

MAGYAR
HONVÉDELMI
SPORT-
SZÖVETSEG

Rádióamatőr

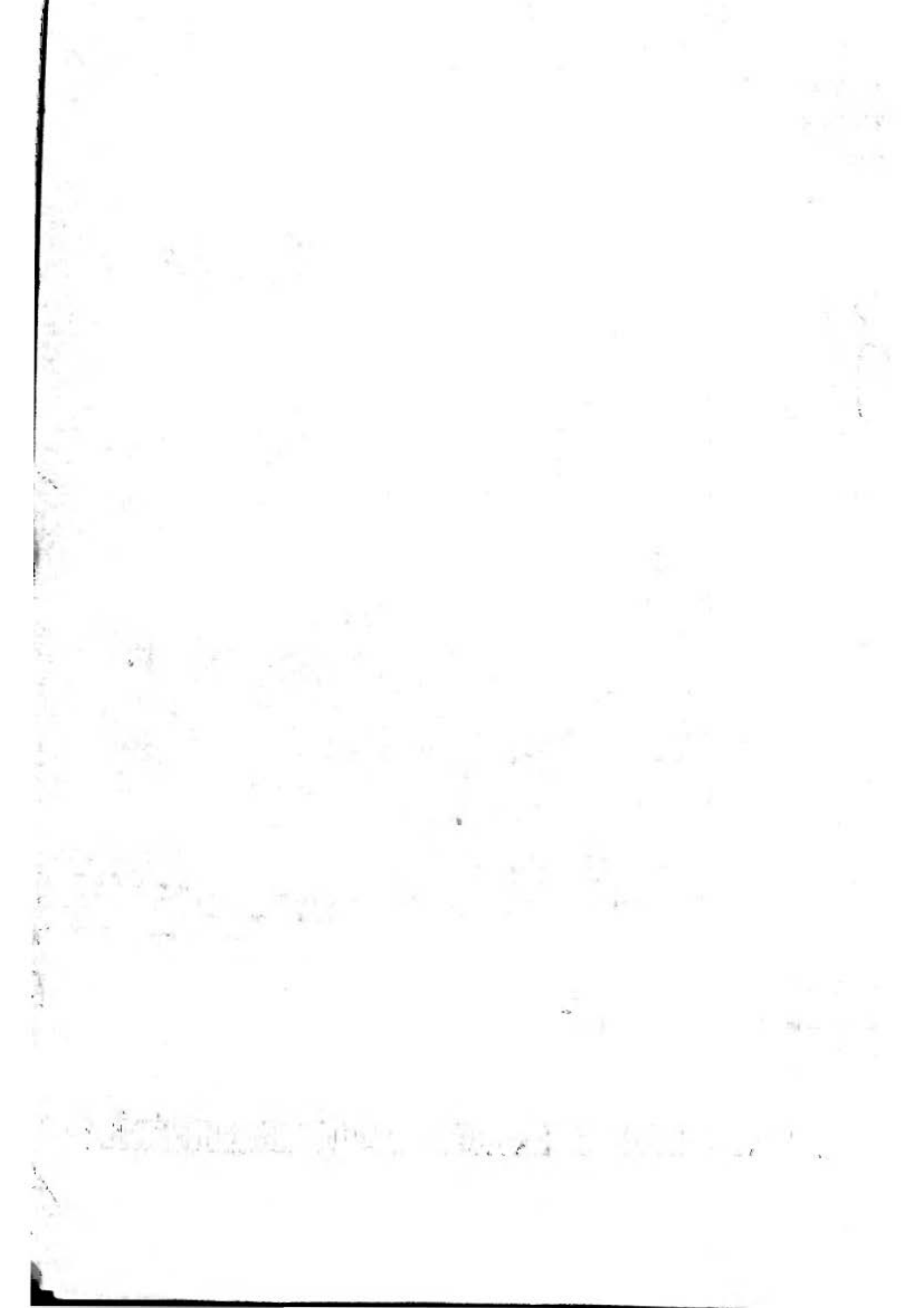
FÜZETEI

60



DR. FLÓRIÁN ENDRE

MIT KELL TUDNI A RÁDIÓHULLÁMOK TERJEDÉSÉRŐL?



DR. FLÓRIÁN ENDRE

~~210~~
231

**MIT KELL TUDNI
A RÁDIÓHULLÁMOK TERJEDÉSÉRŐL**



MAGYAR HONVÉDELMI SPORTSZÖVETSEG
1963.

MAGYAR HONVÉDELMI SPORTSZÖVETSÉG
RÁDIÓAMATŐR FÜZETEI

60. SZÁM

Szerkeszti:
KUN JÓZSEF

Kiadja a Magyar Honvédelmi Sportszövetség, Rákóczi Lapkiadó

Kiadásért felel: Kádár Albert

Műszaki felelős: Simon Zoltán

Készült 8000 példányban, A/5 méretben, 6 ív terjedelemben, az MSZ 5601—59
és az MSZ 5602—55. sz. szabványok szerint. Ábrák száma: 43

631850/1 — Zrínyi Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Bolgár Imre igazgató

BEVEZETÉS

E kis füzet célja csupán általános képet nyújtani a rádiózásban már jártas amatőröknek a rádióhullámok terjedéséről. Hazánkban ezzel a témakörrel — sajnos — igen mostohán bánnak és így az amatőröknek, de még a hivatásos rádiósoknak sincsen jól kialakult képük a rádióhullámok terjedésének mai szemmel látott feltételeiről és lehetőségeiről. Ezt a képet szeretném részben világosabbá, részben helyesebbé alakítani.

Ez a szándék már eleve azt követeli, hogy részletesebben vizsgáljuk meg a hullámterjedést legjobban befolyásoló naptevékenységet, a Föld légköréről kapott új ismereteinket, sőt még a meteorokkal lebonyolított rendszeres rádióforgalmat is. A mesterséges égitestek kőkorszakában élünk, de máris csak elemi ismeretnek számít, ha kissé tájékozódunk a bolygóközi térség hullámterjedési viszonyairól.

Egy ismertető füzet célja semmi esetre se lehet elméleti fejtegetések közlése. Természetes azonban, hogy a szöveget itt-ott egyszerű képletek tarkítják, hiszen a mai gyakorlatnak ez már elengedhetetlen feltétele.

Magától értetődő, hogy be kellett mutatnom a külföldön évtizedek óta folyó hullámterjedési előrejelzéseket, amelyeket nálunk még sok hivatásos rádiós sem ismer.

Mindamellet nem kívánható, hogy e füzet elolvasása után egy amatőr — vagy akár egy hivatásos rádiós — már azonnal tudja is, mekkora frekvenciára hangolja készülékét, ha meghatározott helyű vagy irányú dx-et kíván elérni. De annyi talán mégis elképzelhető, hogy egyes fejezetek elolvasása után a rádiósok nem kóborolnak majd céltalanul az éterben, hanem valamennyire kiigazodnak a rádióhullámok ezer szabállyal átszőtt dzsungeljében. Sőt, fel is világosítják majd a botcsinálta rádiósokat: a rádióhullám se halad ingyen, sehová sem! — Külföldön sok-sok milliót költenek útjuk biztosítására és jól megtanulták már, hogy az összeköttetés elmaradása esetén a hiba nem annyira „az Ön készülékében”, hanem inkább „az Ön hullámterjedési tájékozatlanságában” keresendő...

1. AZ ELEKTROMÁGNESES HULLÁMOK

Az elektromágneses hullámok keletkezése mindig elektronok mozgására vezethető vissza. Elektronok mozognak az antennában éppen úgy, mint az atomok belső térségében, amikor rádió-, illetve fényhullámok indulnak ki belőlük. Elektronok (és ionok) futkároznak a rádióhullámok által rájuk kényszerített pályákon akkor is, amikor az ionoszférában keltett másodlagos rádióhullám a talaj felé irányul.

Az a nagy kérdés, hogy az elektromágneses hullámok terjedésük közben valamiféle közeget, „étert”, vagy apró, anyagi testecskéket vesznek-e igénybe, vagy semmit sem, tulajdonképpen még nincsen eldöntve, mert az elméletek még nem tények. Nyugodtan írhatjuk tehát így a kérdést: mi újság az éterben? — legfeljebb a tájékozatlanok kifogásolják.

A rádióhullámok terjedését az elvi döntések nélkül is kitapasztalhatjuk, észlelésünk legfeljebb elősegítheti a rengeteg elméleti és gyakorlati kérdés megoldását.

1.1. Természetes és mesterséges elektromágneses hullámok

Az elektromágneses hullámokat önkényesen két nagy csoportba oszthatjuk: *természetes* és *mesterséges* hullámokra.

A *természetes* hullámok körébe tartoznak a kozmoszból érkező, a csillagokból, a Napból jövő, vagy a légkörben keletkezett elektromágneses hullámok. Ilyenek pl. a hidrogénfelhők zaja, a csillagok, a Nap és a bolygók fénye, továbbá sokféle más elektromágneses sugárzása; a nappali- és az éjszakai égbolt fénye; a sarki fény fizikai folyamatai közben keletkezett fény- és rádióhullámok; az ionoszféra saját sugárzása; a Föld hő- és rádiósugárzása; a villámok és a magnetoszféra rádióhullámjai.

A *mesterséges* elektromágneses hullámokat az ember eszközei keltik életre, készakarva vagy akaratlanul. Ilyeneknek nevezhetők a különböző röntgen-, fény- és hősugárzók-, a rádióállomások- és a villamos berendezések által gerjesztett elektromágneses hullámok, zavarok.

1.2. Egységek, felosztás

Az elektromágneses hullámokat — szintén önkényesen, de fizikai megfontolások után — vagy *frekvenciájuk* (azaz az egy másodperc alatt végbement rezgések száma) vagy *hullámhosszuk* (az egy

rezgés időtartama alatt megtett útjuk hossza) szerint szoktuk megkülönböztetni és csoportokba, sávokba osztani.

Mindenféle csoportosítást különböző nemzetközi, tudományos egyesületek világértelmezletein tárgyalnak meg, ugyanitt állapítják meg a hivatalos *egységeket, elnevezéseket és rövidítéseket* is.

(Fontosabb nemzetközi szervezetek, melyek a rádióhullámok megfigyeltetésével, felosztásával, a hullámterjedés-, az ionoszféra- és a légkör rádióvonatkozású kutatásának vezetésével foglalkoznak:

Nemzetközi Rádió Tanácsadó Bizottság (Consultative Committee of International Radio = CCIR)

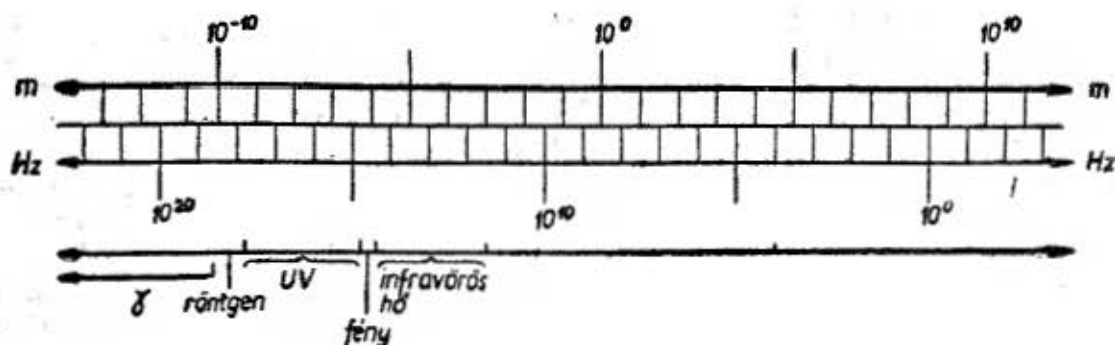
Nemzetközi Rádióműsorszóró és Televízió Szervezet (Organisation Internationale de Radiodiffusion et de Television = OIRT)

Rádiótudományok Nemzetközi Egyesülete (Union Radio Scientifique Internationale = URSI)

Sok más szervezet van még rajtuk kívül!

Ezeknek a nemzetközi szervezeteknek a határozata az is, hogy a *frekvencia* egysége, illetve jelölése a Hz (Hertz fizikus emlékére), meghagyták azonban a c/s jelölést is. Mind a kettő *egy rezgést jelent másodpercenként*. A *hullámhossz* egysége pedig a *méter (m)*. Az egységtől függetlenül szokták a rezgésszámot egyszerűen *f*-fel (frekvencia rövidítése) vagy γ -vel, esetleg *n*-nel, a hullámhosszt pedig λ -val is jelölni. A Hz, illetve a c/s, továbbá a hullámhossz egységeinek törtrészeit és többszöröseit a legegyszerűbben a tízesek hatványaival jelölhetjük. Ezt a jelölési módszert sokfelé alkalmazzák.

Az elektromágneses rezgések igen széles skáláját ismerjük. A száporább frekvenciáktól kezdve először a *gamma* sugarak következnek (ilyeneket bocsátanak ki pl. a radioaktív anyagok, a nukleáris fegyverek), majd az *X* — (vagy *röntgen*) sugarak követik őket (mesterségesen is előállítják, de valószínűleg a Napból is jönnek). Ezután



1. ábra

Az elektromágneses rezgések skálája

észlelhetjük az *ultraviola*-sugarakat, melyeket tulajdonképpen már fénynek nevezhetünk (ezek keltik életre — a Naptól érkező — az ionoszférát, kevésbé szapora frekvenciáik okozzák a napsugárban vagy a kvarclámpák fényében fürdőzők barnulását). Ezután már a látásunkat elősegítő, ún. *fényhullámok* igen keskeny sávja következik, mely a sokkal szélesebb *infravörös*- és *hősugár*-sávba torkollik. A hősugarakat már közvetlenül a *rádióhullámok* követik.

Ez a felosztás nem részletezi az egyes sávokat, erre jelenleg nincs is szükségünk, csak a rádióhullámok sávját nézzük meg majd alaposabban. (1. ábra.)

2. A RÁDIÓHULLÁMOK TULAJDONSÁGAI

Az ábrából arra gondolhatunk, hogy *rádióhullámnak* azokat az elektromágneses rezgéseket nevezzük, amelyeknek frekvenciája kisebb, mint 3000 GHz, illetve hullámhossza nagyobb egy tized milliméternél.

Erre gondolhatunk, de a „rádióhullám” meghatározása nehéz feladat. Ha ti. a felhasznált elektromágneses rezgés *rendeltetését* is figyelembe vesszük, úgy a határok újabban nagyon elmosódnak. A szerző három évtizeddel ezelőtt nagy igyekezettel és eredményesen is bizonygatta a Rádiótechnika akkori fejtörő versenyein, hogy a *fényt* nem lehet erősíteni. Pár éve pedig már ismertette a *híradásra* is felhasználható, erősíthető fényhullámokat. Ugyanekkor jutottak az érdeklődés előterébe a 100 km-nél is hosszabb hullámú elektromágneses rezgések...

Annak tudatában tehát, hogy a tudomány és a technika fejlődését meg sem lehet állítani, vegyük pillanatnyilag rádióhullámoknak a legutóbbi nemzetközi konferenciák megállapításait. Itt rádióhullámoknak számították az 1. táblázatban látható frekvenciákat. A táblázat egyben megadja a frekvenciák és a hullámhosszak elnevezését és jelölését is.

2.1. Rádióhullámsávok

A táblázatból világosan látszik, hogy a sávokban a tízes hatványok 3-szoros szorzatai szerepelnek. A rövidítéseket világszerte az angol elnevezésekből veszik (F = frequency, L = low (lassú), M = medium (közepes), H = high (magas), V = very (nagyon), U = ultra, S = super, E = extrem (különösen).

1. Táblázat

frekvenciasáv	jel	elnevezés
3– 30 kHz	VLF	miriaméteres hullámok
30– 300 kHz	LF	kilométeres hullámok
300–3000 kHz	MF	hektométeres hullámok
3– 30 MHz	HF	dekaméteres hullámok
30– 300 MHz	VHF	méteres hullámok
300–3000 MHz	UHF	deciméteres hullámok
3– 30 GHz	SHF	centiméteres hullámok
30– 300 GHz	EHF	milliméteres hullámok
300–3000 GHz	–	deci- milliméteres hullámok

Azt is észrevehetjük, hogy a *hivatalos* jelölés szerint 3000 kHz-ig a frekvenciákat még kilohertz-ben, ettől feljebb pedig Megahertz-ben adjuk meg. Ugyanígy a 3000 Mhz felett rezgésszámokat már Gigahertz-ekben kell kiírnunk.

Ismerünk természetesen többféle felosztást, azon kell lennünk azonban, hogy a nemzetközi értekezleteken elhatározott felosztáshoz tartsuk magunkat és ne csináljunk feleslegesen nemzeti vagy egyéb szempontból eredő felosztásokat.

2.2. Felületi hullám, térhullám

Minden a táblázatban szereplő rádióhullám lehet *felületi hullám* vagy *térhullám*.

Akkor nevezzük őket *felületi* hullámnak, ha a földfelületről indulva ennek mentén haladnak tova, és akkor *térhullámok*nak, ha pl. a föld felületéről indulva a légkör valamely (hőmérséklet, nedvesség vagy ionizáltság miatt kialakult) rétegéről vagy valamilyen tárgyról (meteorról, mesterséges égitestről) visszaverődve, illetve nem a Földről indulva jutnak el a földfelszínre.

A felületi hullámok terjedését tehát csupán a troposzféra és a talaj állapota befolyásolja (térerősségük természetesen a távolsággal is csökken).

A térhullámoknál nem ilyen egyszerű a helyzet. Bárhonnan indultak, ha egyszer a talajra érkeztek, belejutottak az alsó, sűrű légkörbe, másrészt töréseket szenvedhetnek a magasabb légkörben is.

2.3. A közeg hatása

Jogos a kérdés: miért beszélünk külön a *rádióhullámok* terjedéséről? — Hiszen megállapíthatnánk az elektromágneses rezgések valamilyen fizikai törvény szerinti terjedését és ennek, mint szabálynak érvényesnek kell lennie a *rádióhullámokra* is!

Ez igaz, a hullámterjedéssel foglalkozó fizikusok, mérnökök azonban rájöttek, hogy az elektromágneses hullámok terjedése nem egyszerű dolog, még egy viszonylag keskeny sáv terjedelmében sem, hát még a rádióhullámok széles skálájában! Megvannak ennek a maga fizikai okai.

a) A rádióhullámok *mindig valamilyen közegben* terjednek (most nem az éterről van szó), a Föld közelében a *légtérben*, ha pedig elhagyták a Földet, úgy a bolygóközi térségben, amely szintén *nem üres*. Kijutva a naprendszerből még akár tízezer évig is a *mi-Tej-útunkban* (galaktikánkban) bolyonganak, amelyről már szintén azt állíthatjuk, hogy telve van valaminő *anyagi részecskékkel*. Ha telik erejükből és tovább is mennek, úgy — idézhetjük hazai és külföldi tudósok mondását: „azt a szót, hogy *világűr* nem lenne szabad kiejteni...”

b) A rádióhullámok *frekvenciájuk szerint* a különböző anyagi részecskékből álló és sűrűségű közegekben más és más irányváltást szenvednek.

c) A különböző frekvenciájú rádióhullámokat a sokféle közeg anyagi minősége és sűrűsége szerint különböző mértékben nyeli el.

A továbbiakban meglátjuk: a hullámterjedés boncolgatásánál mindig csak arról lesz szó: hogyan változik meg egy rádióhullám *iránya* és *mennyit nyel* el belőle a közeg, amelyben halad. *Csak ennyit* kellene tudnunk erről a tárgyról, de ez a kevés is oly sok és annyi kutatás szükséges még a megismerésére, hogy a nagy távolságú rádióösszeköttetést részben új utakra kívánják terelni: mesterséges holdak közvetítik majd a távolsági rádióforgalmat.

Vajon kapnak-e majd az amatőrök akkor új, vagy szélesebb sávokat a dekaméteres hullámok körzetében?

Nézzük meg addig is a hullámok néhány fizikai tulajdonságát.

2.3.1. Törés

Ha egy elektromágneses rezgés útjában új közeg határára ér, rendszerint irányt változtat, ezt a tüneményt nevezzük *törés-nek*, illetve *visszaverődés-nek*. A tünemény vizsgálatánál négy fontos részletre kell ügyelnünk. Elsősorban az új közeg határán arra a pontra, ahová a hullám érkezett, egy, a felület érintőjére merőleges

egyenesest kell húznunk: ez lesz a *beesési merőleges* (beesési „normális”). A továbbiakban ehhez mérjük az új közeg határára érkező hullám irányát, ezzel a normálissal alkotott szöge lesz a *beesési szög*. Ha a hullám ezen a ponton visszaverődik, akkor ismét a merőlegeshez kell számítani a *visszaverődés szögét*. Amennyiben a hullám (részben vagy egészben) átmegy az új közegbe, megint csak a beesési merőleges meghosszabbításához mérjük a *törési szöget*.

A törési szög és a beesési szög szinuszának hányadosa (vagyis egy számérték) lesz az új közeg *törésmutatója* az előző közegre vonatkoztatva.

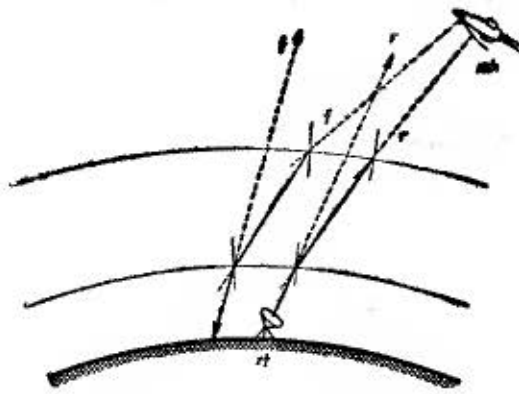
A hullám a beesési merőlegeshez törik, ha ritkább közegből megy át a sűrűbb közegbe, és a merőlegestől törik fordított esetben... így tanultuk, de jól meg kell majd jegyeznünk, hogy a rádióhullám számára *mi a ritkább és mi a sűrűbb közeg!*

A beesési merőlegeshez történő törés tulajdonképpen azért következik be, mert a rádióhullám sebessége *csökken*, ha ritkább közegből sűrűbbe megy át. De azt is figyelembe kell vennünk, hogy a különböző frekvenciájú hullámok sebessége más és más még ugyanabban a közegben is!

Ugyanez, a törési jelenség lép fel akkor is, amikor nem új közegről, hanem az eddig átfutott közeg jelentősebb sűrűségváltozásáról van szó.

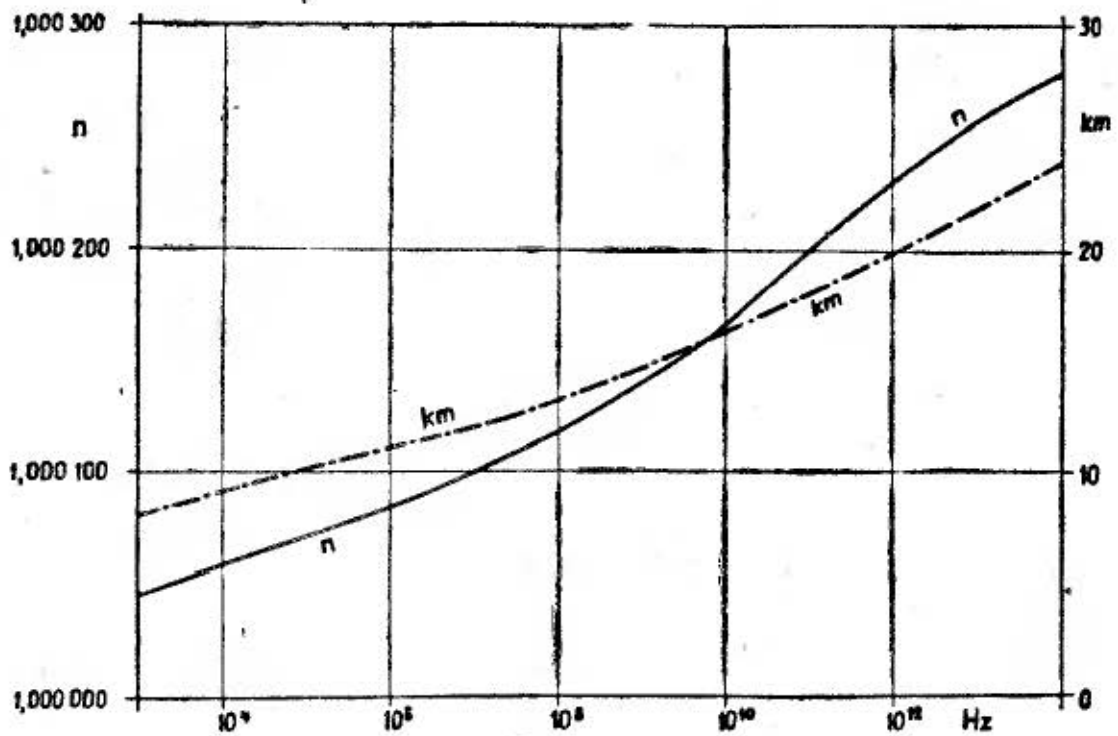
Éppen ilyen eset fordul elő a légkörben: felfelé ritkul és hűl a levegő. A kívülről jövő elektromágneses hullámok „folyamatos” törést szenvednek, mondhatnánk „meghajlanak”, miközben átjönnek a légkörön. Kívülről befelé sűrűsödik a légkör: a beeső sugár (a rádióhullám is!) mindig a beesési merőleges *felé* törik. Végül is az utolsó törés irányában, visszafelé, tehát feljebb látjuk a hullám forrását (pl. hamarabb kél és később nyugszik a Nap), magasabb szög alatt látjuk, magasabban mutatja a rádióteleszkóp is a mesterséges holdat, mint amekkora magasságban valóban repül. A kívülről vagy nagy magasságból (akár az ionoszférából) jövő rádióhullám tehát, ha nem merőlegesen érkezik, *a talaj felé hajlik* (2. ábra).

