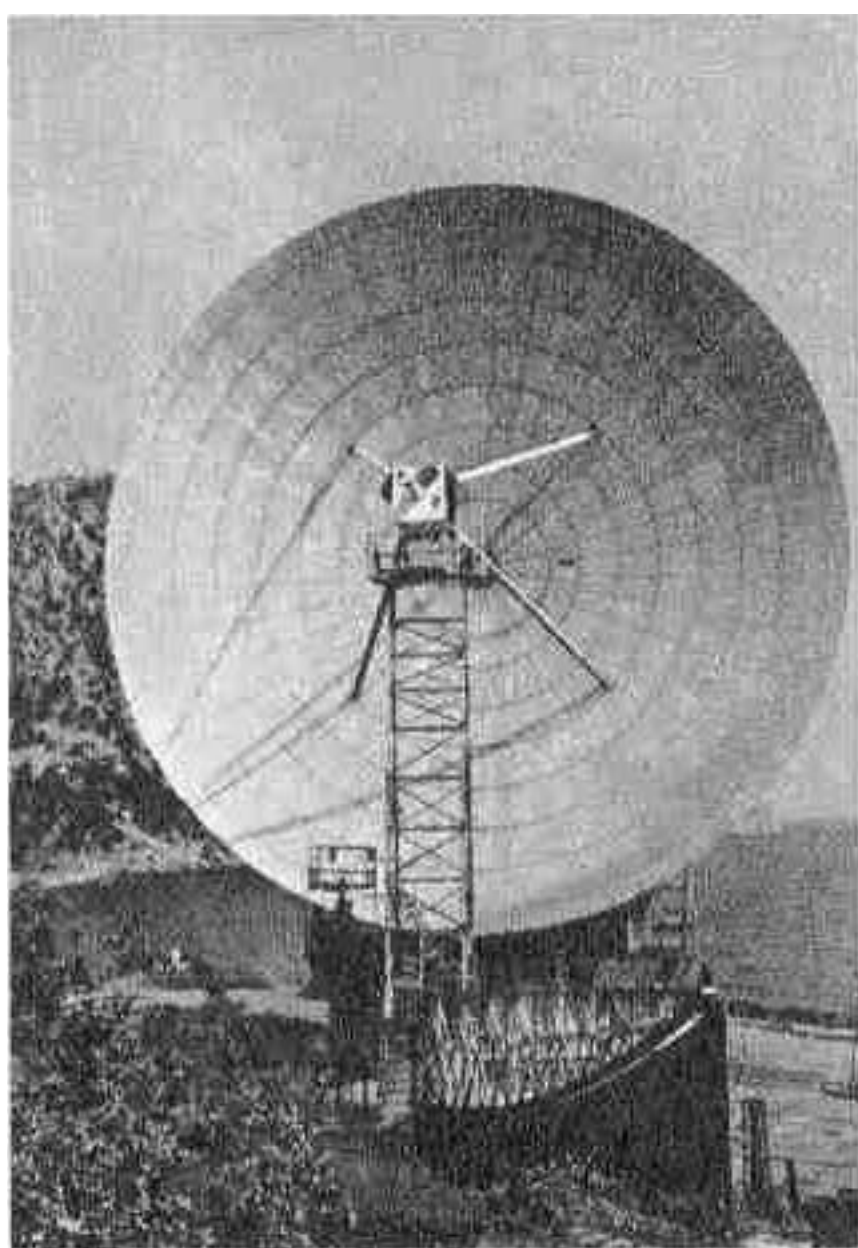
pedig a „rádióhullámok” felé mutatnak. (A „rádióhullámok” azért vannak itt idézőjelben, mert már megszoktuk, hogy távközlést a régen megállapított rádiósávban végzünk... Ez az idő már elmúlt!)

A „hétköznapi nyelv” is idézőjelben volt... Ismeretes a fizikából, hogy a sugárforrás teljesítménye a kisugárzott hullám hosszával fordítva arányos (az ún. abszolút fekete test esetében, amely a ráadott sugárzásból semmit se ver vissza és semmit se enged át). Így, ezen az elven pl. a röntgen sugárforrás is, meg a Kossuth adó is, mind lehet (ideális) hősugárforrás...



94. ábra. A majdnem fénysebességig felgyorsult elektron sebessége irányában elektromágneses sugárzást bocsát ki, esetleg fénysugárzást is

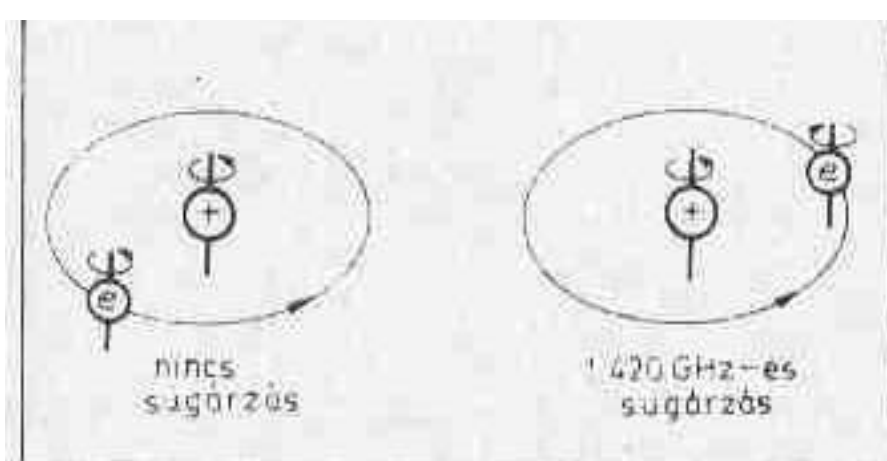




95. ábra. A Szimeizben (a Krim-félsziget nyugati oldalán) levő „nap-távcső” fényképe (Saikó János felvétele)

A természetben sokféleképpen jön létre elektromágneses rezgés, de általában visszavezethetők a különböző esetek arra a környékre, hogy az elektron (esetleg más részecske) változtatja a sebességét (gyorsul). A változás létrejöhet irányváltozás közben is (pl. körmozgás).

Erre nagyon sok példát találhatnánk, néhányat bemutatunk. Így pl. ismeretes, hogy az elektron egy (vagy több) mágneses erővonal körül körmozgást végez. Ha az elektronnak (vagy egyéb töltött részecskének) már volt a mágneses erővonal elérése (vagy éppen az erővonalak odaérkezése) előtt valamilyen irányú sebessége — és mikor nincs így? —, úgy a körmozgásból spirális mozgás lesz. Ez esetben is van sebesség(irány)változás és a részecske elektromágneses hullámot bocsát ki (92. ábra). A hullám hossza függ a részecske tömegétől és a mágneses tér erősségétől. Így fenn a földi ionoszférában a másodpercenkénti spirálisok száma kb. 0,7—1,7 MHz között van (de a nagyobb tömegű



96. ábra. A hidrogénatom sugárzása (ha az elektron tengely körüli forgása megváltozik)

ionok csak kb. 50 Hz-es sebességet mutatnak). Lásd: RT. 1979/III. 118. old.; Szabó István cikke.

Mostanában a mesterséges holdak elárlják, hogy pl. a magnetoszférában 0,5 Hz-től (!) akár sok száz kHz-ig képződnek elektromágneses hullámok (amelyeket idelelenn egyáltalában nem észlelünk).

A fenti módon keletkezett frekvenciákat nevezik *gyrofrekvenciának*. Ennek a hullámterjedési abszorpció számításában elég nagy szerepe van!

Amikor a Napon az egyik foltból a másikba áramlik az anyag, a képzelt mágneses erővonalak körül, elég jól látszik, hogy az anyagtömeg lassan „csavarodva” mozog a másik folt felé (93. ábra).

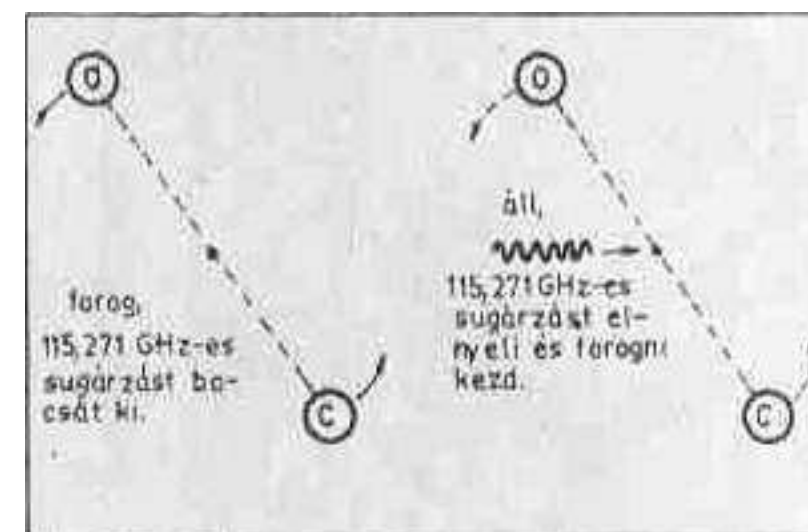
Ugyancsak a mágneses erővonalak körül keringő elektronok (de most csak az elektronok) bocsátják ki az ún. „szinkrotron” sugárzást. Ehhez azonban az kell, hogy az elektronok igen nagy (majdnem a fénynek megfelelő!) sebességre tegyenek szert. Az ilyen sugárzás (amelyet éppen a Földön a nagy gyorsítóknál vettek észre, innen a neve) frekvenciája éppen a szokásos rádiósávba esik. A kapott sugárzás, amely elég nagy elektronsebesség estében fény is lehet, csupán az elektron mozgása irányában látható (94. ábra).

Ehhez és hasonló természetes elektromágneses rezgések kimutatásához különleges berendezések kellenek, amelyeknek egyik legfőbb kelléke a nagy méretű reflektor, amely összegyűjti és a kis méretű antennára adja a hullámokat. Ilyen reflektort látunk a 95. ábrán. Ez a Szimeizben levő (a Krim-félsziget nyugati oldalán) egyik „nap-távcső” képe.

Amikor a gázcsepp nagy része már ionizált, a gázt plazmának nevezzük. Ebben sűrűn előfordul, hogy elektromágneses vagy mágneses hatásra az elektronok nagy tömege együtt, egy irányban és ugyanakkora sebességgel „rezeg”. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a plazma, a résztvevő elektronok mennyiségétől függően „oszillál”, rezeg. Ez az ionoszférában is előfordul (ezért tudunk rádiózni a segítségével). Nos, az ilyen „plazma-rezgés” a Napon is előfordul (nem a mi hatásunkra). Ebből következőleg is észlelhetünk „napzörejt”.

Honnan erednek az igen nagy frekvenciájú rezgések a természetben? — leszámítva a hőmozgást...

Ismeretes pl. a hidrogénatom sugárzása. Bár a világűrben levő rengeteg (ez nem is kifejezés) *semleges* hidrogén atom van, és ezek hőmozgása se lehet jelentékeny (hiszen kb. 0 K fokon vannak), mégis egy ún. „túl finom”, vagy „nagyon apró” („hiperfinom”) változás a hidrogén atomban máris rádióhullám kibocsátást eredményez. Amint a 96. ábra mutatja, a hidrogénatom egy pozitív protonból és egy körülötte keringő elektronból áll. Eközben mind a protonnak, mind az elektronnak van még saját tengely körüli



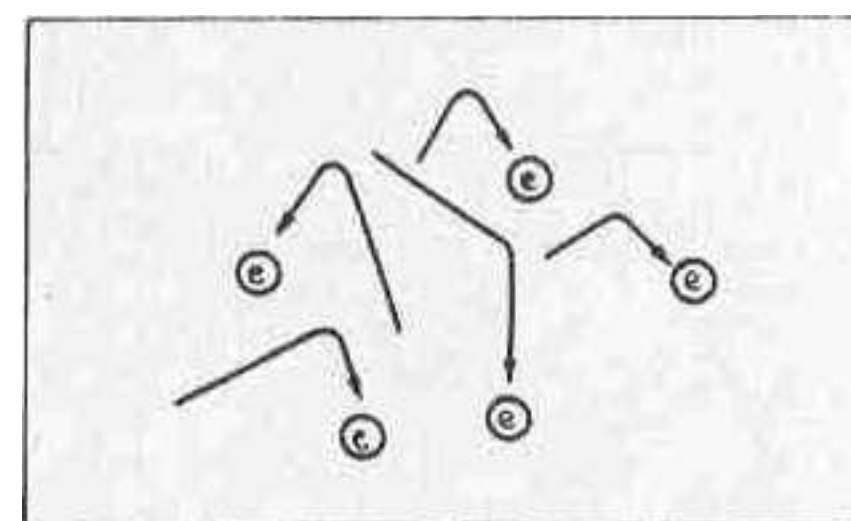
97. ábra. A szénmonoxid rádiósugárzása és elnyelése

forogása is. Ameddig ezek a forgások, illetve irányaik megegyeznek, kifelé semmi hatás nincsen. Ha azonban (pl. valamilyen mágneses hatásra) az elektron tengely körüli forgásának iránya ellenkezőre változik, azonnal létrejön egy 21,177 cm-es (1,420 GHz-es) „rádióhullám” (zaj). Megfelelő érzékenységgel (nagy parabolájú) berendezésekkel ezeket a hullámokat már lehet venni (mert rengeteg a gerjesztett hidrogén atom is), így fedezik fel a világűrben a különböző hidrogénfelhőket...

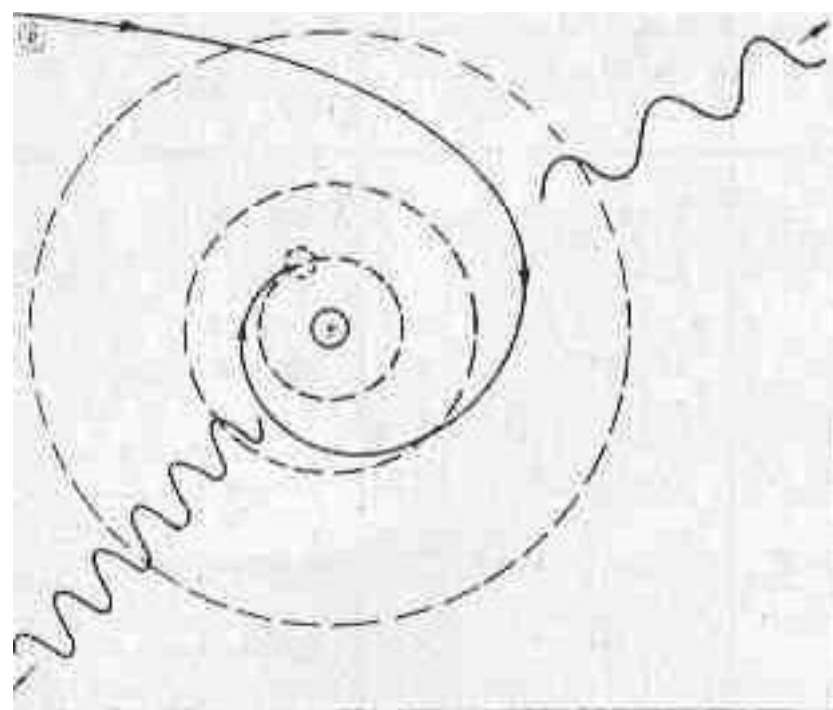
A szénmonoxid molekula is érdekes (97. ábra). Az oxigén (O) és a szén (C) molekula összetartozását szaggatott vonallal jelöljük. Ha a két molekula egy közös tengely körül forog, úgy 115,271 GHz-es sugárzást bocsát ki. Ha áll, és ugyanakkora sugárzást bocsátunk rá, úgy: forogni kezd és a sugárzást elnyeli (mind ezeket színképekből, fázisváltozásokból és polarizációs változásokból állapítják meg).

Számos, hasonlóképpen elképzelhető sugárzás van világunkban, ebből mi a legtöbbet (és a legerősebbeket) a Naptól kapjuk, ezeket a Nap „légkörének” gázai okozzák.

A gáz hőmérsékleti sugárzását már nem vehetjük olyan természetűnek mint más halmazállapotú anyagét. Ha a gáz hőmérséklete magas, már eleve (a hőmozgás miatt) ionizálódik (az egyes atomokról, legalább a legkülsőbb elektron leszakad), így nagyon sok (könnyen mozgó) szabad elektron keletkezik, ezek táncolnak igazán a „hőmérsékleti zenére”. E mozgásuk közben az útjuk egyenes, de pl. egy közeli (másik) elektron hatására, amely taszítja hirtelen más irányba fordul, majd megint egyenes lesz az útjuk



98. ábra. Az elektronok okozta hőmérséklet eredete (gyors irányváltozás, nagy sebesség)

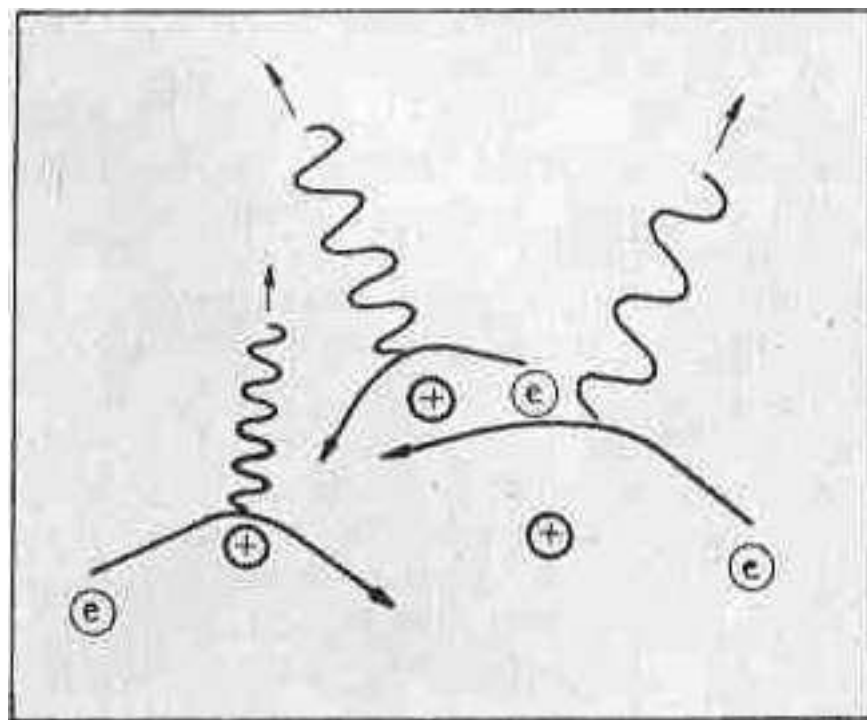


99. ábra. Az ion rekombinálódása közben keletkezett sugárzások

a legközelebbi „találkozásig” (98. ábra). Ez az elektronmozgás már magában előidézhet akár 10 000 K fokos hőmérsékletet is. Látjuk az ábrán a hirtelen, tehát kis sugarú irányváltozásokat (vagy sebességváltozásokat). Persze a pozitív részecskék is mozognak, de lassabban (a napszélben pl. külön kell mérni az elektronok és a protonok hőmérsékletét). Egyébként ezt nevezik a gázok kinetikus hőmérsékletének.

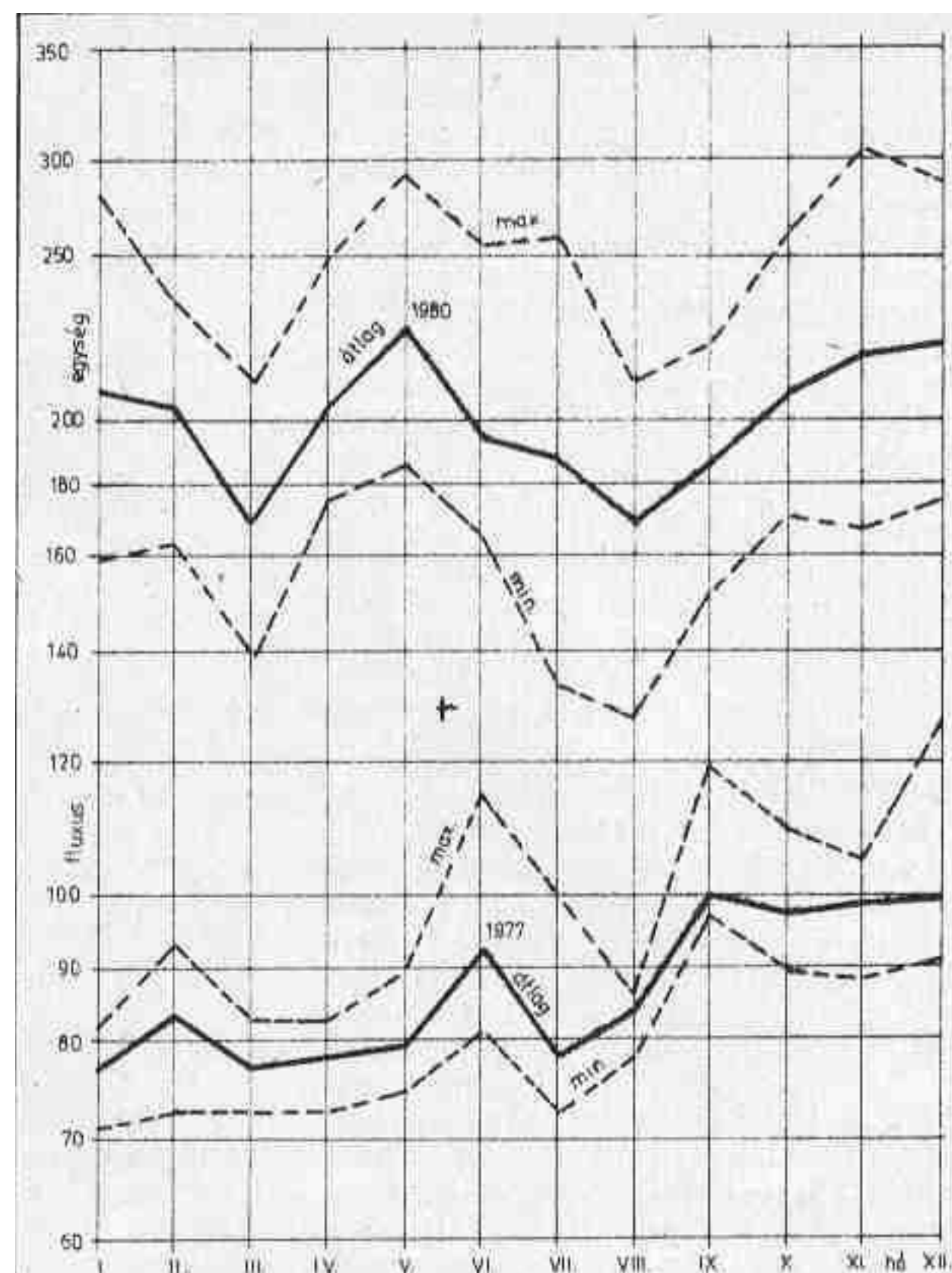
Ha egy elektron egy pozitív mag közelébe kerül (de nagyon-nagyon a közelébe), ennek vonzó ereje esetleg „beszippantja” magába az atomba (ha van hiányzó elektronja). Így az atom semlegessé válik, ez azonban megint sugárzással jár. Amíg ugyanis az elektron, nyilván spirális pályán behatol az atomba, közben áthalad annak különböző energiaszintjein (ezeket körökkel jelöltük az ábrán). A 99. ábrán jól látható, hogy a mozgási energiáját veszítő elektron az energiaszintek között lead ebből az energiából és ez sugárzást jelent. Nyilván minél magasabb (belsőbb) az energiaszint, annál több energiát, rövidebb hullámot ad le. Így is keletkezik a Napban bőven „napzaj”.

Ha az elektron messzebb halad el a proton mellett, úgy ez az elektront száguldása közben csak „meghúzza” maga felé, pályája természetesen ilyenkor is meggörbül, tehát sugár-



100. ábra. A protonok által „meghúzott” elektronok irányváltozása az eredete a napkoronából jövő rádióhullámoknak

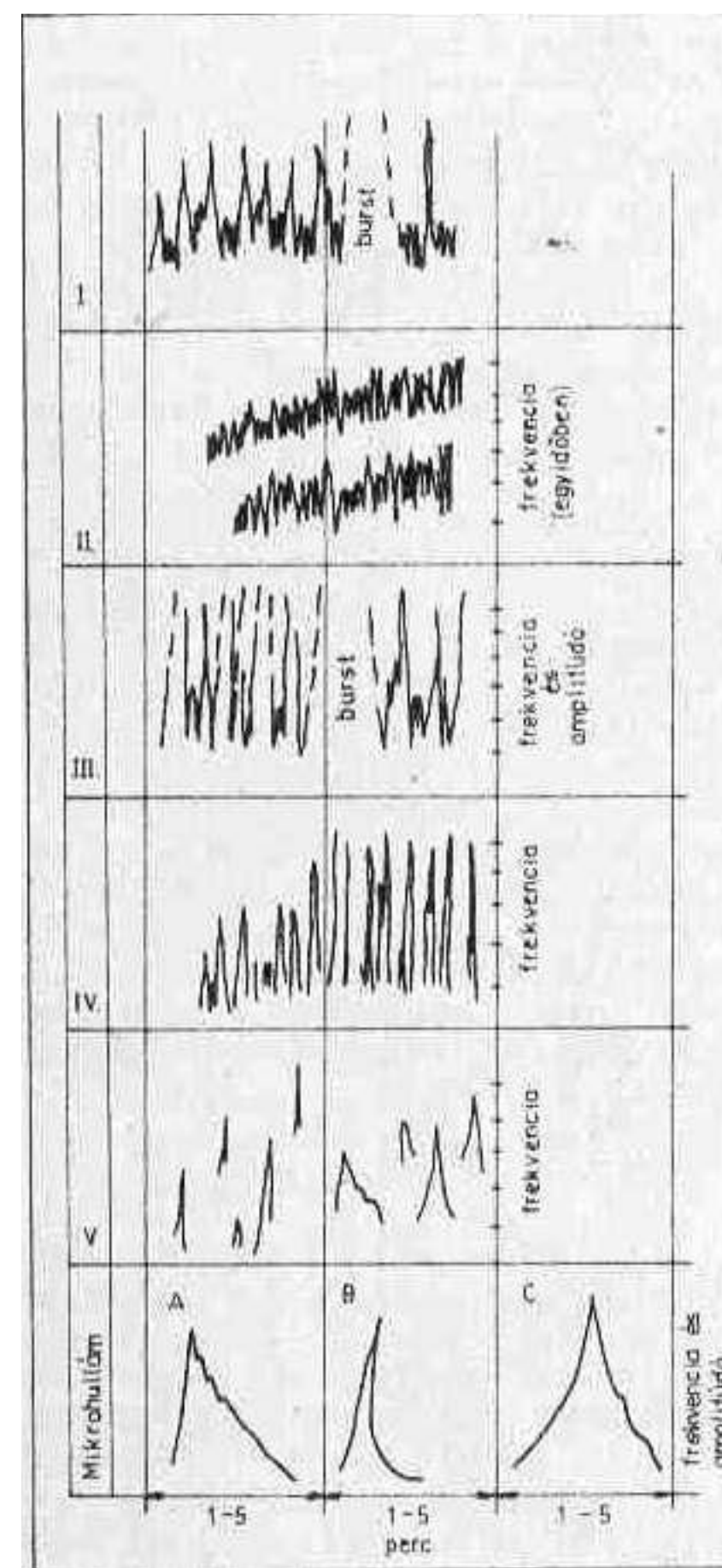
101. ábra. A 2,8 GHz-es napfluxus teljesítményének változása a naptevékenységgel (1977 és 1980-ban). Havi átlagértékek



zást bocsát ki. A sugárzás frekvenciájára irányadó ismét a pálya görbülete. Ezen a módon sugározza a Nap koronája a Földre a cm-es és a dm-es továbbá a méteres hullámokat (100. ábra).

A Nap sokféle frekvenciáját (rádiófrekvenciáját) sokféle mérik, regisztrálják, kb. 10 MHz-tól kezdve kb. 17 GHz-ig. Legalább 40 obszervatóriumban folyik ilyen regisztrálás. Egyes helyeken (pl. a Culgoora obszervatóriumban, 3,3 °S; 149 °E; URSI száma: 85 303) a frekvenciák hirtelen változásait is regisztrálják (ez nem is könnyű dolog, mert GHz-es változások is vannak). Mindezek elsősorban napfizikai érdekességűek, rádiós szempontból legfontosabb a 2,8 GHz-es frekvencia, mert az jellemzi a legjobban a Nap ionizáló sugárzását. Ez veszi majd át a napfoltok szerepét (talán nemsokára). Világszerte elsősorban az ottawai (45 °N; 71 °W; URSI száma: 18 406) 2,8 GHz-es adatokat használják. (Naponként adja a helyi déli időben kb. 10 percig mért adatok átlagát, pl. a párizsi GEOALERT-ben; itt a 2-vel kezdődő számcsoport belső három számjegye nyújtja az adatokat.)

Mindehhez azt is kell tudnunk, hogy figyelembe kell venni azt a körülményt is, hogy a Föld évi kerülménye között kb. 5 millió km-rel van távolabb (közelebb) a Naphoz, ez a távolság már számít a fluxussűrűségben. Ezért az adatokat átszámítják egy mindenkor átlagos naptávolságra, így a fentebb közölt képlet még kap egy kiegészítő szorzószámot: pl. januárban 0,967-et, júniusban: 1,032-et... Egyébként



102. ábra. A különböző típusú napfluxusok átlagos formájú rajzai, a frekvenciaváltozásokat (részben) csak a II-es típusnál lehet észrevenni, mert egyidejűleg fordul elő több sáv



minden ilyen zörejről csak átlagos értéket kaphatunk (vagy erősen összekuszált rajzot!).

Van a napzajoknak hirtelen, sokszor óriási mértékű amplitúdó-növekedése is, sokszor burstnek nevezhető (ha rövid). A „nyugodt” Nap idején a 2,8 GHz-es zaj értéke 64-70 körül kapható, de a naptevékenység növekedésekor ez is növekszik (mint ahogyan az ionizáló sugárzás időtartama és erőssége is). Ez a növekedés még folyamatos. Ezt mutatja be a 101. ábra, amelyen összehasonlítható az 1977-es és az 1980-as évek havi középértékeinek évi adata, menete (a maximumokkal és a minimumokkal együtt). A különbséget nem kell kommentálni...

Más a helyzet a hirtelen megnövekvő amplitúdójú (és rendszerint frekvenciában is erősen változó) burstokkal kapcsolatban. Ezek a napi értékek többszörösét is elérhetik, így pl. 1981. ápr. 26-án volt egy 8960-as teljesítményű, még hozzá 106 percig tartó burst (az adott szám a le-föl száguldó mutató legfelsőbb értékét mutatja az adott időtartamon belül). Másnap követte egy 3300-as értékű („csak” 40 percig). Volt azonban már 20 ezren felüli mértékű is... Az apróbbakat nem is érdemes említeni. Ezek a burstok mindig egy kitörő (vagy már kitört)

27/I. táblázat

Típusszám	A sugárzás típusa	Frekvencia	Sávszélesség	Eredet
I.	zajvihar. burst, állandó	≤250 MHz	ha állandó: 10-100 MHz, ha burst: 1-10 MHz	nem hő (?)
II.	lassú frekv. változású burstok	sokféle, de ~150 MHz.	20 MHz	plazmarezgés
III.	gyors változású burstok	10 MHz... több GHz	10 MHz. 100 MHz	plazmarezgés
IV.	állandó	komplex rádiósáv	néhány oktáv	szinkrotron
V.	állandó	200 MHz... sok GHz	0.1 MHz... 300 MHz	szinkrotron
Mikrohullámú	állandó, de burst is	1-20 GHz	néhány oktáv	hő(?) szinkrotron

flért jelentenek, ezért is érdekelhetik a rádiósokat is.

#### 4.5.2.1. A napfluxusok fajtái

A fajtákat sokféle tulajdonság adja meg, nem is lehet egyszerűen jellemezni vagy ábrázolni őket, hiszen az amplitúdók összevesznek a frekvenciákkal, a menet így nehezen ábrázolható. Megpróbáljuk legalább az URSIGRAM-okban emlegetett fajtákat (I, II, III, IV, V és mikro-

hullámú) egy táblázatban a legegyszerűbben leírni (27/I. táblázat), továbbá a 102. ábrán a különféle adatokat bemutatni, a teljesség nagyon távoli kielégítése nélkül...

(Folytatjuk)

Irodalom:

H.J. Smith és E.P. Smith: Solar Flares  
 Machmillian Company, New York, 1963.  
 N.Robinson: Solar Radiation  
 Elsevier Publishing Company, New York, 1966  
 A.Krüger: Physics of Solar Continuum Radio Bursts  
 Akademie-Verlag, Berlin, 1972.

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 28.