Nézzük meg, mi lesz a helyzet a földfelületről kibocsátott rádióhullámmal? — Ha a Föld felülete sík lenne, úgy ezzel a síkkal *párhuzamosan* kibocsátott rádióhullám nem változtatná irányát. Mivel azonban a Föld gömbalakú, minden akkora távolságnál, melynél a gömbalak már számításba jön, a következő jelenség játszódik le: a rádióhullám a gömbalak miatt rövidesen a légkör ritkább rétegébe ér, ott éppen a merőlegestől törik. A fokozatosan mind ritkább és ritkább közegben a hullám folytonosan a Föld közepe felé mutató beesési merőlegestől törik, tehát lefelé, így végeredményben megint



2. ábra

Az mh mesterséges holdről induló r rádiójeleket az rt rádióteodolit a rádióhullámok legutolsó irányában, tehát magasabb szög alatt veszi. Még nagyobb i törés az f fényhullámokkal



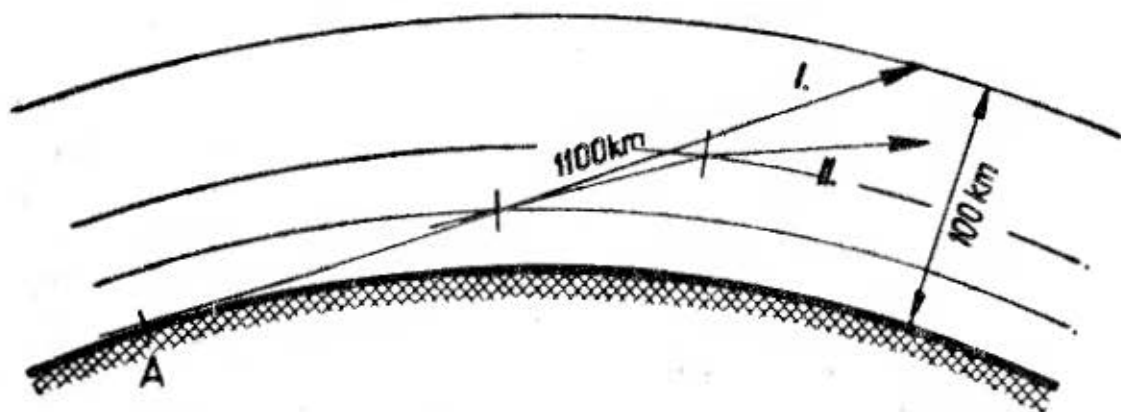
3. ábra

A levegő törésmutatója az egyes rádiófrekvenciák számára (baloldali skála, n görbe) és az 1100 km-es vízszintes út megtétele közben szenvedett visszahajlás km-ben (jobb-oldali skála)

csak a talaj felé hajlik. Természetesen ez a hajlás a talaj közelében a legnagyobb mértékű.

A törésmutató változik a frekvenciával is: minél szaporább a frekvencia, annál jelentékenyebb az irányváltozás. Ha magának a törésmutatónak a változását nézzük, az az érzésünk (3. ábra), hogy a rádióhullámok sávjában ez a változás számszerűleg nem is lehet lényeges (csak a negyedik tizedes jegyeiktől kezdve mutatkozik). Rögtön értékeljük azonban mértékét, ha másként szemléljük. Ha pl. a Föld érintője mentén kibocsátott rádióhullámnak a légkör hatására kiváltott hajlását számítjuk ki, 1100 km-es útja közben, amíg éppen 100 km magasra ért volna (3. ábra)?

Az út hossza azért éppen 1100 km, mert vízszintesen indulva kerekén ennyi távolság kell a 100 km-es magasság eléréséhez, és azért éppen 100 km-es magasságról van szó, mert feljebb a levegő sűrűségi és hőmérsékleti viszonyai az ionosféra hatásai mellett már kevésbé jönnek számításba.



4. ábra

A görbe földfelületen lévő A rádióállomásból kiinduló méteres rádióhullámok 1100 km-es vízszintes út megtétele után jutnának 100 km magasba (I), addig azonban 15 km visszahajlást is szenvednek (II) a légkörben történt törésük miatt

A 4. ábra mutatja, hogy a talaj felé irányuló hajlás már elég jelentékeny a szaporább frekvenciáknál: a dekaméteres hullámoknál eléri a 12 kilométert, a méteres hullámoknál pedig 15 km-nél is nagyobb lehet.

A légkör okozta irányváltozások elsőrendű oka tehát a levegő sűrűségének változása. A sűrűséget azonban a hőmérséklet is befolyásolja, amelyről nyilvánvaló, hogy a magasságtól függő csökkenése más és más mértékű lesz a Föld különböző tájain. Ennélfogva

éppen pl. a méteres és deciméteres hullámoknak a légkörben való törése is függ majd az éghajlattól.

A hőmérséklet magassági változása azonban időjárásfüggő is: ezeknek az ultrarövid hullámoknak a visszahajlási szöge és így a terjedése az időjárás függvényévé is válik.

Ne higgyük, hogy már teljes a kép: még hátra van a sokkal nehezebben megfogható, mérhető és számítható elem: a légköri nedvesség. Igaz ugyan, hogy ez az elem csak a legalsó 10 km-es légrétegben jöhet számításba, de az is igaz, hogy számunkra a méteres és annál rövidebb hullámok szintén csak ebben a legalsó rétegben terjednek.

2.3.2. Törésmutatók

A rádiósok, a repülők és rakétások, akik a légkört gyakorlatilag kívánják felhasználni, a nemzetközi értekezleteken kieszeltek olyan képzeletbeli légkört, amelynek nyomási, hőmérsékleti és nedvességi viszonyai egyszerű összefüggésekkel fejezhetők ki. Az ilyen légköröket *szabványos rádió atmoszférának* nevezik. (A repülés számára is van — más elvek szerint megszerkesztett — *műlégkör*.) A szerkesztésnél felhasználtak minden tapasztalati adatot és így a *műlégkör* végeredményben olyan légkör, amely ugyan a természetben sohasem fordul elő, de a bármikor előforduló mégis ettől különbözik a legkevésbé. Számunkra nem maga a műlégkör szerkezete a fontos, hanem a benne előképzelt törésmutatók. Éppen annak ábrázolására, hogy a rádióhullámok irányváltozása a légkörben milyen összetett jelenség, három törésmutató képletet mutatunk be. Az n_1 a troposzférára vonatkozik és csupán a levegő függőleges irányban mutatkozó ritkulását veszi számításba:

$$n_1 = 1 + \frac{289}{10^6 \cdot 2,720,136 \cdot h}$$

Ebben a h betű a magasságot jelenti km-ben.

Sokkal összetettebb lesz a törésmutató, mihelyt a nedvesség is belevesszük a képletbe:

$$n_2 = 1 + \frac{79}{10^6 \cdot T} p - e + \frac{4800 \cdot e}{T}$$

Itt a magasság helyett a p légnyomás szerepel (millibar egységekben), a T az abszolút hőmérséklet, az e pedig a légkörben levő vízpára nyomásának számértéke (szintén millibarban).

A fenti két képlet a troposzférára érvényes. Ebben a légréteg-

ben van annyi hőmérséklet- és nedvességváltozás, amennyi a hullámok terjedésébe beleszólhat. A sztratoszférában a rádiósok szempontjából jelentős változás ritka. Nagyobb magasságban nedvesség nincsen, csak a kb. 70—80 km magasan levő, hazánk felett ritkán jelentkező, éjszakai *világító felhők* tartalmaznak jégtükké fagyott vizet. Könnyen lehetséges, hogy ezek a felhők (vagy mesterségesen előidézett másuk) lesznek a jövő rádiózásának akadályai, amikor majd láthatatlan, cérnavékony fénynyalábok szállítják a mesterséges égitestek felé a közleményeket, a képeket és a parancsokat.

Az eddig említett két törésmutató a méteres és rövidebb hullámokra érvényes. Még összetettebb lenne, ha a frekvenciát is belevinnők.

Nyolcvan kilométernél magasabban a levegő ionozott volta, elektrontartalma a leglényegesebb tényező. A rádióhullámok számára az ionoszféra törésmutatója könnyebben írható négyzetes alakban:

$$n^2 = 1 - \frac{N \cdot e^2}{m \cdot f^2}$$

Láthatjuk, hogy ebben a kifejezésben a frekvencia (f) már igen lényeges tényező. Az N az elektronsűrűséget jelenti, az e egy elektron villamos töltése, az m pedig az elektron tömege.

Érdeemes ezt a képletet kissé figyelmesebben szemlélni, ez a pár tényező rejt magában az ionoszférával történő rádiózás titkát: ha a törtkifejezés valami okból nullává válik, akkor az n^2 (tehát az n is) egyenlő lesz eggyel. Márpedig, ha a törésmutató egy, ez annyit jelent, hogy a beeső sugár iránya azonos a megtört sugáréval, vagyis *nem történt törés*: a hullám minden változás nélkül haladt át az ionoszférán. Minden más esetben a törtnek valamekkora értéke lesz és ezzel kisebbíti az 1-et, de annál kevésbé, minél nagyobb a nevező, vagyis minél nagyobb a frekvencia. A szaporább frekvenciák tehát legfeljebb jelentéktelen törést szenvednek, míg a hosszabb hullámok feltétlenül visszaverődnek. Mivel az elektron töltése és tömege állandó értékek, csak az N , az ionoszféra elektron- és ionsűrűsége változik: ehhez kell tehát szabnunk a továbbítandó frekvencia értékét...

Mindjárt arra is fel kell hívnunk a figyelmet, hogy az elektronokkal *teli* légréteg a rádióhullámok számára *ritkább* közeget jelent. Amikor tehát a rádióhullámok elektronokkal teli légtérbe érnek, a merőlegestől törnek. Így érthető meg, hogy a magassággal mind jobban sűrűsödő ionoszféraréteg a rádióhullámot a talaj felé görbíti mindaddig, amíg a legsűrűbb részbe nem ért. Ha most innen is tovább halad és lefelé veszi irányát, az ionizáció szempont-

jából ugyan egyre ritkább térbe ér, de a ritkább ionsűrűség a rádióhullám számára „optikailag” sűrűbb közeget jelent. Ekkor a hullám tehát fordítva, a merőlegeshez törik, vagyis megint csak a talaj felé. Lenn, a sűrűbb levegőben már az n_1 , esetleg az n_2 törésmutatók érvényesek.

Ez a szerencsénk: így jut el hozzánk, olykor többszöri töréssel (a földről történő többszöri visszaverődéssel) a távoli rádióállomások gyengülő hulláma.

Nem részletezzük, csak megemlítjük azt a jelenséget, amely rádióhullámok irányváltozásából áll a talaj mentén: amikor pl. egy tengeren úszó hajóról indított hullám a partra ér. Ennek oka nem a tenger- és a szárazföld felett levő levegő esetleges hőmérsékleti különbségéből ered, hanem a talajok más és más vezetőképességéből.

2.4. A talaj hatásai

Néhány szót kell szólnunk a felületi hullámok számára oly fontos *talaj-vezetőképességről*. A vezetőképesség tulajdonképpen a fajlagos ellenállás reciproka. Hullámterjedési szakkönyvekben és nemzetközi értekezleteken σ -val jelölik és a cgs (centiméter-gramm-szekundum) egységét használják. Ebben az egységben kifejezve a sós tengervíz vezetőképessége 10^{-11} cgs egység, az édesvízé pedig már akkora, mint a szárazföldé: 10^{-14} cgs egység.

Hazai talajunk σ -ja hosszú szárazság után 10^{-15} -nek vehető, különben 10^{-14} -nek. Tartós őszi esőzés után $10^{-13,5}$ -nek is. A kitevőkben feltüntetett tizedesszám is jelentékeny különbséget mutat fel a terjedésben. Éppen ezért a legutóbbi nemzetközi rádiós értekezleten a hullámterjedési táblázatok már a vezetőképesség —11, —12,5, —13, —13,5 és —14-es hatványaival is szerepelnek.

Lényeges hatással van még a felületi hullámok terjedésére a talaj *dielektromos tényezője* (ϵ). Tengervíz vagy édesvíz esetében az ϵ értéke 80, sokkal nehezebb a megállapítása a szárazföldi talajoknál, mert függ a talaj minőségén, a talajvíz magasságán kívül a növényzettől is. Szárazföld esetében az ϵ -t általában 4—5-nek veszik. Az 1959-es nemzetközi rádiós értekezlet szerint legjobb a 4-es érték, de a szárazföldi értékek pontos felvétele annyira nehézkes, hogy nem tartják fontosnak a mérését.

2.5 Polarizáció

Említést kell tennünk még a rádióhullámok ismeretes *polarizációs síkjáról* is, melyet az adóantenna alakít ki. Fontos tudnunk, hogy a légrétegek, különösen az ionosféra megváltoztatja a polari-

záció síkját. Az ionoszféra, akár egyik pillanatról a másikra 180 fokban változást is okozhat. Különösen a dekaméteres hullámoknál sűrű a változás, ezért nincs sok értelme ezeken a hullámokon az irányított (pl. ferritantennás) vételnek vagy különösen iránymeghatározásnak. Ezért nem lehet pl. keretantennával biztos irányt megállapítani akkor, ha az ionoszférából, vagy onnan is érkezik bele rádióhullám (még sokszor 500 kHz alatt sem). A keretantennával ugyanis a vízszintes irányban polarizált hullámok vétele esetén lehet kimutatni térerősség-minimumot. Ha ugyanekkor függőleges síkú polarizációval is érkezik a keretbe rádióhullám (az ionoszférán át), a minimum akár teljesen el is tűnhet.

Különösen erős a polarizációs sík változtatása az ionoszférában akkor, amikor viszonylagos nyugalma után hirtelen ionizáció következik benne, vagy ennek ellenkezője, az újraegyesülés lesz úrrá. Ez az eset napkeltekor rövid, napnyugtakor hosszabb ideig szokott tartani. Ilyenkor a hajók és repülőgépek irányítása komoly nehézséget jelenthet.

2.6. Abszorpció

Az *abszorpció* vagy magyarul *elnyelés* a közeg másik fontos hatása a rádióhullámra.

Mielőtt azonban az abszorpcióról beszélnénk, ne felejtsük, hogy a rádióhullámok energiája a távolsággal abszorpció nélkül is folyton csökken, a térerősség mind kisebb és kisebb lesz, még akkor is, ha szorosabbra nyaláboljuk őket, de még inkább, ha körsugárzó antennából indítjuk. Ennek oka egyszerűen abban keresendő, hogy a mindenképpen széttartó hullámokból annál kevesebb jut ugyanakkora felületre, minél távolabb van ez a felület az adóantennától.

Ha az adóantenna minden irányban sugároz, az „ideális” térerősséget így fejezhetjük ki:

$$\text{térerősség} = \frac{0.3\sqrt{N}}{r}$$

Ebben az összefüggésben az N az adóállomás teljesítménye kilowattokban az r pedig a távolság km-ben. Ez a képlet csak arra való, hogy lássuk: ha elképzelhetnénk *valóban üres* teret, akkor a rádióhullám térerőssége adott helyen csupán az adóállomás teljesítményétől és a távolságtól függene. Ezt az értéket sohasem kaphatjuk meg, mert minden esetben csökkenti az *abszorpció*.

(A térerősség alatt *elvileg* az egy méter hosszú vezetőben indu-

kált feszültséget értjük V -ban kifejezve, ezért írjuk így: V/m . Általában azonban törtrészeit használjuk a tízes negatív hatványaival kifejezve, de sokszor mV/m -nek, azaz millivolt/méternek, illetve $\mu V/m$ -nek, azaz mikrovolt/méternek, írjuk).

Az abszorpció jelölése általában ρ , a mértékét rendszerint dB -ben (decibelben) adják meg, az így kapott mértékszámot az egy $\mu V/m$ felett nyert, szintén dB -ben megadott térerősség mértékszámából levonják.

Külön kell beszélnünk a légkör elnyeléséről és külön a légkörben levő ionoszféra abszorpciójáról.

2.6.1. A légkör elnyelése

A légkör gázai miatt bekövetkező elnyelést legjobban hasonlíthatjuk a fény elnyeléséhez, amelynek mindennap tanúi vagyunk: reggel és estefelé, amikor a napfény vastagabb légrétegen keresztül érkezik hozzánk, jóval csekélyebb a fényerő, mint napközben. Legjobban a fotoamatőrök ismerik ezt a jelenséget. Hasonló a helyzet a rádióhullámokkal is, azokat azonban a légkör nem nyeli el oly nagy mértékben, mint a fényt.

Az elnyeléshez nem is kis mértékben járul hozzá az alsó légkörben is található villamos *tértöltés*. Ezalatt azt kell értenünk, hogy pl. a talaj közelében köbcéntiméterenként olykor több ezer ion és elektron is található. A *tértöltés* természetesen nappal nagyobb, mint éjszaka, mert a Nap ultraibolya sugarai a talaj közelébe is lejutnak és itt is ionizálnak. Éjszakára a talajmenti levegő sűrű volta, tehát az újraegyesülés könnyű lehetősége miatt a *tértöltés* kisebb mértékű lesz. Ilyenkor csupán a mindig jelenlevő radioaktív anyagok ionizálnak.

(*Ionizáció* az a folyamat, amelyben külső hatásra egy elektron kiválik valamely atom kötelékéből, az elektronját vesztett atom lesz az ion. Újraegyesülés, rekombináció alkalmával egy elektron és egy ion úgy találkozik, hogy az elektron beugrik az ion hiányzó elektronja helyébe és így az atom kifelé ismét semleges lesz.)

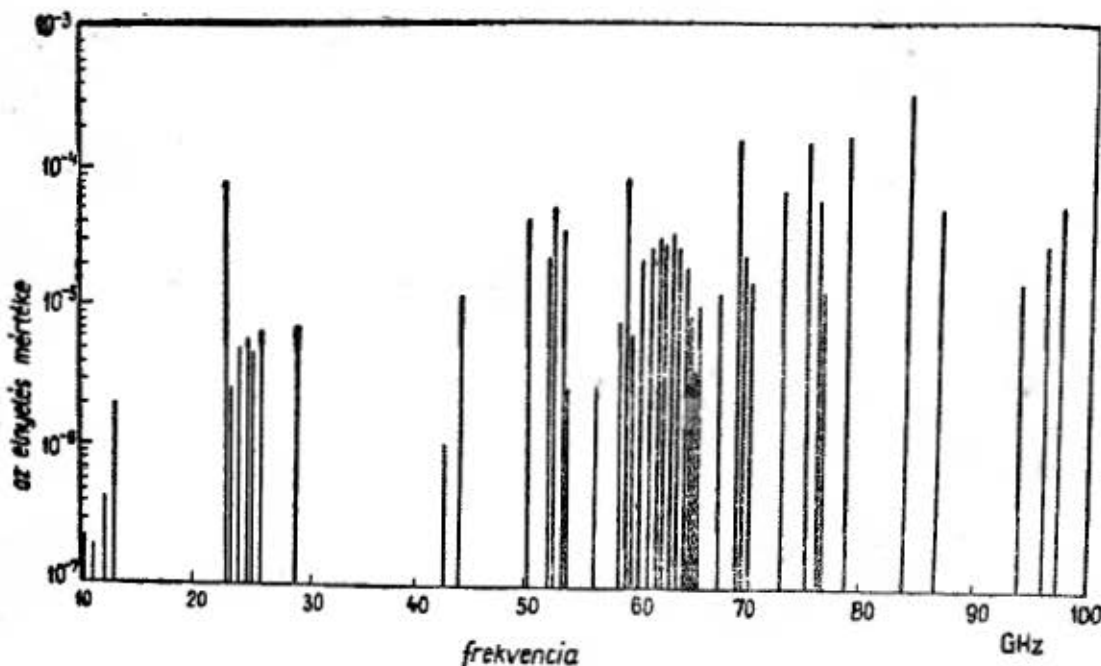
A troposzféra *tértöltésének* abszorpciós hatása hasonló az ionoszféra elnyeléséhez, erről később lesz szó. A légkör alsó rétegeinek elnyelését elsősorban a felületi hullámoknál vesszük számításba. Amennyiben a térerősségre vagyunk kíváncsiak és azt képletek segítségével akarjuk megállapítani, úgy különböző tényezőket használunk, melyek csökkentik az ideális térerősségre vonatkozó értékeket. Sokféle ilyen tényezőt ismerünk, bővebben azonban nem érdemes foglalkozni velük, mert a felületi hullámok térerősségének

tervezésénél inkább grafikonokat használnak és ezek görbéi már magukba foglalják a talaj hatásain kívül a légkör mérések és tapasztalatok szerinti abszorpciós tényezőit is.

Kissé más a helyzet a centi- és a milliméteres hullámok birodalmában. Ezek a hullámhosszak már összemérhetők a légkörben levő szennyeződéssel, sőt olykor a légkör alkotó anyagaival is. Ebből nemcsak az a lehetőség következik, hogy ezek a hullámok visszaverődnek a kisebb-nagyobb testecskekről (esőcseppekről, jégtűkről stb.), hanem — különösen nagyobb rezgésszámok esetében — a légkör gázai el is nyelnek bizonyos frekvenciákat. Megfontolandó tehát, hogy akár radarszolgálatra, akár parancsközvetítés céljaira, vagy éppen a rakéták, mesterséges égitestek irányítására stb. mekkora frekvenciát használunk fel: nem nyeli-e el éppen azt a frekvenciát a légkör valamely gáza... Némi fogalmat nyújt az abszorpció e fajtájának fontosságáról az 5. ábra.

2.6.2. Az ionoszféra abszorpciója

Ha a rádióhullám útja közben hirtelen „megállana”, csupán azt vennénk észre, hogy azon a helyen valamekkora erősségű elektromos és mágneses tér van jelen. Nem felejtettük még el régi tanul-



5. ábra

A 10—100 GHz közé eső hullámok egyes keskeny sávjait a légkör bizonyos gázai elnyelik. A szóbaeső frekvenciákat és az elnyelés viszonylagos értékeit látjuk az ábrán

mányainkból, hogy amennyiben egy elektromos térbe elektront helyezünk, az a tér irányában elmozdul. A rádióhullám elektromos tere is elmozdítaná az elektront, ha belehelyeznénk. Mivel az elektron tömege végtelenül kicsiny, nincs is szüksége időre (mint pl. a tehervonatnak), hogy előírt sebességét elérje.

Az ionoszférában van elég elektron (és ion) és az oda feljutott rádióhullám elektromos tere el is mozdtítja az ott levő elektronokat és ionokat. Amint a hullám halad, elektromos terének előjele, illetve iránya is változik: az elektronok pedig minden változásnak megfelelően egy-egy elmozdulást végeznek. Az egy MHz-es rádiófrekvencia elektromos tere — mint tudjuk — másodpercenként két milliószor váltja irányát az ionoszféra valamely elért pontján. Ennek megfelelően az ott levő elektronok hűségesen, szintén ugyanennyiszor táncolnak ide-oda a térben, pontosan a hullám elektromos terének parancsa szerint.

Gondoljunk most arra, hogyan keletkezett az a rádióhullám, amelyet az ionoszférába küldtünk? Az adóantennában rengeteg elektron mozgott a frekvenciának megfelelően fel- és le, ezeknek, mint mozgó töltésnek elektromos terük keletkezett, ez lett a rádióhullám...

Vajon, itt az ionoszférában nem ugyanaz a helyzet? Elektronok tömege mozog, mert a rádióhullám elektromos tere mozgatja őket. Az eredmény most is ugyanaz: rádióhullám, most azonban *másodlagos rádióhullám* a neve.

Bizonyos körülmények között ez a másodlagos rádióhullám jut vissza a talajra, igazság szerint ez a „visszaverődött hullám”.

Csakhogy — odafenn az ionoszférában — nemcsak elektronok és ionok vannak, amelyek egymással párhuzamosan táncolnak a feljutott hullám ütemére, hanem semleges részecskék is, ezeket a rádióhullám azonban nem tudja megmozgatni. Az elektronok és ionok tehát mozgásuk közben nekiütköznek a nem táncoló, semleges atomoknak. Sok elektron így nem tudja befejezni a „tánclépést” és máris visszaindulhat. Számos ütközés lesz ezért, meg azért is, mert mind a semleges, mind a töltött részecskék (vagyis elektronok és ionok) minden alulról jövő hatás nélkül is mozgást végeznek: hőmozgásuk is van.