Dr. Flórián Endre fizikus, HA5KfV

## 4.5.2.2. A napfluxusok előrejelzése

A rádiózás mai ismeretei szerint is az ionoszférikus terjedési lehetőségek előrejelzési alapjául még mindig az (előrejelzett) *napfolt-relatív-számokat* tekintik! De mivel sehol se szeretik a hosszú kifejezéseket, alig találjuk már a szakirodalomban is a „relatívszám” megjelölést. A rövid kifejezések uralják már a tudományos világot is. Az okfejtés valószínűleg a következő: egy erősen rövidített kifejezést, elnevezést — adott helyen — vagy hozzáértő valaki olvas el (hall meg) és akkor úgyis tudja miről van szó..., vagy hozzá nem értő füléhez, szeméhez jut el, akkor pedig úgyis hosszú, esetleg hiábavaló magyarázatra lenne szükség! Így keletkezett a sokféle rövidítés, használták a tényleges elnevezés kezdő betűit (pl.: *Radio Detecting and Ranging*-ből lett a *RADAR*), vagy egy „fedőnév” ragadt rá valamire (pl.: *tank* — tartály), de ismerünk más rövidítést is, pl.: HAM QTC...

Ne csodálkozzunk tehát, ha a „sunspot number” szavakat találjuk meg a CCIR, az URSI és más hivatalos kiadványokban is, mint az előrejelzések „alapjait”. No és a „fluxusnak” ejtett szó se üsse meg fülünket, ha a Napról vagy a rádiózásról van szó.

Amint említettük, a Nap különböző típusú rádiófluxusait sok helyütt regisztrálják — de sajnos nem elég régen! Hiszen csak a második világháború vége felé fedezte fel Hey angol fizikus, hogy a Napból rádiósugárzás is érkezik a Földre. Sok idő elmúlt addig, amíg *regisztrálásra* is sor került. Már pedig amíg valamit (jelenséget, amely folyamatosan, de nem egyenletesen zajlik) nem regisztrálunk, addig következtetéseket se lehet levonni a kapott adatokból. Ilyen regisztrálások csak kb. 20—25 éve folynak (a sokféle frekvencia miatt nem is lehet pontos adatot kapni). Ez az időtartam pedig legfeljebb két naptevékenységi ciklus!

Így aztán a következő furcsa helyzet állott elő: igaz ugyan, hogy — a napfoltok keletkezésével ellentétben — ebben az esetben eléggé ismerjük a fizikai okokat (sőt ma már sokszor a naprajzi forráshelyeket is), de az előrejelzés számára mégse marad más eljárás, mint a *statisztika*. Ehhez pedig a kb. két ciklusnyi időtartam bizony kissé kevés!

Hol találjuk meg ezeket az előrejelzéseket? *Egy évre előre* (közbeeső kiigazításokkal) és pedig minden hónapban további egy-egy hónappal előre, a „*Telecommunication Journal*” (a Nemzetközi Távközlési Unió = International Telecommunication Union) havi „magazinja” közli a 2,8 GHz-es napfluxus előre várható havi átlagos értékeit, havonként. Az előrejelzés készítését a CCIR (International Radio Consultative Committee) titkársága szervezi, több intézmény bevonásával.

Rövid lejáratú (három napra szóló) 2,8 GHz-es napfluxus-előrejelzést készít a többször emlegetett, amerikai *Boulder*. Ezeket (a majd részletesen is ismertetendő) URSI-GRAM-okban adják le naponként. Emelkedő számuk javuló, csökkenő számuk rosszabbodó terjedési körülményeket jelent. A Boulderből származó előrejelzések készítési módját nem közlik ugyan, de erősen gyanítható, hogy valami közük van hozzá az amerikaiak Nap körül, bolygóként keringő mesterséges égitestek is, mert az előrejelzések elég sikeresek...

Mindezek az előrejelzések a 2,8 GHz-es napfluxus napi legnagyobb (tehát helyi időbeli, déli) értékét adják meg (illetve egy-egy hónapra ezeket az értékeket átlagolják).

Ezért találjuk pl. a *Telecommunication Journal* megjegyzései között a következő kitélét: *17 UT időpontra vonatkozik*. Ne felejtjük a legrégebbi regisztráló állomás *Ottawában* van (Kanada) és UT idő szerint ott akkor van a helyi 12 óra (erre már előzőleg is utaltunk).

## 4.5.2.2. A napfluxusok felhasználása ionoszférikus előrejelzésre, átalakításuk

A napfluxusok „számértékei” éppen úgy felhasználhatók lehetnének ionoszférikus előrejelzésekre (talán jobban), mint a napfolt-relatív-számok. Igen durván kifejezve mindkettőnél az emelkedés nagyobb mértékű ion- (elektron-) sűrűséget jelent — elsősorban — az F2-rétegben, tehát a magasabb rádiófrekvenciák használatának lehetőségét jelzi.

Ez azonban így egyszerűen igen durva becslés. Az előrejelzési adatok végeredményben a Földön elhelyezkedő ionoszféra-mérő állomások napi (óránkénti) adataiból készülnek, amelyeket különböző naptevékenységi időszakokban mértek. Ezekből számítható, hogy pl. az F2-réteg az adott ponton mekkora legmagasabb frekvenciával használható 3000 km-es távolságra (vigyázat: az adott pontból 1500 km-es sugárral húzott kör 3000 km-es átmérőjű mentén). Ez a 3000 km-es adat egyébként legbiztosabban az ionogramból olvasható ki. A 4000 km-re szóló előrejelzéseket már az előbbi adatokból *számítják!*

Mindezeket az adatokat, tehát a mérő állomások adatainak napszakos, évszakos és naptevékenységi statisztikái adják egy (már előzőleg megélt, de most) előrejelzett naptevékenységi *mérőszámra*. Nos, itt éppen ez a mérőszám az érdekes.

A napfolt-relatívszám előrejelzésekről és értékeiről már szóltunk, a 2,8 GHz-es fluxus adatairól szintén. Vajon hogyan használhatók fel előrejelzések összeállítására?

Mint említettük az előrejelzési számításokat a mai napig csupán a napfolt-relatívszámokra alapozták, még pedig (régebben) olyan szemlélettel, hogy az *ionizáció mértékének* (a réteg elektronsűrűségének) *növekedése egyenesen arányos a napfolt-relatívszámok növekedésével*. Így pl., ha tudjuk, hogy egy mérő állomáson  $R = 10$ -es napfolt-relatívszám esetén az fOF2 helyi déli értéke,



mondjuk, 4 MHz, ugyanitt  $R = 100$  esetén pedig az  $f_0F2$  ugyancsak déli értéke 10 MHz, akkor  $R=50$  esetében az  $f_0F2 = 7$  MHz lesz. Ezt persze kissé komplikáltabban írták le, így:

$$f_0F2 = f_{010} + 0,01 \cdot (f_{0100} - f_{010}) \cdot R.$$

Ebben az  $f_0F2$  az F2-réteg éppen helyileg megállapítani kívánt *határfrekvenciája*; az  $f_{010}$  = a *határfrekvencia* ugyanott  $R = 10$  esetén, amelyet régebbi mérésekből ismerünk;  $f_{0100}$  = az a szintén, már mérésekből ismert *határfrekvencia*, amelyet  $R = 100$  napfolt-relatívszám esetén ugyanott már mértek. Az  $R$  maga az éppen (mondjuk előrejelzésből kapott) esedékes napfolt-relatívszám.

Nézzünk meg egy példát, mondjuk Magyarországra, legyen az  $f_{010} = 5$  MHz (a helyi idejű, déli időpontról van szó), az  $f_{0100}$  pedig = 11 MHz, az esedékes napfolt-relatívszám (előrejelzésből)  $R = 50$ . Helyettesítsünk be; végezzük el a műveletet:

$$f_0F2 = 5 + 0,01(11 - 5) \cdot 50 = 5 + 3 = 8 \text{ MHz.}$$

A tapasztalat szerint ez az érték sokszor megközelítette a valóságot! A baj, még hozzá a nagy hiba, csak akkor következett be, amikor a napfolt-relatívszámok — enyhén szólva — meghaladták a 100-at (a 19. és a 20. naptevékenységi ciklus alatt is előfordult az *átlagos, havi 200-as érték!*). Ha pedig a napi adatokat nézzük még nagyobb lesz a megütközésünk, hiszen 1980-ban 400 fölé is emelkedett az  $R$ ! (E cikk megírásáig 1981-ben több hétig volt 250 felett és több napig 300 felett a *napi* napfolt relatívszám!)

Mit mond erre a „szabály”? Azt mondja, hogy a fenti összefüggés  $R > 100$  esetében is érvényes! (Itt persze közbelép a zürichi 8, azaz nyolc cm átmérőjű, lassan már 400 éves távcsőhöz való igazodás...).

Nos, nézzünk meg egy ilyen esetet, mindjárt behelyettesítve, legyen az éppen időszerű napfolt-relatívszám  $R = „csak” 300$ , ekkor:

$$f_0F2 = 5 + 0,01(11 - 5) \cdot 300 = 5 + 18 = 23 \text{ MHz}$$

Kb. 1954-től 1974-ig ismerem a hazai „ionoszféra viszonyokat”, legalább ugyanennyi időre a Föld sok állomásait. Ekkora F2 határfrekvenciák csak a sarki sapka alatt fordulnak elő, ott is igen ritkán. Nálunk — sohasem!

A számítással (inkább az *elképzeléssel*) tehát valami baj van. Ezt már a 19. naptevékenységi ciklus alatt észre lehetett venni és — talán ez megbocsátható egy kutatónak — valamit *cselekedni is kellett*. Az MTA-nak beadott, alaposan alátámasztott értekezést elfogadták, amely szerint a napfolt-relatívszámok emelkedésével nem lineárisan arányos a határfrekvenciák emelkedése (a részletezés nem érdekes, egy

későbbi ábrán észrevehető). Közlétről (főleg külfoldiról) akkor (1962) szó se lehetett.

No, de másutt is élnek kutatók! Legtöbbjének több a lehetősége és a tehetsége is, így kb. 6 év múlva már az *összes ionoszférikus előrejelzések a nemlineáris összefüggéssel* készültek. A változás — a könnyebb felhasználhatóság kedvéért — csupán annyi volt, hogy nem görbék, hanem három részre tört egyenes vonaldarabok adják meg az adatokat (103. ábra).

Miért kellett mindezt ismertetni? — Mert időközben (1965 — 1970 között) már elkészült a „gépi előrejelzés” módszere, *ebben már nem ismerik a lineáris összefüggéseket*... Ez a gépi módszer kitűnő eredmény, de kevesebben használhatják, mert sokkal több adatot kíván, mint az a régi (1945-ös) amerikai, amelyiket vonalzókkal is el lehet készíteni, és se 100 km-es távolság, se néhány MHz, se a közbeeső ionoszféra állapota nem számít benne. Kicsire nem nézünk alapon, háborús időben készült.

Amellett van egy mégis elavultnak tekinthető, nem jó tulajdonsága: ez is a napfolt-relatívszámok felhasználásán alapszik! Illetve: ez a „gépi előrejelzés” felhasználhatja éppen a napfluxus értékeit is, de — és itt a hiba — ezeket csupán a napfolt-relatívszámokkal való összevetésből eredő összefüggésből veheti át.

Ha alaposan megnézzük egy olyan ábrát, amelyen ez a két adat (a napfolt-relatívszámok és a 2,8 GHz-es napfluxus) együtt, egyidejűleg szerepel (pl. a 26. folyt. 91. ábrája), rögtön láthatjuk, hogy közöttük az

összefüggés (még ilyen kis időtartam alatt sem) lehet valami egyszerű. Ám, a számításokat mindig nagy számok középértékeivel végzik és akkor könnyen kisimulnak, sőt „egymáshoz is simulhatnak” a görbék (vagy jelen esetben éppen az egyenesek).

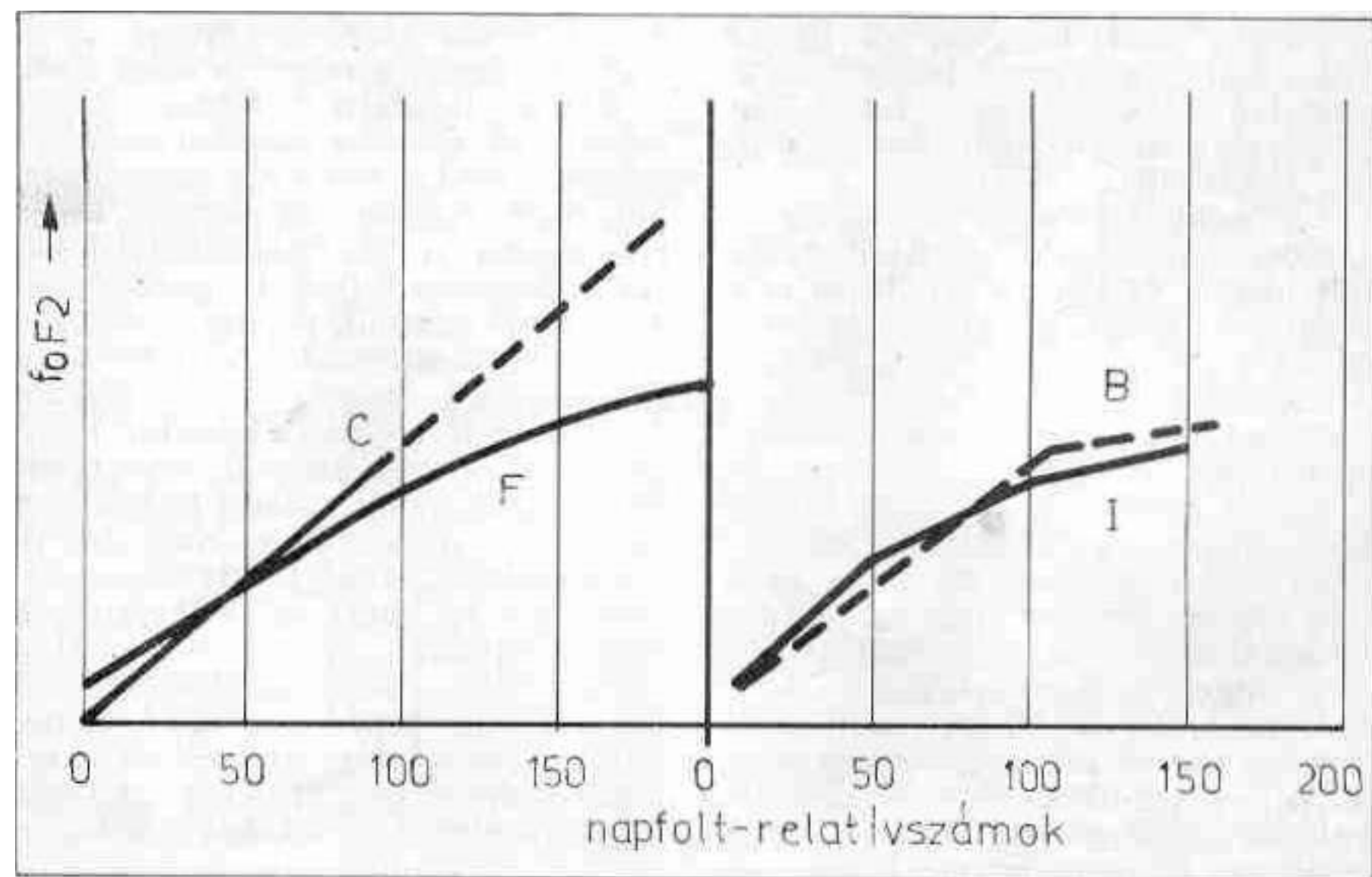
Így tulajdonképpen a gépi előrejelzésben a napfluxus használata esetén is: a napfolt-relatívszámokat veszik figyelembe!

Talán ismét felhozható: ezt is kissé görbe szemmel nézi az ember! Annál is inkább, mert a gépi előrejelzés már komoly gömbháromszög-tani, antenna-sugárzási, továbbá ionoszféribeli, sőt földmágnességi adatokat is felhasznál az előrejelzés készítése közben. Miért kell ezt elrontani egy „simítás” kedvéért?

A görbe szem ismét tulajdonom volt és három évi kísérletezés alatt megpróbáltam kidolgozni egy, valóban a fluxusra vonatkozó összefüggést. Szégyen, de meg kell azt is mondani: itthon senkinek se kellett, máshová pedig: nem vihető...

Jellemző, hogy az 1965-ben kiadott „Ionospheric Radio Propagation” a „solar flux” néven még csak a Napból érkező fotonokra utal (pedig ez a könyv ma még nálunk hullámterjedési „bibliának” számít és nélkülözhetetlen).

A kétféle adat „összesímitása” persze azért mégse ment olyan könnyen. Később (1972-ben) már többen is gondoltak arra, hogy ezt a kérdést alaposabban megvizsgálják: hogyan lehetne a *fluxus értékektől a leghűbben átalakítani napfolt-relatívszámokká?* Így pl. Stewart és *Lefiin* (persze mások is) végeztek számításokat. Az említettek eredménye a következő:



103. ábra. Előrejelzési összefüggések az  $f_0F2$  és a napfolt-relatívszámok között. A bal oldalon a CCIR említett lineáris összefüggést mutató egyenese, amelyet a 100-as napfolt-relatívszám felett már szaggatott vonal jelez (C). Alatta a saját görbe (1962). A jobb oldalon (kb. 1968-tól kezdve) a 10-es napfolt-relatívszámmal kezdődő (I-vel jelölt: IZMIRAN) folyamatos vonalú, hármas felosztású (10-50-100-150) és az ugyanott kezdődő, de kettős felosztású (10-110-160), B-vel jelölt (Boulder-féle) összefüggés

$$R = \sqrt{95\,524 + 1123\phi - 408,8}$$

Ezek a furcsa számértékek már csak azért is megjelentek, mert  $R = 0$  esetén még bőven van „ionoszféra” és vígan rádiózunk, a fluxus értéke pedig sohasem éri el a nullát.

Annak a némi bizonyítására, hogy a napfolt-relatívuszámokat mekkora komolysággal vitték bele az előrejelzések számításaiba, bemutatok néhány egyszerű példát. Így pl. az f0F1-nek, vagyis az F1-réteg valamely földrajzi ponton, adott órában bekövetkező határfrekvenciájának az értékét (első közelítésben) így számítják:

$$f0F1 = (4,3 + 0,01R) \cdot \cos^{0,2}\chi \text{ [MHz]},$$

ebben az f0F1 az F1-réteg megismerendő határfrekvenciája; az R az éppen esedékes napfolt-relatívuszám; a  $\chi$  az adott időpontban a napállás szöge (ezt a zenittől, mint  $0^\circ$ -tól számítjuk „lefelé”, ez megadja a napszakot is). Ez a kitevő fenn = 0,2, de értéke még függ az évszaktól (és ezért 0,18 és 0,25 között változik), függ még kisebb mértékben a földrajzi hosszúságtól is, éppen úgy, mint pl. a 4,3-es tag...

A képlet felírásának a módját talán a hazai szokások szerint is, részletében, megismétlem: a  $\cos^{0,2}\chi$ -t így is felírhatjuk:  $(\cos\chi)^{0,2}$ .

Nem akarok messzire előremenni

a leírásban, de időszerűnek látszik most a naptevékenység befolyásának ábrázolása a rádióhullám abszorpciójára is (Loss ionospheric = Li), ez persze a D-rétegre vonatkozik:

$$L_i = \frac{677,2 \sec \varphi}{(f + f_H) \cdot 1,98 + 10,2} \cdot \sum_{j=1}^n I_j \text{ [dB]}$$

Ebben Li az abszorpció dB-ben; a függőlegestől számított  $\varphi$  szög alatt érkezik be a rádióhullám a D-rétegbe; f = a felhasznált frekvencia (MHz-ben);  $f_H$  = a girofrekvencia a visszaverődés helyen, 100 km-es magasságban (MHz-ben); a j = 1-től n-ig a talaj és az ionoszféra között megtett ugrások száma; az Ij egy külön összefüggés:

$$I_j = (1 + 0,0037R) \cdot (\cos 0,881\chi)^{1,3}$$

Itt az R az éppen időszerű napfolt-relatívuszám; a  $\chi$  az abszorpció régió feletti napállásszög (mint előbb is, most azonban a szöget előbb meg kell szoroznunk 0,881-el, aztán képezzük a koszinuszát, majd ezek után fel-emeljük 1,3-es hatványra). Az Ij nyilván annyiszor szerepel, ahány ugrást tett meg a rádióhullám a céljáiig és az is nyilvánvaló, hogy az Ij értékek közben változnak, ezeket kell összeadni ( $\sum$ ).

Ha valaki alaposan megnézi ezt a képletet (amely nem valami, mindig gyanús „modell” eredménye) észre-

veheti, hogy: nem olyan nagyon-nagyon jó az a magas napfolt-relatívuszám a rádiósoknak! Mert: 1) szorozóként már magában növeli az abszorpciót, 2) a  $\sec\varphi$  nyilván a D-rétegen áthaladó hullám útjának hosszát jelenti, ez pedig, igaz, annál hosszabb, minél laposabban fut a hullám, de az is igaz, hogy a D-réteg annál vastagabb, minél nagyobb az R!

Az IZMIRÁN-nak az f0E-re vonatkozó képletét nem közlöm: nem szeretem, ha a szedők görbe szemmel néznek rám...

A nemzetközi ionoszférikus terjedési előrejelzések tehát szépen fejlődnek és igen jól használják is őket (már akik értenek hozzá), de éppen mert hosszabb távra készülnek, a közbeeső időszakokra szükségünk van a rövid lejáratú előrejelzésekre is. Ezeket vagy készen olvashatjuk ki az URSIGRAM-okból, vagy magunk készíthetjük el az adataiból.

( Folytatjuk)

#### Irodalom:

Kenneth Davies: Ionospheric Radio Propagation; National Bureau of Standards, Monograph 80; 1965.  
CCIR Report 340 International Telecommunication Union (ITU), Genf, 1967.  
CCIR Report 252-2 ITU; Genf, 1970.  
Supplement No.2, to Report 340 ITU, Genf, 1974.  
Telecommunication Journal számai, ITU, Genf



## Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 29.

dr. Flórián Endre okl. fizikus, HA5KFV

Az eddigiekből megismertük a napfluxusok (általában) mért frekvenciáit, felhasználásukat, átalakításukat a napfolt-relatívszámok értékeire. A mérőberendezések nagy felfogó ernyőjét is láthattuk. Nézzük meg most röviden magát a vevőberendezést. Ehhez érdemes sejtetnünk, hogy tulajdonképpen mekkora térerősségekről van szó az ilyen rádiójajok vételénél. A 27. folytatásból ismerhetjük, hogy egy  $m^2$ -re és egy Hz-re eső teljesítménysűrűséget mérnek, amelynek értékét még osztani kell  $10^{22}$ -nel.

Legyen példánkban a 2,8 GHz-es napfluxus legkisebb értéke (amikorát eddig mértek), kerek számmal: 60 és nevezzük el N-nek. A fentiek szerint értelmezett teljesítménysűrűséget átszámíthatjuk V/m-re a következő képlet szerint:

$$N = E^2/Z_0$$

Itt az  $E$  = a térerősség V/m-ben, a  $Z_0$  = a légüres tér hullámellenállása (~40; a levegőé: 41,5 ohm). Az  $E$ -t kifejezve és az adatokat behelyettesítve kapjuk:

$$E = \sqrt{N \cdot Z_0} = \sqrt{60 \cdot 10^{-22} \cdot 40} = 0,000\ 000\ 000\ 49\ V/m,$$

azaz fél ezred  $\mu V/m$ !

Előfordult a közelmúltban nem egyszer  $N=300$ -as érték is, ez ötszöröse a fentinek. Amikor „zajkitörés” van és ennek felső értéke eléri akár a 20 000-es számot is, természetesen egyszerű berendezéssel is kaphatunk (és kaptak az amatőrök is) napzörejt. Ilyen eset azonban igen ritkán fordul elő.

Az igazság kedvéért (és mert kaptam ilyen kérdést is), meg kell jegyezni, hogy a fenti érték: egy Hertzre vonatkozik a megjelölt 2 800 000 000 Hz-ből! Amennyiben, tehát valaki *nem* a fentebb is jellemzett, *hivatalos adatra* kíváncsi, hanem egyszerűen az *adott frekvencián mérhető jel erősségére* (amely a Napból származik), az átszámítás egészen más értéket mutat:

$$E = \sqrt{60 \cdot 2,8 \cdot 10^9 \cdot 40 \cdot 10^{-22}} = \sqrt{6720 \cdot 10^{-13}} = 26\ \mu V/m.$$

így már elképzelhető a vétel, de az így kapott érték *nem kalibrálható a hivatalos adatra*, hiszen hiányzik belőle még a  $m^2$ -re való hivatkozás is. Ezt nem is tudnám átszámítani... A változásokat (növekszik, csökken) észlelhetjük ugyan, de rendkívül drágán, hiszen ez az adat (a kétnapos előrejelzésével együtt) rádión, naponként többször is vehető... Egy 2,8 GHz-es vevő építése pedig, a kívánt frekvencia-stabilitással és zörejmentességgel — gondolom — nem egyszerű és nem olcsó dolog.

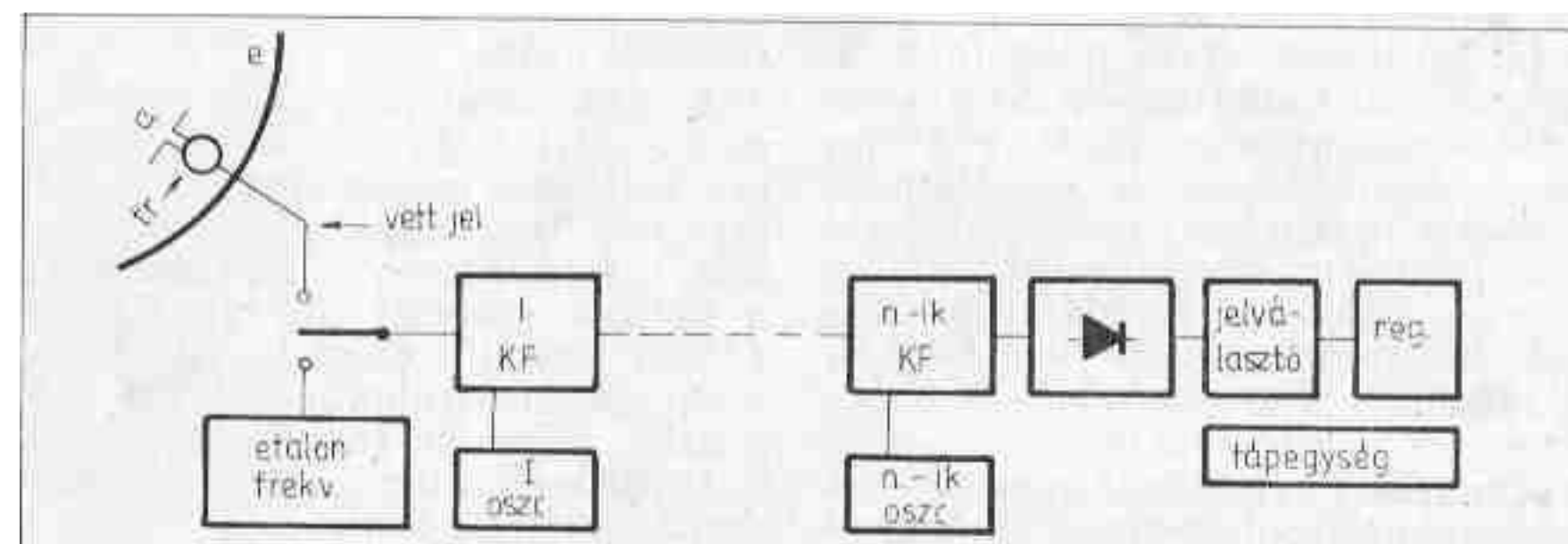
Az egy Hz-re eső átszámítás arra való, hogy a különböző frekvenciákon vett fluxusokat össze lehessen hasonlítani a jel erőssége szempontjából.

A napzajok vétele általában egy, szinte lehetetlenül kis zajú, tranzistoros előerősítőt követő, parametrikus erősítővel történik (az előerősítő kb. 10-szeres), majd (néha sokszoros) frekvenciaváltás és (összesen) kb.  $10^{10} \dots 10^{12}$ -szeres erősítés után egyenirányítják a „rádiófrekvenciát”, mégpedig hosszú, esetleg 1–10 sec-os időállandóval, a rendszertelen jelek miatt rövidebbel nem érdemes. A regisztrálás a már „hangfrekvenciává” alakított

jel logaritmikus erősítése után, gyorsan futó szalagra történt (még, amikor kb. 12 évvel ezelőtt láttam, azóta mikroprocesszorok segítségével a kész értékeket iratják ki). A hangfrekvenciára a napfizikusok nem kíváncsiak, de a látogatók kedvéért azt is, külön ki lehet vezetni...

Csak egy frekvencia vétele esetén is (különösen, ha az GHz) szükség van a parányi antenna és a közvetlenül rákapcsolt előerősítő hűtésére, mert az antennában és az első tranzistorban is az elektronok hőmérséklet okozta mozgása is zajt okoz. A frekvencia stabilitásának ellenőrzése (esetleg javítása) érdekében egy különlegesen stabil jelforrás is kívánatos, amelynek a frekvenciája egyezik a vett frekvenciával. A vett és a helyileg előállított (etalon-) frekvenciát sec-ként (általában a helyi hálózat szerint) 50..60-szor hasonlítják össze úgy, hogy az erősítő „földi” részét hol az antennára, hol az etalonfrekvenciára kapcsolják. Az egyenirányítás után egy külön egység választja szét a jeleket.

A vevőberendezés erősen egyszerűsített tömbvázlatát a 104. ábrán látjuk, a hűtés külön ábrázolása nélkül. A hűtést általában folyékony héliummal végzik, amely a kábeleket burkoló csöveken áramolva jut el az antennát és az elő-



104. ábra. A napzajvevő berendezésének egyszerűsített tömbvázlata  
a = antenna; e = a jeleket az antennára verő ernyő; tr=igen kis zajú tranzisztor. A többi részlet ismeretes

erősítőt tartalmazó, különleges anyagú és építésű műanyag dobozba, majd vissza a kb. -200 fokos hűtőberendezésbe.

Természetesen, amikor a napzaj frekvencia-változásait is regisztrálni kívánják, a vevőberendezés is, meg a kijelzés is komplikáltabb (több helyütt működik ilyen vevő is).

#### 4.5.3. A napszél

Napszélnek nevezzük a Napból *mindenkor kiáramló*, általában elektronokat, protonokat, de igen sokszor fémek ionizált atomjait is tartalmazó „gázkeveréket”, amely sebes mozgással árad szét a naprendszerben. Ez az „állandó napszél”. Különösen a benne található elektronok hőmérséklete igen magas. A *Voyager 2* űrszonda mérése szerint (1977 — 79) pl. a Földtől mérhető 200 és 700 millió km közötti távolságban a szétáramló elektronok hőmérséklete  $10^4$  és  $10^5$  K (Kelvin-) fok között ingadozott. Sok mérés szerint nagy térségben a napszél anyaga izotermikus gázhoz hasonlít (kevés benne az időben és térben is a hőmérséklet változása).

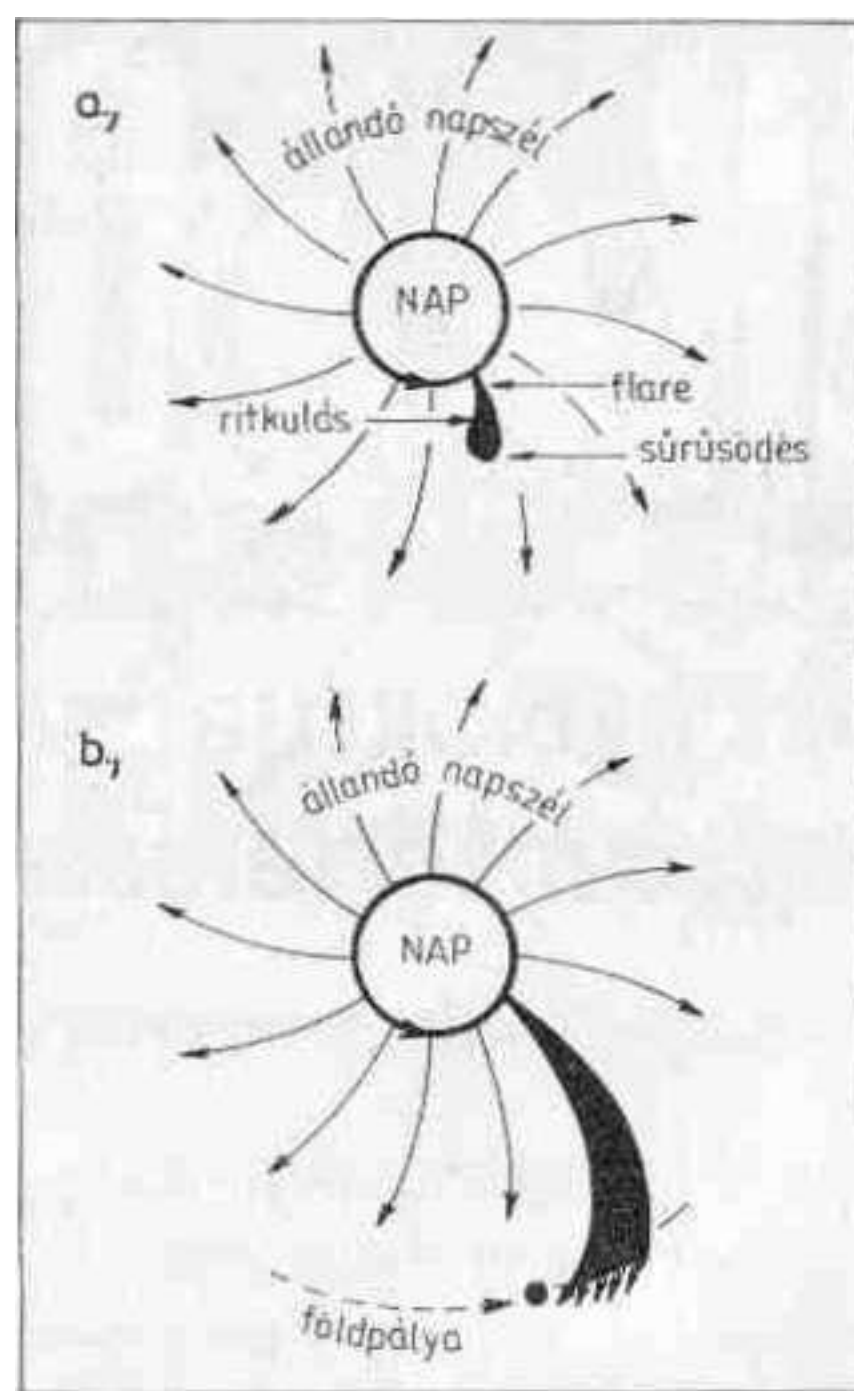
##### 4.5.3.1. A napszél adatai, mérése

Az állandó napszél sebességét átlagosan és kerekén 400 km/sec-nak vehetjük. Ekkora sebességgel kb. 4 nap és 7 óra alatt éri el a Földet a Napból kiindulva, sűrűsége 5—10 részecske  $\text{cm}^{-3}$ .

Más a helyzet, ha a napszél tulajdonságait „mikro-viszonylatban” vizsgáljuk, vagyis csak kb. 100 km-es részleteket mérünk. Ekkor sem a hőmérsékletet, sem a sűrűséget nem találjuk annyira egységesnek, sőt a sebességet sem... Miután a napszélben elektromosan töltött részecskék mozognak, ezek mozgása elektromos áramot jelent, az elektromos áramnak pedig mágneses tere van, ezért a napszélben — mondhatjuk: a bolygóközi térségben — különböző helyeken különböző erősségű (és polaritású) mágneses terek is találhatóak. A különbségek csekélyek, olykor csak pár gammát tesznek ki. (A *gamma* =  $\gamma$  =  $10^{-5}$  gauss, a SI rendszerben ez  $10^{-9}$  T-nak, teslának felel meg.)

Így pl. észrevették, hogy (még a Földtől 600 millió km-re is) a napszél anyaga nemcsak olyan értelemben mozog, hogy távolodik a Naptól, hanem (a mikro-szerkezetében) igen-igen lassú frekvenciájú (pl.  $4 \cdot 10^{-3}$  Hz-es!) periódikus mozgások is vannak, különböző irányokban. Ezeket a mágneses hatásukkal lehet észlelni.

A napszél jelentősen megerősödhet (sebessége, sűrűsége növekedhet), ha pl. egy jelentősebb napkitörés (flare) robbantja ki a részecskéket a Napból. Ilyenkor csak a napfelület néhány milliomod részé-



105. ábra. a Nap északi sarka feletti — elképzelt, magas — pontból nézve a naprendszert, mérhető ábrázolás nélkül, így láthatjuk a napszél szétáramlását. Az a) ábrán egy éppen kirobbanó flare alakja látszik (fekete először görbe nyakú lombik formában, közben terjedése irányában sűrűti a régi gázmaradványokat, hajléka mögött ritkítja a teret. A visszahajtás a Nap tengely körüli forgásának következménye. A b) ábrán pár nap múlva látható a nagyobbodó átmérőjű, sebes gázfolyam; behajléka már feltűnőbb. Sebes és sűrű napszél alakjában esetleg a Földet is elérheti

ből kiáramló (robbanó), de esetleg órákon át tartó, addig folyamatos „gázömlésről” van szó, a megerősödött napszélnek tehát „határai” vannak. A kirobbanó gáztömeg alakja a kitöréskor, a Nap közelében csak „hurkaszzerű”, majd széttágul és talán egy görbe csövű lombikhoz hasonlít. A „görbeséget” eleve már az okozza, hogy a kirobbantó felület a Nap tengely körüli forgása sebességével változtatja a helyét. Az újabb kilövellt anyag tehát már (tőlünk, a Földről nézve) hamarosan a Nap nyugatabbra fekvő részéből indul.

A továbbiakban a „lombik” alak maga előtt tolja a már előzőleg is ott található napszél részecskéket, így haladása előtt ezek sűrűsödnek. Ugyanakkor a görbültsége miatt a hajléka mögött ritkítja a teret (105a. ábra). Maga a „lombik” alak aztán átalakul egy csupán hosszú, görbe és táguló, lassan ritkuló, de még mindig igen sebes napszélle. Mire ez a külön helyet elfoglaló napszél a Föld pályáját eléri, lehet már akár 5 millió km átmérőjű is és így a Föld — már, ha éppen az áramlás eltalálja — esetleg egy-két

napig is élvezheti a sűrű napszelet (105b ábra).

A napkitörésekből eredő napszél sebessége elérheti az 1000 km/sec sebességet, sőt majdnem a kétszeresét is. Csak így érthető, hogy akár egy nap alatt elérheti a (jól „helyezkedő”) Földet.

A napszél sebességének és sűrűségének mérése a távoli mesterséges holdak, illetve a Nap körül keringő (tehát tőlünk nézve a Napon túli) mesterséges bolygók segítségével is történik. Ezek közlik a haladásuk közben mért értékeket (sűrűség, sebesség, mágnesség stb.). A vétel sok esetben a Grönlandon levő *Thule* állomáson (N 76°, W 68°, URSI száma: 17 801) történik. Az adatokat sokfelé, pl. az IZMI-RAN-ban is feldolgozzák.

Érdekes állapotot vettek észre az adatok kiértékelése közben. A bolygóközi térséget a benne észlelhető mágneses állapotok alapján több (általában négy) „szektorra” lehet felosztani. Ezek mágneses erősségük (csak néhány gamma) és előjelük (észak, déli) révén térnek el egymástól. Ezek a szektorok mint ha azt mutatnák, hogy az egyikben a részecskék a Nap felé, a másikban tőle el irányulva mozognának. Ez a felfedezés megfelel egy régebbi (az Akadémián is elhangzott) előadás felfogásának, amely szerint a Nap mágneses tere messzire, talán a Földig is kinyúlik... Így annál biztosabb, hogy a napszélnek hatása van a Föld légkörére!

##### 4.5.3.2. A sarki fény

A napszél anyaga több módon is bejuthat a Föld légkörébe. Mágnessége miatt a Föld mágneses ereje ellenáll hatásának és úgy 50-60 ezer km-es távolságban egy, a Nap felé eső félgömb alakjában mintegy összesűríti a napszél anyagát. Ez a sebessége és a nyomás következtében ilyenkor akár egy millió (K) fokra is felmelegszik. Majd igyekeznek megkerülni az említett félgömböt és egy kis kapun, a földmágneses sarkok felett, ahol széthajolnak az erővonalak, egy része máris bejuthat egész alacsony földfeletti magasságig (kb. 100 km-ig). Nagy-részt ebből alakul ki a *szinte állandó jellegű sarki fény*, mert a még mindig nagy sebességű részecskék gerjesztik a sarkok feletti légkör atomjait és így azok — anyagi minőségük szerint — különböző színekben világítanak.

A részecskék többi része vagy a magnetoszféra burkolatának valamely gyengébb részén, örvénylésé közben, vagy a magnetoszféra hátsó, mozgó nyílásán át (amely messze, a Hold távolságánál túl „lobog”, mert nincs állandó alakja) jut be a magnetoszférába. Bárhol jut be, azonnal a rabja lesz és a magnetoszféra két övezetbe gyűjti: a felső *elektronoszférába* (régebben felső Van Allen övnek nevezték) vagy az alsó



*protonoszférába* (alsó Van Allen öv). Az egyenlítő felett az előbbi 15-20 ezer, az utóbbi 3—4 ezer km magasan kezdődik. Ezek valóban „öv-szerűen” veszik körül a Földet, észak és dél felé a talaj irányába hajlanak, a hajlásuk végén nyílásuk van. Ez a nyílás — mind a két övesetében — észak és dél irányában mozog. Az övekben összegyűlt töltött részecskéket a földmágnesség (hiszen mozogva jutottak az övekbe) tovább mozgatja, „rezegteti”, nagy sebességgel, szintén észak — déli irányban (mágneses irányban). Eközben elérhetnek akkora sebességet, hogy a mozgó nyíláson át kilöködve az alsóbb (sűrűbb) légkörbe jutnak. Ekkor, a nyílás pillanatnyi állása, helyzete szerint valahol, *esetleg alacsonyabb szélességen is*, gerjesztik a légkör atomjait, vagyis: *sarki fényt okoznak*.

Mivel a naptevékenység maximuma idejében van a legtöbb nap-kitörés, a legtöbb részecske is ilyen-

kor jut az övekbe, ekkor várható tehát leginkább a sarki fény megjelenése az alacsonyabb szélességi fokokon is (már amennyiben az övek nyílása éppen arra irányul).

Általában a Föld északi és déli mágneses sarkai felett gyűlik össze a napszél anyaga és itt kb. 100 km-es magasságban, az ott levő, számára eléggé sűrű légkör miatt megtorpan. Nyilván közben itt is felmelegszik néhány ezer fokra. Ez a hőség elegendő arra, hogy az összegyűlt anyag „forrásban” legyen. Bár a sűrűsége nagyobb, mint az F2-rétegé, rádióhullámok továbbítására nem alkalmas az alsó felülete. A mozgó egyenetlenség miatt a róla mégis visszaverődő (morze-)jeleknek zizegő hangja lesz.

Ezt a kb. 80°-os (mágneses északi és déli) szélességig szétnyúló alapú, majd a magasban a mágneses erővonalak miatt *még nagyobb mértékben szétterjedő* „sarki sapkát” (polar cap, a naiv fordítók fent összezá-

ródó „süvegnek” fordítják), szinte állandó jelleggel kutatják.

Innen tudjuk, hogy a sarki sapka, ha jelentősen felmelegszik, szinte széjjelrobban és eredeti magasságában szétszórja anyagát. Ezek az ion- és elektronfelhődarabok kb. hangsebességgel szóródnak szét, először megtartva alsó felületük magas hőmérsékletét. Ha ilyenkor verődik vissza róluk rádióhullám, még mindig zizegő a hangja. Szóródásuk közben azonban sebességük csökken, hűlnek is, és csupán, mint Es felhődarabok úsznak tovább, különböző irányokban az egyenlítő felé...

*(Folytatjuk)*

#### Irodalom:

Journal of Geophysical Research füzetei, az American Geophysical Union kiadása  
Cospar Committee on Space Research füzetei, az International Council of Scientific Union kiadása.

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 30.

dr. Flórián Endre okl. fizikus. HA5KFB

## 5. A magnetoszféra

A magnetoszférát (amelyet az előző számban is említettünk) az 1950-es évek második felében fedezték fel. A felfedezés útja (anyagilag is) elég göröngyös volt. Egyébként senki se tudta, hogy majd felfedezi! Tulajdonképpen a *sarki fény részecskéit* akarták megismerni Van Allen és társai, először ballonokra, majd rakétákra helyezett műszerekkel. Közöttük döntő szerepe volt a GM-(Geiger - Müller) féle csöveknek. Ezek ablakára eső részecskék számát (pl. sec-ként) megállapíthatják a ballonokra vagy rakétákra szerelt rádióadók segítségével. Amikor Van Allenék ballonokat küldtek fel (úgy 25–40 km magasra), a GM-csövek szépen leadták rádióan az impulzusok sec-kénti számát. Ezek az adatok már bizonyították, hogy ily *alacsony* is vannak pl. protonok a sarkvidéken. különösen sarki fény esetében.

Meg kellett mérni tehát magasabban is! Rakétákra rakták tehát a GM-csöves, rádiós, mágneses felszerelést. Ám ekkor valami hiba történt: a beütések egy ideig szaporodtak ugyan, de a GM-cső hamarosan „rövidre záródott”. Ugyanez történt a következő, majd a megint következő rakétán is...

*Megkezdődött a per!* Rosszak a GM-csövek! Sokba kerülnek a rakéták! Fizessen a GM-csöveket gyártó cég!

Szerencsére a „cégnek” is voltak *tudósai*, akik bebizonyították, hogy a *megrendelt GM-csövek* bizonyos sec-kénti beütésnél többet nem tudnak szétválasztani! Ha több beütés érzékelésére van szükség, úgy azt már ki kell kísérletezni (ez azonban nem volt benne a megrendelésben).

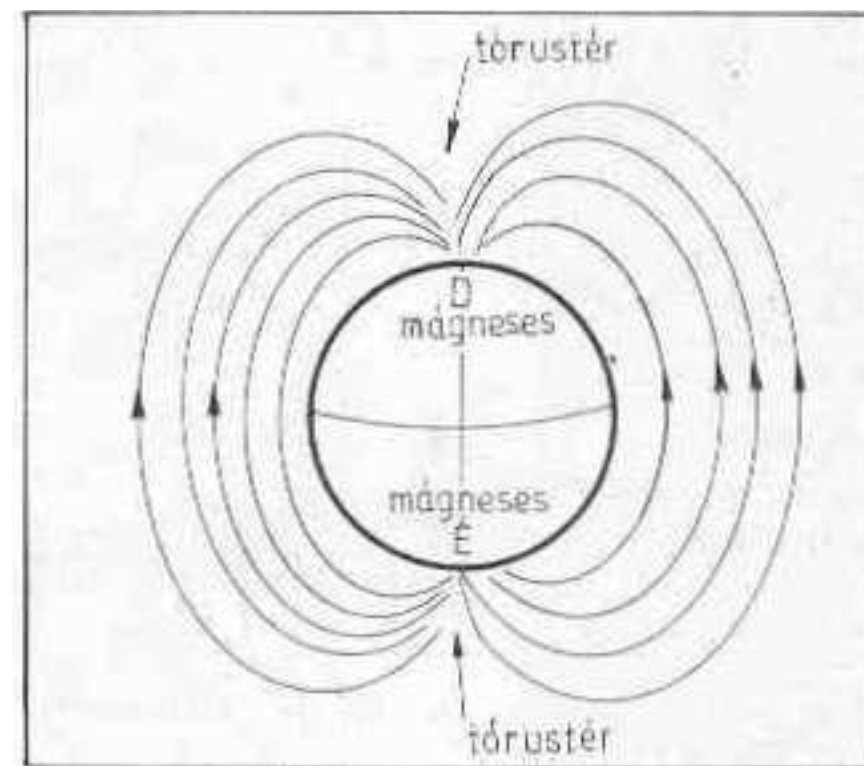
Ezek után elkészültek az olyan (más fémből, más gázzal, kisebb kapacitással stb.-vel gyártott) GM csövek, amelyek „ablakaira” még különböző vastagságú „árnyékoló” lemezeket is rárahattak, és így még a részecskék energiájára is lehe-

tett következtetni! Az új GM-csővel és tökéletesebb mágneses műszerekkel felszerelt rakéták egymás után indultak a magasba.

Ezután következett a nem is várt felfedezés. Elsősorban azonnal kitudt, hogy a Föld mágneses tere egyáltalában nem olyan, aminőnek már évszázada képzeltek! Az elképzelés szerint a mágneses erővonalak a földi mágneses pólusokból indulnak (legnagyobb részét, de természetesen közbül is, mint pl. a mágnespatkónál). A mágneses pólusok északon (az 1945-ös adatok szerint)  $76^\circ$  N;  $102^\circ$  W földrajzi ponton (ez *mágnesesen déli előjelű!*), délen pedig  $68^\circ$  S;  $154^\circ$  E földrajzi ponton vannak. Ez utóbbi a Föld *északi mágneses pólusa*. A két pólus közé húzott egyenes alaposan elkerüli a Föld geometriai középpontját. Amellett ezek a pólusok vándorolnak is: 1950-ben pl. az északon levő *déli pólus* már  $72^\circ$  N és  $96^\circ$  W, a *délen levő északi pólus* pedig  $68,7^\circ$  S és  $143^\circ$  E földrajzi ponton volt!

Miért?

Sokan szeretnék ezt tudni, sokan keresik az okát, még az olykor teljesen megszűnő földmágnesség eredeti okát is! Közöttük van *Barta*



106. ábra. Így képzeltek el még kb. 30 évvel ezelőtt a földmágnesség erővonalainak vonulását a Föld körül

György akadémikusunk is (az ELTE Geofizikai Tanszékének vezetője).

A régi elképzelés szerint az erővonalak olyan alakban veszik körül a Földet, hogy először kissé szét-tartva, majd a földgolyót nagyobb távolságban megkerülve térnek vissza a másik pólusba (illetve a kiindulásuknak megfelelő másik pont-ra). Az erővonalaknak a pólusok feletti széttartó részét „tórusnak” nevezték. Az elképzelés pontosabb további része szerint azonban az erővonalak valamilyen, alul-fölül behorpadt alakú, szét terpeszkedő, sárgadinnye alakot vesznek fel és így, ebben az alakban kötik össze a sarkokat (100. ábra).

Érdekes, arra már régen gondoltak, hogy a tónrus szélén a beözönlő (valamilyen) részecskék okozzák a sarki fényt.

Csakhogy az újonnan felbocsátott rakéták mágneses érzőkéi és a GM csövek egy eddig elképzelhetetlen alakú képet rajzoltak a kutatók szeme elé.

Elsősorban egy még egyelőre meghatározhatatlan alakú mágneses földi téren belül felfedezték (messze) egymás felett a Földet körül ölelő öveket és ami talán még érdekesebb volt: ezeken az öveken belül kapták a GM-csövek a legtöbb beütést. Előfordult a sec-kénti 131 ezres beütés is!

Mágneses szempontból egyelőre nagy volt még a bizonytalanság. Az övek létezése azonban már biztos volt és szokás szerint már el is nevezték őket a kutatás kezdeményezőjéről; mint már írtuk, az alsót *alsó* (vagy *belső*), a felsőt *felső* (vagy *külső*) *Van Allen övnek*. Ismertettük már a hivatalos nevüket is.

Az már nyilvánvaló volt, hogy a légkörnek ez a *legmagasabb része* (a Napon kívül) a *Föld mágneses terének uralma alatt áll*. Ezért *T. Gold* amerikai kutató 1959-ben már el is nevezte: *magnetoszférának*. Ez a név ma is él és *hivatalos*. Az övek azonban (utóvégre százak felfedezé-



se volt) elvesztették személyi nevüket.

Ezek a felfedezések az első időkben komoly gondot okoztak: emberrel kell átrepülni az űrhajóknak ezeken a szférákon át! Az itt kapható, nagy erejű beütések felérnek az igen erős röntgensugárzással!

Végül is a gyakorlat győzött: egyrészt kaphatnak esetleg az asztronauták később a Napból is éppen elég röntgensugárzást (hátha még tudták volna előre, hogy mennyiszor nagyobb!), másrészt elég rövid idő alatt szelik át a veszélyes zónákat.

Mindez csupán a Holdra utazás alkalmával merült fel, mert egyébként asztronautáink igazán *jelentéktelen magasságokban* (az F2-rétegben, ott is inkább az alján) kerülgetik a Földet.

A továbbiakban aztán a Föld majdnem minden valamire való „gazdagabb” országa elkezdte kutatni a magnetoszférát és kutatja ma is.

Az eddig (1980) kialakult kép a magnetoszféráról valami olyan „csepp-alakot” mutat, amelynek a laposabb „alja” a Nap felé néz. Igazolódott a Föld mágneses terének hatása, hiszen a magnetoszféra „szembeszáll” a Nap szintén mágneses szelével és azt nagyrészt el is téríti. De az is igaz, hogy a napszél is alakít a magnetoszférán, állandóan. A magnetoszféra nagy cseppjében, a magva belsejében van a pöttömnyi Föld. Ennek a nagy cseppnek legnagyobb átmérője, tőlünk a Földről nézve (észak és déli irányban), kb. úgy 80-100 ezer km (változik is). A Nap felőli oldalán *csak* 50-60 ezer km (ez a csepp alak lapos oldala), mert itt a napszél hol jobban, hol kevésbé: *benyomja*. Ezeket a változásokat rögtön mutatják a talajmenti mágneses műszerek is. A nagy „csepp” elnyúló, lassan, folyamatosan elvékonyodó részének a hosszúsága még mindig bizonytalan, a vége alakja is... Mérték már a Hold távolságán túl is, tehát több, mint 384 ezer km-re, de a különböző űrhajók hol rövidebbnek, hol hosszabbnak találták. Abban általában meggyeztek, hogy a vége minden valószínűség szerint *nyitott* (itt bejöhettek töltött részecskék, könnyen) és valahogyan úgy *lebeg*, mint egy nyitott (pl. repülőteri) szélzsák!

Ne higgyük, hogy ez a magnetoszféra olyan *ártatlanul* viselkedő felső légkör, mint aminőnek az őt megismerni sem akaró, korombeli „tudósok” híresztelik...

Nap mint nap fedeznek fel benne hatalmas elektromos és mágneses tereket, amelyek egyáltalában nem szégyenlik a beavatkozást az alsóbb légrétegek állapotába. Éppen elég zavart okoznak (ki kirobbanó részecskéikkel) pl. az ionoszférában (pozitív és negatív viharokat, olyankor, amikor a Nap kitöréseiből ezek re már esetleg nem is gondolunk!).

Sokféle rezgési végeznek elektromos töltésű részecskék (akár 0,01 Hz-től kHz-ekig), különböző magasságokban más és más frekvenciákon. Aztán áramok futnak benne, ezek részleteit ismerjük, de egészüket még nem (egyszerre nem lehet ezt az óriási teret mérni). A földi mágneses terek mérésekor tapasztalható, apró, olykor sűrű szinusz és más alakú változásokat („pc”-ket) szintén a magnetoszféra okozza.

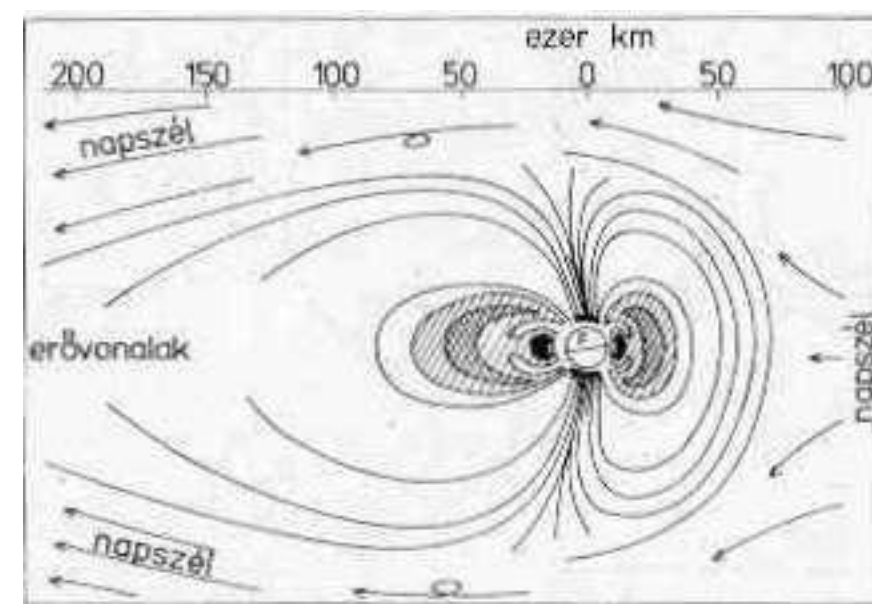
Ha majd úgy öt év múlva valaki egy hasonló célú cikksorozatot ír, többet foglalkozik majd a magnetoszférával mint minden egyéb témával...

A magnetoszféra állandóan a Napból húzott sugáron marad, olyan módon, hogy a csepp-alak laposabb része a Nap felé néz, az elnyúló hosszú része pedig mindig sötétben van. Így az egész egy év alatt egyszer megkerüli a Napot. Mi pedig benne forgunk a Föld tengelye körül. A magnetoszféra tehát nem követi a Föld tengely körüli forgását (az ionoszféra felső része sem).

A Föld ugyanis csak néhány száz km-es magasságig „bírja” forgás közben magával sodorni légkörét, azt a vékony réteget, amelyet még tömegvonzó erejével tud magához láncolni. Feljebb az elektromos töltésű részecskéket valóban csak a Föld mágneses ereje tudja „fogva tartani”, mégpedig: *szorosán*.

A Holdról hazarepülő asztronauták olyan fényképeket készítettek a már „közeledő” Földről, amelyen világosan látszik, hogy légkörünk *külső* részén még (ionizált) hidrogén is van! Nemrégén még törvényszerűnek gondolták, hogy ez a könnyű gáz magas hőmérséklete miatti mozgása következtében feltétlenül elhagyja a Földet! De nem hagyja el: tehát *nem a gravitációs erő* tartja fogva, hanem: *a földmágnesség*.

A magnetoszféra fentebb körülírt alakját mutatja, bizony elég hiányosan, a 107. ábra. Mérethűen sehogyan se lehet jól ábrázolni a különben már biztos külső határokat (az ábrán vízszintesen elképzeltető), az éjszakai részen levő semleges, vagy inkább „erővonal nélküli” részleteket, az öveket, no és legkevésbé a hosszúságot!



107. ábra. Így képzeljük el most a földmágnességnek a magnetoszférában vonuló erővonalait

## 6. A földmágnesség

A magnetoszféra földi alapja *földmágnesség*. Minden olyan bolygónak van magnetoszférája, amelynek saját mágnessége is van.

Beszélhetünk a Föld felületén, egyes helyeken levő, különböző erős ségű mágneses terekről. Ezeket külön ki kell mérni, még egy ilyen kis ország területén is, mint Magyarország. A „földmágnesség” szó alatt azonban az egész Föld együttes mágnességét értjük, amelynek a már említett két ellentétes előjelű pólusa van.

A földmágnesség tulajdonságait három összetevővel (komponenssel) jellemezhetjük. Legjobb, ha előveszünk egy iránytűt és azzal próbáljuk megérteni ezeket az össze tevőket.

A legtöbb iránytű egy függőleges tengely hegyes végén foroghat, vízszintes síkban. Az egyik végét valahogyan megjelöljük: ez mutat észak felé. No persze nem pontosan 360,0°-ra, vagy ami ezzel egyenlő 0,0°-ra, hanem valamire eltér, több okból is. Elsősorban a *Föld belsejében* vannak nagy tömegben ércek, amelyek helyileg elirányíthatják, aztán van már a *földfelszínen* is elég vasanyag, amely maga felé húzza a tű valamelyik végét. Aztán meg tele vagyunk mindenféle elektromos árammal is (lépjen fel valaki iránytűvel a kezében a villamosra, ha még nem látott megbolondult iránytűt).

Ha a mágnesűt (ma már szinte véletlenül) valóban *pontosan észak felé mutat*, akkor azt mondjuk, hogy a „declinációja” (elhajlása, ma már kiírjuk: *deklinációja* és D-vel jelöljük) *egyenlő nullával!* Magyarországon, külső, felső és egyéb hatások nélkül a deklináció kb. fél fokos és a tű ezt a fél fokot nyugat felé mutatja. Vagyis a deklináció 0,5° (a nyugatot mínusszal jelöljük, a kelet nem kap jelet, vagy ha igen, úgy pluszt).

A Földön találunk sok olyan helyet, ahol az iránytű (mesterséges hatás nélkül) valóban pontosan észak felé mutat. Ha ezeket a helyeket egy térképen, mint pontokat vonallal összekötjük, megkapjuk az ún. *agonvonalat* (gonio = irány; ill az irány = 0). Több ilyen agonvonal is van a Földön (humoros, hogy az egyik éppen a sokat emlegetett „Bermuda háromszögön” vonul át...). Az agonvonalak között találunk +/-5...10 sőt akár 40 fokos eltérésű vonalakat is. Az ugyanazon deklinációjú pontokat vonallal összekötve kapjuk a Föld „*izo- gon*” térképét (izo = ugyanaz).

Egy másik összetevőt úgy kapunk meg, hogy az iránytűt vízszintes tengelyre erősítjük (de közben szabadon mozoghat, mondjuk egy cérnaszálon). Ekkor az iránytű először elindul észak-déli irányba, az tán ide beállva (nálunk az észak felé mutató vége) a talaj felé hajol (Magyarországon úgy 60°-os szög alatt). Azt a *szöveget*, amelyet most az

iránytű *vízszintessel képez* nevezük „*inklinációnak*” (inclination = behajlás, a jele: I).

Nyilvánvaló, hogy az így felszerelt iránytűnk egészen pontosan a *mágneses északi sarkon* (amelyet jó néhány km-nek kell elképzelnünk), a vízszinteshez képest 90°-ra állana. A déli sarkon a másik vége mutatna lefelé.

Könnyű végig gondolni, hogy a Földön több helyen is találnánk olyan pontokat, ahol a mágnes-tű éppen *vízszintes* állana. Ezeket a pontokat összekötve kaphatjuk meg a *mágneses egyenlítőt*, a melyről már az eddigiekből tudhatjuk: nem egyezhet meg a földrajzi egyenlítővel. Azokat a pontokat is összeköthetjük vonalakkal, amelyeken ugyanakkora inklinációt találunk, így szerkeszthetjük meg a Föld *izoklin* vonalait tartalmazó térképét.

Még van egy esetünk: akasszuk fel az iránytűt olyan fonálra, amely-nél hosszú idő alatt sem változik meg a sodrásához szükséges erő (nem sok van: pl. a kvarcszál). Mérjük meg, hogy a fonál sodrásához (elég egy fordulat) mekkora erő szükséges. Majd engedjük, hogy az

iránytű beálljon az (éppen általa megállapított) észak-déli irányba. Ezután a fonál mérhető szögű sod-rása segítségével állítsuk az irány-tűt előbbi irányára éppen merőle-gesre. Most az előbb végzett sodrási erő ismeretében megtud-juk, hogy a mágneses tér *mekkora erővel* akarja a *mágnesűnk*et a *víz-szintes síkban az észak-déli irányba visszaállítani*. Ez az erő lesz a *víz-szintes összetevő ereje* (a „horizon-tális intenzitás”, jele: H). Az ilyen adatokból is készíthetünk világ-térképet. rajta az „*izodinam*” vona-lakkal (dynamis = erő).

Jól tudjuk, hogy a földmágnesség összetevői kis távolságokon belül is változnak. A tihanyi adatokat nem használhatjuk pl. Budapesten stb. Amikor az egész Föld mágnességé-nek változásáról akarunk beszélni, sok adat együttesét értjük, sokat közülük átértékelve (nem lehet egy északi állomást könnyen összehason-lítani pl. egy egyenlítő mentivel). Az egész Földre vonatkozó adatokat Cp jelzéssel adják meg (p = plane-táris). Ha az adatokat esetleg a három óránként, mért értékek átl-a-gából nyerték, úgy Kp-vel jelölik

(az időpontot is megadva). A három óránként átlagolt adatok közül a komponensek legnagyobbikát (az amplitúdóját) Ak-val jelölik. Ez a jellemző szám található az URSI-GRAM-okban is. Amerikai, vagy francia állomások adataiból rakják össze.

A földmágnesség erővonalai, a a magnetoszféra akarata szerint hajladoznak, eközben befolyásol-ják a rádióhullámok terjedését is. Az előre várható (napszakos, év-szakos, sőt a sűrűbben előforduló, de rendellenes) eseteket a rádióhullá-mok terjedési előrejelzéséhez ki-agyalt gépi módszer, tele képletek-vel, már tartalmazza (de meg kell érteni. . .).

( *Folytatjuk* )

#### **Irodalom:**

*Solar Terrestrial Environmental Research in Japan*

*Institute of Space and Aeronautical Science, University of Tokyo – füzetek*

*Journal of Geophysical Research*

*Published by American Geophysical Union – füzetek*

*Barta György: Földmágnesség, Akadémiai Kiadó, Bp., 1957.*



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 31.

dr. Flórián Endre okl. fizikus. HA5KFB

## 6.1. Mágneses pólusok

A Földnek is, mint bármely más mágneses tárgynak, van két „pólusa”, ezeket egymástól a következő jelzőkkel különböztetjük meg: északi és déli pólus. Ugyanígy van pl. a Napon lévő foltoknak is mágnessége, bárhol vannak is, bármerre mozognak vagy fordulnak is: ugyanannak a napfoltnak az „északi” vagy „déli” mágnessége nem változik meg. A Nap esetében, éppen azért, mert a két pólust összekötő erővonalak bizony sokszor összekuszát képet mutatnak, más és más színnel jelölik az északi (vagy: +) és a déli (vagy: -) pólusokhoz tartozó erővonalakat és külön megjelölik azt a „vonalat” (ez persze sokszor jókora terület), ahol mágneses szempontból éppen semleges zóna van (ilyen a Földön pl. a mágneses egyenlítő).

Hasonló esettel találkozunk a gyakorlatban használt mágneses tárgyaknál. A mágnespatkónál, vagy éppen a különböző pontok ábrázolására használt mágneses korongoknál (ezeknek az egyik lapos fele északi, a másik déli pólusú).