Nyilvánvaló, minél több a semleges részecske, az elektronokhoz képest, annál több lehetőség nyílik az ütközésre, annál több energia vész el az ütközések miatt. (Hő lesz belőle.)

A másodlagos rádióhullámoknak az elektronok és ionok *semleges* testecskébe történő ütközése miatt elszenvedett *veszteségét* nevezzük röviden az *ionoszféra abszorpciójának*.

Minél szaporább valamely rádióhullám frekvenciája, vagyis minél rövidebb a hullámhossza, annál rövidebb úthosszat kell megténnie odafenn a gerjesztett elektronoknak, így annál kevesebb alkalomuk van, ugyanolyan körülmények között az ütközésre.

Az abszorpció számítása már a fentiek miatt se lehet egyszerű dolog, de ha még hozzávesszük, hogy a Föld mágneses tere az ionoszféra magasságában igen erősen uralkodik és a mozgó elektronoknak ezt a mágneses teret is figyelembe kell venniük, akkor olyan fizikai képleteket írhatnánk fel erre a jelenségre, amilyent a szakkönyvek általában folytatólagos sorokban közölnek. Ehelyett inkább csak annyit továbbítunk, hogy a másodlagos hullám mindig „kettéhasad”. Az egyik hullámot az elektronok, a másikat az ionok keltik. Az egészek az az oka, hogy az elektronok más irányban mozdulnak meg a feljutó rádióhullám hatására, mint az ionok. Ezt a kettéhasadást az ionoszféráról visszavert rádióhullám vételekor mindig tapasztalhatnánk, ha megfelelő vevőkészülékkel vennénk és oszcilloszkópon szemlélnénk a visszavert jeleket. Egyébként nem vehetünk róla tudomást.

Az abszorpció mértékét az ionoszférából jövő hullámok esetén is dB-ben adják meg, a jelölése szintén q .

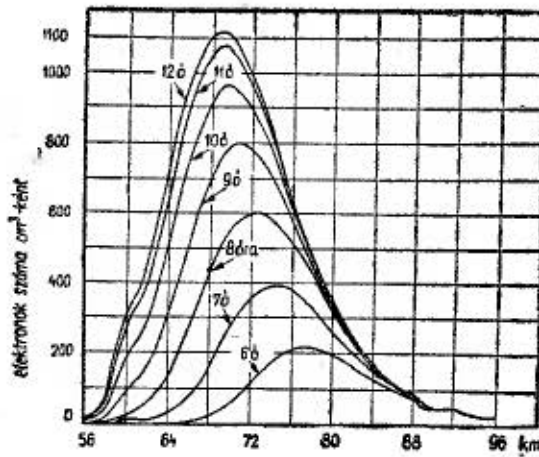
Külföldön nagyarányú kutatás folyik az ionoszféra abszorpciójának különböző időszakokhoz és helyekhez tartozó meghatározására. Így tudjuk már, hogy az abszorpció mértéke változik a naptevékenységgel, a nap folyamán pedig a Nap zenittől számított szögével. Nem hanyagolható el azonban a földmágnesség hatása sem. Mérték pl. az 5 MHz-es rádióhullám abszorpcióját egy éven át 1955-ben. Az eredmények szerint nyáron 27,4 dB, télen pedig 19,5 dB volt a térerősség csökkenése (délben).

Mivel nyilvánvaló, hogy az elnyelés legnagyobb részét az ionoszféra D-rétegében keletkezik, az abszorpció napi menetét legjobban a D-réteg magassági és főleg sűrűségi alakulása jellemzi. Ezt mutatja be a 6. ábra.

Az abszorpció igen fontos a hekto- és dekaméteres hullámsávban, ezért 1949—1952 között sok mérést végeztek a 2—4 MHz-es sávban. Az eredményt a q logaritmusával kifejezve a következő képlet adja:

$$-\log q = C + B (f + f_L)$$

ahol a mínusz annyit jelent, hogy a térerősségcsökkenésről van szó, a C változó tag, mely a Nap zenittől számított szögétől függ, de a naptevékenységtől nem, a B csupán a naptevékenységtől függő tényező. Az f a felhasznált frekvencia, az f_L pedig a helynek megfelelő „giro-frekvencia”, melyet legegyszerűbben annak a frekvenciá-



6. ábra

A D-réteg átlagos magasság- és sűrűségváltozása a nap folyamán (50 fok északi szélességen)

nak képzeljük el, amely az ionoszférában a mágneses hatás miatt teljesen elnyelődik (mi felettünk ez a frekvencia általában 1,3—1,4 MHz körül van, ezzel a frekvenciával nem is érdemes rádiózni).

2.6.3. Auróra abszorpció

Külön meg kell emlékeznünk az ún. *auróra abszorpció*ról. (Auróra = sarki fény). A Föld sarkain futnak be a légkörbe a Napból jövő töltött részecskék és annyira összegyűlnek felette, hogy az egész sarkvidék „tetejét” (úgy 100 km magasságtól kezdve felfelé, néha 500—1000 km-ig) ellepik. Ezért a sarkok felett nagyobb az abszorpció, mint bárhol másutt. Különösen akkor növekszik meg az elnyelés, ha sarki fény is lángol a hósvatagok felett. Minden rádióhullám, amely úgy jön át a sarkok felett, hogy közben *érinti*, vagy még inkább, ha *beleütkezik* az ott éjjel-nappal működő ionizált légrétegbe, igen erős abszorpciót szenved.

Ne feledjük a nukleáris robbantások okozta abszorpciót sem. Minél magasabban robbant a szerkezet, annál nagyobb mértékben jut el a sok testecske a felső légkörbe és ugyanúgy, mint a Napból érkező korpuzkulák a sarkok felett, ezek is abszorpciót okoznak. Hatásuk azonban sokkal rövidebb és jelentéktelenebb. Az 1958. évi Csendes-Óceán feletti robbantás után több ezer km távolságban, Ausztráliában, még a következő néhány napon is mutattak ki abszorpciót, műszerek segítségével.

3. A RÁDIÓHULLÁMOK TERJEDÉSÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK ÉS A TÉR, AMELYBEN TERJEDNEK

A rádióhullámok, amelyeket az ember keltett, többször megjárták már a 300 millió kilométeres utat, mert a *Napról már több ízben kaptak radar-visszhangot*. A mesterséges égitestekkel létesített rádióösszeköttetés már valószínűleg túl lesz a 100 millió kilométeren, mikorra e sorok megjelennek. Ám mindez nemcsak a rádiótechnika sorozatos győzelmét jelenti, az adás-, az irányítás- és a vételtechnika nagy eredményeit, hanem a hullámterjedésbeli ismereteink rendkívüli tökéletesedését is. Csak a mesterséges égitesteknek köszönhetjük, hogy az ionoszférából vagy a bolygóközi térségből ember keltette rádióhullámok, modulált jelek érkezhettek a földfelszínre.

Nyilvánvaló tehát az is, hogy meg kell ismerkednünk a rádióhullámokat legjobban befolyásoló kozmikus tényezőkkel, és legjobb lesz, ha eközben áthaladunk azon a téren is, amelyet a rádióhullámokkal már meghódítottunk. Kezdjük a Napon és a bolygóközi téren átjövét végezzük az ismerkedést a Földdel.

3.1. A Nap

A Nap sugárzó tevékenysége a legfőbb oka a rádióhullámok terjedésében beálló szabályos és szabálytalan változásoknak.

A Nap izzásban levő, folyékony és gáznemű anyagokból álló, óriási gömb. Csak közepes átmérőjéről beszélhetünk, mely 1 380 800 km-re becsülhető. A Földtől számított távolsága 149,5 millió km, melyet a fény 8 perc és 19 másodperc alatt tesz meg. Izzó felületének hőmérséklete kb. 6000—7000 fok, belsejében azonban 20 millió fokos meleg is lehetséges.

A Nap is forog saját tengelye körül, a Földről nézve balról jobb felé. Egy körülfordulás ideje nem könnyen állapítható meg (hiszen folyékony és gáznemű az anyaga, a rajta esetleg észrevehető jelenségek, pl. a foltok, maguk is változtatják helyüket...). Sok mérés eredményéből arra kell következtetnünk, hogy kereken 27 nap alatt végez egy forgást. Számunkra ez azért érdekes, mert egyes esetekben *27 napos periódust* visz a rádiós eseményekbe.

A Nap felületének világító és jól látható felső rétegét *fotoszférának* nevezzük. Finom szerkezete vizsgálatakor olyan kép tárul elénk, mintha fehérre felizzó, felvillanó rizsszemecskék villognának kissé sötétebb háttérben. Ezt a felületet nevezik *granulációnak*,

A teljes napfogyatkozás pillanatában vehető észre, hogy a Napot igen vékony, rózsaszínűnek látszó, legfeljebb néhány ezer km vastag fénysáv övezi. Külső széle egyenetlen, mintha óriási erdőégés lángnyelvei táncolnának a Nap szélén. Ezt a réteget *kromoszféra*nak nevezzük.

A Nap éles kerületénél tapasztalható erős fényesség rendkívül gyorsan csökken a távolsággal, de csak 1,2—1,8 napsugárnyi messzeségben szűnik meg. Ezt, a Napot körülvevő, fényes öveget, melyet tulajdonképpen szintén csak napfogyatkozás alkalmával láthatunk, *korona*nak nevezzük. Anyagát nyilván a Napból kiáramló gázok okozzák, melyek hőmérséklete egyes helyeken a millió fokot is elérheti! A korona alakja nem kör, változik az időben és a változások nagyjában kb. 11 éves periódust mutatnak.

A napkorona több olyan sugárzás forrása, amely az ionoszférára is hat, elsősorban a magasabb rétegekre, és több olyan elektromágneses hullám (zörej) keletkezik benne, amelyet már rádióvevőkészülékkel foghatunk fel.

3.1.1. Napfoltok

A fotoszférában található az ún. *napfoltok*, melyeknek száma és kiterjedése sokszor napról-napra változik. Nem ritka az akkora területű napfolt, amekkorába a Föld „minden erőltetés nélkül” beleférne, egy-egy nagyobb foltcsoport hossza pedig kitesz 200 ezer km-t is. Hőmérsékletük több száz, esetleg ezer fokkal is alacsonyabb a fotoszféráénál, melyben keletkeztek, éppen ezért látszatnak környezetüknél sötétebbeknek, ezért lett *folt* a nevük.

A napfoltokban a Nap izzó, folyékony és gáznemű anyaga erős, viharos szelek, örvények alakjában kavarog. Eközben a folt helyén a mágneses tér is nagy mértékben változik és az erővonalak, sokszor nagy távolságra is (pl. egyesek szerint a Földig is!), merőlegesen nyúlnak ki belőlük.

A napfoltok élettartama különböző. A statisztika szerint pl. 25 nagy napfoltból 11 csak egy, 9 kettő és 5 három fordulatnyi ideig tart. Az élettartam függ még a Napon történő elhelyezkedéstől is: annál hosszabb a folt élete, minél közelebb helyezkedett el a Nap egyenlítőjéhez.

A napfoltok keletkezése, fejlődése és elmúlása sokszor szemünk előtt zajlik le, a fejlődés fokozatai jól megkülönböztethetők. Ha tehát egy észrevett napfoltot besorolhatunk a fejlődési fokozatok valamelyikébe, úgy nagyjából előző és jövőző élettartamát is megbecsülhetjük. Ismervén a Nap forgási idejét, arra is következtethetünk, hogy mikor lesz a napfolt hatással a földi légkörre? — Ezen

a következtetési eljárás alapján az ún. *rövidlejáratú ionosféra-előrejelzések*.

A napfoltok jelentőségét felismerve egy Wolf nevű napfizikus, még 1848-ban kigondolta az ún. *napfolt-relatívszámot* (röviden: *napfoltszámot*), melyet *R*-rel jelölt. (Az *R* helyett, pl. a Szovjetunióban sokan *W*-t írnak, éppen Wolf tiszteletére). Ezt a számot a következő adatokból nyerjük:

$$R = K (10 \cdot g + f)$$

ahol *g* a foltcsoportok, *f* az egyes foltok számát jelöli, *K* pedig az az együttható, amelynek segítségével a különböző távcsövekkel felvett adatokat összehasonlíthatóvá teszik.

A napfoltszámok havi középértékeit visszamenőleg is összeállították 1749-ig. Megtalálhatjuk őket a Nappal foglalkozó csillagászati, sőt a hullámterjedésről szóló szakkönyvekben is. Az összeállítások azt mutatják, hogy a napfoltok számának változása bizonyos szabályosságot mutat. Azt az időtartamot, amely két-két napfoltszám-maximum között telik el, *napfoltperiódusnak* nevezzük. Ha hosszú időszak képe áll előttünk, ezeket a periódusokat eléggé változó időtartamúaknak látjuk. Így pl. 1750-től kezdve, napjainkig 7,3 évtől 17,1 évig tartó periódusokat is találunk. Az általában hangoztatott 11 éves periódushossz csupán jó középérték.

A rádióhullámok terjedése szempontjából érdekesek a *napfolt-maximumok*, de talán még jobban a *minimumok* alakulásai. Az egyik legnagyobb mértékű maximumot nemrégén, 1958-ban éltük át, akkor a napfoltszámok egyes napokon a 200-at is meghaladták.

A következő maximumot 1968-ra várják, ebben a legnagyobb napfoltszámot már csak 110—160-ra jelzik. Ha ezt a következtetést elfogadjuk, akkor az 1964—74-es időszakban *legfeljebb* olyan hullámterjedési viszonyokat várhatunk, mint amilyenek 1934—44 között voltak.

Az eddigi (a szovjet IZMIRAN szerinti) előrejelzések, melyek 1963-ra szólnak, az átlagos havi napfoltszámot az 1963. év végére már *20 alatti*-nak várják. Miután a minimum 1964—65-re várható, az 1963—66-os években az igen alacsony (valószínűleg 10 alá is kerülő) napfoltszámok miatt, különösen a *távolsági rádióforgalom nagy gondokat fog okozni!* Ez a kozmikus hatás nagy mértékben előreviszi majd a mesterséges égitestekkel végrehajtandó rádióforgalmat!

3.1.2. Naptevékenység

Tulajdonképpen nem is annyira a napfoltok, mint inkább a környezetükben fellépő *más jelenségek* hatnak hullámterjedési szempontból is a bolygóközi térségre és a Föld légkörére. Ezek a „más” jelenségek a legfőbb okai az ionoszféra változásainak. Szerencsére erős összefüggést mutatnak a foltokkal. Azért „szerencsére”, mert *számszerűen* még manapság is csak a napfoltok „foghatók meg”. Így maradtak a napfoltok továbbra is a távolsági rádióforgalom *legértékesebb* mutatószámai.

Ilyen másféle jelenségek pl. a *napfáklyák*, amelyeknek különleges sugárzása szintén hat a Föld légkörére. A fáklyák a napfoltok szűk környezetében lépnek fel, de előfordulnak foltok nélkül is. Azaz a területtel jellemzik őket, amelyet a Nap felületén beborítanak. Élettartamuk általában háromszor hosszabb, mint a hozzájuk tartozó napfoltcsoportoké. Bár csak az utolsó évszázadban figyelték őket, mégis kimutatható volt területük változásában már négy, kb. 11 éves periódus.

Amikor a nagy területeket beborító fáklyák fényében rövidebb ideig tartó, és a környezetüknél sokkal világosabban, fehérebben felvillanó, nagyobb pontokat veszünk észre: *kromoszférikus kitörés* történt. Ez alatt nem anyag kilövellését értjük, hanem csupán a fáklyák *megfényesedését*, vagyis egy olyan jelenséget értünk, amelyben a most kibocsátott fény hullámhossza az előzőhöz képest *megrövidül*. Ezt a jelenséget lassan már nemzetközileg is az angol *flare* (flér) szóval jelzik.

Az a legnagyobb terület, amelyet a flarek a Napon elfoglalnak, legfeljebb a napkorong ezermilliomod része, de erről a területről mégis akkora mennyiségű, erősségű sugárzást küldhetnek az ionoszférába, mint amennyi különben az *egész napkorongról* érkezik (ugyanannyi idő alatt). A kromoszférikus kitörések (maximálisan egy óra hosszát tartó életük alatt) tehát azonnal (fényről van szó!) és igen nagy hatással vannak az ionoszférára. A kitörések időpontjának előrejelzése nem lehetséges, de a Föld nyugatról keletre történő forgása miatt egy a napsütötte oldalon *már megkezdődött hatásról* lehet időben értesüléseket szerezni.

Ha a Napot bizonyos, vörös színt átengedő szűrővel vizsgáljuk, a felületén hosszú, sötét, görbe csíkokat láthatunk: ezek az ún. *protuberanciák*. Szűrő nélkül legfeljebb a Nap szélén vehetjük észre őket. Gyakoriságuk szintén kb. 11 éves periódust mutat, a foltokéval párhuzamosan. Fontos körülmény azonban, területük a maximumban csak négyszer akkora, mint a minimumban. Ha a protuberan-

ciákat a Nap szélén nézzük, valóban *kitöréseket* látunk, melyek élettartama több nap is lehet.

Ha a protuberanciák elvékonyodnak, elsekélyesednek, élettartamuk akár egy évre is növekedhet. Ilyenkor már *filament* a nevük és átlagos adataik szerint 10 ezer km szélesek, akár 50 ezer km magasak is lehetnek, hosszuk pedig 200 ezer km-re rúghat.

A protuberanciákat azért tartják igen érdekeseknek a rádióhullámok szempontjából, mert sokszor segítségével áramlanak, vagy robbannak ki a korpuszkulák (gázzá vált anyagok atomjai) a Nap belsejéből, hogy aztán a bolygóközi térben vagy a Föld közelében új közeget jelentsenek a hullámok számára.

Egyes esetekben a kirobbant és messze távozó részecskék mennyisége olyan óriási felhőt alkot, hogy a Föld, miközben 30 m/mp sebességével kering a Nap körül, *napokig* tartózkodhatik benne. A részecskék viharfelhőként áramlanak a bolygók között, így kerül beléjük a Föld is, légkörével együtt, így okoznak a korpuszkulák geofizikai jelenségeket, többek között pl. ionoszféra viharokat.

A Napon található foltok, fáklyák, protuberanciák különböző hatású sugárzása és ennek a sugárzásnak hosszabb időtartamú és rövidebb idő alatt bekövetkező sokszor nagy mértékű változása *együttesen* jelenti a *naptevékenységet*.

Helyesebb így nevezni, mint „napfolttevékenység”-nek, mert — amint olvastuk — nem a foltok viszik a főszerepet, csupán ők figyelhetők meg a legegyszerűbb eszközökkel és jellemezhetők a legegyszerűbben számokkal.

A naptevékenység a hekto- és dekaméteres, továbbá közvetve a méteres hullámok terjedésébe az ionoszféra és az időjárás megváltoztatása révén szól bele. *Szava döntő:* az a rádiós, aki nem ismeri a naptevékenység jellemző adatait, hatásukat az ionoszférára, csak annyira alkalmas rádióállomások felsőbb irányítására, hullámterjedési tervek készítésére, mint a vak ember — a gépkocsi vezetésére ...

3.2. Bolygóközi térség

Ma még bizony dicsekvésnek hangzik, ha ezt a kifejezést, *bolygóközi térség* úgy használjuk, mintha egy *megismert* térről beszélünk. A kifejezés maga azt jelenti, hogy a naprendszerben levő bolygók közötti térről beszélünk. Lássuk csak, mekkora ez a mi naprendszerünk? — A legkülsőbb bolygó, a Plutó kereken 5900 ezer km-re van a Naptól és ez utóbbi fénye 5 és fél óra alatt ér el hozzá, alaposan meggyengülve. De ez a távolság még nem a naprendsze-

rünk határa! *Mai ismereteink szerint* egy óriási gömbhéj-szerű felhőt, talán üstökösfelhőt kell a naprendszer határának tekintenünk. A szomszédos csillagok (és bolygók) hatásai következtében ebből a gömbhéjből kerülhetnek be újabb és újabb üstökösök a naprendszerbe, itt elsősorban a Nap, majd az egyes bolygók vonzóereje keríti hatalmába őket, végül is széttöredeznek, szétporladnak, kis bolygókká, porrá válnak vagy pedig mint *meteorok* örvendeztetik meg az ügyes földi amatőröket...

Ez a bizonyos, a naprendszert gömbalakban körülvevő, „üstökös”-gömbhéj legalább *egy-másfél fényévnnyi távolságra* van a Naptól!

Maradjunk tehát szerényebb keretek között, és gondoljunk csak egy jóval kisebb, mondjuk egy „belső” bolygóközi térre. Szélső bolygója legyen egyelőre a Mars (amelynek éppen most folyik az ostroma) vagy mondjuk a Jupiter, amelyről néha zörejek érkeznek hozzánk. Ezen a térségen belül már van „rádiós tapasztalatunk” radarral vagy más rádió-adó-vevőkészülékkel. Így tudjuk pl., hogy a Napra irányított radarok frekvenciája legtöbbször 30 MHz körüli volt. Olykor szinte jelentéktelen teljesítményt használtak fel (pl. 40 kW-ot, impulzuscsúcsban) a visszaverődés elérésére. Ilyenkor természetesen az antenna sok hektárnyi területre terjedt ki és maga a Föld irányította a Nap felé (vagyis egy lapos hegyoldalra építették ki az antennarendszert és ez a nappal egy bizonyos rövid szakaszában felületével merőlegesen éppen a Nap felé mutatott). Sok hónapig tart rendszerint ilyen kísérlet és a legtöbb esetben sikerül. Igaz ugyan, hogy a Nap messze van, de az is igaz, hogy az átmérője több, mint egy millió km. A hullámhossz kellő megválogatásával még azt is elérték, hogy vagy a koronáról vagy fotoszféráról verődjék vissza a radarhullám. A fotoszféráról természetesen a deciméteres hullámok is visszaverődnek, ilyen kísérleteket is végeztek (bolygókkal is), de ekkor már *milliárd wattos* volt a radar kimenőteli teljesítménye (csúcsban).

A Napra, valamint az egyes bolygókra irányított radarhullámok azt mutatták, hogy a közbeeső térben, tehát a bolygóközi térségben szintén találkoznak olyan anyaggal, mint pl. a Nap koronája, vagy valami más, magas hőmérsékletű, gáznemű anyaggal. Ezek a gázfelhők, melyeknek óriási térfogatuk lehet, minden valószínűség szerint a Napból kerültek ki és sokszor, mint többszörösen ionizált, tehát villamos töltéssel bíró gázatomokból és elektronokból álló felhők szerepelnek. Ezeket a „plazma”-szerű képződményeket, felhőket, elegendő sűrűségük esetén, megfelelő frekvenciával rendelkező radar már regisztrálja.

Igen fontos körülmény ezeknek a plazmafelhőknek a jelenléte a jövő űrhajósai számára. Ha ugyanis elképzeljük, hogy az űrmunkások egy űrállomás összeállításán dolgoznak, valahol a Föld és Hold között, feltétlenül szükséges, hogy radarkészülékkel felszerelt figyelők a tér minden irányát fürkésszék, még hozzá millió km-es távolságokra. A gáz- és plazmafelhők ugyanis bárhonnán közeledhetnek, esetleg nagy sebességgel (pl. akár a fénysebesség tizedrészével is!) és, ha elég nagy a sebességük, szitává löhetik az űrruhás embereket (vagy inkább úgy mondhatjuk, hogy halálos röntgen-dózsist adnak nekik). Sürgősen menekülniök kell tehát a biztonságot nyújtó mesterséges égitestre. Bennünket, itt a Földön a légkör véd meg ettől a halálos veszélytől. Fontos azonban e felhők ismerete a rádiós összeköttetések miatt is, hiszen lehet a plazmafelhőben olyan sűrű részlet is, amely még a centiméteres hullámok útját is elvágja.

Igaz ugyan, hogy az ilyen felhőzet elsősorban a Napból indul, de kavaroghat a bolygók között olyan felhőzet is, amely talán évmilliókkal ezelőtt került ki belőle. A sok ezer, sőt a legnevesebb tudósok szerint több százezer fokos gázfelhőzet töltött részecskéi miatt *elektromos és mágneses térrel* is bír. Eszerint a Napnak és bolygóknak nemcsak a nehézségi-, a tömegvonzó ereje, hanem az elektromos és mágneses tere is hatással van a felhőkre. Egy-egy ilyen plazma-felhő útja és sebessége tehát kiszámíthatatlan. A bolygóközi térség eszerint telve van ilyen gáz- és plazmafelhőkkel, melyek sűrűsége igen nagy is lehet, de az 50–80 ezer km-re keringő mesterséges égitestek, továbbá a holdkísérletre szánt rakéták tanúsága szerint a legkisebb térsűrűség cm^2 -ként legalább 3–4 korpuszkula (ennyi csapódik ekkora felületre mp-enként).