Ha „sarkoknak”, vagy pólusoknak hívjuk — sajnos — azt a két pontot, ahol a Föld forgástengelye kibökné a földfelszínt és e két sarok közül az európai, az ázsiai és az amerikai földrészek találkozási területe között „kibökött” pontot éppen „északi saraknak” nevezzük el földrajzi tanulmányaink közben, vagy térképen (földgömbön), akkor azt kell mondanunk, hogy ennek a pontnak a környezetében (előzőleg már megadott földrajzi koordináták metszéspontján) van a földmágnesség déli pólusa.

Ne felejtjük el, maga a „földrajzi észak” is önkényes elnevezés. Földünknek ezen a félgömbjén élő emberek, tudósok (régén is) neveztek el mindent a maguk látószöge alapján (az égbolton is). A „delelő” Nap iránya lett nyilván a dél! Ez annyira fennáll, hogy pl. Kinában, ahol először használták a Földön „mág-

nesvasat” irányításra, ennek a dél felé mutató részét jelölték meg. Igaz ugyan, hogy éjszaka is látják a Napot a magas szélességeken élő eszki-mók, ők talán másként gondolkoznak, de nem szokták őket megkérdezni...

Hogy az ilyen furcsa irányelvezéseken ne ütközzünk meg, megemlítem, hogy pl. a világűrben egy általában nincsen irány! A Voyagerek és más űrhajók, ha már meszebbre rándulnak ki a Föld környezetéből, irányításra egy „vezérlő csillagot” kapnak. Az erre a célra használt távcsöveknek éppen a közepén kell a vezérlő csillagoknak látszódnia. Ha onnan kimozdul, az űrhajó automatikája úgy irányítja az űrhajót, hogy a vezérlő csillag ismét a középre kerüljön! (Egy esetben valami miatt kiszaladt a csillag a távcsövből: micsoda munkát jelentett ez a központnak, hogy visszahozza!)

Az irányok néha furcsán jelentkeznek. Egy kollégám, ha nem is megütközéssel, de mint mint érdekeset mondta el, hogy Ausztráliába utaz-

ván, délben a Napra nézve, háta mögött tudta a déli sarkot...

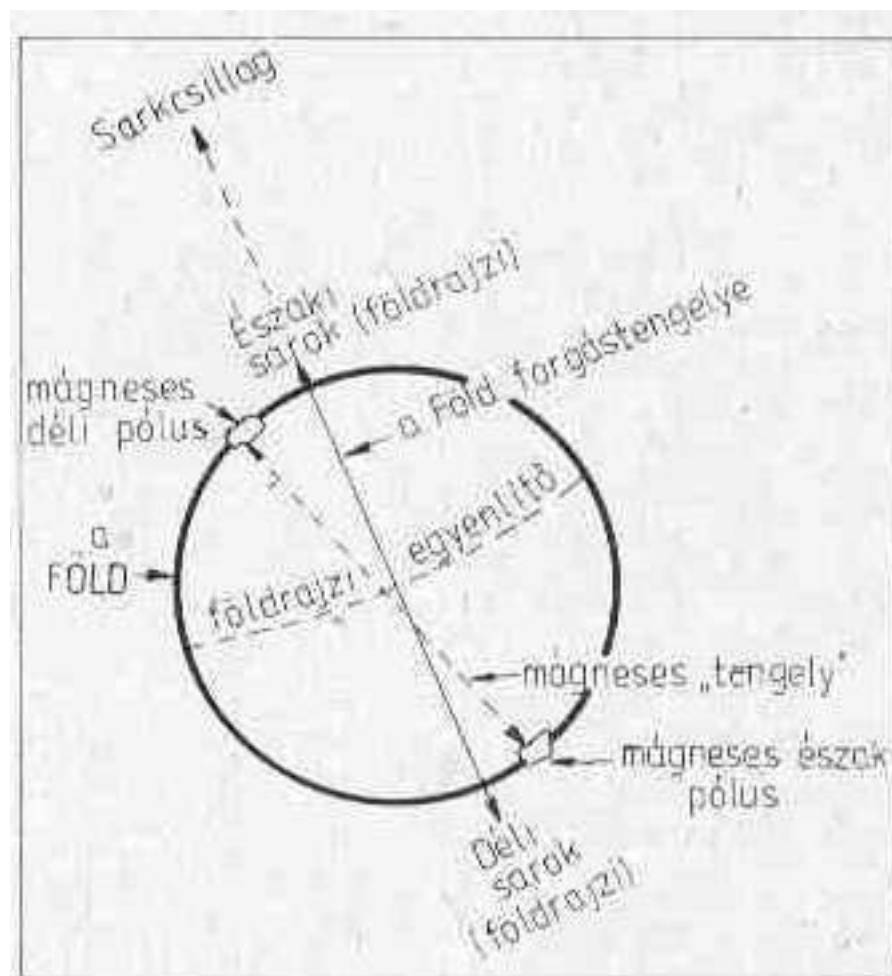
A feni irtakat a gyakorlatban is megtalálhatjuk. Az NDK-ban készítették egy kb. 30 cm átmérőjű (nálunk is kapható), jól kezelhető földgömböt, sok elnevezésre van rajta hely. Ezen a nyugati hosszúság 90°-ának vonala mellett, jobbra, a 70°—80°-os északi szélességek között egy piros körbe irt „B” betű mellett látható: „Magnet Pol (m. Südmagnetismus)”. A déli sarkon pedig a „Südlicher Polarkreis”, vagyis a „déli sarkkör” mentén, a 150°-os keleti hosszúsággal metszett másik megjegyzést találjuk, ezt jól látható csillag is jelzi: „Magnet Pol (mit Nordmagnetismus)”. —Hogy ez a szerencsétlen „sark” szó mennyire lehetetlenül illeszkedik a kívánt fogalomhoz? De mi már nem tudunk jobb magyar szót kitalálni a pólus helyett, mások tudtak a maguk nyelvén... (108. ábra).

Meg kell jegyezni, hogy ezt a fogalomzavart talán észre sem veszik, vagy nem törődnek vele pl. a napilapok, sőt olykor — sajnos — hivatalosabb írásként sem. Az előbbieknél „semmin se csodálkozhatunk”, hiszen megtörténik, hogy természet-tudományi ismertetést pl. közgazdász néz át és mond rá véleményét... A Rádiótechnika azonban szaklap, itl nincs helye elhanyagolásoknak.

## 6.2. A földmágnesség erőssége

Természetesen elsősorban a vízszintes összetevő (H) erősségéről van szó. Bár a különböző, az említett deklináció (D) és az inklináció (I) összetevőket egy koordinátarendszerben adott tengelyre vetítve, azok vetületei is számításba vehetjük és így minden összetevőt kifejezhetünk gammában is. Ezt a módszert — messzire vezető módja miatt — nem tárgyaljuk. Csak azért említem: senki se csodálkozzék, ha ebben az egységben olvas róluk.

A földmágnesség erősségét régebben többen más és más egységekkel



108. ábra. A különböző sarkok és pólusok elhelyezkedése a Földünkön, a forgástengely és a földmágneses tengely eltérése.

fejleszték ki. Ezekből kialakult és a mai napig is megmaradt a *gauss-egység* (Karl Friedrich Gauss német fizikus emlékére). A *jelét* azonban ma is többféleképpen találjuk a szakirodalomban is: G, Gs vagy éppen Γ. Ez az egység azonban a legtöbb esetben *nagy* a föld mágneses erősségehez, főként a változásokhoz viszonyítva, amelyeket szeretünk részletesen megadni. Így kialakult egy szokásos részegysége, a gamma, rövidítése a görög γ betű. Az átszámítás a következő:

$$1 \gamma = 10^{-5} \text{ G.}$$

Ezért aztán a földmágneses (és természetesen az ionoszféráról szóló) irodalomban a gammákkal találkozunk.

A nemrég behozott SI-rendszerben ezt is megváltoztatták. A mágneses indukció egységét *teslanak* nevezik. Ennek jele: T, az átszámítás:

$$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T és így:}$$

$$1 \gamma = 10^{-9} \text{ T.}$$

Ezért így is írható: nT, ahol az „n” nyilván a nano szót jelzi, amelyet a kondenzátorok révén jól ismerünk.

Így sajnos megmaradt a személyről történő elnevezés, méghozzá jelen esetben talán kissé kevesebb illetőséggel, éppen a földmágnesség esetében, hiszen *Sikola Tesla* horvát fizikus volt és nem a földmágnesség volt a „főfoglakozása”.

Itt nálunk Magyarországon a földmágnesség átlagos *alapértéke*, erőssége kb. és kerekén 27 000 γ, erre az értékre rakódik még rá a rendes napi változás (a napi „menet”), amelyet a fölöttünk levő ionoszférában keringő 50 — 100 ezer amperes keringő áramok okoznak. Változásokat okoznak még az ún. „mágneses viharok” is.

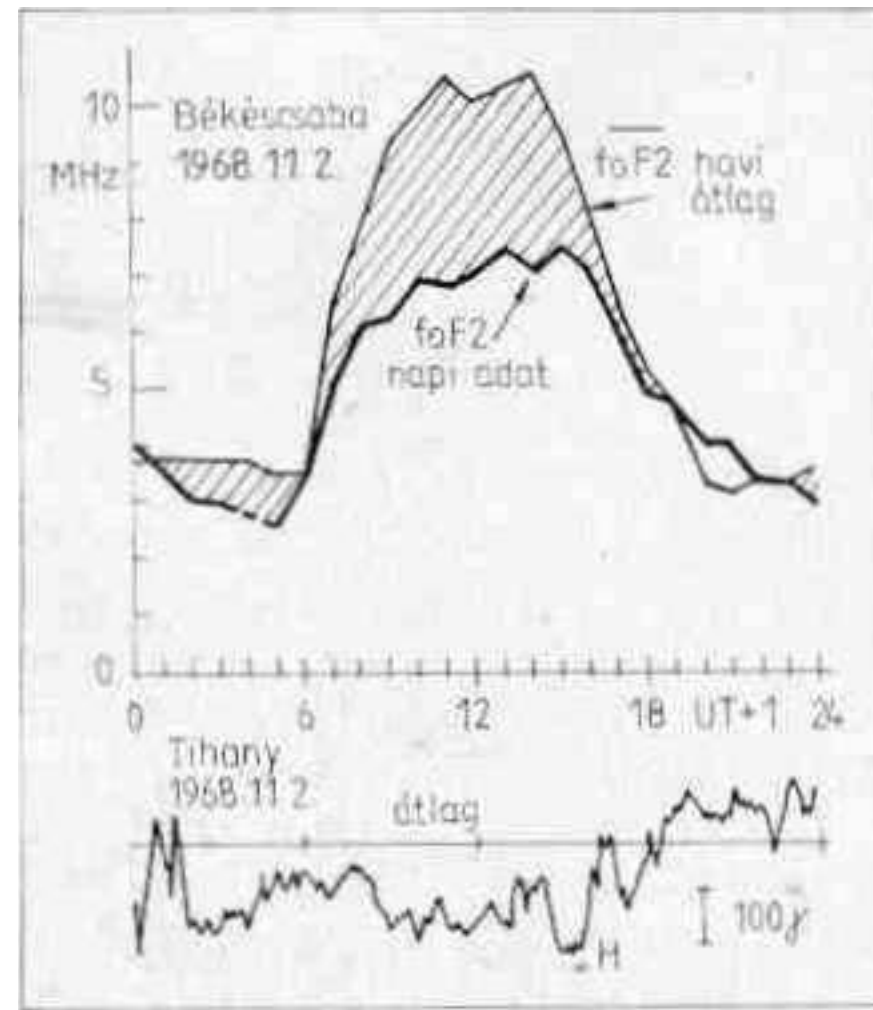
### 6.3. A földmágnesség és az ionoszféra

Kb. 30 MHz-ig a földmágnesség „azonnal” beavatkozik a rádióhullámok terjedésébe. Elsősorban a felküldött rádióhullám télerőssége által megmozgatott elektronokat (ezek a fontosabbak) rögtön „rácsavarja” az erővonalakra. Az elektronok ezért a különben eleve meghatározott frekvenciájukon kívül (és *fölül*) még ennek a csavarodásnak megfelelő mozgást is végzik. A mozgás, csavarodás mértéke függ a helyi mágneses erősségtől. Ezekre az erősségekre külön térképet készítenek, amelyeken már nem a kimondott erősség, hanem a csavarodások *másodpercenkénti száma* van kiírva, de mindjárt MHz-ekben. Ezeket a MHz-eket hozzá kell adnunk a felküldött hullám eredeti frekvenciájához. Ez igen lényeges, hiszen a szaporább frekvenciával mozgatott elektron többet is ütközhet a semleges molekulákkal — egyrészt, de minél szaporább a frekvencia, annál kisebb távolságú mozgást végeznek

az elektronok (egy rezgés alatt), és így annál kisebb a lehetőségük a semleges részecskékhez való ütdéshez. Van tehát egy „arany középút”, ezt azonban a felküldött télerősség mértéke is szabályozza (ezért se oly könnyű eligazodni a rádióhullámok terjedési viszonyaiban). És, hogy még egyet említsek: a „visszaverődés” helye is lényeges, hiszen ez minél magasabban történik, annál kevesebb a semleges részecskék száma (amellett a felküldött rádióhullám: sohasem jön vissza).

### 6.4. Az ionoszférában fellépő „duct”-ok

A mágneses erővonalak földközeli elhelyezkedéséről már szövegtünk. Most a közeli (tehát pl. az ezer km alatti) térségről beszélünk. A *magnetoszféra*, akár azért mert (talán?) a Nap mágnessége (inkább a foltoké) beavatkozik erővonalai alakulásába, akár (és ez már bizonyos) a napszél különböző erőssége és sebessége miatt, *megváltoztatja a földmágnesség földközeli erővonalainak vonulását is*. Így erővonalak ritkulhatnak, de sűrűsödhetnek is. Ez utóbbi esetben az elektronok — rájuk csavarodván — az adott helyen szintén sűrűsödnek. Az ilyen helyeken jobb, könnyebb, mintegy „duct”-szerű a rádióhullámok terjedése is. Ezt az esetet az MTA Lexikonának kiegészítő kötetében „erővonal menti terjedésnek” neveztük el, az angol eredetiből. Ez a fajta „terjedés” el is irányíthatja a rádióhullámot eredeti „főkörmenti”, általunk kívánt irányától. Ez olykor komoly gondokat okoz, főként a távolsági rádiózásban.



109. ábra. Egy ionoszféra és egyben mágneses vihart bemutató ábra, amelyet Békéscsabán, illetve egyidejűleg Tihanyban észleltek. Jól látszik, hogy negatív ionoszféra viharról van szó, hiszen a napi adat olykor 3 MHz-cel is alacsonyabb a havi átlagnál. A vonalkázott rész jelenti a „kiesett” frekvenciákat, amelyeket ez esetben a rádióállomások nem tudtak felhasználni

### 6.5. A mágneses viharok

Nos, ezzel a „vihar” szóval Ismét akad elég bajunk. A Rádió régebben „viharszünetet” tartott. Mostanában legfeljebb nem mondta be. Pedig a „vihar” alatt az adóállomáson esetleg a fű se rezdült, a levél se mozdult a fán... A vihar ugyanis (minden nyelven) *igen erős szelet* jelent. Amitől az adóállomásokon féltek, az pedig a teljes csendben is bekövetkező villámcsapás volt (és maradt).

Sajnos a „mágneses vihart” se tudjuk ma már megmagyarázni, pedig nem jelent egyebet, csupán annyit, hogy a földmágnesség minden összetevője egyik pillanatról a másikra, hirtelen és ismételtelen, a napi menetétől eltérően sokkal nagyobb eltéréseket mutat, amit a regisztráló szerkezet hűen követ.

Ezeket az adatokat a rádióhullámok terjedésébe úgy számítjuk be, hogy évszak, napszak, *földmágneses szélesség* szerint egy átlagos, és amellet egy 85, illetve 15%-os időtartamú állapotnak megfelelő *vesztési tényezőt* teszünk be a hullámterjedési képletekbe (a gépi előrejelzésnél). Vajon miért?

A mágneses vihar az esetek túlnyomó részében töltött részecskék gyors mozgásából ered (talán ez kissé alátámasztja a vihar szót). Még hozzá leginkább az F-régió magasságában. Nyilvánvaló, hogy az érintett ionoszféra rétegek napi, szokásos sűrűségét ez a mozgás megváltoztatja, vagy növeli (ez a ritkább eset) vagy *ritkítja* a rétegek sűrűségét. A ritkítás alatt azt értjük, hogy a szokásosnál több és nagyobb méretű mozgás miatt több a másnévű találkozás és így nagyobb mértékű a rekombináció. Amellett a rétegek szokásos napi „elhelyezkedését” is változtathatja ez a magasban uralkodó „szél”, amely csupán a töltött részecskék mozgását jelenti, a semlegeseké nem. (Az angol neve nem is wind, hanem: drift!)

Így nyugodtan elmondhatjuk, hogy mágneses vihar esetén feltétlenül ionoszféra vihar is van. Sőt ezen belül, az ionoszféra viharok még a mértékéről is beszélünk. Ez a mérték csupán a rekombinációs mértéke. Megnézzük, hogy normális körülmények esetén az illető ionoszféra rétegek a napi menete szerint mekkora halárfrekvenciákat kellene mutatnia az esedékes hónap középértékén. Ezt vesszük alapnak (ezt az értéket úgy írjuk le, hogy föléje vízszintes vonást húzunk), aztán megállapítjuk, hogy az adott viharos napon hogyan alakult a napi menet. Így a vihart kétféleképpen jellemezzük: ha a viharos napon emelkedett a határfrekvencia, akkor a vihar *pozitív* volt. Ha csökkent, úgy: *negatív*. Az eltéréseket %-ban állapítjuk meg, van tehát +/-5-10-20 stb. *százalékos pozitív vagy negatív ionoszféra viharunk* (109. ábra).

Magának a földmágneses viharok is vannak fokozatai, ezek a foko-



zatok a földmágneses szélességekkel változnak (utóvégre Uppsalában egy mágneses műszer sokkal nagyobb értéket mutat vihar alatt, egyidejűleg, mint mondjuk: Tihanyban). Ez tehát kissé bonyolultabb, de a mi viszonylatunkban ennyire részletesen nem is fontos.

Magyarországon az ionoszféra viharokkal (főként gyakoriságukkal és százalékos arányaikkal) *Saikó*

*János* oszt. vez. foglalkozott bővebben.

Mágneses regisztrálás Magyarországon a tihanyi és a soproni obszervatóriumokban folyik, mindkét helyről évkönyveikből kaphatunk felvilágosítást. Az adatokat (kutatási szinten) rajtuk kívül még az ELTE geofizikai tanszékén is feldolgozzák.

*(Folytatjuk)*

#### **Irodalom:**

*Barta György:* Általános Geofizika II. Földmágnesség, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1957.

Gerhard Fanselau: Geomagnetismus und Aeronomie; Band III. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften; Berlin, 1959.

COSPAR kiadványok

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 32.

Dr. Flórián Endre okl. fizikus. HA5KFB

## 7. Az URSIGRAM-okról

### általában

Maga az *URSI* szó egy nemzetközi unió francia nyelvű elnevezéséből származó rövidítés: Union Radio-Scientifique Internationale = Nemzetközi Tudományos Rádió Unió. Az angol neve: International Union of Radio Science (a nemzetközi uniók hivatalos nyelve általában az angol vagy a francia nyelv).

Ennek az uniónak van egy állandó „szolgálati” ága, az International Ursigram and World Days Service (IUWDS) = Nemzetközi URSIGRAM és VILÁGNAP Szolgálat („világnapok” ugyanis még ma is vannak).

Ez az utóbbi szervezet, az URSI felügyelete alatt a „gyakorlati részt”, a különböző tudományterületek által minél hamarabb kívánt adatokat szolgáltatja.

Kiemeltem a minél hamarabb és az adatok szavakat, hogy legalább e helyütt ellensúlyozzam az egyik napilapunkban tavaly megjelent „tudományos” magyarázatot a fentiekről. Ez a cikk éppen arról értesítette — igen nagy tömegű — olvasóközönségét, hogy *hónapok*, esetleg egy év is kell ahhoz, hogy a ma már egyszerűen észlelt (pl. nap-) adatokat a kíváncsi kutató kézhez kapja... A „napközpontoknak” elnevezett RWC-eket (később magyaráz- zuk) szintén rosszul jellemezte a cikk. Sajnos az elég nagy olvasótábor hamis képet kapott erről a nagy nemzetközi összefogásról. Kiigazításra nem kaptam alkalmat.

A Rádiótechnika szaklap, nem vezetheti félre olvasóit, így most, mivel jelenleg (régén és még) ennek a témának éppen „felelőse” is vagyok, minden, a birtokomban levő, eredeti kiadvány ismeretében és felhasználásával, továbbá néhány évtized tapasztalataival ellátva, a valószínűségi helyzetet tárom az érdeklődő olvasó elé.

Az *IUWDS*-nek már történelmi múltja is van, ha nem is volt mindig vagy éppen ugyanez a neve. Az első rádióadás, tudományos azonnali adatközlés céljaira 1928. dec. 1-én indult meg a párizsi Eiffel-torony oldalán elhelyezett, hosszú hullámú rádióadó segítségével. Morze betűkkel, AI-es modulációval közérthető angol nyelven (tehát nem kódolva) adták meg naponként a különböző geofizikai és asztrofizikai adatokat.

A kezdeményezők (köztük a vezető *Man Shapley*) szerint még mint rádióamatőrök („hams”) működtek közre ebben az időben... Erre se árt emlékezni!

A második világháború alatt ez az adóállomás is elhallgatott és csak az USA-ban folytatták néhány tudományos intézet számára, szintén csak néhány, szükségesnek látszó (napfolt rel. számok, földmágnesség és ionoszféra stb.) adat közlését, a legtöbb esetben telefonon vagy telexen.

1945 után új időszak kezdődött, amely sok változást hozott mind a szervezés, mind az adatszolgáltatás terén. Sok-sok oldalra lenne szükség ennek a menetnek az ismertetésére. Elég talán annyi, hogy a „Nemzetközi Geofizikai Évek” (International Geophysical Years, IGY, 1957—58), majd a következő (nálunk, sajnos, már nagyon is *nyugodtan* elvisselt) „A Nyugodt Nap Nemzetközi Éve” (International Year of the Quiet Sun, *IYQS*. 1964—65) voltak a hatékony impulzusok a fejlődésre. Az adatok rádióon történő közlése is megindult, de akkor még nem kurtították világgá.

Az első, még kissé rendezetlen időkben (IGY), postán (dróton) küldött táviratok érkeztek hozzánk, Magyarországra, a világnapokkal kapcsolatban. Eléggé kerülő úton! Megtudván azonban, hogy az egyik hosszuhullámú angol rádióadó is közli a táviratokat, morzeadással, egy ECC40-es rádiócsővel megépített vevőkészülékkel (szobaantennával!)

sikerült a táviratokat a kiadás napján „lehallgatni”. Sajnos, a mindenkori vezetőségnek az ilyen „amatőr munka” nem hiteles értesítés. Ezért, ha a hivatalos távirat (olykor *két napot*) késett, a külön megjelölt méréseket nem végezhattük el (hiába tudtuk, mit kellett volna tenni). Ez így örömet is okozott, ha nem is nekünk: más célra maradt meg a mérésekre szánt pénz!

A rádióadásokat, amikor már később rendszeressé váltak, hosszú ideig vette (esténként) a tárnoki vevőállomás. Persze „nem hivatalosan” és így, ugyancsak „nem hivatalosan” kaphattam meg azokat, akár naponként.

Ma már nem vonhatók ezért a tárnoki felelősségre. Így, most már, mint a fentebb említett „felelős” is és ehelyütt is köszönöm az Állomás akkori távirásainak és vezetőségének ezt a szívességét! Nem a saját érdekemet szolgálták..., de nézzük, mi a mai helyzet?

### 7.1 Az IUWDS mai szervezete

Az IUWDS főállomása (vezető állomása) a *World Warning Agency* (jele: *wwa*). Az elnevezést fordítsuk mindjárt a „legsabadabban”: *Nemzetközi Jelző Központ*. Földrajzi helye: *Boulder* (USA, Colorado állam. N 40°; W 105°; URSI száma: 20 402). így azonban ritkán szerepel, elég neki a *wwa*!

Ide a Földön mért minden, a nemzetközi uniók által méretett vagy igénybevevett geofizikai, napfizikai, bolygóközi stb. adat befut, dróton (telefonon, telexen) vagy rádióon.

A *wwa*-hoz 5 Regionális Jelző Központ (Regional Warning Center, *RWC*) tartozik. Ezek a következők:

- az egész északi félgömb számára maga a *wwa*, mint *RWC Boulder* ;
- Nyugat-Európa számára: *RWC Párizs* (meu) — a táv-



- irati jelzőszavakat zárójelbe teszem:
- Eurázsia részére: *RWC Moszkva* (mos);
  - a Csendes-óceán nyugati térsége számára: *RWC Tokió* (tok);
  - Ausztrália környéke és az Antarktisz számára: *RWC Sydney* (syd).

Mivel a legtöbb adat Európából származik (származott): Párizst kiegészítheti, sőt helyettesítheti: *RWC Darmstadt* (dar).

Az *RWC*-k segítségével vannak az *Associated RWC-k* (kiszégitő *RWC-k*, *ARWC-k*), főleg az adatok összeszedésében. Így:

- Párizs segítségével van az *ARWC Stockholm* (ezeknek külön távirati jelzésük nincsen, csupán *URSI* számuk van);
- Moszkvát *ARWC Prága*, *ARWC Delhi* és *ARWC Irkutsk* segíti.

Ezek az *ARWC-k* összeszedik a nap folyamán a területükhöz tartozó (szintén öt számjegyes *URSI* számú) állomásokról a mért adatokat és átadják az *RWC*-knek, adott időpontokban, telefonon, telexen vagy rádióon. Az *RWC-k* pedig kicserélik egymás között ezeket az adatokat, végül is minden adat a *wwa*-ba is bekerül. Csak a párizsi központban áthaladó néhány fontosabb összeköttetés egyik „menetrendjét” adjuk meg, példaképpen:

- 07.00 UT: *wwa*-ból, *syd*-ből *meu*-ba, csere;
- 10.00 UT: *tok*-ból *mcu*-ba, csere;
- 12.00 UT: *dar*-ból, Prágából, *Stockholmból* *meu*-ba, csere;
- 13.00 UT: *tok* és *mos*, továbbá *dar* és *Kiruna* (ez Svédország északi végén levő városban elhelyezett kutató intézet) közötti csere *meu*-n keresztül;
- 14.00 UT: *meu*-ból *wwa*-ba, *dar*-ba, *mos*-ba. Prágába és *Stockholmba* csere-szolgáltatás;
- 15.00 UT: *mos*-ból (és *tok*-ból, esetleg *syd*-ből) csere *meu*-n keresztül.

Amellett az összes *ARWC-k* és *RWC-k* az adott telefon, telex számokon, illetve rádiófrekvenciákon, bármikor „gyorsjelentést” adhatnak le, amelyet az *IUWDS* nyelvén *PRESTO*-nak neveznek.

Az egyes államokban általában az akadémia (nálunk a Magyar Tudományos Akadémia körében alakult *URSI Magyar Nemzeti Bizottság*) képviseli az *URSI*-t és vele együtt az *IUWDS*-t is. E bizottság egyik tagja az „összekötő személy” az egyes *ARWC-k*, *RWC-k* és az adat-szolgáltató állomások között.

Magyarország a moszkvai *RWC*-hez tartozik. Táviratokat kapunk

(telexen) naponként *Párizsból*, majd nem minden nap *Moszkvából* és *Prágából*. Magyarországról csupán egy helyről (*Tihanyból*) indul napi távirat. Egyébként a vasárnapi táviratozás szünetel, a vasárnap észlelt anyagot hétfőn továbbítják.

A jelzett *RWC*-kből és *ARWC*-ből a táviratok a *KEI*-be (Központi Előrejelző Intézetbe), mint az *OMSZ* (Orsz. Meteorológiai Szolgálat) egyik intézetébe érkeznek, mert ez az intézet hivatott a nemzetközi tudományos távközlési híradó rendszerben ezeknek a táviratoknak a felvételére is.

Az egyes *RWC-k* rádióon is adnak le, különböző frekvenciákon és időpontokban *URSIGRAM* táviratokat. A *wwa* pl. beleteszi rövid jelentéseit (óránként) a nemzetközi pontos frekvencia (és időjel) szolgálat 5, 10 és 15 MHz-es adásaiba is. (Ha ez érdekes, kívánatra ezt is közölhetjük.)

## 7.2 A rádióon vehető URSIGRAM-ok kódja és az egyes szövegrészek (rövidítések) értelmezése

Magyarországon sok alkalommal jól vehető a párizsi *RWC* (*meu*) *URSIGRAM* rádióadása. Sajnos ez nem zavartalan vételt jelent, de ennek nem az *RWC* az oka. E rádióadásnak a frekvenciáit és időpontjait múlt havi számunkban már közöltük. Most a „*meu*” rádióadás szokásos táviratainak formáját és kódját ismertetjük, abból a célból, hogy az eddigieken kívül — még több amatőr is vegye majd és használja ezt a nemzetközi szolgáltatást.

A táviratok adása (ezt a francia Posta végzi béradás formájában) általában a nemzetközi hívás „*v*” betűjével kezdődik, majd a rádióadó hívójele következik. Pl.: *v...v de FTA82/FTK77...* Itt az első hívójel egy (minden adási periódusban szereplő) hosszúhullámú adó hívójele, a második a 10,775 MHz-es adóé. Ez utóbbi 12.08 és 20.08 UT időpontokban szerepel. A „*v*”-k adása sokszor ennél az időnél jóval előbb is kezdődik, de sajnos, a francia Posta se áll mindig hivatása magaslatán. Néha 10 percet is késik! Ezután a hívásba (ha még „*rá*-érnek”) belekevernek egy-két *cq* de... részletet is. A *cq*-nak tulajdonképpen minden adásban benne kellene lennie, mert ezek a közlemények nemzetközilek és mindenkinek szólnak, aki kíváncsi rájuk (no és tudja venni őket).

Erre a rádióadásra különben a következő sajnálatos megjegyzéseket kell tennem: a francia Posta sok esetben erre a célra valószínűleg a legrosszabb adóját használja! Magam úgy vettem ezeket a táviratokat, hogy 19-es sebességű szalagra rögzítettem és — ha éppen kellett — úgy a 4-es sebességgel játszottam vissza. Ilyenkor meggyőződésem volt, hogy az adóberendezés leg-

nagyobb kondenzátorainak dielektrikuma inkább bordói vörösbor, mint bármi más... A többszörös lassítás miatt mélyülő hangban nemcsak ki-vehető volt az 50 Hz-es brumm, hanem *uralkodott rajta!* Ugyanakkor az előzőleg — ugyanazon a frekvencián leadott időjeleket felvéve, hasonlóképpen lassítva — ezt a gyatragságot egyáltalában nem tapasztaltam (arra tehát, jobb adót használnak, azt a *BIH*. a Nemzetközi Óra(jel) Hivatal fizeti].

No, de azért sokszor vehető ez az adás. Ismerkedjünk meg a tartalmával.

### 7.2.1 A Meudon URSIGRAM-jának kódja

*meudon ursigram nr YMMDD geoalert IINN DDHm; 9HHJ 1aaab 2cccd 3eeef zzzzz .....; 8HHJ 7777C; QXXYY zzzzz QXXYY zzzzz; zzzzz zzzzz ..... .....*

**meudon** = Párizs mellékvárosa, erről kapta nevét híres csillagdája, amely egyúttal a *párizsi RWC*.

**ursigram** = az *IUWDS* távirata.

**nr** = sorszám (következik, numero, amely egyúttal dátum is).

**YMMDD** = dátumcsoport, ebben:

*Y* = az év (year) utolsó számjegye

(1982-ben: 2),

*MM* = a hónap (month) sor-

száma az évben (január: 01,

december: 12),

*DD* = a hónap naptári napja (day), lehet: 01...31.

**geoalert** = az egész Földre, mindenkinek szóló felhívás.

**IINN** = ismertető csoport, egyéni távirat számozással.

*III* = a leadó *RWC* nevének *URSI* rövidítése, esetünkben mindig: *meu*,

*NN* = a (*meu*) táviratának egyéni sorszáma, ez valamikor az év folyamán 01-gyel kezdődik és 99-cel végződik, sajnos, így egy év folyamán ugyanaz a sorszám többször is előfordul.

**DDHm** = a távirat első leadásának idejét jelző csoport.

*DD* = a távirat első leadásának naptári napja (01—31); Ez az előző napi észlelési adatokat tartalmazza, először 20.08 és 21.08 (UT) óra-perckor adják le. Másnap 12.08 és 13.08 (UT) óra-perckor ismétlik; szombaton este a pénteki adatokat kapjuk; *vasárnap se rádió se telex adás nincsen*; hétfőn délben megismétlik (kétszer) a szombat esti táviratokat és hétfőn este (kétszer) leadják a szombati és vasárnapi észlelési adatokat (*egy egyéni sorszám alatt*), majd kedden délben ezt

(kétszer) megismétlik; kedden este már a hétfői adatokat kapjuk és így tovább...