3.3. A Hold

Sem időnk, sem helyünk nincsen arra, hogy a bolygóközi térség vezéralakjait, a bolygókat is szemügyre vegyük. A közelebbiek már radarhullámok pergőtüzét verik vissza és mesterséges égitestek kutatják tulajdonságaikat, saját maguk pedig zörejeket bocsátanak felénk. Érdekes pl. a távoli Jupiter, amelynek északi és déli sarkáról 60–90 cm-es hullámú zörejek szóródnak széjjel. Úgy vélik, hogy a sarkain igen erős, az 1200 gauszt is elérő mágneses térerősségnek kell lennie. Egyébként az a vélemény róla, hogy magát a bolygót megfagyott hidrogén takarja.

A Hold a legközelebbi természetes égitest, erről már érdekesebb írni, hiszen az amatőrök már nemcsak kacérkodnak teli képé-

vel, hanem visszhangot is tudtak kicsalni belőle. Közepes távolsága a Földtől (elliptikus pályán kering) 384 000 km, átmérője 3476 km. Mindig ugyanazt az oldalát mutatja felénk, 27 és egy negyed napos körülfordulási ideje alatt tehát éppen egyszer fordul meg saját tengelye körül. E keringése közben sebessége 1 km/mp. Nyugatról kelet felé halad. Nagyon kevés gáz borítja, sűrűsége csekélyebb, mint a mi légkörünk 100 km-es magasságban.

A rádiósok szempontjából nem közömbös felülete, melyet a meteorok a gázburok védelme nélkül állandóan bombáznak és — bár ehhez évmilliók százai kellene — minden valószínűség szerint tele van törmelékkel, porral. Legalább is a néhány évtizede végzett (méteres és centiméteres hullámokkal megkísérlett) radarműveletek eredményei is erre mutattak. Azóta már a megfigyelt rakétabecsapódás ezt az eredményt megerősítette. A felülete nagy részét tehát por fedi. Nagy (pl. 8000 méteres) hegyei vannak, mélyen ülő „tengerei” (kráteryszerű mélyedésben sík terület), a legnagyobb átmérője 1000 km. Van rajta még rengeteg éles törés, szakadás (a régi vulkanikus tevékenység eredményei), és nincs vize, hogy elsímítsa, elgyengesse érdekességeit.

A Holdról visszaverődő rádiójel mindig *zajszerű*. Ennek okát abban kereshetjük, hogy a Hold is mozog (a föld körüli keringésén kívül van még egy mozgása: a Föld felé néző képét kissé ide-oda mozgatja, reszket), továbbá a Föld is mozog és a Hold fentebb említett felülete erősen szór.

A visszhangoknál általában kétféle fading észlelhető:

a) kb. egy másodperc időtartamú fading, amely a fenti reszketéssel hozható összefüggésbe;

b) egy hosszabb fading, amelyet a Föld ionoszférája okoz (a Holdon levő gágréteg feltétlenül ionizált, de igen vékony lehet).

A Holdról visszavert hullámoknál még a polarizációra is ügyelni kell. Nem valószínű, hogy a felülete okozzon polarizációs sík-változást, hanem inkább a földi ionoszféra. A 3,5 mp múlva visszaérkező rádióhullám ugyanis az ionoszféra más részét szeli át, mint menetkor (közben a Föld megy napkörüli útján, forog is), így lehetséges, hogy a polarizációs sík elfordul (különben annyit fordulna vissza, amennyit odafelé, de közben más sűrűségű ionoszférarétegen halad át). Ezt a jelenséget fel is szokták használni egyes ionoszférarétegek sűrűségváltozásának mérésére, bár könnyen megtévesztő lehet az adat, mert a rádióhullám útja közben áthaladhat „idegen” gázfelhőn is.

3.4. A Föld és légköre

A mi bolygónk, a Föld, harmadik a sorban a Naptól kezdve; még nyugodtan elmondhatjuk róla, hogy a Nap kiterjedt atmoszférája veszi körül és abból vesz el magának, saját „használatra”. Eddig úgy látszik, hogy a Nap bolygói közül csak a miénken van emberi lények számára életfeltétel. Ezért mi már jól kiismertük a Földet, mindenki tanulja tulajdonságait. Most csak ismétlésként megemlítjük, hogy gömbalakot feltételezve sugara 6368 km. Azért „feltételezve”, mert a „Nemzetközi Geofizikai Év” méréseiből kitűnt, hogy régebben is gyanított alakja valóban nem pontos gömb, hanem *igen durva* hasonlattal élve: körtealakú. Az északi félgömb valamivel kisebb, mint a déli.

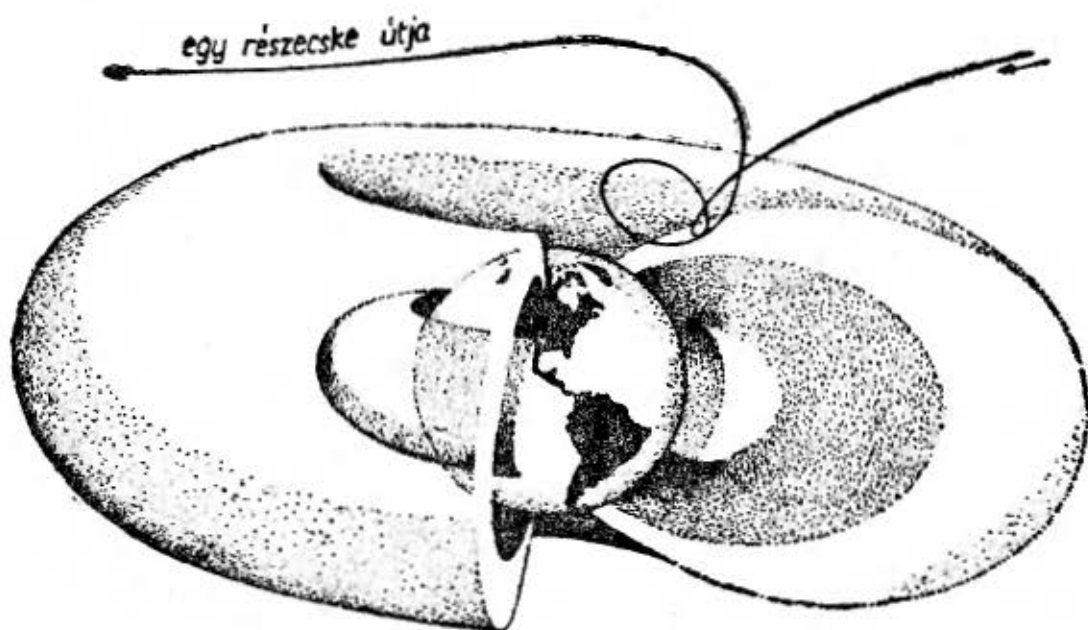
Rádiós szempontból fontosak a földrajzból ismert „legnagyobb körök” (főkörök), amelyeknek félhosszúsága 20 000 km. Ezek mentén haladnak ugyanis a rádióhullámok a Föld egyik pontjáról a másikra. Ezt azért említem meg, mert a legújabb kutatások kimutatták, hogy ettől eltérően is juthat hullám egyik pontról a másikra és ez pl. az interferencia miatt fontos körülmény. A különbség tehát nem az úthossz megnövekedése miatt érdekes, hanem inkább az esetleges földrajzi hely (tenger, szárazföld) vagy az ionoszféra állapota miatt. A távolságok számításánál azonban a főköröket használjuk.

3.4.1. A magnetoszféra

Kívülről jövet először a Föld *magnetoszférájával* találkozunk. Ez a légréteg és elnevezés még új a rádióamatőrök előtt, hiszen alig három éves. Még 5 éve sincs annak, hogy felfedezték: a Föld légköre nem ezer km magasságig terjed, hanem — mai ismereteink szerint — az egyenlítő síkjában kb. 80 ezer km-re tehető. Tavaly még csak 50 ezer km-t kellett volna írnom, közben azonban kitűnt, hogy a Földet körülvevő gázburok (az egyenlítő síkjában) még nagyobb távolságban is a Föld „sajátjának” mondható. Nem a tömegvonzás, hanem a mágneses ereje segítségével tartja, még itt is, fogságában a villamossággal töltött részecskéket. Ezen ne is csodálkozzunk, nézzünk meg egy erős mágnesset, átmérőjéhez viszonyítva mekkora távolságban tudja még kimozdítani a mágnessűt? — A 80 ezer km alig több, mint hatszorosa a Föld átmérőjének.

A magnetoszférát felfedezésekor „van Allen” öveknek nevezték, van Allen-ről, a híres tudósról, aki a Grönland jege felett végzett számtalan rakétakísérlet eredményéből előre megmondotta, hogy a Föld mágneses erővonalai mentén mozgó villamos részecs-

kék, a sarkvidék szélén lehajló övben veszik körül a Földet. Feltevést igazolták a mesterséges holdak, amelyek már az ionoszféra fölé, több ezer km magasságba is emelkedtek. Véletlen hívta fel a figyelmet a felfedezésre: a mesterséges holdban levő Geiger—Müller-féle számlálócső telítésbe került, amint ellipszis pályáján a sűrű rétegbe ért, majd ismét működni kezdett, amikor alacsonyabban keringett. Több földi, és főleg az újabb, mesterséges holdakkal és nagyobb teljesítményű GM-csővel végzett kísérletek végül is bebizonyították, hogy az egyenlítő felett kb. 3000 km-től kezdve 6000—7000 km-ig sűrűsödő, nehéz magokból álló öv veszi körül a Földet. Ennek a talaj felé hajló végét, inkább széleit is kikutatták, de ez nem volt azonos a Grönland felett észlelt lehajló övvel. Ekkor még nagyobb sugarú ellipszis pályákra küldtek mesterséges holdakat, továbbá abban az időtájbán végezték az első holdkísérleteket és a nagy távolságú mesterséges holdak, meg a messzi kiröppenő mesterséges égitestek egyöntetűen egy másik, de már kisebb energiájú részecskékből álló övet fedeztek fel. Ez a második, külső öv 9—10 ezer km magasan kezdődik, legsűrűbb része 15—20 ezer km magasan volt és távolabb, 40—50 ezer km messzeségben olvadt bele a bolygóközi térség anyagába. Így most már két öv is volt: *belső* és *külső* van Allen öv. Ezt a két övet mutatja a hetedik ábra. Az öv kifejezés talán nem megfelelő, hiszen úgyszólván az egész Földet



7. ábra

A magnetoszféra a naptevékenység maximuma idején kétfelé hasadt: egy belső és egy külső övre. Ezeket nevezték van Allen-öveknek. Azóta az övek határai elmosódtak

körülveszi a két van Allen „öv”, inkább buroknak nevezhető, melyen csak a két sarok felett van jelentősebb ritkulás.

A felfedezés és az elnevezés, amely főként két, belső és külső övet jelölt meg, a naptevékenység maximuma táján történt. A későbbiek folyamán még több mesterséges hold került fel 20—30, sőt 50—80 ezer km magasra és az újabb észlelések arra mutattak, hogy ma már a két öv között nem lehet annyira éles határvonalat húzni, mint a felfedezés idején. Ugyanakkor pedig az egyik messze kalandozó szovjet mesterséges hold azt is jelentette, hogy a ritkuló külső öv vagy messzebbre nyúlik ki a Földtől, vagy harmadik övre is kell gondolni, de mindenesetre 80 ezer km távolságban még a Föld rajai a részecskék.

Mivel abban már bizonyosak lehetünk, hogy az említett övekben a részecskéket a Föld mágneses ereje tartja fogva, amellet azt is láthattuk, hogy az övek alakulása, elmosódása, kiterjedése a mágneses hatásokon kívül a naptevékenységtől is függ, jobb elnevezés vált szükségessé... Így lett van Allen tiszteletben tartása mellett „magnetoszféra” a van Allen övekből.

A magnetoszféra úgy „fogja meg” a villamos töltésű részecskéket, melyek, mint gáz- vagy plazmafelhők veszik körül a Földet, hogy három-négy mágneses erővonal között, spirálalakban futnak a részecskék a sarkok felé. Ha nagy a sebességük, úgy esetleg átmennek az ionoszférába, illetve a sarkok fölé. Ha nem elegendő a sebesség, úgy a sarkok felett nagyobb magasságban meglassulnak, sőt megállanak egy pillanatra, aztán visszaindulnak és a másik sarokig eljutva végzik ugyanezt a műveletet. A tánc, a két sarok között sokáig tarthat, a sebesség emelkedhet vagy csökkenhet (egy mágneses erővonal, amely kb. 10 ezer km-re türemlik ki a Földtől, saroktól sarokig 45 ezer km hosszú is lehet és ezt a távolságot egy részecske akár a mp tizedrésze alatt is megteheti, innen van az óriási energiája!).

A magnetoszféra normális körülmények között csak a bolygóközi térből „szippantja” el a részecskéket, nagyobb naptevékenység esetében, a bő felhőjárásakor többet, különben kevesebbet. Nyilvánvaló azonban, hogy terében vannak semleges gázatomok is. Ha aztán ezeket a gázatomokat valami ionizálja, úgy ezek az újonnan ionizált atomok is „réteget” alkotnak és részecskéik megkezdik a „táncot” a sarkok között. Ilyen esetet mesterségesen is előidézhetnek a magas légköri nukleáris-robbantások révén. A robbanás alkalmával erős gamma sugárzás keletkezik és ennek ionizáló hatása 3—4000 km magasan is érvényesül. Itt ilyenkor vékony, alig néhány száz méter vastag *elektronréteg* keletkezik, amelyet a magnetoszféra ma még teljesen ismeretlen szelei mozgatnak.

A magnetoszféra emlegetése alkalmat ad annak a legújabb felfedezésnek elmondására is, amely érdekes terjedési lehetőséget adott a rádiósok kezébe. A felfedezés abban áll, hogy az észlelések szerint az ionoszféra *nem veri vissza még az igen hosszú hullámokat sem, ha azok néhány erővonal mentén haladnak felfelé.*

Vagy mi magunk irányíthatjuk az ionoszférán átküldendő hosszú hullámot az adóállomáson eredő, onnan a magasba induló mágneses erővonal mentén, vagy rábizzuk az adóantennára: véletlenül abban az irányban is sugározhat hullámokat.

A magasabb szélességi fokokon kiinduló mágneses erővonalak dülése úgy látszik alkalmasabb a hullámok felsegítésére, de arra is lehet gondolni, hogy annál hosszabb a mágneses erővonal, minél magasabb szélességi övről indul, és annál érdekesebb tüneteknek lehetünk tanúi.

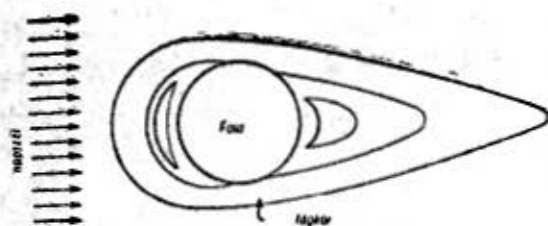
A mágneses erővonalak által megfogott hullám aztán nem kerülhet ki mágneses rabságából, az erővonalak mentén kell haladnia, valószínűleg az erővonal másik (földet érő) végénél visszaverődik és így visszajuthat kiindulási pontjára, vagy legalább is annak közelébe.

Útközben odafenn gyengül az erővonalak „szorítása”, és a hullám átmehet másik erővonal-csomó fogásába, illetve a hullám egy része marad a régi, eredeti erővonalak között. A visszajövő hullámok közül természetesen azok, amelyek alacsonyabban tették meg útjukat, hamarabb leérnek, a magasabban röpködők később.

Egyrészt ezzel magyarázatot találfak a régebben is felvett, többszörös, hosszú idő múlva visszatérő rádiójelek (amelyekről azt gondolták, hogy többször is megkerülték a Földet, de az időtartam nem jól egyezett), másrészt egy új műszer, még hozzá igen fontos műszer feltalálására került sor.

Ez az új műszer felhasználja egy közeli, nagy teljesítményű, hosszú hullámú rádióadóállomás morzejeleit, ezeket felveszi egyrészt a felületi hullámok útján azonnal, másrészt — bizonyos idő múlva — veszi ugyanazt a jelet, de már a magnetoszférából történt visszajövele után. Mire jó ez? — Ha a magnetoszférában a fentebb említett elektronréteg jelenik meg, ami csalhatatlan jele egy nukleáris szerkezet kisebb-nagyobb magasságban, vagy akár a magnetoszférában történt robbantásának, a feljutó rádióhullám ezt az új réteget is megkerüli, ez az új réteg is több részre szakítja a hullámot és a megszokott egy-két visszaverődés helyett, a robbanás után másodpercek múlva, egész sor visszaverődő jel keletkezik...

A magnetoszféra — mint mondtuk — a bolygóközi térség anyagából szerzi részecskéit. Mi lesz akkor, ha a Napból jövő gázfelhőkbe kerül a Föld? Ezek a gázfelhők rendszerint nagy sebes-



8. ábra

A napszél hatására a magnetoszféra alakja szinte áramvonalassá torzul. Mágneses- és ionoszféra-vihar, még időjárásváltozás is lehet belőle

séggel érkeznek a Nap felől, nevezik ilyenkor az egészet „napszél”-nek is, azon az elven, hogy a Nap légkörében élünk és a légkörön belül, nagyobb sebességgel mozgó gáztömegeket a Földön szélnek nevezzük. Amikor a napszél nagyobb segítségű, szinte „elfújja” a magnetoszférát, alakja gömbölyded helyett áramvonalásra torzul. Ez a torzulás visszahat a mágneses erővonalakra, ezek útja is megváltozik, ez a körülmény pedig a „földmágneses vihart” idézi elő. Ugyanakkor az ionoszférába is több részecske jut, itt is változások, viharok lépnek fel. Végül a sarkok felett felmelegszik a levegő és ez a troposzférában okozhat időjárásváltozást. Érdekes, hogy az egész folyamatból ezt a legutóbbit, amely rajtunk zajlódik le, ismerjük talán a legkevésbé.

Meg kell még említenünk a magnetoszféra „hangját” is. Lehetőséges, hogy a földi zivataroknak a rádióban sercegő hangot adó, igen hosszú hullámú zörejei kerülnek fel a magnetoszférába, vagy az is lehet, hogy egyes részecskék úgy spiráloznak a mágneses erővonalak között, hogy abból hangfrekvenciás elektromágneses rezgés jön létre, nem tudjuk, de tény, hogy a magnetoszférából hangfrekvenciás rezgéseket foghatunk fel. Még hozzá a legegyszerűbb eszközökkel: jó hosszú antennával, amelyre közönséges fejhallgatót tettünk (az antennának valóban hosszúnak kell lennie, kilométer rendűnek, jó erre a vidéki telefonhálózat).

3.4.2. Az ionoszféra

Feltételezhető, hogy az ionoszféra sokkal ismertebb az amatőrök előtt, mint a magnetoszféra, tudják tehát, hogy ma már a Föld egy „alsóbb” légrétege. A légrétegekkel és magával az egész légkörrel ugyan a meteorológusoknak kellene foglalkozniuk, de évszázadokra elegendő dolguk van még a legalsó légrétegben, a troposzférában, így a légkör villamos, mágneses jelenségeit, sőt az ionoszférában

és a magnetoszférában még a légsűrűségi és hőmérsékleti jelenségeket is inkább a geofizikusok, aeronómusok és fizikusok kutatják világszerte. Ezért tapasztalhatjuk, hogy az ionoszféra elnevezési, adatszolgáltatási és egyéb ügyeit a geofizikai- és a már említett rádiós világszervezetek intézik.

Az ionoszféráról általában tudnunk kell, hogy az egész világban nagy arányú kutatása folyik. Kb. 350 vizsgáló állomás működik, szétszórva az öt világrészen. Európában csak Albániában és Magyarországon nincsen ilyen irányú vizsgálat, miután ezekben az országokban nincsen rá szükség, se a belföldi, se a külföldi rádióforgalom (ha egyáltalában van) nem igényli a haladást...

(A szerző méltatlankodása — ha különös is — de feltétlenül jogos! A hullámterjedés kutatás s annak a rádiózás szempontjából való beható vizsgálata hazánkban erősebben elhanyagolt terület, mintsem a téma fontossága megkívánná! — A szerk. megjegyzése.)

Részben a külföldi irodalomból, részben a régebbi hazai kutatásokból mégis tudunk valamit az ionoszféráról. Kb. 70 km-től, legalább 3000 km magasságig terjed a légkörben. Létrehozója a Nap ultraibolya- és más, még rövidebb hullámhosszú sugárzása. Amint már említettük, e sugarak fotonjai a légkör gázatomjait ionizálják. Az ionizáció alkalmával azonban mindig egy szabad *elektron* és egy elektront kívánó, csonka atommag, az *ion* keletkezik. Az *ionoszféra* szó tehát nem magyarázza jól a keletkezett réteg tulajdonságait, feltétlenül ugyanannyi elektron van benne, mint ion. De már annyira megszokta a világ kutatógárdája ezt az elnevezést, hogy meg sem kísérlik nevének megváltoztatását.

A napsugárzás felülről lefelé jövet, a folyton sűrűsödő levegőben mindig több és több gázatommal találkozik, mind több és több fotonja fogy el az ionizáció közben. Már ebből is következik, hogy lesz olyan magasság a légkörben, ahol a legsűrűbb az ionizáció. Hozzá kell még vennünk azt a körülményt is, hogy a légkör gázai 100 km felett már nem keverednek el annyira, mint idelel és — mint tudjuk —, más és más gázoknak különböző energiájú fotonokra van szüksége az ionizációhoz. Ebből rögtön az is következik, hogy a légkörben több ionizált régnak kell keletkeznie.

A 100 km-nél magasabb légrétegekben igen magas a hőmérséklet, felfelé fokozatosan *ezer*, sőt egyesek szerint *több ezer* fokra emelkedik. Ügyelnünk kell arra, hogy ezért az ionoszféra ritka levegőjét még ne gondoljuk *forrónak*, napsütés nélkül ebben az „ezer”-fokban megfagyhatnánk. Tudjuk, hogy a hőmérsékletet tulajdonképpen a gázok atomjainak a mozgása, illetve a mozgás sebessége adja meg. Nos, odafenn csupán *nagy a sebesség*, de kevés a gázatom, ahhoz legalább is kevés, hogy bármely tárgynak, akár

egy dinnyényi mesterséges holdnak is, meleget adjon át. Fontos mégis a hőmozgás, mert ennek a segítségével történik meg az elektronok és ionok újraegyesülése, rekombinációja.

Az is nyilvánvaló, hogy annál gyorsabb a rekombináció, minél sűrűbb a levegő. Gyorsabb lesz tehát az ionoszféra alsóbb rétegeiben, mint a magasabbakban. Így történhetik meg, hogy az ionoszféra mindig *alul* múlik el, tűnik el gyorsan és fölül sokáig megmarad, ha megszűnik az ionizáció. Nem arra kell tehát gondolnunk, hogy éjszakára, a napsütés hiányában a rétegek „felemelkednek”, hanem csupán arra, hogy alul rekombinálódnak.

Tisztáznunk kell az „ionoszféra-viharok” kérdését. Ideleenn a földfelszínén viharoknak nevezzük a nagy szelet (tehát nem a zivartart, amely szél nélkül is előfordulhat). Az ionoszféra-vihar odafenn is *nagy szél*. Sebessége olykor több száz (akár 500!) km óránként. Rádiós szempontból mégsem ez a lényeges benne, hanem az a meghatározás, amelyet a nemzetközi konferenciák adtak. Ionoszféra-viharoknak nevezzük azt a jelenséget, amely az ionoszféra valamely rétegének a sűrűségét az adott időre érvényes átlagértéktől legalább 20%-kal megváltoztatja. Ilyenformán van *pozitív* és *negatív* vihar.

Közbevetőleg megemlítjük, hogy az ionoszféra esetében a sűrűséget — szintén rádiós szempontból — egy más fogalommal „takarjuk el”. Az ionoszféra valamely rétegének a sűrűségét gyakorlatilag úgy állapítják meg, hogy addig „lődözik” mindig nagyobb és nagyobb frekvenciájú impulzusokkal, míg végül egy bizonyos frekvenciájú már nem jön vissza. A még éppen visszaverődött frekvenciát *határfrekvenciának* nevezik és ez az érték adja meg egyúttal a kérdéses réteg sűrűségét is:

$$N = 1,24 \cdot 10^{-8} ; f_0^2$$

Ebben a képletben az N jelenti a villamossággal töltött részecskék számát (tehát ionokat vagy elektronokat) köbcentiméterenként, az f_0 pedig az illető réteg határfrekvenciáját az elektronokra vonatkoztatva (amint említettük, a visszavert rádióhullám kettős, az ionok által gerjesztett másodlagos rádióhullámnak kissé nagyobb a határfrekvenciája, ezt a határfrekvenciát f_x -nek nevezik).

Visszatérve a viharokra, most már érthető, ha nemzetközi határozat tulajdonképpen nem is a sűrűsége mondja ki a 20%-os eltérést, hanem egyszerűen a *határfrekvenciára*, annál is inkább, mert az egy ionoszféra-állomáson azonnal rendelkezésre áll.

Eszerint negatív vihar esetén egy ionoszféraréteg határfrekvenciája több, mint 20%-kal kisebb, mint az arra az órára eső átlagos érték. Mit jelent ez a rádiósok számára? — Egyszerűen azt, hogy a kisebb határfrekvencia szerint, a *forgalmi frekvenciát is alacsony-*

nyabbra kell venni. Mivel a forgalom előre kiosztott sávokban történik általában, ilyenkor legalább is a következő alacsonyabb sávra kell átmenni, ott kell az összeköttetést megpróbálni. Persze más a helyzet, ha van egy olyan szerv, amely azonnal meg is mondja a lehetséges frekvenciákat, sőt pl. egy országon belül, hosszú hullámú rádiószolgálatával időnként közli is.

Lehetséges azonban 50–60%-os negatív vihar is, ilyenkor a dekaméteres rádióforgalom nem sokat ér, fölösleges energiát jelent a próbálkozás.

Vajon talán az ellenkezője következik be a pozitív vihar esetén? — Ritkán. Maga a „hasznos” pozitív vihar is elég ritka. A viharok ugyanis úgy keletkeznek, hogy negatív vihar esetén a magnetoszférából, illetve a kozmoszból elektromosan töltött és töltetlen részecskék érkeznek az ionoszférába. A töltetlen részecskék összeverődnek az elektronokkal és ionokkal, azokat magukkal ragadják és így hamarabb és több rekombináció következik be, mint amennyi a napnak abban az órájában általában bekövetkeznék.

A pozitív vihar esetében leginkább egy napkitörés áll a háttérben, egy-egy flare olyan rövid hullámú fénysugarakat bocsátott ki, amelyek az ionoszféra valamelyik rétegét a normálisnál nagyobb mértékben ionozták. Ha ez a réteg magasan van, úgy — addig a rövid ideig — hasznos a vihar, ha azonban alacsonyan, és ez a gyakoribb, akkor nagyon is káros.

Amikor az egyes ionoszféra-rétegek magasságáról beszélünk, tulajdonképpen mindig hozzáértjük azt a szót, hogy „virtuális”, ezalatt azt értjük, valami olyan magasság ez, amilyen nekünk éppen fontos. Ha ti. azt mondjuk egy rétegről, hogy az pl. 200 km magasan van, akkor azt bizony mérőléccel *alacsonyabban* találunk meg. A magasságot ugyanis függőlegesen felküldött rádióhullám indulásától visszaérkezéséig eltelt *időből* állapítjuk meg, feltételezve, hogy a rádióhullám az egész útján 300 ezer km-es sebességgel halad másodpercenként. Csakhogy a rádióhullám az ionoszférában *lassabban* halad, ezért később érkezik vissza és mi ezt úgy vesszük (mit tehetünk egyebet?) mintha magasabbról érkezett volna.

Ez a körülmény azonban „kegyes csalás” a rádiósok számára: nekik *éppen erre* van szükségük, hiszen ők maguk is rádióhullámokkal dolgoznak, amely az ionoszférában éppen úgy lassabban halad, mint a mérőhullám.

Természetesen mások lesznek a körülmények, ha pl. egy mesterséges holdról kiinduló rádióhullám segítségével mérünk valamit. Tudják ezt a kutatók, és amikor eredményeik megszületnek, mindig ott van a megjegyzés virtuális-e a kapott magasság vagy nem? (A virtuális magasság jelzése h' , a valóságosé: h).

Az ionoszférarétegek magassága jelentős szerepet játszik a rádióhullámok továbbításában. Minél magasabban van egy réteg, annál távolabbra lehet vele a hullámokat közvetíteni. Már kialakult gyakorlat, hogy 2000, 3000 és 4000 km-es távolságokról beszélünk, amint magasabb és magasabb ionoszféra-rétegről van szó. Ezek azok a legnagyobb távolságok ugyanis, amelyeket a rádióhullám az ionoszféráról történő egyszeri visszaverődéssel megtehet. Az ionoszférarétegek magassága a napszakkal, az évszakkal és a naptevékenységgel változik, kell tehát ismernünk, hogy adott időkből mekkora magasságot mekkora távolságra tudunk kihasználni.

Hozzá tartoznék még az ionoszféra általános ismertetéséhez a mérésének módszere is, ez azonban nem tarthat számot általános érdeklődésre. Itt csak annyit, hogy részben függőleges, részben ferde beesésű rádióhullám impulzusokkal történik a mérés, de a vizsgáló állomásokon nagyon fontos egyes (főként erre a célra épített, ún.) etalon-állomások hullámainak vétele, térerősségmérés, abszorpciómérés és gazdagabb helyeken polarizációs mérések is. Mindezek az adatok természetesen csak akkor érdekesek, csak akkor számítanak az emberiség számára, ha kicserélik, tanulmányozzák őket és az eredményeket megszívlelik, szóval, ha a haladást elősegítik és be is fogadják.

A továbbiakban nézzük meg az ionoszféra egyes rétegeit, de most — az eddigi gyakorlattól eltérően — inkább alulról felfelé, ahogyan a rádióhullám is halad általában.

3.4.2.1. A D-réteg

Az ionoszférarétegek elnevezésénél gondoltak arra, hogy amennyiben a légkörben 70 km alatt is találnak rétegeket, úgy azokat is lehessen betűvel elnevezni, így a legelső réteg a D-réteg elnevezést kapta.

A történeti igazság kedvéért meg kell jegyezni, hogy ez a szemlélet csak később alakult ki. Az ionoszférának csak az egyik rétegét találták meg 1924-ben. Akkor — éppen úgy, mint van Allen esetében — a felfedezőkről Kennelly—Heaviside-rétegnek nevezték el; ezzel az elnevezéssel sokszor még ma is találkozunk. Később az egyik neves tudós az egyik réteg elektromos terét számította és ezért „E” betűt használt (mint a fizikában szokás), később, a másik réteg hasonló számításánál, hogy különbséget tegyen, F-et írt... Innen ered, igazság szerint az E- és F-réteg elnevezése, ehhez jött később a D-réteg. Előfordulhat, hogy alacsonyabban még találnak rétegeket, régebben ismertettünk pl. C-réteget is, kitűnt azonban, hogy ezek a légkörben helyileg képződő visszaverő felületek, ha

vannak is, nem tartósok, semmi esetre se világméretűek és főképpen a rádiózás szempontjából lényegtelenek. Tekintsük tehát — mint rádiósok — a D-réteget a legalsó rétegek.

Magassága normális körülmények között 70 km-re tehető, legnagyobb sűrűsége kb. 80 km-nél van. A kühlungsborni ionoszférakutató állomás már lassan évtizedek óta méri a D-réteg magasságát és azt tapasztalja, hogy a 150—200 kHz-es hullámok számára 80 km magasan van a D-réteg legjobban visszaverő felülete.

Ugyancsak a kühlungsborni obszervatórium egyik napfogyatkozásakor végzett méréséből arra lehet következtetni, hogy a D-réteg is ketté hasad a nap folyamán és feljebb, 90—95 km magasan alkot egy inkább elektronokban dús, mondjuk D2-réteget. Ezt a felfedezést még nemzetközileg nem ismerték el.

A D-réteg ionsűrűsége (ezalatt mindig gondoljunk elektron-sűrűségekre is) természetesen a nap folyamán erősen változik. A sűrűség menetét már megmutattuk a magassággal kapcsolatban (a 6. ábrán), ehhez azonban még hozzá kell tennünk, hogy éppen a magasságok erősen földrajzi-szélesség függőek. Nálunk minden valószínűség szerint a D-réteg magasabban van, mint Kühlungsborn felett és mint ahogyan az ábra mutatja. A magasság-különbség azonban csak 4—6 km-t jelenthet.

A D-réteg az ionoszféra legkárosabb rétege, ha dekaméteres hullámokra gondolunk. Ugyanakkor a kilométeres hullámokat kitűnően közvetíti.

Nézzük meg először a „káros” hatást. A dekaméteres hullámok visszaverődéséhez nem elegendő a D-réteg sűrűsége, ezek átfutnak rajta, de nem nyom nélkül: itt kapják a legnagyobb méretű abszorpciót. Nyáron, amikor magasan jár a Nap, olyan mértékű az abszorpció, hogy a dekaméteres hullámok felső felét teljesen elnyeli a D-réteg, sőt még a hektométeres hullámokat is és ezek sugárzása esetében a terjedés csak felületi hullámokkal lehetséges. Egyszerű példákkal ábrázolhatjuk ezt az esetet: sok embernek van apró, rendszerint japán gyártmányú, tranzistoros rádiója. Ezek érzékenysége bizony nem valami nagy, a helyi adóállomások vételére készültek. Mindenki mondja azonban, hogy „este” már több középhullámú állomás is hallható vele... Estére a D-réteg annyira ritka lesz, hogy a középhullámú állomások frekvenciái is átfuthatnak rajta, különösen abszorpció nélkül, feljutnak a szintén megritkult, de sokkal kevésbé elnyelő hatású E-rétegen át az F-rétegre és onnan visszaverődve érkeznek hozzánk, *legalább tízszerre nagyobb térerősséggel*, mint nappal.

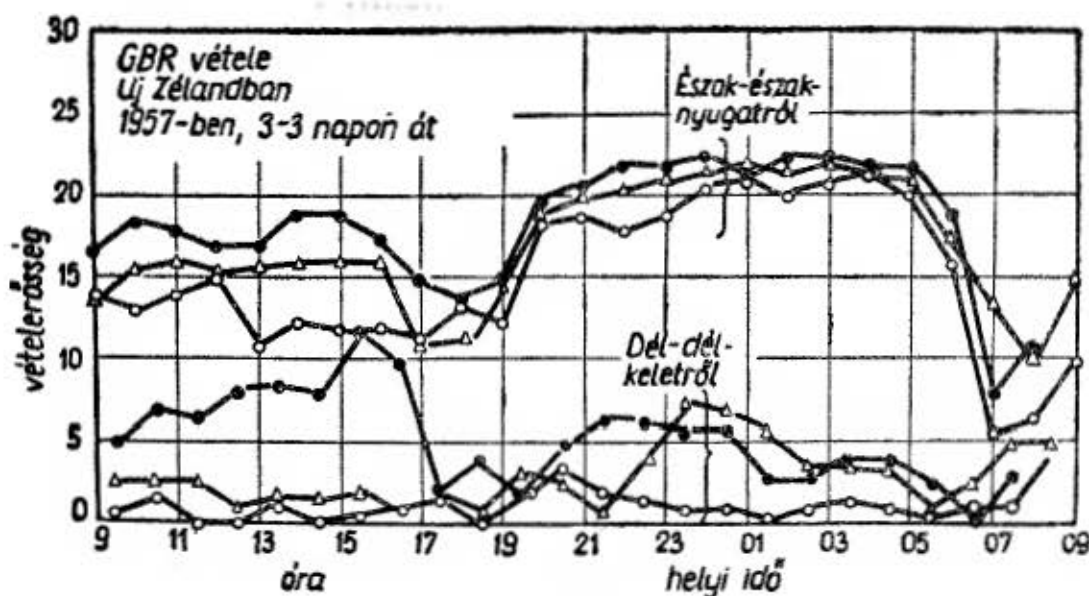
Szerencsére a D-réteg abszorpciója normális keretek között a

dekaméteres hullámok alsó részében már jelentéktelenné válik. Így képzelhető el, hogy a legnagyobb nyárban 15—20 méteres hullámokon más világrészek rádiójelei is vehetők.

Ugyanez a réteg igen jó visszaverődést ad a kilométeres, de főként a miriaméteres (tízkilométeres) hullámok számára. Nemrégén még azt hittük, hogy ezek a hullámok csupán a földfelszínen terjednek és semmi közük sincsen az ionoszférához. Az újabb kísérletek azonban bebizonyították, hogy ezek a nagyon hosszú hullámok is feljutnak menetközben a D-rétegig, még éjszaka is és felhasználják az onnan történő visszaverődést terjedésükhöz. Kitűnően látszik ez a hatás a 9. ábránkon, amely bemutatja a GBZ,14,5 kHz-es angliai adóállomás vételi görbéit, két irányból, természetesen ugyanazon főkör mentén.

Bár a D-rétegnek ez a tevékenysége, amellyel a kilométeres és miriaméteres hullámokat közvetíti, igen hasznos, az örömben mégis üröm is vegyül: sajnos ezeken az igen kicsiny frekvenciákon a legerősebbek a légköri zavarok és így azok is sokszor jól megerősödve, hatalmas térerősséggel zavarják az emberi rádióhullámokat.

A rádiósok a D-réteget mégis akkor emlegetik a legkeservebben, amikor kromoszférikus napkitörés jelentkezik. Ilyenkor különösen olyan frekvenciájú fényhullámokat bocsátanak ki a kromoszéra megvilágosodó részecskéi, amelyek elsősorban a D-rétegben levő gázatomok ionizálására a legalkalmasabbak. Az ionizáció sok-

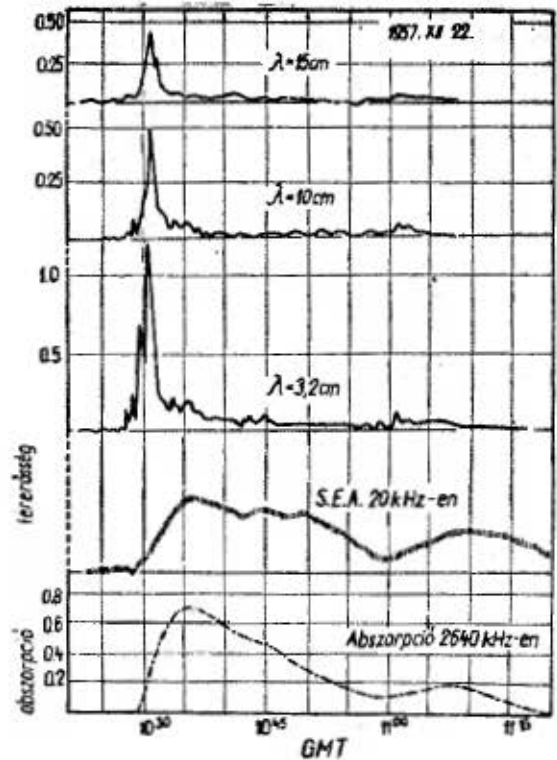


9. ábra

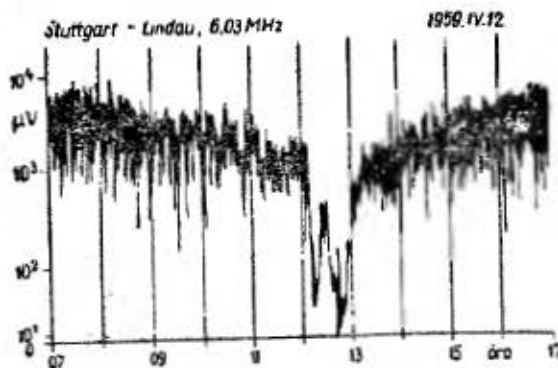
A 14,5 kHz-es angliai adóállomás vételkísérletei Új-Zélandban. A földrajzi főkör egyik felén érkező hullámok nagyobb térerősséget mutatnak, mint a másik felén érkezők

10. ábra

A napkitörés jelei különböző frekvenciákon. A Nap 15,10 és 3,2 cm-es zörejsugárzásának térerőssége hirtelen megnövekedett, öt percen belül hasonlóan növekedést mutatott egy 20 kHz-es, de erős elnyelést egy 2600 kHz-es rádióhullám



szor 40 km vastag rétegben fejlődik ki, 60 km-től 100 km-ig. Az alsó rétegek gázsűrűsége természetesen nagy ahhoz, hogy „ionosféra” legyen ebben a rétegben és így a megdagadt D-réteg még a dekaméteres hullámok rövidebb felét is elnyeli. Annál jobban vezet azonban a kilométeres és főleg a miriaméteres hullámokat. A kromoszféra-kitörés jellemzője tehát a dekaméteres hullámok gyengülése és a kilo- és miriaméteres hullámok erősségének nagymértékű növekedése. Az ilyen kromoszférikus kitörést rendszerint közvetlenül, néhány perccel előbb megelőzi a Nap deci- és centiméteres hullámú zörejeinek hirtelen megnövekedése. Ezt a jelenséget láthatjuk a 10. ábrán. Ehhez hozzá kell fűznünk néhány nemzetközi jelölés magya-



11. ábra

A Mögel—Dellinger effektus (SID) szép példája: a térerősség két nagyságrenddel csökken, majdnem egy óra hosszat

rázatát: SEA alatt értik a zörejek hirtelen megerősödését és SID alatt a dekaméteres hullámok körzetében a térerősség hirtelen csökkenését. A 11. ábra a SID-re mutat jellemző példát. Mögel- és Dellinger rádiófizikusok fedezték fel, hogy ezek a jelenségek a Nap ultraviola sugarainak megerősödése miatt következnek be. Ezért ma is sokan *Mögel—Dellinger*-effektusnak hívják a különben nemzetközileg SID-nek nevezett jelenséget. Régebben a rádiósok „generál-fading”-nak nevezték, ami annyit jelentett, hogy majdnem az egész dekaméteres sávban elhallgatott a rádió...

A világszervezetekbe tartozó ionoszféravizsgáló állomások azonnal jelentik illetékes központjaiknak a SID-ek és SEA-k fellépését, lehetőleg azt is, hogy pl. a SID mekkora frekvenciatartományra terjedt ki.

Külön fel kell hívnom arra a figyelmet, hogy a D-réteg éjszakára sem rekombinálódik teljesen, ha nyomokban is, de marad 80—90 km magasan némi ionizáció. Erre mutatnak a majdnem hangfrekvenciás rádióhullámok olykor rendellenes terjedési jelenségei.

Az újabb Nemzetközi Geofizikai Év, amelynek a neve *Nemzetközi Nyugodt Nap Év* lesz (International Quiet Sun Year = IQSY) egyik fontos rádiós feladata az ionosféra D-rétegének kutatása. Ezért máris azt ajánlották, hogy az ionoszféravizsgáló berendezések hullámtartományát terjesszék ki az alacsony frekvenciák felé, lehetőleg 250 kHz-ig.

3.4.2.2. Az E-réteg

Az ionosféra legszabályosabb rétege. Felettünk közvetlen napkelte előtt keletkezik (odafenn valamivel hamarabb kél a Nap, mint idelenn...), kb. 150 km magasan. Aztán mind lejjebb és lejjebb is ionizálódik a levegő és kb. egy óra múlva már 110 km magasan lesz az E-réteg legsűrűbb része. Este ugyanez a folyamat zajlódik le, csak fordított sorrendben. Már itt meg kell említeni, hogy ez a réteg se rekombinálódik éjszakára teljes mértékben, hatása azonban ekkor a rádióhullámokra rendszerint elenyésző.

Amíg a D-rétegnél nehéz lenne a határfrekvenciát megállapítani (függőleges irányban küldve a hullámokat, esetleg 100 kHz is lehet!), addig az E-réteg minden adata már pontosan mérhető. Általában 4 MHz a határfrekvenciája; nyáron kisebb, télen nagyobb, a naptevékenység maximumában a 6-ot is eléri, de nemsokára valószínűleg 3 MHz-ig csökken.

Ebből már következik, hogy az E-réteg jó visszaverő közeg

a középhullámok számára, de még a dekaméteres hullámokat is visszaveri, ferde beesés esetén 10 MHz-ig is. Ha napközben nem képződnek alatta a D-réteg, hasznos tagja lenne az ionoszférának az ember számára. Segítségével — miután magasságát általában 110 km-re lehet feltételezni — kb. 2000 km-es távolságra rádiózhathunk. Az E-réteget szokták felhasználni olyan esetekben, amikor hektométeres hullámokat kívánnak közelbe küldeni, de ennek természetes akadályai vannak (pl. hegységek). A kb. függőlegesen felfelé sugárzott rádióhullámok az E-rétegről visszaverődve még elég térerősséggel bírnak ahhoz, hogy közelben készülékeket működtessenek.

Az E-réteg a légkörben olyan magasságban van, amelyben viszonylag a legkevesebb a „vihár”, erre a rétegre alig hatnak a kozmoszból jövő korpuszkulák, átmegy rajta a kromoszférikus kitörések megerősödött ultraibolya sugárzása is.

Amióta a mesterséges holdak szelik az ionoszféra rétegeit biztosan tudjuk, hogy az E-réteg mindig két részre hasad napközben. Az előbb említett része az alsó, amelyet a felső ismeretében most már E1-rétegnak nevezhetünk, a felső pedig az E2-réteg.

Még a mesterséges holdak adatai előtt is gyanakodtunk az E2-réteg létezésére, de arra kellett gondolnunk, hogy nem mindig jön létre a hasadás. Az ionoszféravizsgáló módszerünkkel ugyanis csak azt a felsőbb réteget vesszük észre, amely sűrűbb az alsóbbnál. Az E2-réteg pedig csak ritkán sűrűsödik meg annyira, hogy fölülmúlja az E1 sűrűségét, akkor is legfeljebb egy-két tized MHz-el lesz több a határfrekvenciája. Ilyen esetek is leginkább a trópusok felett fordultak elő gyakrabban.

Természetesen műszer kérdése is a felfedezés, mert, ha a vizsgáló műszer észreveszi az 0,1 MHz-nél is kisebb frekvencianövekedést, akkor már a közepes szélességi fokokon is jelezték volna az E2-réteget...

Azért nem tartották lényegesnek az E2-réteg bővebb tanulmányozását, mert rádiós szempontból sem volt egy réteg lényeges, csak akkor, ha alulról felfelé menet mutatott nagyobb sűrűséget. Ez volt a helyzet *eddig*, ma azonban már az ionoszférába magába is lehet rádióadóberendezést küldeni és fontossá válnak a kívülről befelé jövő, ember-alkotta rádiófrekvenciák is. Az E2-réteg kutatását ezért az IQSY máris szorgalmazza és az ionoszféravizsgáló berendezéseket ezért kellene általában finomabb, részletesebb adatokat nyújtó műszerré változtatni.

Tulajdonképpen teljesen külön kellene tárgyalni az *Es* (azaz *E-szporadikus*) réteget. Az E- és *Es*-réteget úgyszólván csak a kb.

azonos magasság köti össze, meg talán a még mindig megmaradt E-betű.

Es-réteg alatt 100—120 km magasság közben száguldozó (50—200 km/órás sebességű) rétegdarabokat, felhőgomolyokra emlékeztető rétegfoszlányokat kell értenünk, amelyeknek keletkezése még nem egészen tisztázott a kutatók előtt. A legnagyobb valószínűséggel a sarkokon keletkeznek, hiszen a mérések szerint az ott összegyűlekezett rétegeteg részecske, amely a Napból vagy a kozmoszból a magnetoszféra segítségével jutott erre a helyre, olykor a szó szoros értelmében „felrobban”, mert egyik pillanatról a másikra 1—2 km/sec sebességgel kezd oszlani, szétterjedni. A széttöredezett rétegdarabokat szépen lehet akár radarok segítségével, akár pl. a mi esetünkben az északi félgömbön levő hosszú hullámú műsor- és táviróadók regisztrálásával követni. Valóban sokszor erre rajzanak, felénk, sebességük és irányuk azonban a mérsékelt öv felett már jelentősen csökken, illetve annyira megváltozik, hogy senki se állíthatná: valamikor is a sarkon voltak.

A bizonytalanságot még az is növeli, hogy sokszor sűrű rajokban jelennek meg pl. India vagy Kongó felett és ismét semmi okunk nincs arra, hogy ne ott, a helyben keletkezetteknek képzeljük őket.

Egyes felhődarabok közülük igen sűrű anyagból lehetnek, mert a határfrekvenciájuk olykor 15 MHz-re is emelkedik! Sokszor azonban jelentéktelen sűrűségűek, úgy, hogy ki sem emelkednek az E-réteg határfrekvenciájából (mert mondanom se kell, ha sűrűségük kisebb, mint a „vendéglátó” E-réteg, úgy a szokásos vizsgáló módszerrel észre se lehet venni őket).

Lehetséges, hogy mind a sűrűségük, mind a nagy sebességük hozzájárul mágneses hatásukhoz. Mozgásuk odafenn — viszonylag alacsonyan — *áramokat, mágneses változásokat indukál a talajban.*

Rádiós szemmel nézve is érdekesek, mert koronként feltűnő nagy határfrekvenciájuk, továbbá egyenetlen alakjuk (egyáltalában nem úgy kell elképzelnünk őket mint akár az E-réteget, vagy pl. szürke, minden kiemelkedés nélküli, „súlyos” hófelleget, hanem inkább úgy, mint a nyári, hatalmas gomolyfelhőzetet...) miatt még a méteres hullámokat is visszaverik. Így jöhetnek létre a nagy távolságokat megjáró rádióösszeköttetések, az igazán távoli televíziós vételek. Akkor mondják, pl., hogy egy-egy nagy távolságú televíziós vagy méteres hullámhosszú összeköttetés valóban az Es-réteg segítségével történt, ha a távolság legalább 1000 km.

Az Es-réteg ilyen igénybevétele azért is történhetik, mert egyáltalán nem kell arra gondolni (mint az ionoszférával történő továbbításnál általában), hogy a rádióhullám a főképpen halad és az adó-

állomás, továbbá a vevőállomást összekötő főkör íve felett, a középben törik meg (ha egy hullámugrásról van szó). Az Es-réteg darabjainak alakja annyira szabálytalan, hogy a 100 km magasra felkerült rádióhullám esetleg *visszafelé törve* kerül készülékünkbe.