**HH** = a távirat *névleges leadási órája* ;

**mm** = a távirat leadásának *névleges perce*, ez a hat számjegyes csoport *meu* esetében mindig ..1230-cal végződik.

**9HHJJ** = az *észlelési időszak* megjelenésére szolgáló csoport.

**9** = *jelzőszám*: az észlelési időszak következik;

**HH** = *óraadat*, az észlelési időszak *végző órája* (UT), ez *meu* esetében mindig: 12;

**JJ** = az észlelési időszak végének *naptári napja* (így pl. 91210 annyit jelent, hogy mondjuk — 1982. január 9-én 12 órától kezdve, 10-én 12 óráig mért (észlelt) adatokról van szó.

**1aaab** = a *napfolt-relatívszámok* csoportja.

**1** = *jelzőszám*: napfolt relatívszámok következnek;

**aaa** = a (Meudon-i Csillagvizsgáló Intézetben végzett napmegfigyelésekből származó) *napfolt-relatívszámok* adata (lehet pl.: 000, ha nincsen napfolt, de volt már 400 is), felhős ég vagy el nem végzett mérés esetében az **aaa** = *///*; *meu* esetében az ún.  $R_0$ -ról van szó, vagyis a Nap „centrumában”, kb. fél napsugárral rajzolt középponti körben észlelt foltcsoportok szerepelnek;

**b** = *a* megadott időszakban *újonnan keletkezett*, vagy a Nap tengely körüli forgása miatt az adott térségbe *belépett* napfolt csoportok száma: ha ilyen nem volt, **b** = 0, ha bizonytalan: **b** = /;

**2cccd** = a *napfluxus csoportja*.

**2** = *jelzőszám*: a napfluxus csoportja következik;

**ccc** = a 2800 MHz-es napfluxus *ideiglenes* értéke, ezt az adatot az *ottawai* állomás (45° N; 76° W; Canada, URSI száma: 18406) adja, ez a legrégebben mérő állomás; a végleges adat fi-gyelembe veszi a Nap—Föld távolságváltozását is, de ez oly csekély, hogy az ideiglenes adat már azonnal használható, a 2800 MHz-es (10,7 cm-es) napfluxus értékét  $10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ -es egységekben adják meg (ez wattsűrűség egy négyzetméterre és egy Hz sáv szélességre, a más frekvenciákon mért hasonló adatokkal való össze-

hasonlító hatáság érdekében):

**d** = a napfluxus jelentősebb „kitöréseinek”, burst jeinek száma az elmúlt észlelési periódus alatt, ha ilyen nem volt, úgy **d** = 0 (bizonytalanságot csak a be-rendezés okozhat);

**3eeef** = *földmágneses adatokat* szolgáltató csoport.

**3** = *jelzőszám*, földmágneses adatok következnek;

**eee** = a *földmágneses  $A_k$  index* értéke, gammákban, ezt a

jellemző számot a (régebben említett) három mágneses összetevő amplitúdóiból számítják; Meudon a Chambon la Foret-i mágneses obszervatóriumból kapja az adatokat (vigyázat: a földmágneses adatok értéke *helyi jellegű*, de az emelkedés vagy süllyedés szempontjából irányadó lehet);

**f** = a *mágneses tevékenységet* jellemző megjegyzés;

**0** = nem volt említeni való jelenség,

**1** = a mágneses vihar befejeződött,

**2** = mágneses vihar van folyamatban,

**6** = f okozta t o sa n erősödő mágneses vihar kezdődött,

**7** = hirtelen erősödő mágneses vihar kezdődött.

**8** = igen meredeken kezdődő, hirtelen erősödő mágneses vihar kezdődött.

(a 3, 4, 5 és 9-es számjegyet nem használják).

**zzzzz** = *szöveges jelentés*, amely felsorolja a Napon vagy a Földön történt jelentős eseményeket, olykor *több soros* is lehet (mágn. vihar, sarki fény, flér vagy valamilyen frekvencián burstök jelentése stb.); ha ilyen nincs, a **zzzzz** csoport e része elmarad;

**8HHJJ** = a következő *észlelési periódus* csoportja.

**8** = *jelzőszám*, javaslatok, előrejelzések következnek;

**HH** = a következő 24 órás észlelési periódus órájának kezdete (*meu* esetében mindig: 13 UT);

**JJ** = a következő periódus *napjának* dátuma (01...31);

**7777C** = *jelző-számcsoport*: *felhívás* következik az obszervatóriumok számára.

**7777** = a felhívás jele;

**C** = a felhívás részletezése:

**0** = semmi különös észlelni való nincsen a Napon,

**1** = a napfluxus észlelése kívánatos,

**2** = az optikai megfigyelések a fontosak.

**3** = mind a fluxus, mind az optikai megfigyelések kellene,

**4** = mindenféle napészlelés fontos, a mágneses megfigyelések is.

**QXXYY** = valamely jelentősebb *napfolt csoport helyének* megjelölésére szolgáló csoport.

**Q** = a Napnak az a *kvadránsa*, amelyben a megjelölendő napfolt tartózkodik:

**1** = északkeleti,

**2** = délkeleti,

**3** = délnyugati,

**4** = északnyugati

(l. az 59. ábrát);

**XX** = *foktávolság* a „nulla-meridiántól” keletre vagy nyugatra, a megadott kvadráns szerint;

**YY** = *foktávolság* a Nap egyenlítőjétől számítva északra vagy délre, a megadott kvadráns szerint;

**zzzzz** = az előző csoport naprajzi koordinátaival megjelölt napfolt (csoport) *viselkedésének elő-rejelzése* a következő szavakkal: *quiet* = nyugodt, legfeljebb egy kromoszférikus kitörés várható;

*eruptive* = legfeljebb egy fluxus-kitörés (burst) és néhány kromoszférikus kitörés (*C osztályú flér*) várható;

*active* = geofizikai jelenségek, zajkitörés és nagyobb napkitörés (pl. *M osztályú flér*) várható;

*proton* = mindezekon fölül még *X osztályú flér* és esetleg proton kitörés is várható.

Annyi **QXXYY zzzzz** *kettős csoportot* adnak, ahány ilyen szempontból jelentős foltcsoport van a Napon. E csoportok után ismét szöveg következik, ebben a Napra és a földmágnességre vonatkozó előrejelzéseket adják meg.

Ezek rövidítéseit és jelentőségüket a *wwa* távirat magyarázatánál adjuk meg, a naprajzi koordináták könnyebb megértését elősegítő ábrával együtt.

(Folytatjuk)

## Irodalom:

*Az URSI értekezleteiről* kiadott közlemények, előadások, határozatok.

*URSI körlevelek.*

*Synoptic Codes for Solar and Geophysical Data* és folyamatos kiegészítései.



# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 33.

Dr. Flórián Endre okl. fizikus. HA5KFV

## 7.2:2. A Boulder URSIGRAM-jának kódja

A Boulder, jele szerint *wwa* távirata közvetlenül a *meu* távirat befejezése után (rádióon igen kis szünettel, telexen egy sor kihagyásával) kezdődik a párizsi adásban. A kódja tulajdonképpen ugyanaz, mint a *meu-é* (hiszen mindkettő IUWDS kód), de amíg a *meu* a maga táviratában sok rövidítést, szöveget alkalmaz. addig a *wwa* a szám jelzéseket adja bővebben. A táviratok összeállítója és összesítője (Párizsban) arra gondol sokszor: nem kell ugyanazt a jelenséget ismételtlen elmondani egy összefűzött táviratban (néha utalás is van erre), Éppen ezért minden, pl. külön „v”... hívás, „cq”... stb. ezelőtt a távirat előtt elmarad, folytatásként következik a *meu-é* után. Ha a kódja majdnem ugyanaz is, főként a megjegyzések miatt meg kell ismételnünk:

geoalrt IINNN DDHhmm z;  
9HHJJ laaab 2cccd 3eeef 4gggh;  
QXXYY nmijk QXXYY nmijk...  
.....; ZZZZ ZZZZ ..... ;  
8HHJJ 7777C ZZZZ ZZZZ .....  
end (vagy: fin)

Vegyük sorba az egyes csoportokat:

**geoalrt** = ugyanaz, mint a *meu* táviratban.

**IINNN** = állomás és sorszám jelzőcsoport:

*III* = *wwa*;

*NNN* = a *wwa* táviratok egyéni sorszáma (ez a csoport hatjegyű), itt az év napjait számozzák, január elseje = 001, december 31=365 (szökőévben: 366), ebben a számozásban nem lehet tévedni a távirat dátumában!

**DDHhmm** = a *wwa* táviratában a *meu-ba* történő átadás dátum csoportja.

*DD* = az átadás napja (a folyó hónapban: 01.. .31);

*HH* = az átadás órája (ez mindig: 03);

*mm* = az átadás kezdetének perce (mindig: 00);

**z** = annak a (szokásos) jele, hogy az adott dátum a közép-európai időre vonatkozik, a táviraton belül is alkalmazzák sok esetben egy dátum után, enélkül a dátum UT-ben értendő.

**9HHJJ** = az észlelési időszakot jelző csoport:

*9* = jelzőszám, az észlelési időszak következik.

*HH* = óraadat, az észlelési időszak végső órája (UT), a *wwa* táviratban mindig: 24;

*JJ* = az észlelési időszak nap-tári napja, ez az adat a *wwa* táviratban természetesen mindig egy nappal kevesebb, mint a fenti DD adat.

**Iaaab** = a napfolt-retativszámok csoportja:

*I* = jelzőszám, a napfolt-relativszámok követ kéznek;

*aaa* = a napfolt-retativszámok értéke (mivel a Boulder a Földön, körös-körül percenként fényképezte a Napot, az „aaa” helyett ///-at még nem láttam

*b* = ugyanaz, mint a *meu* táviratban (az egész Napra vonatkoztatva).

**2eeed** = a szintén Ottawából kapott napfluxus értékét adó csoport, mint a *meu* táviratban.

**3eeef** = jelentése szerint ugyancsak földmágneses adat, de a *wwa* számára a 00.00—21.00 UT közötti időszakban a Boulderben

levő, a 21.00-24.00 UT időszakban pedig az egyik NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) obszervatóriumában levő magnetométer „k” adataiból készítik az  $A_k$  adatot; a két obszervatórium mindegyike  $40^\circ N$ :  $105^\circ W$  földrajzi ponton van, néhány - km-re egymástól,

**4gggh** = ez a csoport a kozmikus sugárzás adatait szolgáltatja, az ilyen adatok azonban annyira helyi jellegűek, hogy belátták: egy obszervatórium adatait nem érdemes közölni. Újabb elhatározásig a *wwa* (évek óta) 4///-et ad helyette, a *meu* pedig már régen ezt is elhagyta.

**QXXYY** = valamely napfolt csoport naprajzi koordinátájának adatait tartalmazó csoport:

*Q* = a Nap valamelyik (1, 2, 3 vagy 4-ik) kvadránsa, amint ez a 110. ábrán látható;

**XX** = a naprajzi hosszúság, a Nap korongjának É—D pólusát összekötő egyenes, az ún. „nulla meridián”-tól számítva, keletre vagy nyugatra, a megadott kvadráns szerint;

**YY** = a naprajzi szélesség, a nap-egyenlítőől északra vagy délre a megadott kvadráns szerint (a „kockakészítők” figyelmébe ajánlom).

**nmijk** = a napkitörések csoportja:

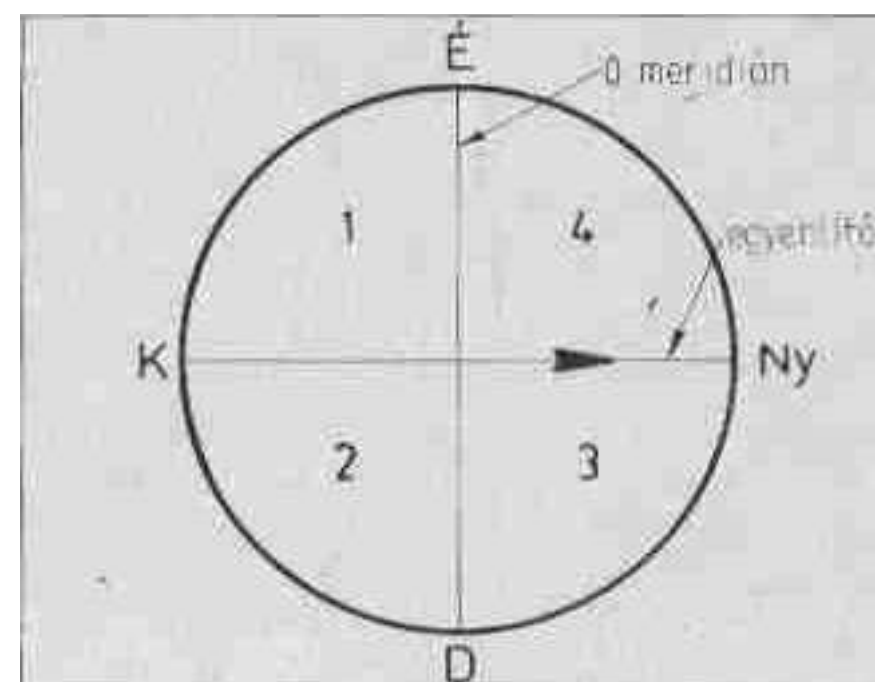
*nn* = az előbbi csoportban megadott naprajzi helyen levő napfoltcsoportról észlelt napkitörések összes száma;

*i* = a napkitörések közül a „C” osztályúak száma, ha ilyen nincsen = 0;

*j* = a napkitörések közül az „M” osztályúak száma, ha ilyen nincsen = 0;

*k* = a napkitörések közül az „X” osztályúak száma, ha ilyen nincsen=0.

Ha egyáltalában nem volt a jelzett foltcsoportból kitörés, ez a csoport: 00000; előfordul, hogy pl. sok kitörés volt, de egy se ütötte



110. ábra

meg a fenti típusok (osztályok) értékét, ilyenkor csak az *nn* betűk helyén van adat (pl.: 12000); az is lehet, hogy egy csoport többféle kitörést is mutatott, ilyenkor nem mindig egyezik meg az *i*, a *j* és a *k* helyén adott számjegyek összege az *nn*-nel (pl.: 08021).

A *QXXYY* *nnijk* kettős csoport annyiszor fordul elő a táviratban, ahány foltcsoport van a Napon,

**ZZZZZ** = szöveg, amelyben egyes jelentősebb eseményeket rövidítve, egyszerű angol fogalmazással adnak meg, a sokszor előforduló rövidítéseket, kifejezéseket később megadjuk.

Ezután következnek — ha vannak erre érdemesek — az egyes napfoltcsoportok jellemzései, ugyanúgy, mint a *meu* táviratokban. Ugyancsak ebben a szövegrészben szokta a *wwa* megadni a „nyugodt napfoltcsoportok számát” szavakkal, pl.: „twelve quiet regions” = tizenkét nyugodt „régio”. Előfordul ez az eset a *meunál* is, de a *meu* a napfoltcsoportokat „groupsnak” nevezi és a legtöbb esetben csak ennyit mond: „other groups quiet” = a többi csoport nyugodt (miután felsorolta az aktívakat).

**8HHJJ** = az előrejelzés, az információs csoportok következnek:

*8* = jelzőszám ;

**HH** = a következő 24 órás észlelési periódus *órájának kezdete*, ez a *wwa* táviratokban *mindig 00 UT óra*:

**JJ** = a következő észlelési periódus *naptári napja*, ez az adat — természetesen — mindig megegyezik a távirat elején található 6 számjegyes csoport *DD* adatával.

**7777C** = észlelési felhívás, mint a *meunál*.

**ZZZZZ** = ebben a szövegben felsorolják az olyan napfoltcsoportok naprajzi koordinátáit (a *QXXYY* alakban), amelyekről külön adnak valamilyen előrejelzést (ha van ilyen); minden ilyen, naprajzilag is jelzett napfoltcsoport után következik az előrejelző szó (eruptive stb.), amint ezt a *meu* távirat leírásánál láttuk.

**ZZZZZ** = a további szövegben a *Napra* és a *földmágnességre* vonatkozó *előrejelzés* következik, itt ilyen szavak fordulnak elő a leggyakrabban, *előrejelzésként*: *spotnil*=nem várható foltcsoport a Napon;

*solnil*=vége a Napon a tevékeny periódusnak;

*protonnil* = csekély tevékenységű periódus kezdődik (vagy marad) a Napon (az előzőkhöz viszonyítva);

*solqueit*= nincs (nem várható) tevékeny, „aktív” régió a napfelületeun;

*solalert piano* (vagy: *solalert minor*) *JJ/KK* = kisebb mértékű naptevékenység várható (legfeljebb „C” osztályú flérrrel) a *JJ* és *KK* napok között (a *JJ* és *KK* a folyó hónap napjai);

*solalert JJ /KK* = növekvő naptevékenység várható a *JJ* naptári naptól a *KK* napig, pl. 09/12;

*solalert major JJ/KK* = leginkább 2-es jelentőségű (erről később...), esetleg „M” osztályú flérek, jelentősebb (vagyis magasabb frekvenciákra is kiterjedő) SID és 500 egységnél is nagyobb fluxusérték, esetleg burst is várható;

*major flare alert JJ/KK QXXYY* = igen jelentős napkitörés várható a *JJ* és *KK* napok között és pl. „X” osztályú flér is lehetséges, elsősorban a *QXXYY* csoport által megadott naprajzi koordináták helyén levő napfoltcsoport miatt, SID és burstök is lesznek;

*proton flare alert JJ/KK QXXYY* = *proton* kitörés várható, az előző bekezdésben foglaltakon kívül és ezt — valószínűleg — észlelik majd a nagyobb magasságban keringő mesterséges holdak; SID, nagy mértékű burstök, földmágneses viharok is várhatók;

*presto proton arrival alert KK/JJHHmm* = előrejelzés arra vonatkozólag, hogy *protonok* érkeznek (legalább) a Föld közelébe a *KK* napon, *abból a flérből*, amelyet előzőleg a *JJ* napon a *HHmm* (UT) időpontban észleltek; ez egyúttal *felhívás* az azonnali értesítésre, ha valahol (pl. a sarkokon) protonokat észleltek;

*magnil* = vége a Földön a jelentősebb *mágneses tevékenységnek*;

*magquiet csekély mértékű mágneses tevékenység kezdődik* (vagy marad) a Földön;

*magalert minor JJ/KK* = *kisebb mértékű mágneses tevékenység* várható a Földön a *JJ* és *KK* napok között (lehet a *KK* helyett *xx*-et vagy *//*-t adni, ha az időtartam bizonytalan; ha *biztos*, lehet csak *KK*-t táviratozni: egy adott napot);

*magalert JJ/KK* = *nagyobb mértékű mágneses tevékenység* várható a Földön a *JJ* és a *KK* napok között, az  $A_k$  értéke  $>50$  is lehet, előfordulhat 6-osnál nagyobb *K* érték is a 3 órás *K* értékek között, ha mágneses vi-

har hirtelen kezdődik, úgy dátumául a meredeken fel-futó jel *percét* adják meg, ha fokozatosan emelkedik: a *kezdethez legközelebbi óra-adatot* („z” nélkül az adat UT-ben van); sokszor megadják, hogy a mágneses adat a Föld melyik obszervatóriumából származik;

*polar cap absorption: PCA* = a protonok által előidézett *abszorpció* (valamelyik sarkon), ennek mértékéül a *dB-t* használják (ennek tízeses értékeit is), amelyet az említett „riométer” műszer mutat;

*caution*: ha ezt a szócskát teszi a *QXXYY* és a napfoltot jellemző szavas előrejelzés közé. akkor *bizonytalan*, hogy a folt csoport *fejlődése* valóban az előrejelzés szerinti lesz; pl. *10 220 caution active* annyit jelent, hogy a Nap északkeleti nyegyedében a keleti hosszúság 2. fokán és az északi szélesség 20. fokán lévő napfoltcsoport *fejlődése* a következő napra *talán* aktívvá válik;

*doubtful*: ezt a szót ugyanúgy használják, mint a *caution*, de annyit jelent, hogy a *folt*, illetve *jövőbeni viselkedése bizonytalan*, az előbbinél nagyobb mértékben.

## A flérek jelölése osztály szerint

„C” *osztályú flér*: a Nap *kromoszférajából eredő kitörés*, amely nincsen összekötve *erősebb* röntgensugárással (ultraviola sugárzása lehet) és legfeljebb csekély, centiméteres hullámú (ide tehát a 10,7 cm-es fluxust is be kell számítani) *burstökkel* együtt jelentkezik és amely csekély ionoszférazavart (SID-et) okoz; (a SID-ek fajtáit még felsoroljuk!);

„M” *osztályú flér*: ez *röntgensugárzást is bocsát ki*, még pedig a 0— és 8 Å hullámhosszú sávban  $10^{-1}$  vagy a 0,5—5 Å hullámhosszú sávban  $10^{-2}$  erg energiát jelentő sugárzást a Föld légkörében  $\text{cm}^2$ -enként, amellelt már többféle SID-et és burstöt okozhat;

„X” *osztályú flér*: erős *röntgensugárzást kibocsátó napkitörés*, amely a 0—8 Å hullámhosszú sávban  $10^{-1}$ , vagy a 0,5—5 Å hullámhosszú sávban  $10^{-2}$  erg energiát jelent a Föld légköre számára  $\text{cm}^2$ -enként és *sec-onként!* Jelentősebb SID-et és akár 1000 fluxus egységnyi burstöket is jelenthet a Nap többféle rádiófrekvenciás sugárzásában, a burstök időtartama általában több 10 percnél!



Rádiós szempontból egyszerűen úgy osztályozhatjuk ezeket a fléret, hogy a „C” jelű jelentéktelen, az „M” jelű közepes (pl. 5-6 MHz-ig felmenő). Az „X” jelű pedig akár 10—12 MHz-ig is terjedő fadinget okozhat. Ezután pedig rövidesen földmágneses, illetve ezzel kapcsolatban ionoszféra vihar lép fel és jelentékenyen rosszabbodik a terjedés. Előfordul, hogy a flér kitörésekor rövid idejű és jelentékeny javulás áll be a terjedésben, de ez nem hosszan tartó jelenség és ki lehet használni!

A táviratok a legtöbb esetben (a meu-nál is) tartalmazzák a flér „fényességének” fokát; ez az adat sokszor szubjektív megfigyelésen alapszik, de eléggé jellemző a flér hatékonyságára. Három fényességi fokozatot különböztetünk meg:  $b$  = bright (igen fényes);  $n$  = normál;  $f$  = faint (gyenge).

A fléret az URSIGRAM-okban gyakran pl. így kapjuk meg:  $m6/2b$ , vagy  $2b/m6$ , ez mindegy, de esetleg csak pl.:  $sf$ , vagy  $2n$  stb.! Ekkor az  $m$  (vagy a  $c$ , vagy az  $x$ ) betű a fenti osztályt jelöli, a mellette levő szám (1..9) annak a *napfolt-nak* (csoportnak) az *osztályozása*, amelyről a flér kiindult. Ez az *osztályozás* a napfolt (csoport) alakjával, az egyes foltok egymáshoz viszonyított elhelyezkedésével stb.-vel kapcsolatos, rádiós viszonylatban alig érdekes (legfeljebb minél nagyobb a szám, annál hatékonyabb esettel van dolgunk). Rendszerint a törtjel után következik a flér „jelentősége” (importance). ez tulajdonképpen terület, amelyet a *nap felület egymilliomod részével, mint egységgel mérnek*. (Egy ilyen „egység” csupán:  $3,04 \cdot 10^6$  km<sup>2</sup>). Egy *kutató* amatőrnek ez az adat már érdekes lehet:

$s$  = sub = < 100 egységnyi,  
 $1$  = 100—300 egység közötti.  
 $2$  = 300-750 egység közötti.  
 $3$  = 750-1200 egység közötti

terület, az ennél is nagyobb 3+-szal jelölik, de URSIGRAM-ban ilyet még nem láttam.

Előfordulhat, hogy a *flér már látható*, ennél fogva a *területe* és *fényessége* már megállapítható (pl.:  $2b$ ), de az osztálya (hiszen ehhez

még sokszor földi adatok is kellenek) és a folt csoport osztályozása szintén még (vagy egyáltalában nem) történhetett meg; ilyenkor kapjuk a táviratokban a „2b” vagy pl. „sn” jelzést.

Megadják a *flér kitörésének időpontját* is, pl. így:  $24/0342$  z, ez annyit jelent, hogy a kitörés (a folyó hó) 21-én, 3 órakor, illetve ezután 12 perccel történt, „z” — vagyis közép-európai időben. Sokszor kihagyják a közbeeső tört vonalat (240342), de a flér adata mellett ez a hatjegyű szám világosan mutatja, hogy időpontról van szó. Ezt követi a flér időtartamának jelzése, pl.: 30 min 30 perc. Sokszor megjelölik, hasonló módon, a flér kitörésének (mértékben) maximális időpontját is. A mikor a QXXYY után csak 000000 szerepel, flér kitörés nem volt, ha az nn helyén számot találunk (pl. 01 vagy akár: 12) ez azt jelenti, hogy kitörés (pl. anyagi) volt ugyan, de flér nem volt.

A napfluxus megnövekedését (ha az jelentősen meghaladja a szokásos értéket) „tenflare” névvel megjelölve, szintén jelentik. A „tenflare” után következik a fluxus értéke (az említett egységben), majd az időtartama a „zajkitörésnek”, külön „min”, azaz percekben kifejezve és - ha lehet — adják még az ilyen burstnek a római számmal kifejezett típusát is (pl.: iii = III; iv = IV stb.). Itt is megtaláljuk a kitörés dátumát (olykor a maximuma idejét is). Sok esetben kapjuk annak az obszervatóriumnak a nevét is (pl.: Culgoora reported... = az ausztráliai Culgoora obszervatórium jelenti), ahol a megfigyelés történt.

**A SID-ek** (Sudden Ionospheric Disturbances). vagyis hirtelen fellépő ionoszféra zavarok fajtái:

SFD = Sudden Frequency Deviation hirtelen fellépő frekvenciaváltozás (egyszerű vevőberendezéssel nem észlelhető):

SSWF= SUDrlen Short Wave Fade out = hirtelen (néhány másodpercen belül) bekövetkező fading a rövid hullámokon (kb. 1-10 MHz között):

SWF Short Wave Fade out - (lassú ütemben, esetleg fokozatosan ekkor még „gradual” nevet is kap) bekövetkező fading;

SEA = Sudden Enhancement of Atmospherics = a légköri zavarok erősségének hirtelen fokozódása (a hosszú hullámokon);

SPA = Sudden Phase Advance = hirtelen fázisváltozás, ez a hosszú hullámokon (>100 kHz) vehető észre leginkább. Oka a talaj mentén haladó felületi hullám és a D-rétegről visszaverődő térhullám találkozásakor bekövetkező fázisviszonyok változása, mivel a D-réteg ilyenkor süllyed, és így a hullámok mind alacsonyabbról és alacsonyabbról verődnek vissza: rövidül az úthosszuk. A SEA-nak is ez az oka részben, de ott a D-réteg alján megsűrösödő ionizáció is szerepet játszik, amelyet esetleg részecskék okozta ionizációs ok is megindíthat.

**A földmágneses vihar** kitörését általában ssc-vel jelölik, megadják az obszervatórium nevét, az időpontot (percben, ha a regisztráló papíron az emelkedés meredek és a legközelebbi óraadattal, ha az emelkedés fokozatos = gradual).

A fentiek után, ha nem is mindig, két 3 — 3 csoportos előrejelzés következik:

*tencm* = *jelzőszó*, a napfluxus (ten cm) előrejelzésére;

*aaaJJ* = az *előrejelzés csoportja* három darab, az egymás utáni napokra);

*aaa* = a napfluxus előrejelzett értéke a fentebb adott egységben:

*JJ* = a hónap napja, amelyre az előrejelzés szól.

*alfred* = *jelzőszó*, a földmágnesség elő-

jelzésére (az  $A_k$  index *Fredericksburgból* (38° N; 77° W; USA Ursi száma: 18403),

*bbb* = az  $A_k$  *index* előrejelzésének adatai:

*JJ* = a hónap napja, amelyre az előrejelzés készült.

A tenem növekedése és az alfred csökkenése jelenti a jobb terjedést.

(*Folytatjuk*)

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 34.

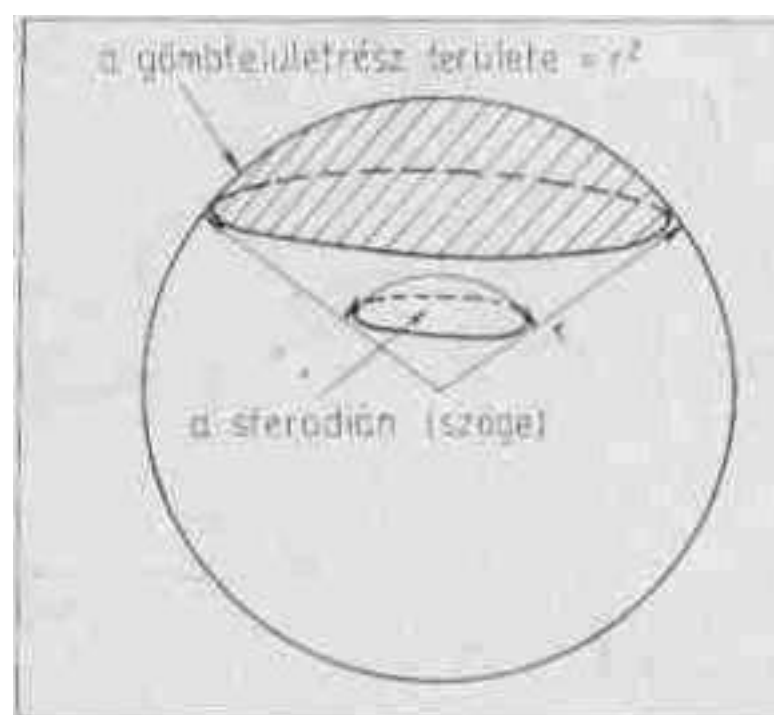
dr. Flórián Endre okl. fizikus, HASKFV

## 7.3. Egy elképzelt URSIGRAM!

Az URSIGHAM-ok könnyebb megértése érdekében most leírunk egy teljesen fantázia-szülte vételt, hogy — főleg az angol rövidítéseket, a sokszor jelentő állomásokat és sok olyan kifejezést ismerjünk meg, amelyeket szavakkal adnak. Tohát még egyszer: ez a távirat nem valódi, bár minden része előfordult már az elmúlt évtizedek folyamán! A rádióamatőrök által ugyanis ismert hívási stb. formulákat elhagyjuk. A számkódolt táviratot, a „leadásnak megfelelően”, szintén számokkal írjuk le. A *Magyarázat* (7.4.) cím alatt az ötös számcsoportokat számjegyekkel megismételjük és ezután adjuk meg érteimüket. Mihelyt azonban a megismertető szövegre kerül sor, eléje zárójelben egy (sor-)számot teszünk és a megfejtésben erre a számra hivatkozunk. Igyekszünk jól megjelölni az összetartozó csoportokat és szöveget (a táviratokban ez nem mindig sikerül).