Az Es-réteg megjelenési alakja is sokféle (már ti. az ionosféra-vizsgáló berendezés képernyőjén). Hogy mennyire messze vagyunk még attól, amit az Es-réteg ismeretének neveznek, arra leginkább az elnevezések körüli vita mutat rá a legjobban.

Mindenesetre sok statisztikát készítettek már eddig is és ezek megpróbálják előre is jelezni az Es-réteg megjelenését, legalább is arra kívánnak támpontot nyújtani, hogy hány százalékban várható akkora sűrűségű Es-réteg megjelenése, amelynek határfrekvenciája eléri a 15 MHz-et. Úgy vagyunk tehát pillanatnyilag ezzel is, mint a méteres hullámok vizsgálatával: arra szorítkozhatunk csupán, az üzemidő hány százalékában éri el a rádióhullám a vételhez szükséges térerősséget...

Úgy látszik mostanában olyan szakaszába értünk az Es-réteg periódusának, amely szakaszban a gyakoriság maximumát tapasztalhatjuk. Ezért halljuk sokfelé a televíziós — és méteres hullámokon történő távolsági vételek élvezetét. Érdekesekek ezek a vételek, de a néhány év óta megindított regisztrálások már óvatosságra intenek. Úgy ne járjanak a rádiósok ezzel is, mint a dekaméteres hullámok tervezésével az elmúlt naptevékenységi maximum alatt. Az Es-rétegre se lehet országos hálózatot tervezni, még kevésbé külföldi összeköttetéseket.

Es-réteg mesterséges hatásra is keletkezik. Az Atlanti-óceán déli részében végzett igen apró (egy kilotonnás), de nagy magasságban (480 km) történt atombomba-robbanás pl. még a Kanári-szigetek tájékán is felsorakoztatta az Es-felhőket. Hasonló volt a helyzet az alacsonyabban történt robbantásoknál is. Az Es-ek megjelenése bizony sok esetben utal alacsonyabban történt, de nagyobb energiájú szerkezet robbantására is. A jó televíziós távvétel oka tehát nem mindig természetes...

3.4.2.3. Az F-réteg

A hekto-, a deka- és lassan a méteres hullámokkal dolgozó rádiósok legfontosabb ionosféra-rétege.

Egyik legfőbb tulajdonsága, hogy nappalra (a mi szélességi övezetünkben úgyszólván az egész év folyamán) két részre hasad. Ilyenkor az alsó réteget F1-nek, a felsőt pedig F2-nek nevezik. Ez eddig az előzőekből várható volt, a magasságok elnevezését

azonban a Nemzetközi Geofizikai Év alatt úgy rendezték, hogy az alsóréteg magassága legyen h'F, a felsőé pedig h'F2! — Éjszaka pedig, amikor az alsó rész teljesen rekombinálódik és csak egy réteget találunk, ennek a rétegnek a határfrekvenciája foF2, de magassága h'F. Így, első látásra talán nincs benne logika, de ha arra is gondolunk, hogy a h' jelzések nemcsak a „virtuális”, hanem egyúttal a „legalacsonyabb” magasságot is jelezni akarják, akkor már más a helyzet.

Az F-réteget egyszerűbb lesz először éjszakai alakjában ismertetni. Felettünk ilyenkor majdnem kizárólagosan 300 km-re húzódik vissza. Határfrekvenciája pedig legfeljebb 5—6 MHz-re csökken. Majd később, a naptevékenység minimuma alatt lesz még 3—4 MHz is!

Nappalra az ionizáció megvastagítja lefelé, kb. 180 km-ig. Ennek az alsó rétegnek a határfrekvenciája lesz most az 5—6 MHz. A jóval feljebb, kb. 400 km magasan képződött másik, az F2 rétegnek pedig 8—10 MHz.

Az évszakok hatása abban nyilvánul, hogy a határfrekvenciák nyáron csökkennek, télen növekednek, a naptevékenység emelkedése jelentősen emeli a határfrekvenciákat. A mi szélességi fokunkon télen és délben, a naptevékenység maximuma alatt még a 12 MHz-et is eléri.

Ezek azok a változások, amelyekre a nap- vagy az év-, illetve a naptevékenység egy periódusa alatt várhatunk. Az F2-rétegnek kevéssé, az F1-rétegnek inkább van napi és évi menete. A naptevékenység alig érvényesül az E-rétegben, annál jobban az F1-ben és még annál is kirívóbban az F2-ben. Ez a réteg a Nap minden kis felvillanására reagál.

Éppen ezért első pillanatban érthetetlen, hogy miért maradhat meg még éjszaka is oly sűrű állapotban? Erre az a magyarázat, hogy abban a magasságban (300 km) oly ritka a levegő, hogy az újraegyesülés az elektronok és ionok találkozásának igen kis valószínűsége miatt nagyon ritka. Egyes kutatók szerint, ha a Nap valami kozmoszbeli katasztrófa következtében megszűnnék, az F2-réteg még kb. 12 napig ionizált maradna... Nem áll módunkban kipróbálni, annyi bizonyos azonban, hogy erre, az éjszaka is megmaradó, elég nagy sűrűségű ionizációra még nincsen megnyugtató magyarázat. Fontos azonban, hogy ez a réteg teszi lehetővé éjszaka folyamán — vagy inkább úgy mondjuk: a Föld sötét oldalán — a rádióközvetítést a hekto- és a dekaméteres hullámokon. Az egyenlítő vidékén, amint ezt a perui és kongói állomások, továbbá az

indiai és ausztráliai obszervatóriumok jelzik, az F2 sűrűsége jóval nagyobb, mint nálunk, a naptevékenység maximuma idején megközelíti a 20 MHz-et is. Ott azonban a maximális ionsűrűség este-felé van.

Az F-réteg kapja meg először a napsütést hajnalban, az ultraibolya sugarak úgy látszik nem egyenlétesen sugározzák be a megvilágított felületet, illetve ezekkel a sugarakkal együtt hősugarak is érkeznek és fel is melegítik az ottani levegőt, szelet okoznak, kavarnak a gázatomok és az egyenetlen ionizáció ugyanolyan *szóródási jelenségekre ad alkalmat, mint az alsóbb légrétegek.*

Ezért volt lehetséges, hogy még a tavalyi nyáron is, hajnalban, a szóródásra jellemző gyenge, de elég egyenetlen térerősséggel hallhattuk a nyugatról jövő, reggeli zenét: 27 MHz-en!

Ilyen rendezetlen a felépítése a többi rétegnek is, amikor az ionizációja kezdődik, mindegyiket fel lehetne talán használni hasonló közvetítésre, de természetesen más frekvenciákkal és más magasságba sugárzó antennákkal.

Az F-rétegben zajlanak le a legnagyobb viharok, különösen a sarkvidék felé, ahol a magnetoszférából közvetlenül kapja az ionszféra a sokszor nem kívánatos részecskéket.

Az F-réteg a rádiósok leghasználhatóbb visszaverő felülete, ezzel lehet lebonyolítani a dekaméteres hullámokat használva a leghosszabb földi, tehát a 20 ezer kilométeres közvetítést — szerencsés körülmények között —, ehhez ugyanis a rádióhullámnak legalább 5 alkalommal kell a talajról az F-rétegig ugrania.

Ez a réteg az amatőrök segítő rétege is, csak ezzel lehet igazi dx-et csinálni. A legelső amatőr dx-et, 1924 októberében, *Goyder*, a londoni Mill-Hill iskola növendéke és az újzélandi *Bell* szintén csak az F-réteg segítségével érhetette el. Ma már ebben a rétegben — legalább is az F1-ben — már emberek is jártak.

A mesterséges holdak, melyeket e rétegbe küldtek, de főként, amelyek magasabbra jutottak, megmérték az F2 rétegnek a legsűrűbb rész feletti ion-, illetve elektronelosztását is. Ezideig csak számításokra voltunk utalva, de úgy látszik, hogy a számítások helyes irányban indultak, mert az F-réteg felsőbb részében valóban parabolikus az elektroneloszlás.

Erős naptevékenység idején, az egyenlítő táján, az F1- és az F2-réteg között még egy külön réteg is keletkezik. A hullámterjedési számításoknál, abban az esetben, amikor a hullám az egyenlítő felett megy át, erre a rétegre is ügyelni kell (ez nappal található úgy 300—350 km magasan). Ezt a közbeeső réteget logikusan: F1,5-

rétegnek nevezték el. A mi szélességi öveinken legfeljebb mágneses zavarok, ionoszféra-viharok idején lehetséges, nagyon kis különbséggel ilyen közbeeső réteg felfedezése, de akkor is rövid a réteg élete.

3.4.2.4. A G-réteg

Ezt a réteget jogosan hasonlíthatjuk az E2-réteghez: ezt is azért nem észlelhetjük, mert ritkább, mint az alatta lévő. Már kb. a 40-es években fedezték fel, olykor, ha mégis sűrűbb lesz az F2-nél, észlelhető a szabványos ionoszféravizsgáló berendezéssel is. Az egyenlítőre tűző erős napsugárzás miatt a kongói ionoszférajelentések többször tartalmazták a G-réteg adatait. Nemrégén hallhattuk, hogy a közös angol—amerikai mesterséges hold, amely 400—1200 km-es magasságok között járja az ionoszférát, tisztázta a G-réteg pontos magasságát és sűrűségét, továbbá napi menetét is. Eszerint a G-réteg szintén — mint az F-réteg — az egész Földet beborítja. Átlagos magassága 700 km körül van, nappalra süllyed, éjszakára emelkedik egy-két száz km-t. Sűrűsége az F1-rétegéhez hasonló.

A G-rétegről még nem sokat mondhatunk. A Földről indított rádióhullámok számára jelentéktelen, mert alatta van a sokszor jóval sűrűbb F-réteg. De ismét arra kell felhívni a figyelmet, hogy ma már fölülről lefelé is szükség van a rádióhullámok útjának alapos ismeretére.

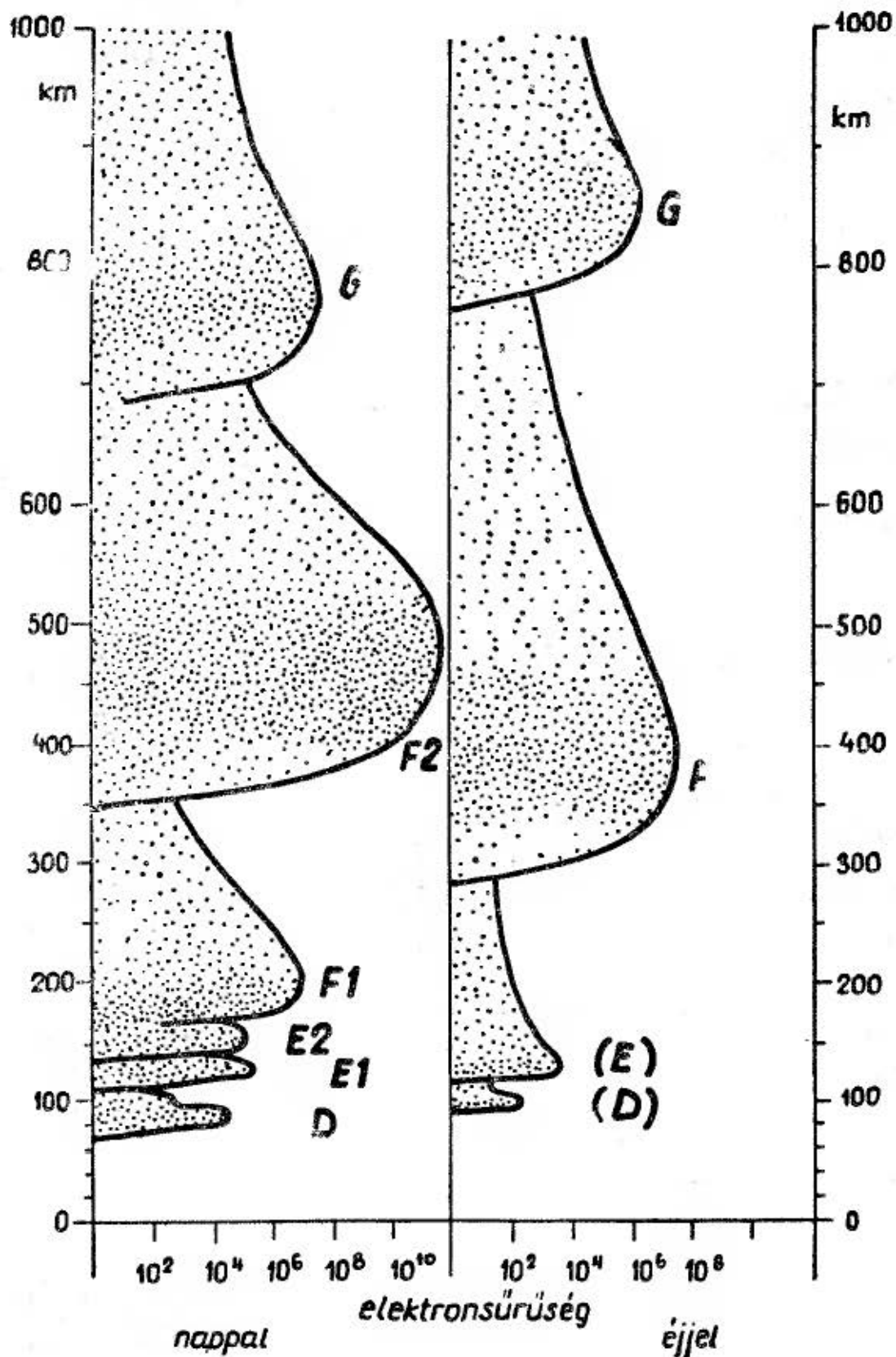
A fent leírt ionoszféra-rétegek nappali és éjszakai magasság- és sűrűségviszonyait (a sűrűséget az elektronok cm^3 -enkénti számával jellemezve) láthatjuk a 12. ábrán.

3.4.3. A troposféra

A légkör legalsó rétege, amely érdeklődésre számíthat a rádiókörében, részben az összes sávok felületi hullámainak terjedése miatt, részben pedig a méteres és annál rövidebb hullámok újabban kifejlődött nagy használata következtében.

Ha már az ionoszféránál kifogásoltuk az elnevezést, ez esetben se hallgathatjuk el, hogy ez a réteg, vagyis „szféra” az emberről (antroposz) kapta a nevét. Ma, amikor a repülőgép világrekordja kb. 100 km magasan van, lassan-lassan névváltoztatásról kell gondoskodni...

Valószínű, hogy ezt a réteget kell a legkevésbé bemutatni. A méteres és rövidebb hullámok terjedésének feltételei miatt annyit mégis meg kell említeni, hogy a troposzférában a hőmérséklet normális viszonyok között alulról felfelé fokozatosan csökken.



12. ábra

Az ionoszféra rétegei, mai elképzelésünk szerint

Megtörténhetik azonban, hogy pl. egy melegebb légtömeg, heves mozgása következtében, felfut, vagy, mint mondják „felsiklik” egy hidegebb légtömeg hátára.

Ha most függőlegesen mérjük a hőmérsékletet, úgy látjuk, hogy a hőmérő higánya a magassággal fokozatosan rövidül ugyan, de egy pontban — mikor elértük a melegebb légtömeget — hirtelen emelkedni kezd a higanyszál. Majd rövid idő múlva a levegő hőmérséklete újból megkezdheti hűlését.

A méteres és rövidebb hullámok számára éppen ez a pont, illetve ez a sík, a *melegebb levegő felülete* a lényeges, ez a *kitűnő visszaverő felület*, amelyben a hőmérséklet fordulását, *inverzióját* láttuk.

Hasonló, inverziós felület képződik akkor is, amikor teljesen felhőtlen az égbolt, nagy légnyomást jeleznek és a talaj közelében mindig piszkosabb lesz a levegő (a szél hiánya miatt). Ilyenkor a növekvő légnyomás a magasban mintegy összezugszorítja a levegőt, ez felmelegszik és így is lesz hőfordulat, ez azonban (az előbbihez képest) gyenge inverziót jelent.

Ezeknek az inverzióknak a segítségével tehát a méteres és rövidebb hullámok *visszaverődve* terjednek. Nemcsak egy inverzió lehetséges, több kisebb-nagyobb is. Ahogyan egy rádióhullám — kellő szög alatt bejutva az ionoszférába — beférkőzhetik két ionoszféraréteg közé és az addig tartja rabságában, amíg csak az alsó vagy a felső a hullám számára már ritka lesz, ugyanúgy tarthatja fogva két (vagy több) inverziós réteg a méteres hullámokat. Ne csodálkozzunk tehát, ha különösen hegytetőn „csak egy méterrel” kellett megemelni az antennát és máris ugrásszerűen javult a vétel. Más kérdés aztán az inverziós rétegek mozgása.

Inverziós rétegek segítségével a legnagyobb távolság kb. 500 km, amelyet át lehet hidalni. Legalább is a külön erre a célra végzett kísérletek ezt mutatták, kivételek persze itt is vannak.

Egy másik terjedési mód a *szóródás*. Sajnos, még mindig sok matematika jelenik meg erről a módszerről, ami annyit jelent, hogy — *nem tudják a valóságban hogyan történik* (ez úgy látszik már nagyon szorosán meteorológiai jellegű). Arra lehet gondolni, hogy a talajról felszálló melegebb levegő más törésmutatójú, mint a felsőbb, néhány száz méter magasan levő. A felszálló levegő azonnal nem keveredik össze a környezetében levővel és így a rádióhullám talál két (illetve több) különböző törésmutatójú közeget útja közben. A törésmutató még a nedvesség miatt is változhatik. Ezekben az apró légrészleteken a hullám sokfelé szóródik, lehetséges, hogy a mi antennánk felé is. Ha így van — akkor meghallhatjuk a rádió-

közlést. Mivel a szóródás valóban majdnem minden irányban történik, szinte biztosra vehetjük a vételt, de — és ez nagyon fontos — a *gyenge vételt*. Szóródás közben ugyanis az energia is szétszóródik és egy irányba bizony kevés marad. Ha elegendő teljesítménnyel dolgozik az adóállomás, a hullám egyik szóródás után a másikba érkezhethet, újból és újból szétszóródik és így egy bizonyos irányba is elég messzire jut. A kísérletek szerint néhány száz km-ré is eljuthat egy 5—10 kW-os adóállomás hulláma.

Tájékozódásul csak annyit, hogy Bp. délkeleti részén egy, a háttérhez közeleső osztrák, 3 m-es hullámú adóállomás szóródással 0,5—1,5 $\mu\text{V}/\text{m}$, inverzióval pedig 40—50 $\mu\text{V}/\text{m}$ térerősséggel jött. Szerencsére inverzió is van elég, legfeljebb különböző magasságokban, és így a környező televíziós adókat sokszor vehetik a televízió dx-ré vadászó amatőrök. Egyik-másik nagyobb teljesítményű televíziós hullám szóródással is mutat még képet — legfeljebb hangot nem közvetít.

Az olyan államokban, ahol a méteres és rövidebb hullámok terjedését fontosnak tartják, rendszerint erős rádiós-meteorológus kapcsolat alakul ki. Vannak olyan hangok, hogy a meteorológia is hasznát vehetné a méteres hullámok terjedési tanulmányozásának, de az újat nemcsak az üzemekben vezetik be nehezen, a szolgálatokban is. Különösen, ha munkaerő és pénz is kellene hozzá. Mivel határozottan a hullámterjedési ismeretek bővítésénél és az ilyen tervezéseknél van szükség az időjárás elemekre és nem fordítva, nem is gondolhatunk arra, hogy a közép-európai, öregedő csontozatú időjárás hálózat kezdeményez valamit.

Ellenpéldaképpen mutatunk be egy térképvázlatot, mely az angliai vételviszonyokat ábrázolja (a 3 méteres hullámok számára) a nap két különböző időszakában (13. ábra).

Ezután ismét a kühlungsborni obszervatóriumra hivatkozom, ahol sok kísérlet folyik jelenleg a méteres hullámok körében is. Itt megállapították, hogy

a) magas légnyomású területeken, amikor erős inverziók lépnek fel, 200 km-es úthossz után 10—20 dB-es térerősségnövekedés várható (az 1 $\mu\text{V}/\text{m}$ felett),

b) a legrosszabb terjedés a troposzféra mély nyomású (alacsony légnyomású) területei felett várható, itt a közepes térerősség 10—15 dB-lel a normálérték *alatt* mutatkozik,

c) a talajközeli inverziók nyáron a 3 méteres hullámok napi menetében (200 km-es szárazföld feletti terjedést figyelembe véve) kb. 10 dB, télen csak kb. 3—6 dB javulást mutatnak. A tenger felett — ahol a terjedést rosszabbnak találták — inkább déli felé van a nappal folyamán kisebb térerősségemelkedés,



13. ábra

Az angol időjárás szolgálat terjedési görbéi a méteres hullámok számára. A növekvő számozású görbék a javuló vételt jelentik, a körbe írt számok az adóállomásokat

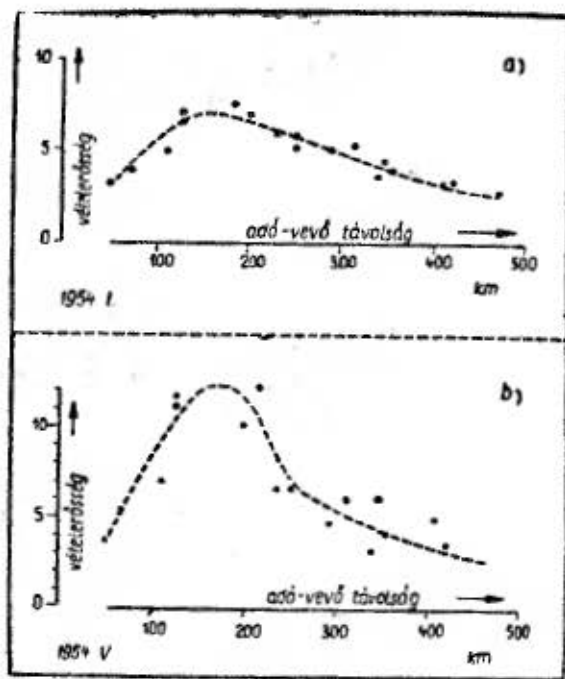
d) ha a havi közepes térerősségértékeket vizsgáljuk, rögtön látjuk, hogy a tenger felett, kora nyártól télig 8–12 dB-es csökkenést tapasztalunk, míg a szárazföld felett két maximum is felfedezhető, egyik tavasszal, másik ősszel; ha azonban bármelyik évszakban magas nyomású időjárás alakul ki, akkor az a) pont alattiak érvényesek,

e) felsiklási frontok esetében a térerősség erős emelkedést mutat, de — ha a hidegfront, vagy a frontok összekeveredése következik be utána — hirtelen 40 dB-es térerősségcsökkenés is előfordul,

f) periódus nélküli, gyors fadingek is elfordulnak, ezek leg többjét szintén meteorológiai elemek okozzák.

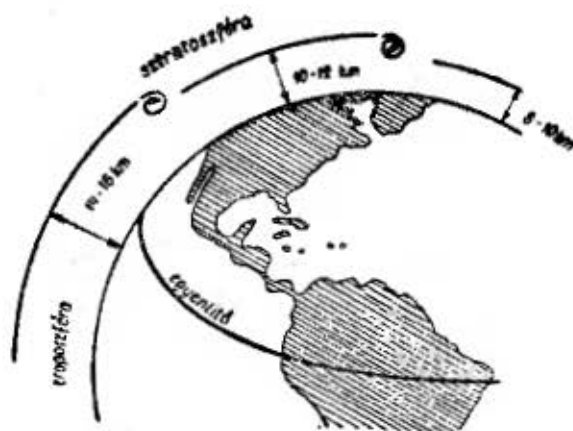
Méréseken alapuló terjedési görbéket mutathatunk be (ugyan csak a kühlungsborni kutatások eredményeiből) a 14. ábrán. A felső görbe a téli (januári), az alsó pedig a nyári (júniusi) terjedést ábrázolja.

Bár — amint említettem — a troposzféráról sok újat nem mondhatunk, a rádióamatőröknek sem, az egész réteg mai elképzelését mégis illik bemutatni. Eszerint a troposféra magassága



14. ábra

A 100 MHz-es hullámok terjedési viszonyai szárazföld felett januárban (a) és júniusban (b)



15. ábra

A troposzféra kiterjedése; magassága az egyenlítőtől a sarkok felé egyre csökken, felső határát, a tropopauzát meg-megszakítják a jet-streamek, a szakadásokon keresztül közlekedhetik a felette lévő sztratoszférával

igen változó, az egyenlítő felett a legmagasabb, a sarkok felett a legalacsonyabb. Közben azonban nem egyenletesen süllyed, hanem meg-megszakítják az ún. „jet-streamek”, amelyeknek két legfőbb folyama a sarkkör vidékén és nem messze alattunk délre folyik. Ezek, mint folyók a tengerben, mint a Golf-áram az Atlanti Óceánban, nagy sebességű szelek a „légtengerben”, amelyekben örvények, örvénylések is vannak. A troposzféra és a sztratoszféra között még van egy közbeeső, elválasztó, vékony réteg, a tropopauza, igen hasznos réteg, mert nem engedi alászállni a temérdek, nukleáris robbantásból származó terméket. Ezek a szélfolyamok azonban megszakítják a tropopauzát és rajtuk keresztül áramlik le mégis a mérgező anyag a földfelszínre.

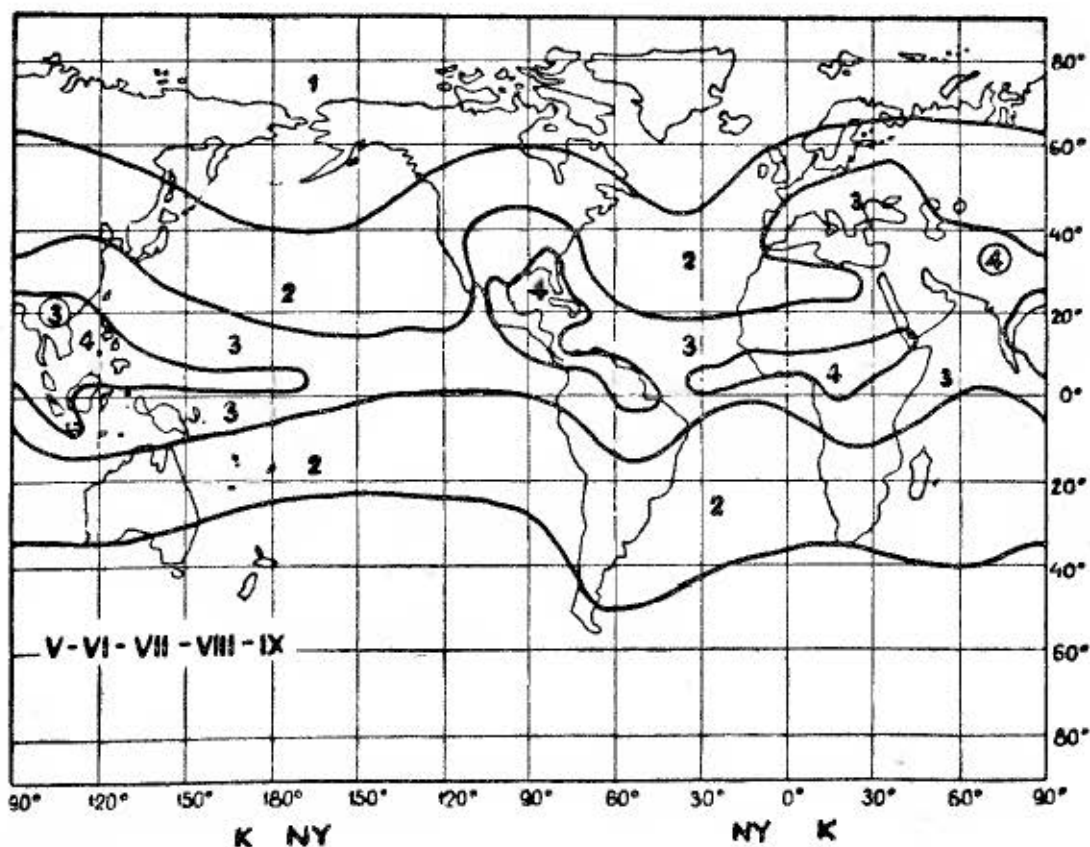
Valószínű, hogy a troposzférát záró, tropopauza réteg felhasználható lenne a méteres hullámok lapos szög alatti „csúsztatására”! (15. ábra).

3.5. A légköri zavarok

Igaz, hogy a légköri zavarok nem befolyásolják a rádióhullámok terjedését, ha vannak, ha nincsenek, a rádióhullámok ügvet sem vetnek rájuk — de mi, akik a hullámoknak hasznát akarjuk venni, igen.

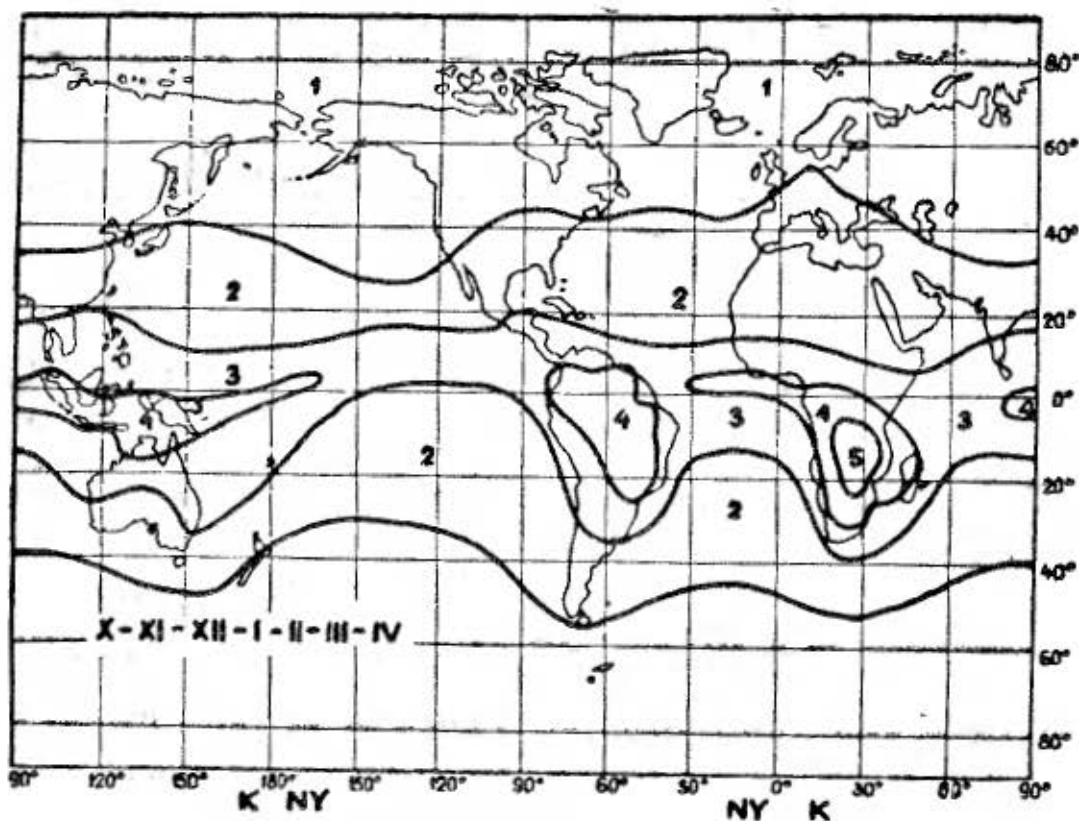
Biztosan minden rádióamatőr tudja már, hogy a légköri zavarok a zivatarfelhőkben keletkezett villámokból terjednek szét az egész Földre.

A villámkisülés menete lehetővé teszi, hogy ne csak a villámpálya hosszának és a töltések térfogatának megfelelő hullámhossz keletkezzék, hanem még sok, ennél rövidebb is. Az előbbieket ismeretében aztán már nem csodálkozunk azon, ha az egész világra szétterjednek az ionoszféra különböző rétegei segítségével.



16. ábra

Különböző fokozatú zörejekkel bíró területek a nyári félévben

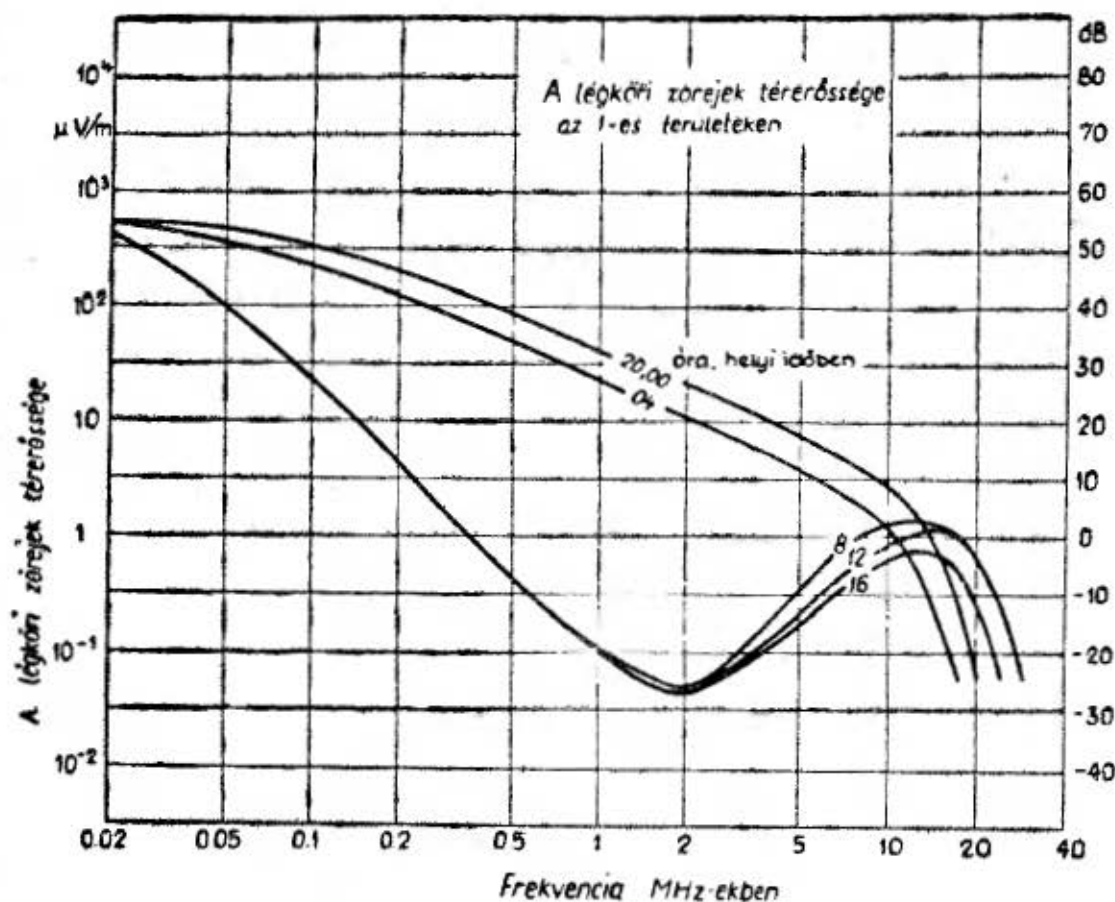


17. ábra

Különböző fokozatú zörejekkel bíró területek a téli félévben

Csak aki többször foglalkozott távolabbi, főként a tőlünk délre fekvő vidékekkel való összeköttetések problémáival, ismeri jól a légköri zavarok fontosságát. Hosszú hullámokon is gyakoriak a géptáviró adók és bizony nem egyszer „üti ki” valamelyik betűt, vagy egy betű valamely „alkatrészét” a sercegő légköri zavar. Ne gondoljuk azonban, hogy rövid hullámokon nem érdekes: kutatnak légköri zavarok után még a tíz méteres sávokban is... Nyilván nem olyan erősek, mint hosszabb hullámú „felhangjaik”, de terjedésük sokszor éppen azért sikerül, mert rövid a hullámuk.

Nagyon kevés olyan magyar cikkel találkozhatunk, amely a légköri zavarokról adna bővebb felvilágosítást. Erre most sincsen mód, de igen fontosnak tartanám annak megemlítését, hogy bármilyen rádiós közvetítés tervezésénél külföldön feltétlenül számításba veszik a légköri zavarokat is. Egyszerűen felvesznek egy bizonyos térerősséget (tapasztalatból), amekkorára becsülik a vétel helyén előfordulható légköri zörejek erősségét és az odajuttatandó rádióhullámnak nyilván *ennél nagyobb térerősségűnek kell lennie* — különben feleslegessé válik az egész munka.



18. ábra

Az első fokozatú zörejtérerősség grafikonja

Sajnos ez a becslés egyáltalában nem egyszerű, még sokkal több tapasztalatra lenne szükség, ezt célozzák a CCIR, az IQSY és más ajánlások is, erre hívják fel az országok figyelmét. Jelenleg még csak egy régebbi felmérés eredménye áll rendelkezésre, ez megmutatja, hogy mikor nálunk (az északi félgömbön) nyár van, a világ mely területén mekkora fokozatú zörejekre lehet számítani. Hasonló képet mutat a nálunk téli félévre rajzolt térkép. A 16. és 17. ábrán látható térképek szemléletkor arra is gondoljunk, hogy a világ sok területén szinte állandóan vannak zivatarok és ezek a zivatargócok folyamatos forrásai a zörejeknek. Az is nyilvánvaló azonban, hogy a különböző terjedés miatt a zavarok mégis bizonyos területeket árasztanak el nagy térerősséggel és másokat kisebbel. Éppen ezeket a területeket tünteti fel a két térkép.

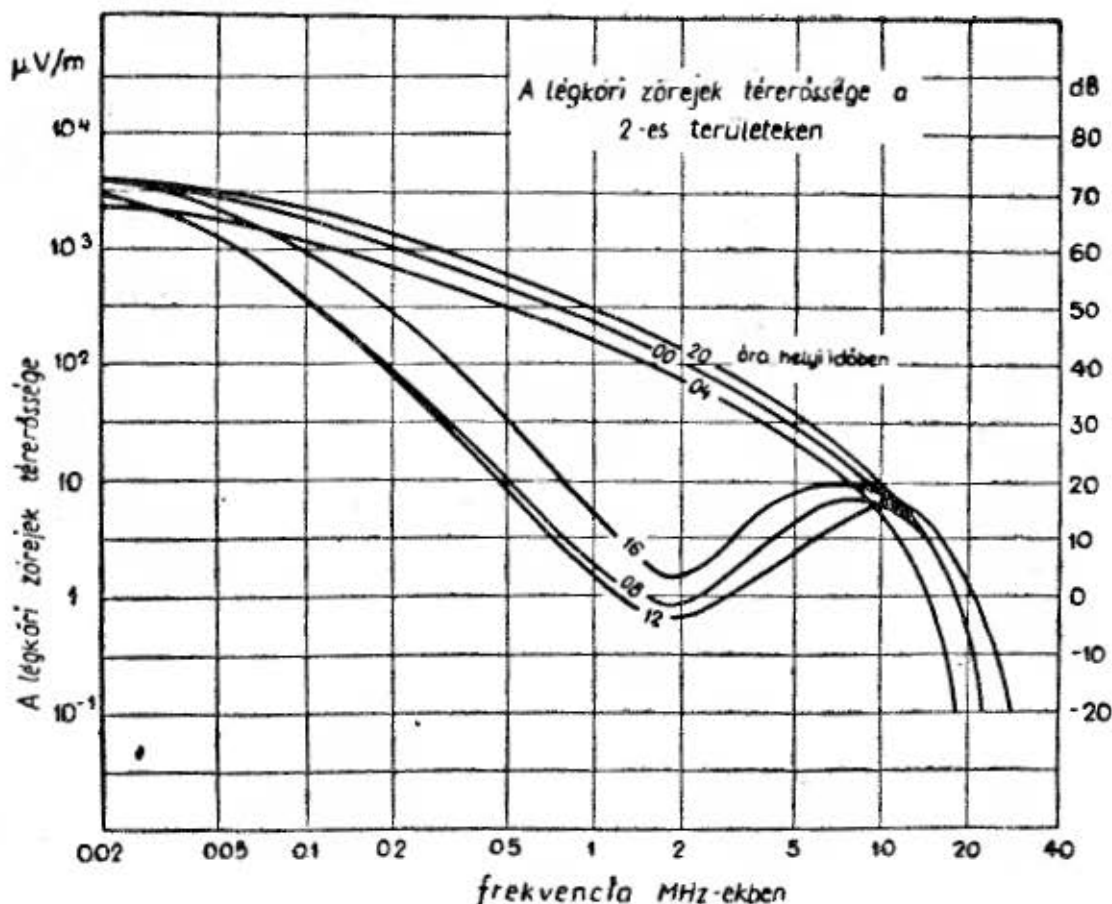
Bármekkorák is lennének a térképek, semmi esetre se lehetne odairni az egyes területekre, hogy a különböző frekvenciákon mekkora zavartérerősség (zavarnívó) várható... Ezért csak zavarfok-

számok szerepelnek rajtuk és minden egyes zavarfoknak külön grafikon felel meg, ezeken aztán frekvencia és helyi idő szerint találhatjuk meg a zavarnívó mértékét. Az öt zavarfoknak megfelelően öt zörejnívó-grafikon áll rendelkezésre (18., 19., 20., 21., 22., ábra).

Egy példát nézzünk meg a grafikonok használatára. A kívánság: Budapest—Accra összeköttetés, augusztusban. Accra (kb. 0° Ny, 5° É) a 16. ábra szerint nyáron a 4-es fokozatú zörejnívó területén van. A 21. ábra mutatja a 4-es fokozatú zörejnívó értékeit; ha az összeköttetést a délelőtti órákban kívánjuk, pl. 10 MHz körüli frekvencián, úgy az Accrában várható zörejt 14 dB-re tehető ($1\mu\text{V/m}$ felett) — az említett frekvencián.

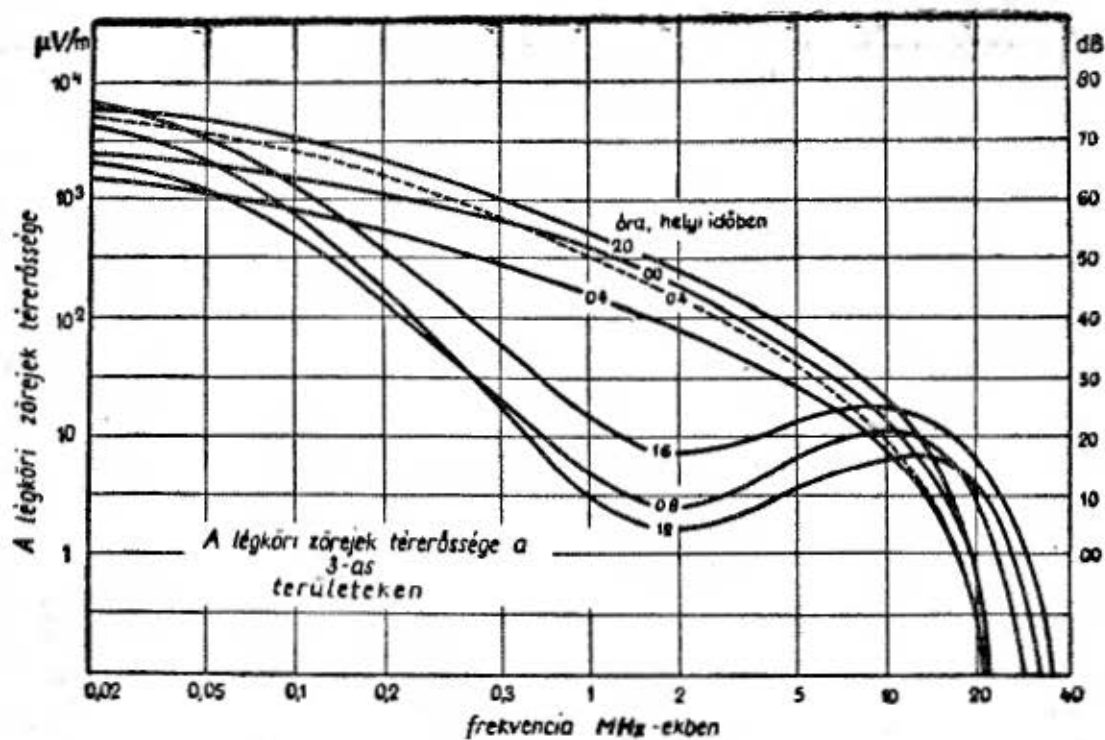
Ez a zörejnívó és Accrában nem nagy, de nézzük csak meg, mi lenne akkor, ha csupán egy 150 kHz körüli frekvenciájú, nagyobb teljesítményű adó állana rendelkezésünkre?

Ugyanebből a grafikonból 150 kHz esetében a délelőtti órákra már több, mint 60 dB-es zorejtérerősség vehető ki! Ez az egy példa talán megmutatja, hogy miért használják külföldön ezeket a grafikonokat!



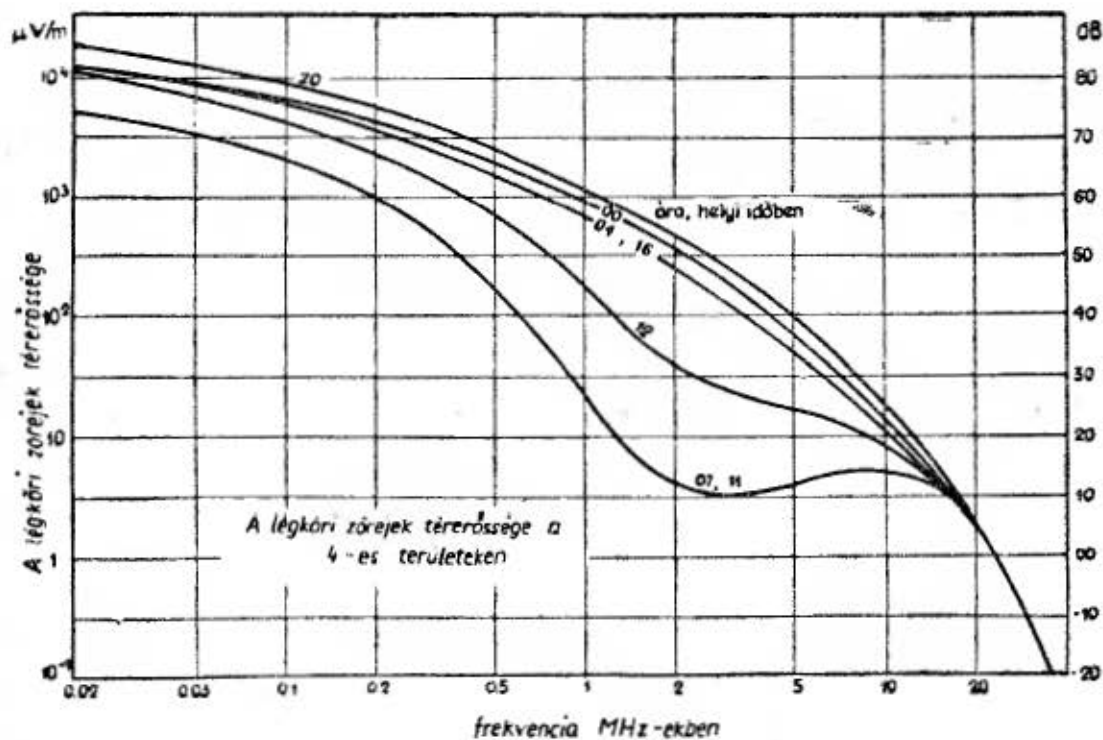
19. ábra

A második fokozatú zorej-térerősség grafikonja



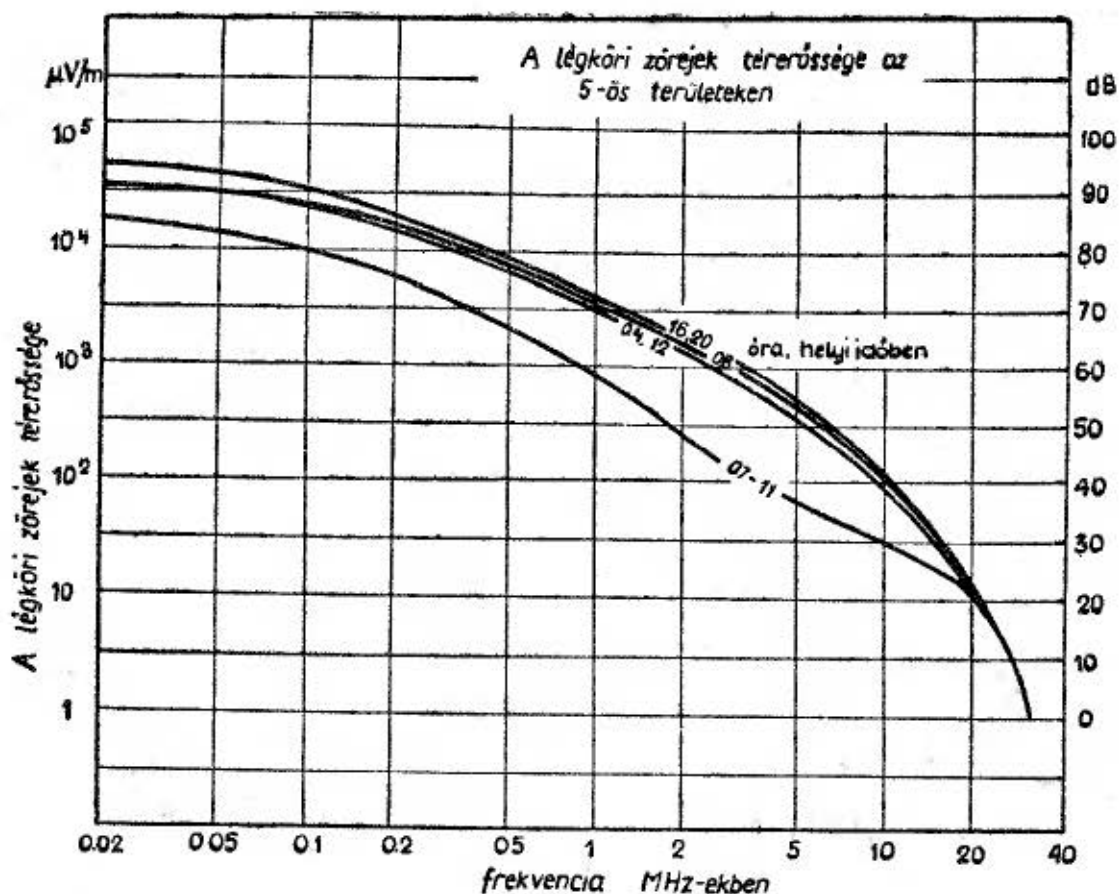
20. ábra

A harmadik fokozatú zörejtérerősség grafikonja



21. ábra

A negyedik fokozatú zörejtérerősség grafikonja



22. ábra

Az ötödik fokozatú zörejtérerősség grafikonja

3.6. A meteorok

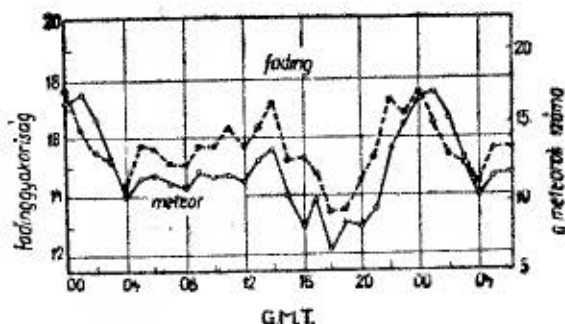
Már megemlítettük, hogy naprendszerünk határán egy óriási gömbhéjat sejtünk, amely üstökösök rengetegéből áll. A csillagászok elképzelése szerint ebből a gömbhéjból szakadnak le a kisebb-nagyobb üstökösök és a legkülönbözőbb pályákon szelik át később a naprendszert. Rendszerint nagy sugarú ellipszis pályát kapnak már bejövetelükkor és a naprendszerben a rengeteg vonzás, pályaváltozás következtében lassan eltöredeznek vagy nekimennek valamelyik bolygó gázkörének, ami szintén halálukat jelenti. Mindenesetre igen valószínű, hogy belőlük keletkeznek a meteorok, kisebbek-nagyobbak. A nagyobbakat jól ismerjük: ők azok a bizonyos „hulló csillagok”, amelyek hosszú, fényes sávot húznak a tiszta, augusztusi égboltra.