Felírunk tehát egy igen hosszú „meu” (párizsi), majd utána egy „wwa” (boulderi) táviratot, ezek rengeteg, a Napról és a Földről származó, észlelést, megjegyzést tartalmaznak:

meudon ursigram nr 20301 geoalert meu065 011230 91228 30402 91229 11983 22034 30101 (1): presto toyokawa 290104z tenflare 3400 fu 28/2358z (2): max 290045z 3800 fu dur 55 mins (3): 10 pr west and sid (4): proton event 282002z 200 part/cm<sup>2</sup>/sec/ster (5): max 340 proton at 28/2350z at gt than 10 mev (6): suspected proton flare 28/2348z probably 3b n 12 w 17 observed at sydney between clouds (7): and strong type ii and iv at culgoora (8): type ii bursts at 205 mhz in progress on 28/0010z at manila (9): bursts duration more than 3 hours with several tenflare observed moscow at 28/1903z (10): tenflare observed voros-hilov 1235 flux units at 282220z duration 65 minutes (11)- three cm burst 1200 fu



111. ábra. A steradian térszög.. a gömbsugar négyzetével egyenlő területű gömbfelületrészhez tartozó középponti térszög

28/2150 max 2205 location approximative n 13 w 18 dur 32 mins (12): hhi reported 9500 mhz burst 281105z 2000 percent (13): culgoora reported very strong type burst iv 200-8000 mhz 28/2105z (14): flare x5/2b n 10 w 13 28/2150z max 2205 dur 40 mins (15): flare 1b/x2 n 22 e 14 28/2040 dur 12 minutes (16): flare m3/1n 290105 dur 20 mins (17): soflare x4/1b n 21 e 15 290150 duration 28 minutes (18): pca in progress at thule 290005 2,6 db (19): many aurora events observed at kergulen island from 28/2102z (20): ssc wingst magstorm beginning 28/2350z—81301 77773 (21): 40113 proton (22): 31112 11422 active (23): 22814 33126 eruptive (24): caution to 08 east limb (25): other groups quiet (26): proton arrival alert 01/xx (27): major flare alert 01/// 11422 31112 (28): magalert 02/xx--

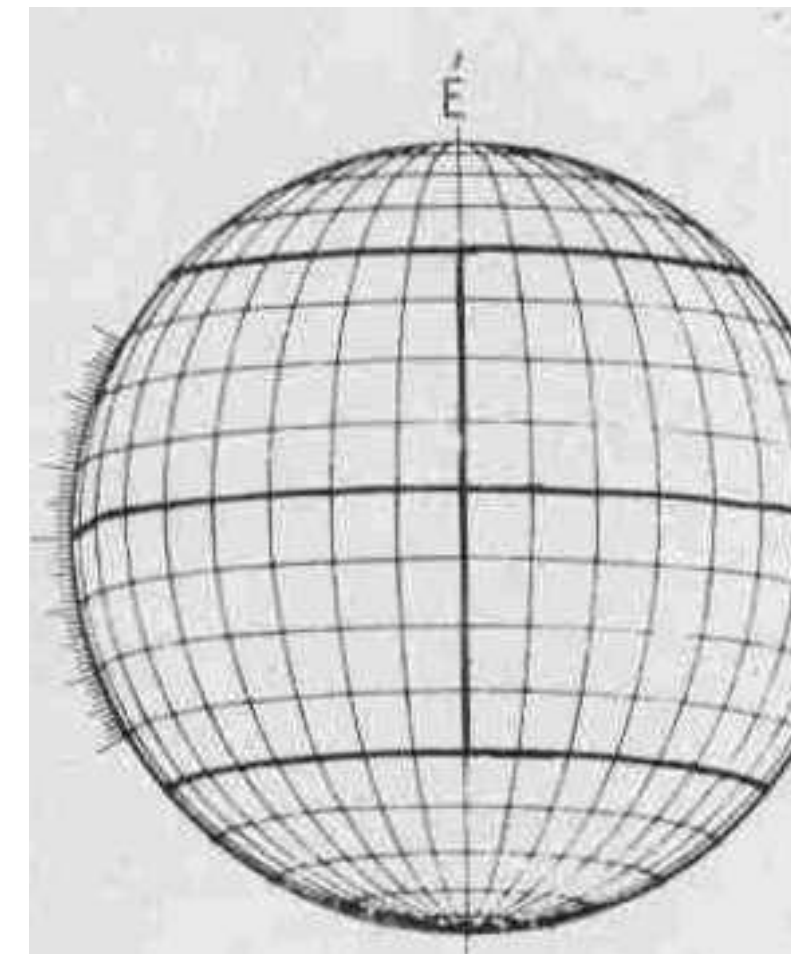
geoalert	wwa060	290300z	90029	12155
22034	30091	4///	51207	42331
00000	17222	00000	11321	05021
00000	14815	02100	40716	00000
09032	48813	04001	15912	03010
06030	24108	03010	26311	02100
14000	31212	08102	22513	06001
00000	34416	04100	35817	00000
00000	25024	00000	27526	04020
11000				33228

(29): presto sydney 280220z small sudden storm commencement 280115z (30): imp 2s flare rgn 3224 s 08 e 41 (31): more sid events 28, 29 (32): presto proton event 282110z began 282002 at thule 50 proton/cm<sup>2</sup>/sec/ster at greater than 10 mev (33): maximum for proton event was 140 proton at 2350z (34): hhi reported on 9500 mhz burst 28/2055z max 2110 dur more 30 mins 20 times preforst level and strong sid (35): boulder observed 28/1430 eruptive loop e 59n12 in progress at 1505z (36): soflare doubtful x on east limb no optical data (37): ten cm burst nancay with type four and sid (38): magnetic ak index greater than 30 with very marked sc was on boulder 27 februar (39): weak pca at anchorage 0,8 db between 271830 and 1940 (40): end of magstorm at kakioka 27/2000z (41): x-ray burst from unknow source (42): flare x4/1b n 21 e 13 with two ribbons at boulder (43): other events are updated in geoalert meu 65

80001 77774 41114 proton 11321 active 48813 active 31212 active 22513 caution active 46808 eruptive 35211 caution eruptive 27526 doubtful eruptive 15912 doubtful eruptive 24108 caution eruptive (44): twelve quiet regions (45): solalert major 01/02 (46): magalert minor 02/04 (47): tencm20801 21202 21003 (48): afred 01001 01302 02003 (49): end,

## 7.4. A fenti URSIGRAM megfejtése, magyarázata

meudon ursigram nr 20301 = meudoni URSIGRAM távirat, a dátum jelzőszáma szerint 1982. március elsején adták ki (tehát elsősorban az előző, a február 29-i adatokat



112. ábra. A napkorong sikra vetendő része a vastag vonalak közt

tartalmazza; tudom, hogy 1982-ben a február nem 29 napos...)

geoalert meu65 011230=felhívja a 65-ös saját számú távirattal, amelyet 1982. március elsején 12 óra 30 perckor (UT) adtak le (a telexkód pont és rádióállomások számára

91228 30402 = az előző napon tehát febr. 28-án valaminő okból elmaradt a mágnesség jelzése (csoportja), ezt most pótolják. Eszerint az előző napon mágneses vihar volt folyamatban, az  $A_K$ -index 40-es volt (elég nagy érték!)

91229 = a 29-én 12 (UT) órakor befejezett észlelések szerint 28-án 12 (UT) órától a fenti időpontban a következő adatokat kapták. 11983 = a napfolt-relatívszám a meudoni mérések szerint) 198 volt és 3 új csoport keletkezett, illetve lépett be a megfigyelési körzetben 22034 = a 2800 MHz-es napfluxus (Ottawában, N 45° W 76°: 18406 - a földrajzi helyet adó koordináták után adjuk az állomás URSI-számát) 203-as értéket mutatott a régebben már ismerttetett  $10^{-22}$  W m<sup>-2</sup>·Hz<sup>-1</sup> egységben, az észlelési idő alatt 4 „zajkitörés” volt ezen a frekvencián: 30101 a földmágnesség  $A_K$  indexe (a tegnapi 40-ről) 10-re esett le, elmúlt a mágneses vihar (Chambon la Foret-ban N 48° E 02°, 30503);

(1): Toyokawa Japánból (N 35° E 137°, 41301) gyors hírből, amely 29-én 01 óra 04 perckor (MEZ) érkezett Meudonba, jelentette, hogy 3400 fluxus egységnyi (flux units = fu) „rádió zajt”, vagy „zajkitörést” (mivel 10 cm-es hullámon volt tenflare) észleltek (febr.) 28-án 23 óra 58 perckor (MEZ) időtől kezdve;

(2): ennek maximális értéke 3800 fluxus egységnyi volt 29-én 00 órakor



45 perckor (MEZ), a kitörés időtartama (dur = duration) 55 perc volt (míns = minutes = percek):

(3): a kitörés helyét, iránya szerint a Nap nulla meridiánjától, az egyenlítőjének kb. 10 százaléknyi távolságára (pr = percent; 10%), nyugatra becsülik;

(4): 28-án 20 óra 02 perckor (MEZ) proton áramlás (napszélből) jelentkezett (ezt leginkább a stacionárius mesterséges holdak észlelik), és pedig másodpercenként és négyzetcentiméterenként 200 proton érkezett a Nap felől steradiánonként (111. ábra);

(5): az áramlás maximuma 340 proton volt 28-án 23 óra 50 perckor (MEZ), a részecskék energiája nagyobb volt (gt = greater), mint 10 MeV;

(6): a protonok kibocsátásával gyanúsított proton-flér 28-án 23 óra 48 perckor (MEZ) tört ki, valószínűleg 3b (750—1200 terület egység közötti) területtel és igen fényes (b = bright) volt, a naprajzi helye N 12° W 17°, a kitörési Sydney-ben (S 34°, K 151°, 85304) észlelték „felhők között” (tehát az adat kissé bizonytalan);

(7): és igen erős II- és IV-es típusú börszökét észlelték (ld.: a 27. folytatást) Culgoorában (S 30°, E 149°, 85303. ez az egyik legjobban felszerelt obszervatórium);

(8): II-es típusú börszök észlelése folyamatban volt 205 MHz-en 28-án 00 óra 10 perckor (MEZ). Manilában (N 14°, E 121°, 42101 - ez valóban nem történetelt meg);

(9): börszökét észlelték Moszkvában több, mint három órán át, többféle napzaj kitöréssel kapcsolatban (Moszkva: N 55°, E 37°, 34502) 28-án 19 óra 03 perctől (MEZ);

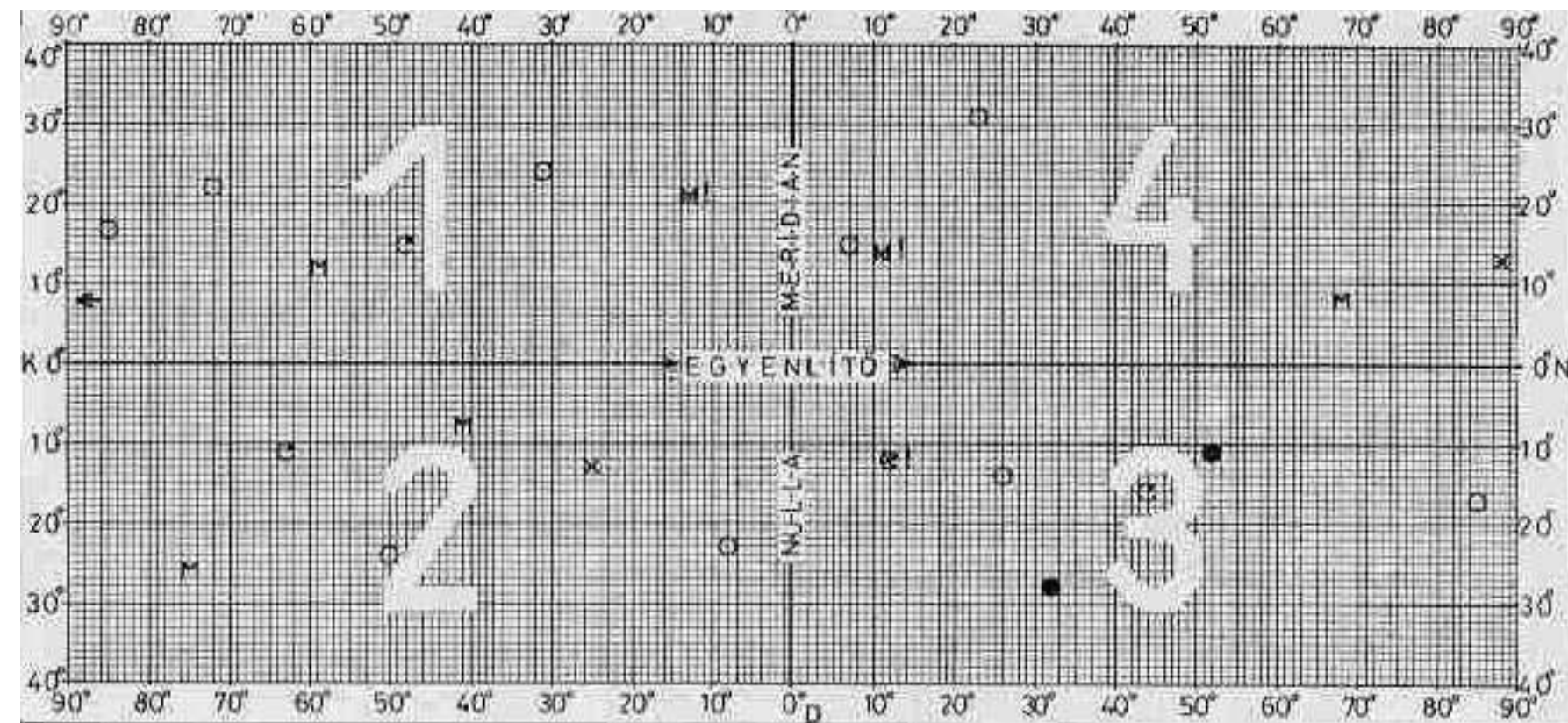
(10): 2800 MHz-es napzaj kitörést észlelték Vorosilovban (N 43°, E 132°, 43401) 1235 fluxus egységnyit, 28-án 22 óra 20 perctől kezdve 65 percig (MEZ);

(11): 3 cm-es (10 GHz-es) börszökét észlelték 1200 fluxus egységgel 28-án 21 óra 50 perckor (MEZ), a maximum 22 óra 05 perckor volt. 32 percig tartott, forrása a Napon megközelítőleg N 13°, W 18° (az észlelés helye nincsen megadva, de ismeretes, hogy ilyen észleléseket Japánban és Svájcban végeznek. ezt nyilván Japánban észlelhették);

(12): HHI = Heinrich Hertz Institut, tulajdonképpen Berlinben van, de a mérő állomása Neustrelilzben (N 53°, E 13°, 31515), itt van a 9500 MHz-es vevőberendezés, amely 28-án 11 óra 05 perckor (MEZ) ezen a frekvencián (a napi átlagnál) 2000 százalékkal magasabb értéket

(13): Culgoora igen erős, IV-es típusú börszökét vett a 200 MHz-től a 8000 MHz-ig terjedő frekvenciasávban 28-án 21 óra 05 perckor (MEZ), ez az obszervatórium berendezésével „végigsöpri” a fenti frekvenciasávot;

(14): X5-ös, tehát röntgen fényt is sugárzó, 5-ös alakzatú napfolt-



113. ábra Magyarzat a cikkben

csoportból kirobbanó, igen fényes flért észlelték, amely a Napon N 10° és W 13°-on látszott, 28-án 21 óra 50 perckor (MEZ), ennek maximuma 22 óra 05 perckor volt, időtartama 40 perc (nyilván valahol keleten);

(15): egyes területű, igen fényes, röntgen sugárzást is kibocsátó flér jelent meg 2-es rajzú napfoltból a Nap N 22°, E 14°-os naprajzi helyén, 28-án 20 óra 40 perckor és tartott (dur) 12 percig;

(16): ultraibolya sugárzást is kibocsátó M-osztályú flért észlelték, amely kis területű volt és normális fényű (n), 29-én 01 óra 05 perckor, 20 perc időtartamig;

(17): röntgen fényt is sugárzó, X-osztályú flért észlelték 28 percig a Nap N 21° és E 15°-os naprajzi helyén 29-én 01 óra 50 perckor;

(18): Thuléban (N 76°, W 68°, 17801) Polar Cap Absorptio (a sarki sapka hullámelnyelése 30 MHz-en) 2,6 dB erősségű volt 29-én 00 óra 05 perckor (UT), a PCA folyamatban volt.

Gondolom Olvasóink a dátumok „megfejtését” már unják is, egyszerűségük miatt, így azokat a továbbiakban elhagyjuk. Könnyűségük és gyakori ismétlésük miatt a 32. folytatásban levő quiet, solalert stb., valamint a 33. folytatásban tárgyalt spotnil, solalert., PCA, caution stb. szavak, rövidítések értelmezése se szükséges az egyes szám-csoportok után (vagy előtt). Ézért a továbbiakban egyszerűbben folytatjuk.

(19): Kergulen-szigeten (S 49°, E 70°, 77501, francia tulajdon), többször jelentkezett a déli sarki fény (= aurora australis, míg az északi: aurora borealis);

(20): Wingstben (N 54°, E 09°, 31523) SSC = sudden storm commencement = hirtelen jelentkező föld mágneses vihar volt.

A 81301 77773 előrejelzések és ajánlások szerint a Napot mind optikai, mind rádiózáj szempontjából kell figyelni;

(21), (22), (23) megfejtések az előző folytatásokból egyszerű;

(24): a Nap peremén (korongján = limb), az északkeleti részen, N 08°

körül kitörés gyanúja áll fenn (esetleg a „teteje” már látszik):

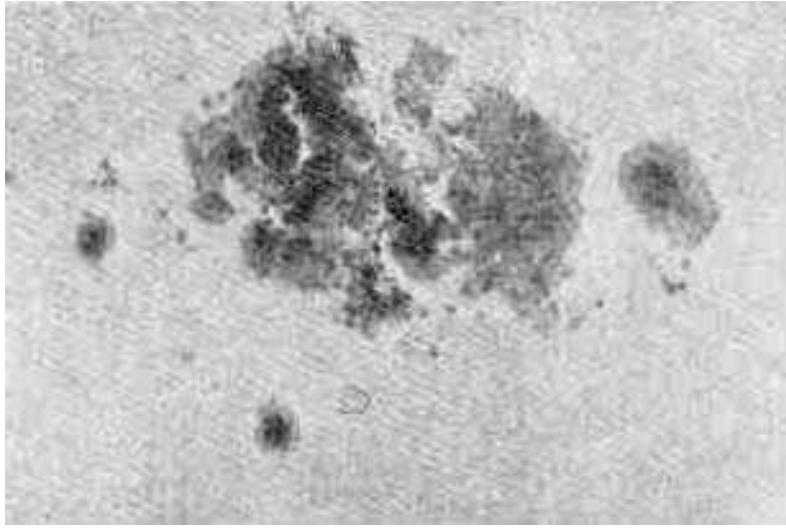
(25), (26), (27), (28) szintén egyszerűen érthető, de hozzá kell fűzni, hogy a jelzett foltcsoportok egy nap alatt kb. 13°-ot mozdulnak el nyugat felé (a szélességi változások csekélyek).

Lássuk a wwa táviratot! A számozást, az időpontokat már ismerjük a 33. folytatásból.

A napfolt-relatívszám 215 volt, 5 új csoportról lehet szó; a napfluxus értéke 203 (ez mindig egyezik a meu-éval: közös a forrás); a mágneses index 009, véget ért Amerikában is a földmágneses vihar. A 4-es csoportról bőven szoltunk a 33-as folytatásban. Ellenben új csoport (1981 októbere óta) az 5-ös jelzésű. Ez így értendő: 5MMXX: ebben az M az M osztályú-, az X az X-osztályú flérek összes napi számát jelenti! Így tehát 28-án összesen 12 M- és 7 X-osztályú flért észlelték, ez a valóságban kissé sok lenne Földünknek.

Az ezután következő QXXYY és nnijk csoportokat nem magyarázzuk, hanem a 112. ábra szerint „lefejtettük” a Nap felénk fordított feléről az északi és a déli 40°-os szélességek közötti felületét (feljebb és lejjebb nem érdemes) és „kiegyengetve, ellaposítva” felrajzoltuk a 113. ábrán. Az ábrára pedig felvittük a C-, az M- és az X-osztályú flérekhez tartozó foltcsoportokat, a maguk jelölésével (ha egy foltcsoportban többféle flér jelentkezett, alakítottuk a flér jelzését), ezen kívül felrajzoltuk türes körrel azokat a foltcsoportokat, amelyek semminemű, vagy tíznél kevesebb kitörést mutattak (flér nélkül). teli körrel a hasonlókat, amelyek tíznél több kitörést jeleztek. Egy foltcsoport képét látjuk a 114. ábrán, egy flér képét pedig a 115. ábrán szemléltethetjük meg. (Gondolom észrevehető: nem is olyan könnyű a területük meghatározása.) A 113. ábrán tehát a 23 foltcsoport elhelyezkedését láthatjuk. Hasonló ábrát bárki készíthet pl. négyzet milliméteres papírra. Azt el kell mondanunk, hogy az X-osztályú flérek





114. ábra. Egy napfoltcsoport képe

(akár az északi, akár a déli napfélgömbön) különösen a 10 — 20 fokos nyugati hosszúsági fokok között veszélyesek a Föld számára (ha proton kitörést várunk), röntgen, vagy ultrabolya-sugárzás szempontjából bárholnan okozhatnak SID-eket.

Folytassuk a magyarázatokat a (29)-cel: Sydney-ben gyenge, de hirtelen (a regisztráló szalagon meredeken) kezdődő földmágneses vihar van; (30): *imp* (importance = jelentőség, amit a terület ad meg) csak *kettes*, amellel „s” tehát csak igen gyenge (sub) flérről van szó, amelyet a számunkra érdektelen rg (region) számával is (igy is fel van osztva a Nap), de a naprajzi koordinátákkal is megadott helyen észleltek; (31): többféle SID jelentkezett 28-án és 29-én; (32): Thule

gyorshíre szerint 50 protont számoltak (a már jelzett módon); (33): adják a maximális proton számot és az idejét is; (34): a HHI távirat itt más módon ismétlődik meg: 20-szoros értéket mértek (az ilyen magas értékeket többféleképpen is jelzik); (35): Boulder (N 40°, W 105°, 20401 és 20402) kör alakú napkitörést észlelt; (36): tulajdonképpen *solflare-nek* kellene kiírni a Napon lezajló flérek együttes nevét, de ebből már lassan elmarad az első I-bctű, ez nem előírás, hanem hanyagság, az eredeti előírás: *solar flare*, ezt rövidítették *solflare-re*, de még ez is hosszú a gépiróknak, telexezőknak és lyukszalag írónak..., egyébként az itt jelzett kitörést csak a hatásából sejtik, mert: no optical data = nincsen optikai adat; (37): Nancay-ban (N 47°, E 02°, 30509) a tíz cm-es napfluxus IV-es típusú börtstjeit vették és SID-et is észleltek; (39): Anchorage (N 61°, W 150°, Alaska. 25601) gyenge PCA abszorpciót (0,8 dB) jelentett; (40): Kakiokában (N 36°, E 140°, 44402) véget ért a mágneses vihar; (41): röntgen sugárzást észleltek egy (a Napon levő, de) ismeretlen, meg nem határozható forrásból; (42): Boulderben egy X-osztályú fléren át két fényes „szalagot” — még fényesebb csíkokat — észleltek; (43): egyéb jelenségek adva



115. ábra. Egy flér képe, amint a foltcsoportból kiviláglik

vannak fenn a geoalert meu65-ös táviratban.

80001 77774 = előrejelzés következik, mindenféle észlelésre szükség van (a Napon). Az előrejelzések, amelyek az egyes naprajzi koordinátákkal megadott foltcsoportokra vonatkoznak, könnyen megérthetők (a 32-es és 33-as folytatásban közöltek szerint), ugyanez vonatkozik a (47) és (48)-as pontokra is; (49): a távirat végét vagy az angol *end* vagy a francia *fin* szó jelzi (a táviratot készítő érzelmei szerint...).

(Folytatjuk)

#### Irodalom:

Synoptic Codes for Solar and Geophysical Data (és kiegészítései) Boulder, USA, folyamatos kiadás

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 35.

dr. Flórián Endre okl. fizikus. HA5KFB

## 8. Az összeköttetések készítése, számítása

A rádióösszeköttetésekhez sok olyan ismeret szükséges, amelyet talán nem sokan tanulnak meg az iskolában, esetleg idejében nem jutnak hozzá, ezeket az eddigiekben, -amennyire csak lehetett - ismertettük. A továbbiakhoz szükséges alapismereteket már a középiskolai könyvek függvény-, illetve gömbháromszögtani tételei között találhatjuk meg. Fel kell hagynunk továbbá az elbeszélő jellegű stílussal is, ez most már: nem megy.

Remélem, azért lesz olyan amatőr, aki elolvassa a sorozat végkifejlődését is!

### 8.1. Az első műveletek alapjai

A rádióösszeköttetésekénél, mind az amatőr, mind pl. a katonai vonalon az első számú feladat a két pont közötti összeköttetés, méghozzá (a legtöbbször) nem a véletlen, hanem előre meghatározott két pont közötti, amelyek egyike mi vagyunk, így mindig ismeretesnek kell lennie a két pont közötti legrövidebb földrajzi távolságnak, amelyet az ún. főkörön találhatunk meg. Főkörnek nevezük azt a Földet a felületén körülvevő kört, amelynek síkja átmegy a Föld geometriai középpontján. Ilyen főkör pl. maga az egyenlítő.

A rádiósok a CCIR szabályaihoz igazodnak! E szerint a Földnél nem vesszük figyelembe se a hegyeket, se a sarki horpadásokat, a Földet teljesen simának és gömbalakúnak tartjuk, amelynek sugara:  $R = 6371,2 \text{ km}$ .

Minden további adat már ehhez igazodik. Eszerint az egyenlítő (és így bármelyik főkör) hossza

$$2\pi R = 2 \cdot 3,141592654 \cdot 6371,2 \text{ km}$$

azaz:  $40\,031,43023 \text{ km}$ . Mivel a kört  $360^\circ$ -ra osztjuk, a főkörökön egy fokra:

$$\frac{40\,031,43023 \text{ km}}{360^\circ} = 111,1984173 \text{ km esik.}$$

Ezt az adatot kerekítjük:

$$111,198 \text{ km.} \quad [1]$$

Mindig gondoljunk arra, hogy a főkörökön megadott távolságok végeit összekötjük a Föld geometriai középpontjával, egy-egy fűldsugaral. E fűldsugarak közötti, középponti szög eleve jellemző a főkörön mérhető (legrövidebb) távolsággal. Ezért ezt a fenti számot [1] fordítva is felhasználhatjuk! Ha tudjuk, hogy egy főkörön ismert távolság pl.  $1556,78 \text{ km}$ , akkor elosztva az [1] alatti számmal:

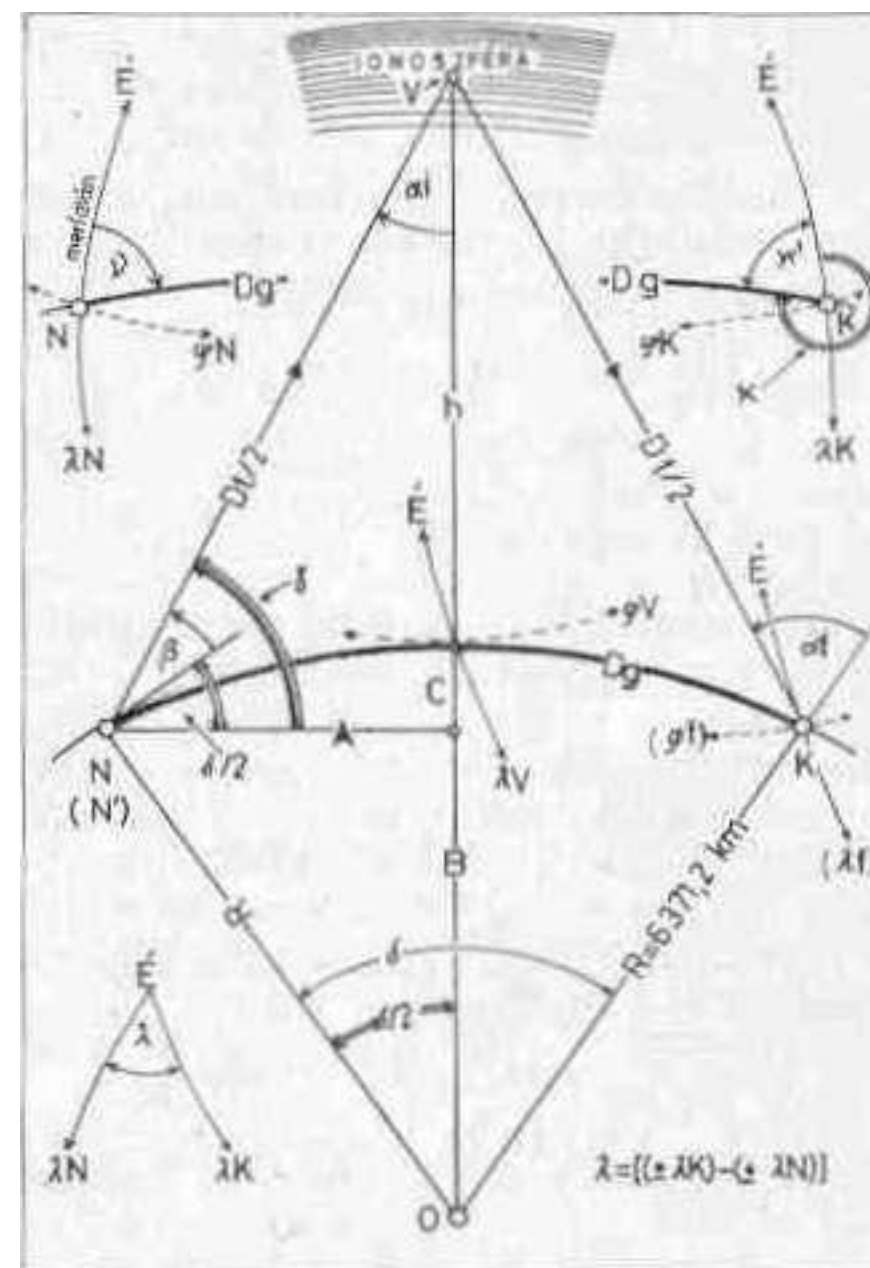
$$\frac{1556,78}{111,198} = 14,00^\circ,$$

megtudjuk a fűldsugarak közötti szög értékét. Ilyen számításra később szükségünk lesz.

Ma már a (zseb-, és egyéb) számológépek korában a szögeket nem fokok, percek és másodpercek segítségével adjuk meg, hanem a fok tizedes jegyeivel. A fenti módon (pl. térképről) leolvasható adatokat tehát át kell majd számítanunk. A számítás módját legegyszerűbben egy példával lehet megadni. Legyen szögadatunk pl.  $27^\circ 13' 47''$ . Ezt így alakítjuk át: a  $27$  fok marad eredeti értékében, majd  $13':60 = 0,2166^\circ$  és  $47'':3600 = 0,013^\circ$ . Összesen tehát:  $27^\circ + 0,2166^\circ + 0,013^\circ = 27,2296^\circ$ , ill. kerekítve:  $27,23^\circ$ .

A számológépek rendszerint sok tizedesjegyet adnak eredményül. A továbbiakban sokféle számításunk lesz. a műveletekben mindig felhasználom az összes kiadott tizedesjegyeket, de csak a kerekített számokat írom le (hogy elférjenek). Fontosabbnak vélt esetekben kiírom az összes tizedesjegyet.

A két, rádióval összekötendő, pont főkörön mérhető legrövidebb távolságának számításához szükségünk van a pontok földrajzi koordinátáira. Tehát földrajzi szélességük és földrajzi hosszúságuk adataira. Az ilyen módon történő számításnak is vannak eredendő hibái! Így pl. már egy tizedfokos tévedés  $>10 \text{ km}$ -es hibát okozhat. (Egyéb QTH adatokról a mi feladatainknál nem érdemes sorokat vesztegetni.)



116. ábra. A rádióhullám egy visszaverődésének geometriája

A szélességi fokokat mi mindig  $\varphi$ -vel jelöljük. A nulla szélességi fok: az egyenlítő.

Ne felejtjük, hogy a földgömb összes északi szélességi fokai pozitív előjelűek, jelölésük egyébként N (North). A pozitív jelet csak a legszükségesebb esetben írjuk ki. Ugyanakkor minden déli szélesség a műveletekben negatív előjelet kap, ezt magában a műveletben kiírjuk, egyébként a jele S (South).

A hosszúságokat mindig  $\lambda$ -val jelöljük.

A hosszúsági fokok közül a keletiek a pozitívok, jelük: E (East), a nyugatiak negatívok (jelük: W = West, a műveletekben ki kell írunk ez esetben is az előjelet). A nulla hosszúsági fok a Greenwich átmenő meridián (meridiánnak hívják a hosszúságokat). (Végre! Még láttam olyan térképet, amelyen „nemzeti nulla fok” volt.)

Egyébként szerencsénk, hogy a magasságokkal nem kell törődnünk, mert „nemzetközi tengerszint” még nincsen...

Az összekötendő két pont közötti legrövidebb, a gömbi távolság (amelyet mindig Dg-vel jelölünk) meghatározása érdekében nézzük meg a 116. ábrát. Erről rögtön látszik egy régi szokás(om). E szerint (számomra) mindig a nyugatabbra fekvő állomás lesz a kezdő (a kiinduló, a „saját”) állomás. Jelölése ezért lett N (nyugat). A kelet felé eső ellenállomás pedig K (kelet) jelű, mindegy mi az állomás hívójele, neve, helye stb.

Az ábrán (amely nyilván nem lehet méret-, vagy irányhű), vastag görbe vonal jelzi a gömbi távolságot. (Dg). Az N ponton átfut az É-vel jelzett északi sarokból induló meridián ( $\lambda_N$  hosszúság), és a rövidebb szaggatott vonalakkal jelölt földrajzi szélesség ( $\varphi_N$ ).

Hasonló a helyzet a K ellenállomásnál, itt  $\lambda_K$  a meridián és  $\varphi_K$  a földrajzi szélesség.

A Föld középpontját O betűvel jelöltük, ebből két fűldsugar indul ki (az R-ek), az egyik az N, a másik a K pontba fut. A kettőjük közötti szöget nevezzük  $\delta$ -nak. A két meridián ( $\lambda_K$  és  $\lambda_N$ ) közötti szögméret lesz a  $\lambda$ , amely az É északi saroknál látható. Ennek a szögnek a megállapításánál fontosak nagyon az előjelek!

Azt is meg kell jegyeznünk, hogy az N betű egyúttal mindig a számításához éppen szükséges kiinduló pontot is jelöli, és ezért több alkalommal más elnevezése is lesz (pl. a többszörös visszaverődések esetében). Éppen ezért egy általános képletben N'-vel jelöljük, és magát az N-et



fenntartjuk a saját állomásunk számára.

A fentiek után hozzáfoghatunk a két összekötendő állomás közötti gömbi távolság meghatározásához. Előbb azonban a fentebb említett  $\delta$  szöveget kell meghatároznunk a két állomás földrajzi koordinátái segítségével. Ezt a gömbháromszögtan koszinusz-tételéből vesszük, a számunkra előnyös kiemelések és rendezés után:

$$\delta^\circ = \arccos [\sin\varphi N' \cdot \sin\varphi K + \cos\varphi N' \cdot \cos\varphi K \cdot \cos\lambda] \text{ fok} [2]$$

Ez a képlet *általános*, bárhol kezdhetjük, ha a „végállomás” a K. A  $\delta$  jelzést meghagytuk, mert bár ez az érték is változik majd, de mindig csak osztanunk kell (pl. lesz  $\delta/2$ ,  $\delta/6$  stb.).

A  $\delta$  szögértékének ismeretében a  $D_g$  távolság számítása már nagyon egyszerű:

$$D_g = 111,198 \cdot \delta^\circ \text{ km} [3]$$

Különösen, amikor az állomások más és más földrészekre vannak, ez a számítás figyelmet igényel. Ezért most egy ilyen példát mutatunk be. Legyen kiinduló állomásunk *Rio de Janeiro*:

$$\varphi N' = 27,70^\circ S; \quad \lambda N' = 43,39^\circ W$$

Az ellenállomásunk pedig *Tokió*:

$$\varphi K' = 35,92^\circ N; \quad \lambda K' = 139,75^\circ E$$

Számítsuk a  $\delta$  szöveget:

$$\delta^\circ = \arccos \{ \sin(-27,70^\circ) \cdot \sin 35,92^\circ + \cos(-27,70^\circ) \cdot \cos 35,92^\circ \cdot \cos [139,75^\circ - (-43,39^\circ)] \}$$

Először tisztázzuk a  $\lambda$  értékét:

$$\lambda^\circ = 139,75^\circ - (-43,39^\circ) = 139,75^\circ + 43,39^\circ = 183,14^\circ$$

A függvényértékeket behelyettesítve:

$$\delta^\circ = \arccos [(-0,4648) \cdot 0,5866 + 0,8854 \cdot 0,8098 \cdot (-0,9985)] \text{ fok}$$

A műveletek elvégzése után:

$$\delta^\circ = \arccos [(-0,2727) + (-0,7159)] = \arccos (-0,98864) = 171,36^\circ$$

Ebből a gömbi távolság:

$$D_g = 111,198 \cdot 171,36 = 19\,055 \text{ km}$$

(Rio de Janeiro híreket sugároz Tokióba, Japánul.)

Valamely  $N'$  pontból nézve a  $K$  pont iránya (amerre az antennánkat kell irányítanunk) így számítható, az irányt  $\nu$ -nek nevezve:

$$\nu = \arccos [(\sin\varphi K - \sin\varphi N' \cdot \cos\delta) / (\cos\varphi N' \cdot \sin\delta)] \text{ fok} [4]$$

Ehelyütt ismét meg kell jegyeznünk, hogy a  $\delta$  helyett mindig az  $N'$ -ből, mint kiindulási pontból a  $K$ -ig mérhető (szintén a föld sugarak között

kapható) szöveget kell beírunk (hiszen az irány a gömbi távolság görbülete miatt változik!). Ez a szög azonban számításainkban rendszerint a  $\delta$  szög könnyen számítható hányada.

Magát a  $\nu$  betűt csak az  $N$  és a  $K$  pontok közötti irány meghatározása alkalmával használjuk (erre kell a saját antennánkat irányítani). Amennyiben (pl. több ugrás esetén) egy közbeeső visszaverődési pontból nézzük meg  $K$  irányát, akkor a  $\nu$  betű megfelelő kiegészítést kap, pl.:  $\nu_1$ ;  $\nu_2$  stb.

Szükség lehet arra is, hogy partnerünknek megmondjuk: hány (azimut-) fokra állítsa az ő antennáját a mi állomásunk felé. Ez a vízszafelé néző irány lesz a  $\chi$ . Ezt közvetve számítjuk könnyebben. Először megállapítjuk az ábra szerinti  $\chi'$ -t:

$$\chi' = \arccos [(\sin\varphi N - \sin\varphi K \cdot \cos\delta) / (\cos\varphi K \cdot \sin\delta)] \text{ fok} [5]$$

Ebben a formulában az  $N$  a mi állomásunk (összes adataival, tehát a  $\delta$  a teljes  $D_g$  gömbi távolságot jelentő szög!). Ebből a hozzánk jutó hullám irányát így kapjuk meg:

$$\alpha = 360^\circ - \alpha'$$

A további számítások elvégzésére még néhány mellékesnek látszó feladat vár ránk, az ábra szerint. Így pl. láthatjuk, hogy a középső föld-sugarat két részre:  $B$ -re és  $C$ -re osztottuk fel. Ez úgy történt, hogy az  $N$  pontból merőlegest húztunk erre a középső föld sugarra. Magának, az  $N$ -ből induló merőlegesnek  $A$  nevet adtunk. Így egy derékszögű háromszög keletkezett, amelynek oldalai: az  $A$ , a  $C + h$  és a  $Dt/2$ . Itt a  $h$  a visszaverő ionoszféra réteg magassága, a  $Dt/2$  pedig a (sugárszerű) rádióhullámnak az  $N$  pontból az ionoszféráig terjedő térbeli útja.

Igazán kevés függvénytan ismeret kell ahhoz, hogy felismerjük a következő összefüggéseket:

$$\left. \begin{aligned} A &= R \cdot \sin \delta/2 \\ B &= R \cdot \cos \delta/2 \\ C &= R - B \end{aligned} \right\} [17]$$

Az eddigi ismert adatokból mind a három kifejezés számítható. Ha pedig már számítottuk őket, akkor egy újabb segédadatot is kifejezhetünk: az  $A$  vonal és az  $N$ -ből kiinduló  $Dt/2$  oldalak közötti (az ábrán három körös)  $\gamma$  szöveget, amelyre a továbbiakban szintén szükségünk lesz. A  $\gamma$ -t így kapjuk meg:

$$\gamma = \arctg \left( \frac{C + h}{A} \right) [8]$$

Miután az  $N$  pontból induló *vízszintes* (vagyis az  $R$  fűldsugarra merőleges) vonaltól, mint a „talajtól” számíthatjuk az antennánk kisugárzási szögét, ezt így írhatjuk fel:  $\beta = \gamma - \delta/2$  [9]

Ehhez is ismerünk már minden adatot. Tudnunk kell azonban, hogy a kisugárzási szög elsősorban az antennánktól, annak elhelyezésétől, magasságától és még sok mástól függ. Ezt az adatot csak ellenőrzésként használhatjuk fel. Erre majd egy példa alkalmával térünk rá.

Szükségünk lesz a hullám térbeli útjának hosszára is. Ezt már említettük. Egyelőre magát a rádióhullámot *sugárnak* vesszük, amelynek nincsen széttartása. Ebben esetben *egy ugrásnyi térbeli úthosszát* a már ismert adatokból a következőképpen kaphatjuk meg:

$$Dt = 2 \cdot \sqrt{A^2 + (C + h)^2} [10]$$

Megbeszélhetjük a sokszor emlegetett „szekáns törvényt”, amelyet azonban általában nem ismernek, sőt a leírónak esetleg fogalma sincs róla (pl. az Antennakönyv 25. oldalán).

Régen (1929 óta) tudjuk, hogy a ferdén haladó és az ionoszféra törése miatt visszatért rádióhullámok legmagasabb frekvenciája ( $f_{\max}$ ) összefüggést mutat a *(törés helyén mért!)* függőlegesen felküldött hullámok által valamely rétegen megállapított „kritikus frekvenciával” (amelyről már megírtuk, hogy nyugodtan nevezhetjük: *határfrekvenciának is.*)

Legyen a használható legmagasabb, de még visszatért hullám frekvenciája:  $f_{\max}$  — ezt nevezik (Maximmm Usable Frequency =) MUF-nak is. Az ugyanakkor és ugyanott mért (mondjuk) F2-réteg határfrekvenciája pedig:  $f_0F2$ . A ferdén beeső és visszatérő hullám ionoszférabeli *beesési szöge* (az ábrán)  $\alpha$ , akkor:

$$(MUF \text{ vagy}) f_{\max} = k \cdot f_0F2 \cdot \sec \alpha$$

Mivel azonban a szekáns függvényt ma már nem használjuk, annál is inkább nem, mert tudjuk, hogy  $\sec \alpha = 1/\cos \alpha$ , könnyebben használható képletünk ilyenformán:

$$(MUF \text{ vagy}) f_{\max} = \frac{k \cdot f_0F2}{\cos \alpha} [11]$$

Itt a  $k$  egy állandó, amelyet nagyon nehéz meghatározni pontosan (sok adat függvénye). Mivel azonban leginkább az áthidalandó távolságtól függ. egy rövid táblázatot adunk értékeire.

A  $k$  állandó táblázata:

km távolság:	300	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
k érték:	1,000	1,020	1,042	1,062	1,089	1,118	1,145	1,185

Egyébként az ún. MUF többféle meghatározását (és fajtaját), elnevezését tartalmazza a CCIR 318-as javaslata, erre sorokat itt nem adhatunk.

Az előbb említett, a rádióhullámnak az ionoszférába (illetve ennek valamely rétegébe) jutó „beesési szögét” a beesési ponthoz húzott földszögértől a hullám vonaláig mért szög adja. Ennek általános képlete (az ábra szerint):

$$\alpha_1 = 90^\circ - \gamma \quad [12]$$

A rádióhullám a talajra érkezésekor is valamekkora szögben ér a földre, ezt a szöget (szintén az ábra szerint) így számítjuk:

$$\alpha_1 = 90^\circ - \beta \quad [13]$$

Az ionoszféra visszaverő pontjainak a talajra vetített földrajzi szélességi fokát a következő képlet adja:

$$\varphi V = 90^\circ - \arccos(\cos \delta/2 \cdot \sin \varphi N' + \sin \varphi/2 \cdot \cos \varphi N' - \cos \gamma) \text{ fok} \quad [14]$$

Ebben a képletben természetesen az N' mindig az éppen időszerű *kiinduló pontot* jelzi, a  $\delta$  szög pedig az egy ugrás feléhez tartozó központi szöget. Az N' az első ugrás alkalmával a kezdő állomást (N) jelenti, az N'-k a további ugrásoknál szerepelnek.

A visszaverő pont talajra vetített hosszúságának képlete:

$$\lambda V = \lambda N' + \arccos(\cos \delta/2 - \sin \varphi N' \cdot \sin \varphi V) / (\cos \varphi N' \cdot \cos \varphi V) \text{ fok} \quad [15]$$

Több visszaverő pont esetében a V jelzéseket számokkal is ellátjuk.

A földi visszaverődések földrajzi pontjait hasonlóan számítjuk, koordinátáit  $\varphi f_1$ , illetve  $\lambda f_1$ -gyel (több ugrás esetében  $\varphi f_2$ ;  $\lambda f_2$  stb.) jelöljük. Vigyázat: a kezdő pont mindig az előző visszaverő pont!

(Folytatjuk)

Irodalom:

CCIR ajánlások

DFE: Az Ionoszférikus hullámterjedés geometriája (Nem publikált Jegyzet.)

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 36.

dr. Flórián Endre okl. fizikus, HA5KFV

## 8.2. Az Ismertelelt összefüggések felhasználása

Messze vagyunk attól, hogy a szükséges képleteket, no és a könnyítő nomogramokat már ismergettük volna, de könnyítésképpen kezdjünk el egy példát. Közben rájövünk, mi mindenre van (még) szükségünk!

A Versenynaptár szerint júniusban és júliusban lesz elég verseny. Készítsünk el ezekre csak egy *igen kis, részlelőreízelést* (részemről) a MOM Rádióklub számára, hiszen a körülményeket is itt ismerem a legjobban. Innen *kelet* a nyitott irány. A vevőállomás legyen messze keleten, tehát, mondjuk: *Tokióban*.

Feltételezve, hogy az Olvasó ismeri (sőt kézben tartja) az *előző cikket*, hozzáfoghatunk a példához. A címek segítenek az eligazodásban.

### 8.2.1. Az állomások földrajzi koordinátáinak megállapítása

A nyugati állomás (N) természetesen a MOM Rádióklub állomása, a keleti (K) pedig *Tokió*. Az alanti adatokban apróbb hiba lehetséges:

$$\varphi_N = 47,61^\circ \text{N} \quad \lambda_N = 18,89^\circ \text{E},$$

$$\varphi_K = 35,92^\circ \text{N} \quad \lambda_K = 139,75^\circ \text{E}.$$

Számítsuk rögtön a  $\lambda$  szög értékét:

$$\lambda = \lambda_K - \lambda_N = 139,75^\circ - 18,89^\circ = 120,86^\circ$$

### 8.2.2. A $\delta$ szög és hányadosainak számítása

A [2] szerint:

$$\delta = \arccos(\sin \varphi_N \cdot \sin \varphi_K + \cos \varphi_N \cdot \cos \varphi_K \cdot \cos \lambda) \text{ fok.}$$

Adatainkat behelyettesítve:

$$\delta = \arccos(\sin 47,61^\circ \cdot \sin 35,92^\circ + \cos 47,61^\circ \cdot \cos 35,92^\circ \cdot \cos 120,86^\circ).$$

A függvényadatokat behelyettesítve:

$$\delta = \arccos[0,74 \cdot 0,59 + 0,67 \cdot 0,81 \cdot (-0,51)]$$

$$\delta = \arccos 0,153 = 81,18547677^\circ \sim 81,185^\circ.$$

(Amint jeleztem, magam az összes tizedesjegyeket felhasználom, de — terjedelem-takarékosságból — csak a fontosabb esetekben írom ki.) Később szükségünk lesz a  $\delta/6$  értékére, számítsuk már most:

$$\delta/6 = 81,18547677/6 = 13,53091279^\circ \sim 13,53^\circ.$$

### 8.2.3. A $D_g$ számítása

Az [1] és a [3] szerint:

$$D_g = 111,1984173 \cdot 81,18547677 = 9027,6965525 \sim 9030 \text{ km.}$$

### 8.2.4. Jó-e az irány?

A [4] szerint N pontból K irányba a következőképpen számítható:

$$v = \arccos[(\sin \varphi_K - \sin \varphi_N \cdot \cos \delta) / (\cos \varphi_N \cdot \sin \delta)].$$

Szögadatokkal:

$$v = \arccos[(\sin 35,92^\circ - \sin 47,61^\circ \cdot \cos 81,185^\circ) / (\cos 47,61^\circ \cdot \sin 81,185^\circ)].$$

Mivel ezek a számítások kézi, zseb-számológépekkel is könnyűek, nem részletezzük; a számítás későbbi menete miatt azonban a szögadatokat megadjuk:

$$v = \arccos 0,710695633 = 44,70845^\circ \sim 45^\circ.$$

Az irány tehát: kitűnő az adott helyzetben.

### 8.2.5. Az ionoszféra számításba vétele

Egy kis gondolkodás után rájövünk: egy ilyen *első* példára minden szempontból csak igen egyszerű esetet lehet felemlíteni, az ionoszférához azonban feltétlenül alkalmaz-

kodnunk kell (a változásaiba nem szólhatunk bele). Ezért pl. olyan napszakot kell figyelembe vennünk, amikor odafenn, a  $D_g$  egész vonalán „sötét” van (ilyenkor a legkevesebb a változás). Legyen tehát a  $D_g$ , de inkább mondhatjuk a meridiánok közepén ( $\lambda \sim 120^\circ$ ;  $\lambda_N + 60^\circ \sim 80^\circ \text{ E}$ ) éppen *helyi éjjel*, de ne legyen ionoszféra vihar.

[A *helyi idő*, **LT** (Local Time) fogalma — nálunk — úgy látszik ismeretlen. Talán lesz alkalmam a *világidőről*, a *zónaidőről*, a *helyi időről*, rövidebben az egyéb időkről, esetleg ezek (rádió-)vételéről írni.]

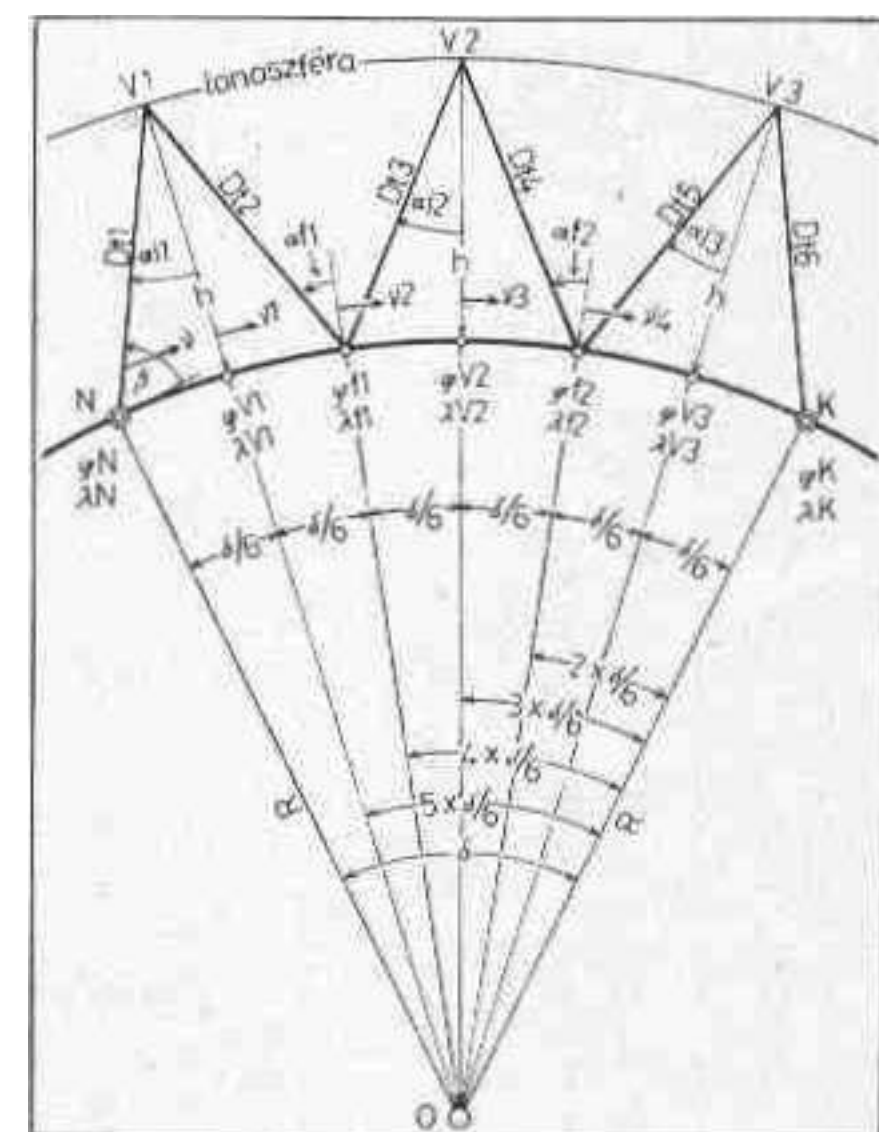
Most csak megadjuk, hogy amikor a  $80^\circ \text{ E}$  meridiánon éppen *helyi éjjel* lesz, akkor a MOM Hádióklub és az egész ország minden pontos órája (júniusban) éppen 20 óra 40 percet mutat. Egyelőre azt is tételizzük fel, hogy ezen az éjszakai oldalon az F2-réteg magassága (h) a  $D_g$  útvonal felett mindenütt a szokásos éjszakai 320 km lesz. Azt pedig tudhatjuk eleve, hogy éjszaka más réteg segítségével ekkora távolságra nem rádiózhatunk. Azt is tudjuk, hogy az F2 rétegen a hullám leghosszabb ugrása 4000 km lehet (de akkor vízszintesen kell kiindulnia).

Nyilvánvaló, hogy a kereken  $D_g = 9030$  km-es távolság miatt a legkedvezőbb eset a háromszoros ugrás lenne, hiszen ez a lehető legkevesebb ugrás, amennyivel az adott távolság áthidalható. Egy ugrás távolsága tehát:  $D_g/3 = 9030/3 = 3010$  km  $\sim 3000$  km.

### 8.2.6. Az összeköttetés geometriája

Nézzük meg a 117. ábrát, ezen látjuk hányféle adatot kell megjelölnünk és majd számítanunk. Mivel az adatok jelölése egységes, a 35-ös (múlt havi) cikk mindent megmagyaráz. A  $D_g$  külön jelölését most elhagytuk, ez nyilván az N és a K pontok közötti vastag vonal. Egyszerűen érthető, hogy a  $\delta/2$  helyett — a három, ugrás miatt — most majd  $\delta/6$  szerepel.

Mivel ebben a legegyszerűbbé tett esetben *mind a három ionoszférabeli ugrás ugyanakkora*, több szög és egyéb adat szintén ugyanakkora értékű is. Mindezek és egyéb adatok számításához kellenek a mellékadatok is, amelyek szintén ugyanakkorák lesznek minden ugrásnál (az ábra áttekinthetősége érdekében mindent nem rajzolhattunk fel, de — a 116-os ábrát nézve könnyen megérthetjük). A háromszoros ugrásból erednek a számozások is az N-től kezdve a K-ig. A mellékszámítások igen könnyűek:



117. ábra. A három ugrásos visszaverődés geometriája



A [7] szerint:

$$A1 = A2 = A3 = A = R \cdot \sin \delta/6 = 1490,669.$$

$$B1 = B2 = B3 = B = R \cdot \cos \delta/6 = 6194,360.$$

$$C1 = C2 = C3 = C = R - B = 176,840.$$

Ezekből a [8] szerint:

$$\gamma1 = \gamma2 = \gamma3 = \gamma = \arctg \left( \frac{C+h}{A} \right) = \arctg \left( \frac{177+320}{1491} \right) = \gamma = 18,43^\circ.$$

És így a  $\beta$  képletet használva:

$$\beta1 = \beta2 = \beta3 = \beta = \gamma - \delta/6 =$$

$$= 4,90^\circ \sim 5^\circ.$$

Persze a  $\beta$ , vagyis a kiindulási, kilövési szög minden ugrásnál érvényes és fontos, de kérdéses, indulhat-e ilyen alacsony szögben a hullám az adóállomásról? Nos, az alkalmazandó adóantenna és főként annak megfelelő elhelyezése elméletileg a vízszintes kibocsátást is lehetővé teszi. Ebben az esetben a feltételezett  $30^\circ$ -os (3 dB-es) függőleges nyilasi szöggel induló hullám alsó  $15^\circ$ -on kisu-gárzótt része elvész Budapest rengetegében. de rendelkezésre áll a felső  $15^\circ$  és  $5^\circ$ -nál pedig legfeljebb 1 dB-lel csökken a kiadott teljesítmény. Folytathatjuk tehát a példát.

#### 8.2.7. A visszaverődések földrajzi helyének meghatározása

Az egyes (ionoszférabeli és földi) visszaverődési pontok földrajzi meghatározását csak sorban az N ponttól kezdve végezhetjük, mert gömbi távolságról van szó; a K pont minden előző pontból más irányban látszik. Tudjuk, hogy minden ionoszférabeli visszaverődési pontnak (kis nyíllal jelzett) talajmenti hely felel meg.

A V1 ionoszféra visszaverődési pontjának koordinátái így  $\varphi V1$  és  $\lambda V1$  lesznek. Számítsuk a  $\varphi V1$ -et a [14] szerint. Itt még az N a kiindulási pont és így  $v$  az irány. Először mindig a földrajzi szélességeket kell meghatározni (ha már az irányt tudjuk):

$$\varphi V1 = 90^\circ - \arccos(\cos \delta/6 \cdot \sin \varphi N + \sin \delta/6 \cdot \cos \varphi N \cdot \cos v).$$

Ezeket a szögadatokat már ismerjük:

$$\varphi V1 = 90^\circ - \arccos(\cos 13,53^\circ \cdot$$

$$\cdot \sin 46,61^\circ + \sin 13,53^\circ \cdot$$

$$\cdot \cos 47,61^\circ - \cos 44,708^\circ).$$

A függvényértékek behelyettesítése és a műveletek elvégzése után:

$$\varphi V1 = 56,117^\circ \sim 56,1^\circ.$$

A  $\lambda V1$  számítása [15] szerint:

$$\lambda V1 = \lambda N + \arccos[(\cos \delta/6 - \sin 47,61^\circ \cdot \sin 56,1^\circ)/(\cos 47,6^\circ \cdot \cos 56,1^\circ)].$$

(Vigyázat: itt már a  $\varphi V1$ -et kell behelyettesíteniünk !)

A műveleteket elvégezve:

$$\lambda V1 = 18,89^\circ + \arccos 0,955 =$$

$$= 18,89^\circ + 17,17^\circ$$

$$\lambda V1 = 36,06^\circ \sim 36,1^\circ.$$

Most következhet az első földi visszaverődési pont számítása. Ennek a földrajzi helyére is szükségünk van, mert a beesési szögtől és a talaj minőségétől függ a visszaverődéskor elszenvedett veszteség. Előbb nyilván ismernünk kell azt az irányt, a  $v1$ -et, amelyben innen a K pont látszik! Ehhez pedig tudnunk kell, hogy a V1 és a K pontokhoz húzott földszög mekkora szöveget zár be. Az ábrán jól látszik: esetünkben egyszerűen az  $5 \cdot \delta/6$  mértékű szöveget kell felhasználnunk ( $= 67,65^\circ$ ).

Ehhez a kiindulási pontunk azonban most már a V1 földrajzi helye. Így a fentiek és a [4] szerint először a  $v1$ -et számítjuk:

$$v1 = \arccos \{[\sin K - \sin \varphi V1 \cdot$$

$$\cdot \cos(5 \cdot \delta/6)] / [\cos \varphi V1 \cdot \sin(5 \cdot \delta/6)].$$

Szögadatokkal:

$$v1 = \arccos [(\sin 35,92^\circ - \sin 56,1^\circ \cdot$$

$$\cdot \cos 67,65^\circ) / (\cos 56,1^\circ \cdot \sin 67,65^\circ)].$$

A függvényértékeket behelyettesítve és a műveleteket elvégezve kapjuk:

$$v1 = \arccos 0,52 = 58,2899^\circ \sim 58,3^\circ.$$

A  $v1$  ismeretében már hozzáfoghatunk az első földi visszaverődési pont földrajzi szélességének,  $\varphi f1$ -nek számításához. A kiindulási pontunk azonban most már a V1 földrajzi helye.

Az  $f1$  földi visszaverődési pont földrajzi szélességének számítása szintén a [14] szerint lehetséges, csak az adatokra kell ügyelnünk:

$$\varphi f1 = 90^\circ - \arccos(\cos 13,53^\circ \cdot$$

$$\cdot \sin 56,1^\circ + \sin 13,53^\circ \cdot \cos 56,1^\circ \cdot$$

$$\cdot \cos 58,3^\circ).$$

A számításokat elvégezve kapjuk:

$$\varphi f1 = 90^\circ - \arccos 0,8757 =$$

$$= 90^\circ - 28,87^\circ = 61,127^\circ \sim 61,1^\circ.$$

A  $\varphi f1$  ismeretében már számolhatjuk a  $\lambda f1$ -et is (a [15] szerint):

$$\lambda f1 = \lambda V1 + \arccos[(\cos \delta/6 - \sin \varphi f1 \cdot$$

$$\cdot \sin \varphi V1) / (\cos \varphi f1 \cdot \cos \varphi V1)].$$

Szögértékekkel:

$$\lambda f1 = 36,1^\circ + \arccos[(\cos 13,53^\circ -$$

$$- \sin 61,1^\circ \cdot \sin 56,1^\circ) / (\cos 61,1^\circ \cdot$$

$$\cdot \cos 56,1^\circ)].$$

Behelyettesítve, kiszámítva:

$$\lambda f1 = 36,1^\circ + \arccos 0,911 =$$

$$= 36,1^\circ + 24,34^\circ = 60,44^\circ \sim 60,4^\circ.$$

Azért, hogy a számítások menetében (pl. a kiindulási pontok megállapításába, a szögek megválasztásába) belejőjjünk, számítsuk még röviden a V2 ionoszférabeli visszaverő pont földrajzi koordinátáit.

Máris tudjuk, hogy először a  $v2$ -re van szükségünk, ezt a [4] szerint számítjuk, figyelembe véve az új kiindulási pontot (az  $f1$ -et) és az innen a K pontig mérhető szöveget =

$$= 4 \cdot \delta/6 = 54,1^\circ.$$

Eszerint a  $v2$ -t így fejezzük ki:

$$v2 = \arccos \{[\sin \varphi K - \sin \varphi f1 \cdot$$

$$\cdot \cos(4 \cdot \delta/6)] / [\cos \varphi f1 \cdot \sin(4 \cdot \delta/6)]\}.$$

Szögértékekkel:

$$v2 = \arccos[(\sin 35,92^\circ - \sin 61,1^\circ \cdot$$

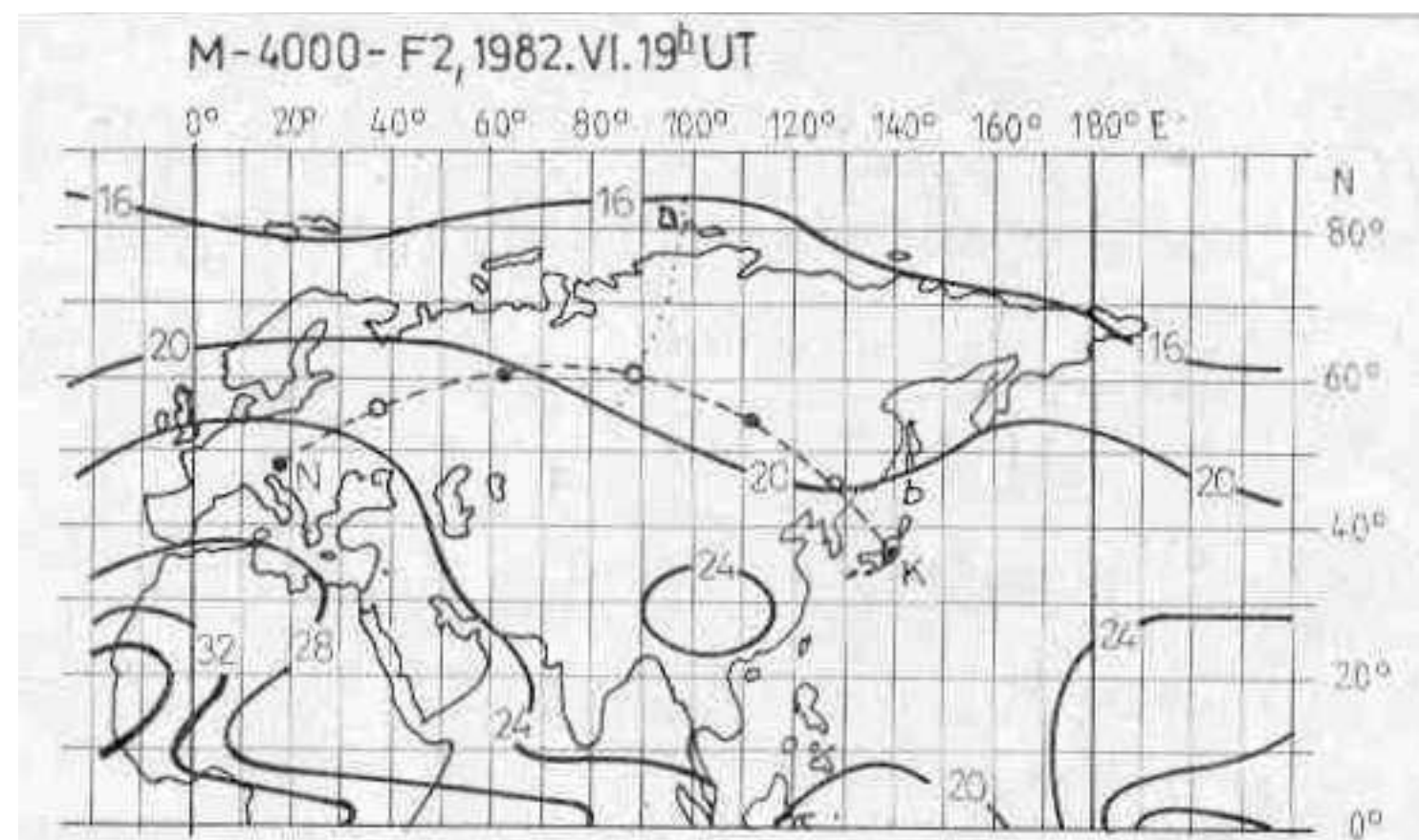
$$\cdot \cos 54,1^\circ) / (\cos 61,1^\circ \cdot \sin 54,1^\circ)].$$

Behelyettesítve, kiszámítva:

$$v2 = \arccos 0,1878 = 79,178^\circ \sim$$

$$\sim 79,2^\circ.$$

Most sorra jöhet a  $\varphi V2$ , a [14] szerint, a következőkben látható, meg-



118. ábra. Részlet az IZMIRAN június havi előrejelzéséből

felelő szögadatok felhasználásával:

$$\varphi V2 = 90^\circ - \arccos(\cos \delta/6 \cdot \sin \varphi f1 + \sin \delta/6 \cdot \cos \varphi f1 \cdot \cos \nu2).$$

Ébből:

$$\varphi V2 = 90^\circ - \arccos 0,8726 = 90^\circ - 29,23^\circ = 60,76^\circ \sim 60,8^\circ.$$

A  $\lambda V2$  számítása a [15] szerint a következő lesz, a megfelelő kiindulási pontra ügyelve:

$$\lambda V2 = \lambda f1 + \arccos[(\cos \delta/6 - \sin \varphi f1 \cdot \sin \varphi V2)/(\cos \varphi f1 \cdot \cos \varphi V2)].$$

Ébből:

$$\lambda V2 = 60,4^\circ + 28,07^\circ = 88,47^\circ \sim 88,5^\circ$$

A többi szögérték sorban:

$$\nu3 = 103,83^\circ; \varphi f2 = 55,19^\circ;$$

$$\lambda f2 = 119,9^\circ.$$

$$\nu4 = 123,8^\circ; \varphi V3 = 46,38^\circ;$$

$$\lambda V3 = 128,29^\circ.$$

Talán ismét felöltlik az a kérdés, hogy minek még ennyi tizedesjegy is (esetleg azokban is, akiket magam tanítottam az előrejelzések készítésére és akik csak igen kis változtatásokkal végzik ma is ezt a műveletet)?

Nos, jelenleg a számítógépes eljárást mutatom be. Ha valaki utána számol, meglátja: még a fokok se jönnek ki az adott értékkel pontosan, ha elhanyagoljuk a tizedeseket! Amellett arra is kell gondolni, hogy fejlődés is lesz: nem sárgulnak még el ennek a folyóiratnak a lapjai, mire lesz olyan „amatőr-központ”, ahol mágnesszalagról veszik le az adatokat és az eddig bemutatott számításokat (egy irány-, illetve

állomáspár esetén) már a számítógépek memóriájából veszik elő, és csupán a napfizikai és a föld fizikai páramétereket adagolják be a gépbe a szükséges alkalmakkor... Jelenleg Magyarországon csupán a Postának van ilyen lehetősége és lehet — hogy él is vele.

Az ionoszféra visszaverő pontjainak adatait jelenleg Magyarországon bárki megkaphatja (esetleg valamilyen hivatal közvetítésével, hiszen sok példány érkezik) az IZMIRAN havi előrejelzési füzetéből. Ezek a füzetek rendszeresen érkeznek hozzánk, több hónappal előbb az időszerű hónapnál. Most — március elején a júniusi füzetből nézem ki az adatokat. Ezek az előrejelzések a napfolt-relatívszámok felhasználásával készülnek és a bennük látható, szintén előrejelzett napfolt-relatívszámok mind jobban megközelítik a hat hónappal előre adott SIDC adatokat (erről már írtunk).

Nézzük meg most mindnyájan az ebben a füzetben levő, a 118. ábrán bemutatott résztérképen az F2 — 4000—МПЧ, illetve a nemzetközi néven: M-4000-F2 adatokat, amelyeket görbékkel kell kiolvasnunk. Belerajzoltuk két fekete körrel az N és a K pontokat, üres körökkel a V visszaverődési helyeket az ionoszférán, és teli körökkel jelöltük a talajról való visszaverődési helyeket. A szaggatott vonal az N-től a K-ig a merkator térképen nyilván görbén mutatja a hullám földi vetületét (a valóságban is görbe, de a függőleges síkban ugrálva).

A térképrészleten vastag vonalak jelzik azoknak a pontoknak az összességét, amely pontok földi vetülete, mint egy 2000 km-es sugarú kör középpontjaként szerepel. Ennek a

körnek bármely pontjáról, az onnan húzott (gömbi) egyenlítője mentén, a rádióhullám — vízszintesen kibocsátva és az ionoszféráról visszaverve a fenti egyenlítő másik pontjára verődik vissza. Persze csak akkor, ha legfeljebb akkora frekvenciával dolgozunk, amekkorát a görbére írt szám jelez (MHz-ben).

A görbék között interpolációval állapíthatjuk meg a még visszaverhető frekvenciaértékeket. Az interpolációnál ügyelnünk kell arra, hogy a két vastag vonalat az interpolációs görbe derékszögben érje és így állapítsuk meg, hogy az interpolációs vonal a visszaverő pontot hányad részénél metszi. Ezt mutatja az ábrán látható pontozott vonal.

A kapott érték azt a maximális frekvenciát mondja meg, amely (4000 km-es távolságra, a fenti értelemben) még visszaverődik. Ez a 4000 km-es MUF. Nekünk azonban, jelenleg 3000 km-re kell a hullámunkat küldeni (egy ugrásnál). Szerencsénk van: a 3000 km-es MUF-ot még az ionogramról olvassák le, aztán 1,1-gyel szorozzák és így lesz belőle 4000 km-es MUF. Nekünk tehát ezt most vissza kell „csinálnunk”, a kapott adatokat osztanunk kell 1,1-del! Így a visszaverő helyeken a következő MUF értékeket kapjuk: V1:20,8 MHz; V2:17,6 MHz; V3:18,1 MHz. A felhasználható frekvencia azonban csak a legkisebb lehet, esetünkben: 17,6 MHz.

(Folytatjuk)

Irodalom:

CCIR ajánlások

I)FE: Az Ionoszférikus hullámterjedés geometriája (Nem publikált jegyzet)

Az IZMIRAN havi előrejelzési füzete (МЕЧНИЙ ПРОГНЗ)

# Rövidhullámú rádióösszeköttetések méretezése 37.

dr. Flórián Endre okl. fizikus. HA5KfV

## 8.3. A rövidhullámú rádióösszeköttetés tervezésének egyszerűbb „lépései”

Az eddigiekben néhány megszámozott képlet segítségével eljutottunk — egy példában is addig, hogy már a felhasználható frekvenciasávot is meg tudnánk határozni.

Legyünk e sorozat végén is következetesek és határozzuk meg egy ilyen egyszerű eset további lépéseit is, el nem hanyagolva az eddigieket. A „lépések” egymásutánjára nagyon jó példát ad *K. Davies* könyve vagy általában a francia módszer. A „lépések” között mi még kénytelenek vagyunk néhány magyarázatot is közbeütni, de remélhetőleg ez nem zavar, csupán kiegészít majd.

Végeredményben az a kívánságunk, hogy a vevőoldalon (K) akkora télerősséget létesítsünk, amely egy egyszerű vevőantenna segítségével és egy érzékeny vevőkészülék használatával hullámunk vételét lehetővé teszi. Érzékenynek nevezhetjük azt a vevőkészüléket, amelyet antennabemenetén 1  $\mu$ V feszültség esetén már használhatunk.

Soroljuk fel az eddigi „lépéseket” is, majd folytassuk a továbbiakkal.

1. Az adó- (N) és a vevőberendezés (K) közötti, főképpen mérhető távolság ( $D_g$ ) és irány ( $\nu$ ) megállapítása.
2. Az N- és a K-pontok közötti összeköttetésre éppen elegendő, de egyben a lehető legkevesebb ugrás számának meghatározása.
3. Az egyes (nyilván hullám-) ugrások ionoszférabeli és talajmenti visszaverődési pontjai földrajzi koordinátáinak megállapítása.
4. Az ionoszférabeli visszaverő pontokhoz tartozó  $f_oF_2$  (vagy más néven nevezett), továbbá a MUF(4000)F2 (vagy szintén más néven nevezett) időszéri értékeinek megállapítása, amelyeket amatőr viszonylatban — jelenleg — csupán az IZMIRAN előrejelzési füzetéből vehetünk ki.
5. a) A 4-es lépés adataiból meghatározzuk minden egyes ugrás átíveléséhez használható, tehát a távolságnak is megfelelő legmagasabb frekvenciát. Ennek különböző módjai vannak. Ez után megállapítjuk a legjobb munkafrekvenciát (OWF-et) is.
5. b) Számítjuk a hullám útja közben a görbe ionoszféra miatt bekövetkező széttartást, „szóródást”, amelyet az antennánk is okoz. A szóródás miatt egy adott pontra kevesebb teljesítmény jut, mintha a hullám valóban

„sugárszerűen”, vonalban haladna (ahogyan eddig ábrázoltuk). Ez a körülmény számunkra veszteség ( $Loss = L$ , a szóródás miatt:  $L_{sz}$ ). A 119. ábra kissé érzékelteti ezt az esetet, bár nem lehet méretarányosan rajzolni, mert az ionoszféra pl. 300 km-es magassága esetén a föld sugarához (6371 km) képest kb. 20-szoros az arány...

7. Meghatározzuk mind az ionoszférában ( $L_i$ ), mind a talajon ( $L_j$ ) az ugrásonként elszenvedett veszteséget. Mindegyiket minden ugrásra, de másként kell az ionoszférabelit (nappal is és éjjel is) és másként kell a talajmentit.

8. Kikeressük a CCIR 332-es  $Re$  - portjából a természetes (légköri) zaj mértékét a K vevőoldalon az általunk kívánt időpontban. Ezt a zajt — nyilván — a saját télerősségünkkel le kell majd „győznünk”, és ezért ennek a mértéke számunkra veszteséget jelent ( $L_z$ ). A mesterséges zajokat nem ismerhetjük!

9. Fel kell vennünk egy „tapasztalati”  $fading$  veszteséget ( $L_f$ ), amelynek ellensúlyozására ismét az áltatunk okozott, K-pontbeli télerősséget kell növelnünk.

10. Meg kell állapítanunk a saját adóberendezésünk antennára jutó teljesítményét ( $P_a$ ) és az antennák adott irányban fennálló nyereségét ( $G_a$ ). Ha már ismerős a partnerünk berendezése, lehetséges, hogy tudjuk, mekkora erősítése van az ő vevőantennájának (szintén adott irányban), ez  $G_v$  lenne.

11. Kiszámítjuk rádióhullámunk térbeli úthosszát is, mert a K ponton jelentkező télerősséget többféleképpen is számíthatjuk és olykor erre az adatra is szükségünk van (pl. nappal).

12. Összevonjuk az eddigi lépések

adatait, mind az adó, mind a vevő oldalon és megpróbáljuk megállapítani, hogy meglevő teljesítményünkkel, az adott ionoszféra-állapot esetében van-e reményünk az összeköttetésre a megjelölt frekvencián? Vagyis elérjük-e a kívánt télerősséget a K pontban?

A fentiek csupán a legegyszerűbb — és több adat nem ismerése miatt —, csak a leghiányosabb előrejelzést adják! A gépi előrejelzés ennél jóval több adatot kíván és (ha ezeket is „betáplálhatjuk”) az eredmény is lehet akár 80 - 90%-os.

## 8.4. Nézzük az egyes lépések adatait

1. Az eredményt ismerjük:  $D_g = 9000 \text{ km}$ ;  $\nu = 45^\circ$
2. Az ugrások számát, mint legelőnyösebbet, háromnak vettük.
3. Az ionoszférabeli (V) és a talajmenti, földi (f) visszaverődési pontok földrajzi koordinátái:

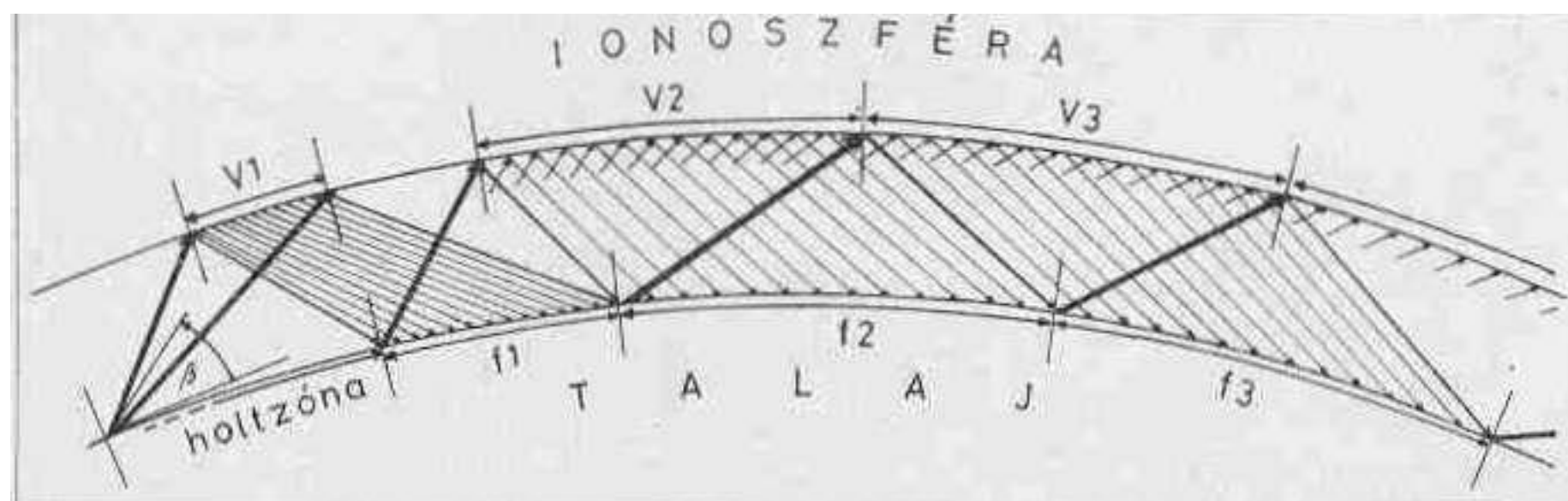
$$\begin{aligned} \varphi V1 &= 56,1^\circ; & \lambda V1 &= 36,1^\circ \\ \varphi V2 &= 60,8^\circ; & \lambda V2 &= 88,5^\circ \\ \varphi V3 &= 46,4^\circ; & \lambda V3 &= 128,3^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi f1 &= 61,1^\circ; & \lambda f1 &= 60,4^\circ \\ \varphi f2 &= 55,2^\circ; & \lambda f2 &= 119,9^\circ \end{aligned}$$

Az ionoszférabeli visszaverő pontok [a MUF értékekből a MUF(4000)F2 értékekből] a görbék-ből való kiértékelése is megtörtént, valamint átszámításuk 3000 km-es távolságra. Így a legmagasabb frekvenciák:

V1-nél: 20,8 MHz; V2-nél: 17,6 MHz; V3-nál: 18,1 MHz, nyilvánvalóan csak a legalacsonyabb (a 17,6 MHz) jöhet számításba, mert a magasabb frekvenciák a V2 ponton átszűrnek az ionoszférát.

Ehhez a ponthoz megjegyzéseket kell fűznünk. A felvett esetünk (nem véletlenül) a legegyszerűbb eset!



119. ábra. A  $\beta$  szög alatt kibocsátott, a függőleges síkban kb.  $30^\circ$ -os nyílású nyalábban kiinduló rádióhullámuk szóródása (szintén és csak a) függőleges síkban a Föld és az ionoszféra görbülete és a nyaláb mérete miatt. Az ionoszféra magassága az ábrán a görbülethez viszonyítva kb. két és félszerese az arányos magasságának.



Amennyiben más távolságokról, más hosszúságokat átívelő ugrásokról és más időpontokról van szó, akkor a fentiek megállapítása is egészen más módon történik. A 4-es lépésig lényeges változás nem lesz. Az 5-ös lépésnél használhatjuk pl. a 35-ös folytatás 11-es képletét, a számítógép is ezt használja, de több adattal kiegészítve. Mi csupán a 36-os folytatásban jelzett, az IZMIRAN havi előrejelzéseit használhatjuk. A korábbi időben jelzett CCIR 340-es Report anyaga — sajnos — már teljesen elavult!

Az IZMIRAN füzeteinél vigyáznunk kell arra, hogy az időadatok moszkvai időben (UT+3 óra) vannak feltüntetve. Ha ezeket a füzeteket használjuk, úgy meg kell keresnünk benne a kívánt (átszámított) időponthoz tartozó F2-0-MIT $\Psi$  vagyis a megfelelő időre vonatkozó fOF2 értékeket ábrázoló görbesereget tartalmazó oldalt. Innen kivesszük (interpoláljuk) az egyes ionoszféra belüli visszaverődési pontokhoz (V1, V2, V3 stb.) tartozó értékeket. Majd megkeressük a szintén megfelelő, átszámított idejű, de az F2-4000-MIT $\Psi$  adatokat tartalmazó oldalt, erről, hasonlóképpen, mint előbb, kiszedjük a földrajzilag már meghatározott pontokról az F2-4000-MIT $\Psi$  értékeket. Így minden visszaverő pontról kétféle adatunk lesz.

Gondolom, itt egy kicsit részleteznünk kell az elnevezéseket is. Biztosításul leírok néhány, ugyanazt az értelmet jelentő, de különböző megjelölést:

$$F2 - 0 - MIT\psi = F2(ZERO)MUF = \\ = MUF-0-F2 = E;F(ZERO)F2$$

$$F2-4000- MIT\psi = F2(4000)MUF = \\ = MUF(4000)F2 = E;TF(4000)F2$$

A vastag betűvel szedett MUF-0-F2 elnevezés a „klasszikus” MUF egy változata.

Az IZMIRAN előrejelzési füzetéből kivett F2-0-MIT $\Psi$  adatokat, MHz-eket, a Rádiótechnika 1980/3. 108. oldalán levő 34. ábrán látható (Szabó István cikke) nomogram felső oldalán megjelöljük, majd az ugyanahhoz az időponthoz tartozó F2-4000-MIT $\Psi$  MHz adatát az alsó oldalon jelöljük meg. A két pont között meghúzott egyenesről a megfelelő km-t jelző vonaltól kezdve (az ábra szerint) meghúzzuk a ferde vonal menti egyenest, amely az ábrán alul az adott távolságra szóló legmagasabb frekvenciát adja. Természetesen minden visszaverődési pontra meg kell csinálni ezt a műveletet. Így annyi (legmagasabb) frekvenciánk lesz, ahány visszaverődésünk van az ionoszféráról. Ezek közül kell majd kiválasztanunk a legalacsonyabbat.

5. Mindez azonban még nem elég, hiszen ez esetben mindig a lehető legmagasabb frekvenciát, kapjuk meg! Az ionoszféra elektronsűrűsége pedig minden vihar nélkül is — nemcsak napi (stb.) menetet

mutat fel, hanem ezen fölül előre nem látható, kisebb nagyobb sűrűségváltozásokat is. Tapasztalatból állapították meg, hogy e bármikor bekövetkező „hullámzás” okozta összeköttetési zavarokat eléggé kiküszöbölhetjük, ha nem a 4. pont alatti legmagasabb frekvenciát használjuk, hanem attól 15%-kal alacsonyabbat (az E-réteg nagyobb stabilitása miatt ott elegendő az 5%-kal alacsonyabbat használni!).

Ezt a frekvenciát a legjobb munkafrekvenciának (Optimum Working Frequency = OWF) nevezzük. Nem tudom miért, talán mert egyik elnevezés eredetét se ismerik, elterjedt nálunk is a francia eredetű (Fréquence Optimale de Trafic=) FOT rövidítés is.

$$OWF = MUF \cdot 0,85 \quad (16)$$

Esetünkben tehát:  $17,6 \cdot 0,85 = 14,96 \text{ MHz} = OWF$ . Így tehát amatőrjeink számára használható legmagasabb frekvencia a 14 MHz-es sávban található.

6. A hullám szétartása, szóródása miatt elszenvedett veszteséget szintén nomogramból vehetjük a leg-egyszerűbben. Ismét Szabó István cikkére utalok: a 6. folytatás (RT 1979/9. 412-413. old.) 21. ábráját nézzük meg. E szerint esetünkben a „szabadtéri veszteség” néven nevezett szóródás a főkör menti úthosszon (9000 km) és a feltehetően használandó 14 MHz-es frekvenciasávban  $L_{sz} = 135 \text{ dB}$ .

7. A hullám ionoszférabeli ( $L_i$ ) és talajmenti ( $L_t$ ) veszteségeit szintén többféle módon számíthatnánk. A CCIR módszerre azonban van nomogram is, ez is elegendő. Más a helyzet éjszaka és más nappal. Éjszaka nincsen D-réteg, az éjszakai E-réteg jelentéktelenül csillapít (saj-

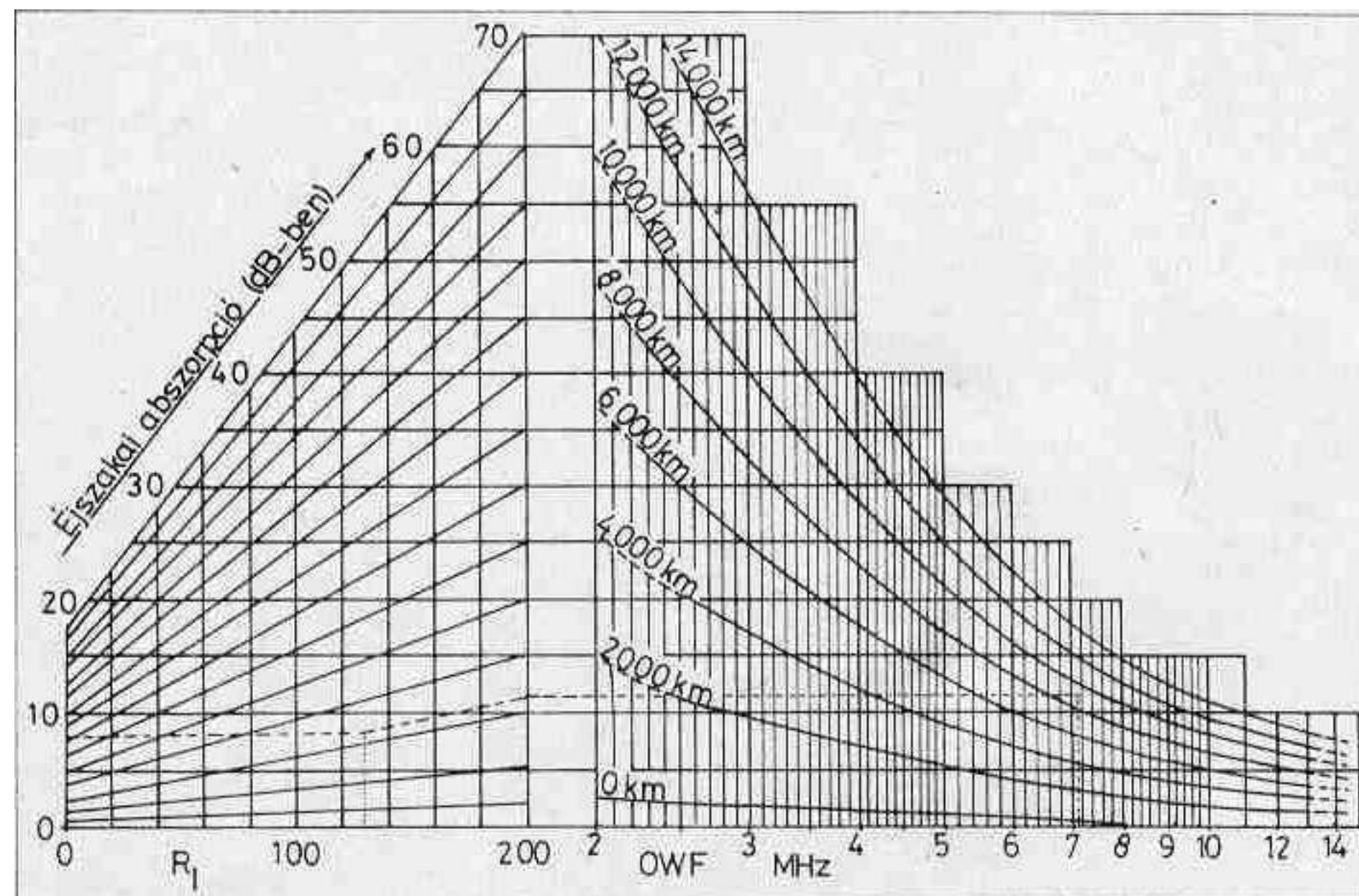
nos nem mindig), az F1-réteg pedig már régen összefolyt (ha volt) az F2-réteggel. Így esetünkben csak az F2 rétegben okozott csillapítás érdekes. Természetesen ez is függ a naptevékenységtől, hiszen ez határozza meg, hogy mi marad az F2 rétegből éjszakára (rendkívüli eseteket, vihart, stb.-t most nem számítva). Erre az esetre külön nomogramot készítettek (120. ábra).

Ezen az ábrán kiindulunk a használandó frekvenciából, majd a megfelelő távolsági görbéhez (felfelé) elérve, vízszintesen haladunk addig, amíg el nem értünk az előrejelzett R napfolt-relatívszámokat jelző görbesereg haláráig. Itt a legközelebbi, balra, lefelé tartó vonallal párhuzamosan haladunk addig, amíg el nem érjük az előrejelzett R napfolt-relatívszámot (ezt az ábrán pontozott vonal mutatja). Ezután ismét vízszintesen haladva, a bal oldali skálán megkapjuk a csillapítást dB-ben.

Az ábrán a 9000 km-es távolság és főként a 14 MHz használata esetén a csillapítás jelentéktelen, illetve bizonytalan is. De mivel szó lehet a 7 MHz-es sávról is, ennek a menetet rajzoltuk be az ábrába. Mindenesetre keveset tévedünk, ha az alkalmasabb 14 MHz-es sáv használata esetére 4 dB-es veszteségét vesszük számításba. Így  $L_1 = 4 \text{ dB}$ . (Ne csodálkozzunk a jó éjszakai összeköttetéseken.)

Ha az összeköttetés nappal zajlik le, a helyzet egészen más, de itt is segítenek a nomogramok. Erről ugyancsak Szabó István írásából (RT 1979/10. 268—269. old.) értesülhettünk, ezekben a nomogramokban már a földmágnesség hatását is számításba veszik.

A talajon történő visszaverődé-



120. ábra. Az éjszakai útvonalon haladó rádióhullám csillapítása az F2-rétegben a munka frekvencia (OWF), a távolság (km) és az előrejelzett napfolt-relatívszám (R) függvényében. Magyarázat a szövegben

sekről két legfontosabb adatot kell tudnunk: szárazföldön történt-e a visszaverődés, vagy tengeren? Mind a két esetben lényeges a bullámnak (a talajba történő) *beesési szöge*. Az ehhez az adathoz szükséges nomogramot Szabó István szintén közölte (RT 1980/1. 12. old.). Ez a nomogram azonban nem (szabályosan) a „beesési szög”, hanem a  $90^\circ - \alpha$ -re vonatkozik.

Esetünkben a beesési szög a (13)-as egyenlet szerint  $90^\circ - \beta$ , vagyis számadatokkal:  $90^\circ - 5^\circ = 85^\circ$ . Miután azonban a nomogramon a fordított esetet kell használnunk:  $90^\circ - 85^\circ = 5^\circ$ -os szöget kell megnéznünk az ábrán. Melyiken? Ha megnézzük a térképet, rajta a Dg vonalát, láthatjuk, hogy a mi esetünkben a rádióhullám két talajmenti visszaverődése feltétlenül szárazföldön történt, illetve majd történik.

Ezért a főső ábrát használjuk és ebből megállapítható, hogy 14 MHz használata esetében a veszteség (ugrasonként) kb. 1 dB, összesen tehát

$L_t = 2 \text{ dB}$ .

8. Az adóantenna érintkezőire esetünkben 100 W teljesítmény jut. Ma mint a többi esetben is 1 wattot veszünk 0 dB-nek, akkor az adó teljesítménye eleve:  $P_a = 20 \text{ dB}$ .

Az adóantenna nyereségét ( $G_a$ ) típusa és felszerelése miatt az adott irányban (az antenna forgatható!), maximálisan 10 dB-re becsülhetjük, de az öt fokos függőleges síkban szükséges kilövési szög miatt csak:  $G_a = 9 \text{ dB}$

9. A vevőállomáson elképzelhető természetes (légköri) zaj mértékét a CCIR 322-es Reportjából nézhetjük ki. (Ez egy 80 oldalas füzet, térképekkel, görbékkel és számítási eljárásokkal. Így nehéz lenne ismertetni.) Az adott időszakban (Japánban az összeköttetés leendő időpontjában hajnal van), a maximális légköri zaj mértéke:  $L_z = 27 \text{ dB}$ .

10. A nyugodt ionoszféra fading jelenségeinek „kivédésére” általános szokás szerint ennyi „ráadásal” (már t. i. a térerősségben, amely a K-ponton keletkezik majd) ellen-súlyozhatjuk a kisebb elektronsűrűség ingadozásokból bekövetkező elhalkulásokat (feltételezve a vevőkészülék megfelelően méretezett AGC-jét). Így  $L_t = 8 \text{ dB}$ .

11. Számítsuk az összes teljesítményt ( $P_\sigma$ ) és az összes veszteséget ( $L_\sigma$ )

$$P_\sigma = P_a + G_a = 20 + 9 = 29 \text{ dB}$$

$$L_\sigma = L_{sz} + L_t + L_r + L_z + L_f = 135 + 4 + 2 + 27 + 8 = 176 \text{ dB}$$

$$\text{összevonva: } P_\sigma - L_\sigma = 29 - 176 = -147 \text{ dB}$$

Egy táblázat segítségével megtudhatjuk, hogy a fenti dB teljesítmény mekkora  $\text{W/m}^2$  wattsűrűséget jelent a K-ponton:

$$-147 \text{ dB} \sim 2 \cdot 10^{-15} \text{ W/m}^2$$

Ekkora teljesítményt kaphat tehát a K-pontbeli állomás!

12. Vajon mekkora feszültség keletkezhet ekkora wattsűrűség esetén a K-ponton levő antenna végén, illetve a vevő bemenetén? Ennek a feszültségnek a számításához fel kell vennünk néhány leginkább elképzelhető adatot, így pl. a vevőállomás antennáját kell elképzelnünk. Legyen ez az antenna nyilván a leg-egyszerűbb, de 14 MHz-re (azaz ke-reken 21 méteres hullámhosszra építve) hangolva, és az egyszerűség kedvéért képzeljük félhullámú dipólának. A fentiek feltételezhető adatok, ennél csak jobbat használnánk magunk is. . .

Egy ilyen antenna hatásos felülete:  $1,64 \cdot \lambda^2 / 4\pi$  ennek megfelelő kb.  $59 \text{ m}^2$ . Eszerint ez az antenna az uralkodó wattsűrűségből  $5,9 \cdot 10^{-14} \text{ W}$ -ot kap. Az ebből eredő feszültség jut majd a vevőkészülék bemenetére. A vevőkészülék bemenetét kb. 50 ohmosnak vehetjük, így  $U^2/R = 5,9 \cdot 10^{-14} \text{ W}$ -ból

$$U = \sqrt{5,9 \cdot 10^{-14} \cdot 50} = 1,717 \cdot 10^{-6} \text{ V}$$

Az antennabemenetre tehát nem egészen  $2 \mu\text{V}$  jut. A felállított fel-tételünknek ennyi már megfelel.

Számítógéppel természetesen könnyen számítható az is, hogy mekkora az a frekvencia, amelyet felhasználva még elérhetünk  $1 \mu\text{V}$ -os feszültséget az antennabemeneten, *adott adóteljesítmény mellett!* Így kaphatjuk meg az adóteljesítmény-hez viszonyított *legalacsonyabb, ma gas, használható frekvenciát* (Lowest Usable High Frequency = ) LUHF, vagy ma már csak egyszerűen: a *legalacsonyabb használható frekvenciát* (Lowest Usable Frequency = **LUF**).

Az előzőekben megadott időkben (1982. júniusban. 18-19 óra között) tehát lesz olyan napunk, amikor az SIDC által előrejelzett 130-as napfolt-relatívszám esetében 14

MHz-en valószínű a rádióösszeköttetés a MOM klub rádióállomása és egy Tokióban élő rádióamatőr között.

Sok képlet, magyarázat van még hátra! Legalább is ahhoz, hogy „úgy igazán” megtervezhessünk egy összeköttetést! Hiszen nem feltétlenül biztos a mi esetünkben sem, hogy az F2 réteg magassága a Dg egész vonalán végig 320 km lesz! Lehet ionoszféra vihar is! Próbálhatunk összeköttetést létesíteni a *nappali* oldalon is, sőt vegyesen nappali-ról éjszakaira, vagy fordítva. Ilyen esetekben az ionoszféra többi rétege is számításba jöhet: olykor segít, olykor akadályoz... A Rádiótechnika előrelézéseiben az alsó, olykor „szabályos” görbe vonal a legtöbb esetben pl. az E-réteg „takarását” jelzi. És hol van még a rövid távú előrejelzés? Ehhez napi adatok kellene, amelyeket az URSIGRAM-okból tudhatunk meg. Eddig szó sem esett pl. a sarki övezet különleges csillapításáról, a csillapító térségek hatáiról. PCA-val. vagy anélkül. Mit csinál az egyenlítő feletti „elektrojet”?

Mindez azonban már nem az én gondom, az alapköveket leraktam. Atadom a tollat a sorozat kezdeményezőjének, aki a fentieket valószínűleg jobban tudja az amatőrök nyelvén elmondani, lévén maga is (nemcsak „pártoló tag”, hanem) valódi amatőr.

Irodalom:

CCIR Reportok (252-2, 322, 340, Supl. to Rep. 340).

Telecommunications Research and Engineering Report 13: Ionosphere Predictions. Washington, 1971.

Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro- usw Techniker GMBH, Berlin, 1949

K. Davies: Ionospheric Radio Propagation Washington, 1965.

IZMIRAN kiadványok és havi előrejelzések.

Instructions d'emploi des previsions de propagation Ionosphérique des ondes radioélectriques C.N.E.T. Párizs, 1969,

*A május elsejei majálisok jó alkalmat teremtenek az amatőr rádiózás népszerűsítésére. Képünk a budapesti Városmajorban készült, ahol hagyományosan a MOM Rádióklub szokott bemutatót tartani. Az idén az RH és URH amatőr adó-vevők mellett a klub CB-s tagjai is kiállították készülékeiket*