A legtöbb meteor azonban szabad szemmel, sőt távcsővel sem látható. Egyes kutatók a mesterséges holdakra tett mikrofonok és a

meteorok zaját felvevő magnetofon tanúsága szerint arra gondolnak, hogy naponként egy cm^2 területre (100 km magasságban) több mint 8 milliárd, legfeljebb gombostűfej-nagyságú meteor hull a légkörbe. Ezek sokszor igen nagy sebességűek, elérik a 100 ezer km-t is óránként, éppen ezért a légkörbe jutva hamar elégnék a levegő molekuláiba történő ütközésük következtében. Ha egy 0,2 mm átmérőjű meteor izzásba jön, menetközben méterenként legalább egy billió iont (elektront) szolgáltat. Ha ilyen sok a meteor, vajon nem járulnak-e hozzá az ionoszféra valamely rétegének sűrűsödéséhez? — kérdezhetné valaki és a felelet máris egy ábra alakjában jelentkezik (23. ábra). A meteorok nyilván az alsóbb légrétegekben, tehát

23. ábra

A meteorok hatása: a hosszú, kilométeres hullámok terjedését is befolyásolják a meteorok. Egy 70 kHz-es irányadó vételerősségingadozása jó együttfutást mutat a beeső meteorok számával



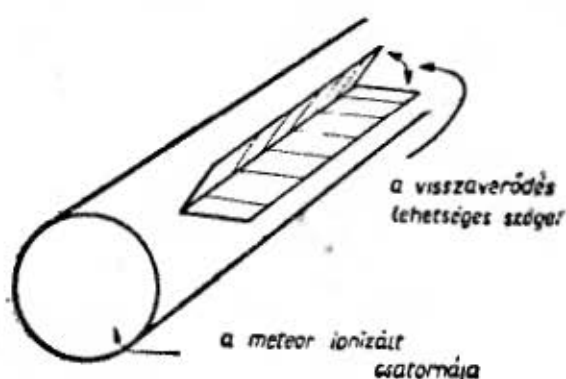
leginkább a D-rétegben ionozhatnak, mivel itt izzanak fel (fenn még ritka hozzá a levegő), ezért az ionizáció-többlet a hosszú hullámoknak kedvez. Egy 70 kHz-en működő irányadó hullámait regisztrálták és azt találták, hogy a vételerő-ingadozások együttfutást mutatnak a *meteorvékenységgel* (ez alatt pedig azt értjük, hogy minél több meteor zuhan be a légkörbe egy egységnyi vízszintes területre, vagy egységnyi idő alatt).

Már ebből is látjuk, hogy *érdeemes a meteorokkal foglalkozni*. Nézzük most meg, hogyan osztályozzák őket. Vegyük a legegyszerűbb osztályozást: mivel a legtöbbje üstökösből keletkezett, és a Föld Nap körüli pályája közben olykor-olykor találkozik ilyen „volt”, de már csak darabokból álló üstökössel. a darabokat, a meteorokat, amelyek „rajokban” árasztják el a légkört, így együttesen arról az üstökösről nevezik el, amelynek a szétrobbanásából keletkeztek. Ezért beszélünk pl. Perseid-, Geminid-rajokról, ahogyan ugyanilyen üstökösökről beszéltek őseink... Illetve, egy-egy ilyen üstököst visszamenőleg neveztünk el, még, ha nem is láttuk őket.

A meteorok sokféle irányból érhetnek a Föld légkörébe és a légkörben elért sebességük függ nyilván az előző, saját sebességüktől, aztán a Föld napköri sebességétől is. Az egyes, megkülönböztethető rajoknak már számították az átlagos sebességét is (egyes meteorokat radarokkal is figyeltek). Ottawában pl. egy 2 megawat-

tos radarral 500 Perseid-meteort figyeltek meg. Ezek 90%-a olyan nyomot mutatott, amelyről már jó rádióvisszaverődést lehet kapni. Sebességük 80 km magasságban kb. 60 km/mp volt. Ugyanekkor *cm-ként* ebben a magasságban ezer billió ionpárt keltettek. Ez az ionizáció már valóban elegendő arra, hogy még a deciméteres hullámok is visszaverődhessenek róluk.

A meteornyomot — még ha nem is világít — úgy foghatjuk fel, mint egy kb. 2 méter átmérőjű fémcsövet (24. ábra), amelynek



24. ábra

A meteor készítette ioncsatorna, amelyről a méteres rádióhullámok bizonyos szög alatt visszaverődhetnek

az oldaláról, az alkotója mentén visszaverődhetik az a rádióhullám, amely elég kicsiny, elég rövid, a csatorna méretéhez képest. Természetesen a „fémszerű” visszaverődés csak addig a frekvenciáig terjed, amely messze alatt van az itt elképzelhető „határfrekvenciának”. Mindenesetre a kísérleteket nem egy helyen 200 MHz-es adókészülékkel folytatták, így biztosak lehetünk abban, hogy a 144 MHz-es sávban van esélyünk a meteor-közvetítésre.

Sok kutató intézet végzett megfigyeléseket a meteornyomokkal végzendő hullámtörés, hullámtovábbítás lehetőségeinek vizsgálatára.

Hosszadalmas vizsgálatok eredményeképpen tudjuk, hogy a meteorvisszaverődések akkor előnyösek, ha az adóállomásból kisugárzott hullám nem messze a vevőállomás felett törik le a vevőantennába. Ez érthető is, mert a visszavert hullám mindig gyengébb (a meteornyom abszorpciója jelentékeny), a gyenge térerősségű hullám tehát ne utazzék sokat a légkörben.

Megfigyelték 50 MHz-en, hogy egy Perseid-raj esetén (Angliában) milyen sűrűn következik be az egyik távoli televízió-adó hullámának visszaverése. Ezeket a rövid ideig tartó visszaverődéseket, éppen úgy, mint a Napból jövő, különböző frekvenciájú, de szintén rövid ideig tartó rádiófrekvenciás „kitöréseket” „burst”-nek (börstnek) nevezik világszerte. Nos, a sűrűség meglepő volt: a legtöbbször előforduló időköz 2—8 mp! Regisztrálták még az egyes börstök időtartamát is, ez leggyakrabban 0,4—1,2 másodperc közé esett. Vizs-

gálták még a bürstök hullámformáit és két fő csoportba oszthatták őket:

a) a kezdet meredek emelkedés, majd exponenciális lefutás, melyen kisebb-nagyobb fadingek találhatóak, az időtartam ebben az esetben rövid,

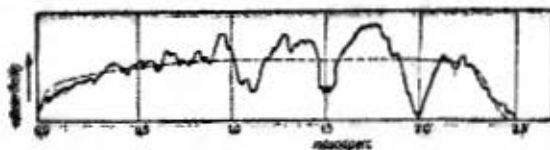
b) a kezdet inkább fokozatos emelkedés, ezután állandó amplitudó, majd vegyesen kialakuló fadingek, de hosszabb élettartam, mint az a) alatti.

A meteorokról visszaverhető frekvenciák biztos megismerése végett, de főként azért, hogy melyik frekvenciával tarthat legtovább a visszaverődés, egy másik, sokkal költségesebb kísérletet is végeztek Amerikában. Készítettek egy adóberendezést, amely mp-ként háromszor végigsöpörte az 50—100 MHz-es sávot; az antenna egyszerű szélessávú dipól volt egy ernyő felett, melynek iránya dél felé mutatott, 60 fokos irányban felfelé. A vevőkészülék, amelyet a berendezés párhuzamosan hangolt az adókészülékkel, külön vevőantennával működött, a hozzákapcsolt katódsugárcsővön az $1\mu\text{V}/\text{m}$ -es jel már látszott. Két évig működött ez a berendezés, minden nap. A pár szóra leszűkített eredmény: a leghosszabb időtartam 4 (négy) perc volt, a tizedmásodpercesek dominálnak, 60 MHz-es hullámoknál a közepes idő 10 mp volt, a maximális távolság, amelyről visszaverődést kaptak 2000 km. A legtöbb visszaverődést a Perseidák-zápora adta (több 30 mp-es visszaverődést), majd sorrendben a Geminidák-, Quadrantidák- és az Aetidák raja következett. Ha a 70 MHz-en kapott visszaverődések időtartamát egységnek vesszük, úgy csökkenő frekvenciával növekszik a bürstök időtartama.

Egy másik kísérlet alkalmával Gibraltárban 37 és 70 MHz-es sávban dolgozó adóberendezést helyeztek el, 30 kW teljesítménnyel. Az antennája nem pontosan északra, hanem ettől 12 fokra keletre, majd nyugatra irányította a rádióhullámokat. A legtöbb bürstöt így kapták, nyugat felé éjjel (21—09 óra között), kelet felé nappal. A legkevesebb visszaverődés délután 18 órakor volt. (A vevőt Angliában, Slough-ban helyezték el.)

Pontos számításokkal is meghatározták, hogy azokról a meteor-nyomokról lehet a legjobb és legbiztosabb bürstöket kapni, amelyek az adót és vevőt összekötő főkörtől keletre vagy nyugatra 5—12 fokra vannak.

A Nap körüli keringésből is következik, hogy a legtöbb meteor-ral akkor találkozunk, ha éppen „elől” vagyunk a Föld forgása közben, vagyis reggel 06 órakor (ahogyan az esőben is elől ázunk meg legjobban) és a legkevesebbel fordított esetben, ha hátul vagyunk, éppen 18 órakor.



25. ábra

Egy meteorról történt hosszabb visszaverődés vételek erősségének változása (36 MHz-en)

Előfordul, hogy az E-rétegben, különösen a magasabb szélességi fokokon, a földmágnesség hatására sűrűbb, oszlopszerű részlet keletkezik, erről is lehet, még 200 MHz-en is visszaverődést kapni, ennek azonban a visszaverődési oszcilloszkóp-képe „szálkás”. A meteorok burstjének képe mindig hasonlít a 25. ábrán látható rajzhoz, melyet egy 36 MHz-es visszaverődés alkalmával fényképeztek.

A rádióamatőrök ismereteinek gazdagítására meg kell emlékeznünk a kanadai katonai rádióösszeköttetések egyik olyan alakjáról, amely éppen a meteorokat veszi alapul. Itt nemcsak a burstöket, amelyek mégis „több” ideig tartanak, használják ki, hanem a „ping”-eket is (így nevezik a motorban a koppanást), amelyek alig tartanak egy-egy tized mp-ig.

A kanadai „Janet”-rendszer a következőképpen működik:

A frekvencia 40 MHz, a sávszélesség 7 MHz (!), a jel/zaj viszony nagyobb 12 dB-nél. Az adóhullámot állandóan egy hangfrekvenciával modulálják. Ha az ellenállomás szintén állandóan bekapcsolt vevője elegendő erős jelet kap, visszajelzést ad az adónak, amely a gyorsított felvételű szöveget mindaddig sugározza, amíg a visszajelzés tart.

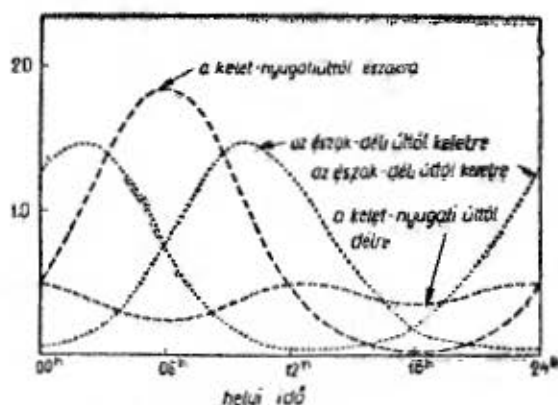
Ezt a rendszert évek óta használják, kb. 500 W adóteljesítménnyel, az idő 50%-át lehet teljes biztonsággal kihasználni. Csak annyi kezelés szükséges, hogy a leadandó híryanagot szalagra kell venni (nagy sebességgel), majd a vevőoldalon a megfelelő sebességgel lehallgatni, illetve a szalagról a távirógép veszi le a szöveget. Állítólag gazdaságosság szempontjából is beválik ez a rendszer, mert megfelelő automatizálás mellett kevés az üzemeltetés.

Valószínű, hogy a meteorokkal kapcsolatos összeköttetések ennyi technika felhasználásával beváltják a hozzájuk fűzött elképzeléseket, mert sok kísérletet végeztek, Kanadában is, a meteorok beesésével, irányukkal és ionizációjukkal kapcsolatban. Annyira vitték ezt a tudományt, hogy előrejelzéseket is készítenek, vajon adott helyről mely irányokban, milyen napszakokban érdemes a „via-meteor” rádióadásokat sugározni? Ilyen előrejelzési grafikont látunk a 26. ábrán.

Van az előrejelzéseknek egy „könnyű” oldala, ezt magunk is azonnal meggondolhatjuk: ha egyszer kozmikus okokból (napkörüli

26. ábra

Előrejelzések a kanadai, meteorokat használó rádióforgalom számára: a nap melyik szakasza, melyik irányban használható ki a legjobban?



keringés) természetesen mindig a reggel 06 óra „vonala” kaphatja a legtöbb meteort, akkor kelet felé nyilván reggel 06 óra előtt, nyugat felé pedig kissé ezután próbálhatjuk meg a legnagyobb valószínűséggel az összeköttetést.

Ezek az összeköttetések annál könnyebben mennek, minél nagyobb teljesítménnyel dolgozunk, éppen azért az amatőröknek sokkal nehezebb helyzetük van, mint a kilowattokkal rendelkező kutató intézményeknek vagy másoknak...

3.7. A „poláris sapka”

Többfelé, így a szovjet „RADIO” folyóiratban is olvashatjuk az „auróra-összeköttetéseket”. Nem tartom valószínűnek, hogy a közelgő napfolt-minimum miatt egyáltalában előfordulhasson akkora sarki fény, amekkorának részecske-sűrűsége felettünk elegendő lenne a rövid, dekaméteres hullámú összeköttetésre (bár nem lehetetlen). De úgy gondolom tartozom a magyarázattal.

Az előző fejezetekben, különösen a magnetoszféráról szólóban láthattuk, hogy mennyire behatolnak a Nap részecskéi a légkörbe és azt is, hogy különösen a sarkvidék felett mennyire összesűrűsödhetnek a töltött részecskék. Ez a sűrű tömeg a mesterséges holdak mérései szerint úgy veszi körül a sarkokat, mint valami hegyes sapka. Amikor nagy a sűrűség, már eleve feltételezik a sapka alakot és a jelentésekben is a „polar cap”, vagyis „sarki sapka” szerepel.

Ennek a sapkának legfőbb tulajdonsága az abszorpció, az elnyelő réteg olykor már 30 km magasan kezdődik és legalább 90 km-ig tart. A szélességi fokok szerint a Föld ezt a sapkát néha még az 57. szélességig is a „fejére húzza”. Hamar létrejön, egy protuberancia terméke a légkörbe érven, akár egy óra alatt is kialakítja, de annál lassabban, olykor 10 nap múlva oszlik csak szét teljesen.

Ha ez a sapka elegendő elektront is tartalmaz, az oldaláról mint egy rétegről lehet visszaverődést kapni meglepően magas frekvenciákkal is.

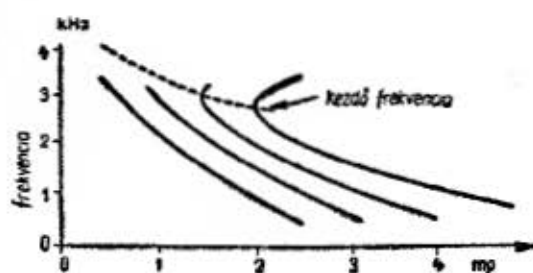
A kühlungsborni obszervatóriumban 33 MHz-es radar figyel állandóan a poláris sapka fejlődését. Néha már 6—800 km távolságban is fedez fel rojtokat a sapka szélén.

A visszaverődés sok esetben diffúz, ilyenkor rádióközvetítésre nem alkalmas. A sarkvidékhez közel lakó amatőrök azonban sok esetben fel tudják használni egymás közötti összeköttetésekre még 28 MHz-en is.

4. AZ EGYES FREKVENCIASÁVOK — ÉS AMIÉRT ÉRDEKESEK

Kezdjük talán a legkisebb frekvenciákkal, akkorákkal, amelyek nem is szerepelnek a megadott hullámsávok között. Az nem is lenne érdekes, ha valaki mesterségesen állítana elő 1 Hz-es, sőt annál kisebb frekvenciájú rezgéseket, technikai kérdés ez csupán, de azt még mindig nem tudjuk, hogy a Föld milyen technikával állítja elő ezeket az igen szaporátlan frekvenciákat. Már 1948-ban közölték, hogy 25—400 Hz között sugároz a Föld különböző elektromágneses rezgéseket. Később ebből kiemelték néhány, 10—30 Hz közötti frekvenciát, amelyről azt lehet gondolni, hogy a földfelület és az ionoszféra alsó felülete, mint két vezető között jött létre (az indító okot a villámok adják). Valahogyan rezonanciába került ez a frekvencia az említett felületek adta „üregrezonátorral”. Ez könnyen lehetséges, de azóta már ott tartanak, hogy a Föld sugároz 1 Hz alatti frekvenciákat is. Gyanítható, hogy ezek a rezgések a földi áramok, a Föld mágneses terében bekövetkező változások miatt jönnek létre. Jelentős a térerősségük, általában helyi időben délben van a minimumuk kb. 30 $\mu\text{V}/\text{m}$ -es és éjszaka a maximumuk 100 $\mu\text{V}/\text{m}$ -es térerősséggel (főleg a 20—200 Hz-es sávban!).

Még mindig ne kezdjük el a hivatalos „sáv” tárgyalását, mert most meg a magnetoszférába visz az útunk. Már ott emlegettük, hogy hangfrekvenciás elektromágneses rezgések keletkeznek benne. Lehetséges, hogy ezeket a rezgéseket egy-egy villám igen alacsony frekvenciájú zöreje hozza létre, ez a zöreje elektromágneses rezgés alakjában a mágneses erővonalak mentén feljut a magnetoszférába. ott az erővonalak között annyit hányódik-vesződik, hogy szinte *zenei hanggá* töredezve jut vissza a földre. Az is lehet azonban, hogy az erővonalakba berántott, külső részecske csavarog úgy odafenn, hogy a mozgásából elektromágneses hullám lesz.



27. ábra

A whistlerek egy fajtájának időbeli lefolyása. Magas hanggal kezdődnek és fokozatosan mélyülnek, esetleg két hang, egy emelkedő is hallatszik

Ezt még nem tudjuk, de ezeket a hangokat, melyek a füttyökhöz hasonlítanak a legjobban, már sokfelé vizsgálják és „whistlereknek” (füttyöknek) nevezték el — általánosságban. A vizsgálatok azonban már sok fajtájukat fedezték fel. Egyik legérdekesebb alakjuk a 27. ábrán látható, ezt *nose-whistlernek* nevezik; ezért érdekes, mert elkezdődik egy bizonyos, mondjuk 2 kHz-es hangon, aztán a továbbiakban egyszerre két hang is hallatszik: egy magasodó és egy mélyülő. A kezdő, az „orr”-hang *frekvenciája* egyes kutatók szerint *jellemző a magnetoszféra helyi sűrűségére*. Már elnevezés szerint is érdeklődésre számíthat az ún. „dawn chor”-whistler, ezeket már Európában is figyelik, több obszervatóriumban. A nevét onnan kapta, hogy a felfedező obszervatórium közelében levő tóban a békák hajnalban valami ehhez hasonló, „hajnali kórust” hallattak az észlelővel.

A whistlerek valószínűleg még sok meglepetést okoznak a rádiósoknak éppen úgy, mint a fizikusoknak, akik a magnetoszférával foglalkoznak.

Ezek után áttérhetünk az első sávra, amelyet *miriaméteres*, azaz tízezerméteres sávnak neveznek. Ha a természetes elektromágneses rezgések ismertetését akarjuk tovább folytatni, akkor itt elsősorban a légköri zavarokra gondoljunk. Ezek itt tombolják ki magukat, kb. az 5—7 kHz táján van a maximális térerősségük. Ebben a sávban inkább mV/m-es térerősségre kell gondolnunk, semmi esetre se kisebbre, még akkor is, ha távol van a zörejeket keltő zivatar.

A 10 kHz körüli sáv már mesterséges rezgések miatt tarthat számot érdeklődésre: ezen a sávon lehet azonnal észlelni, ha valahol a talaj felett nukleáris szerkezetet robbantottak.

A 14,5 kHz-en már rádióállomás működik (GBZ), 16 kHz-en is (GBR), ezek pontos időjelzést is szoktak adni. Tulajdonképpen a hi-

vatalos kiosztás szerint 20 kHz-en kellene „hiteles” frekvenciát sugározni valamely államnak, azonban tudomásom szerint sem ezen a frekvencián, sem az 50 kHz-en — legalábbis állandó jelleggel — ilyen munka nem folyik.

A *kilométeres hullámhosszú* sáv legnagyobbbrészt rádiónavigációs szolgálatot végző adóállomásokkal, (itt a legkevesebb az ionoszféra káros behatása az irányításra) majd 150 kHz-től kezdve a sáv végéig műsoradókkal, irányadókkal van telítve.

Ugyanez mondható el a *hektométeres sáv* kezdetére is; itt meg kell jegyeznünk, hogy a 490—510 kHz-es sávot a nemzetközi rádiótávírószolgálat *hívó- és segélykérő sávnak* sajátította ki, elsősorban a *tengeren járó hajók*, illetve a felette repülő gépek számára.

Jól ismerjük az 525—1 605 kHz-es sávot, ez a *műsorszóró, hektométeres sáv*; valóban nyüzsögnek benne a műsorszóró állomások és lassan csak jól megépített keretantennával lehet egy-egy műsört élvezni, beszámítva a helyi adókat is.

1800—2000 kHz között van az *első amatőrsáv*. A környékünkön Ausztriának és Csehszlovákiának engedélyeztek ebből a sávból egy-egy 200 kHz-es „szalagot” (keskenysége miatt). Ezen a sávon igen gyenge az amatőr élet, annál is inkább, mert mind a légi, mind a tengeri mozgó- és állandóhelyű, navigációt szolgáló rádióállomások felhasználhatják, az amatőrök legfeljebb 10 wattos kimenő teljesítményt kaphatnak.

A 2182 kHz ismét *segélykérő frekvencia*, de itt már fóniával történhetik a hívás.

2300—2498 kHz-en van az *első sáv*, amely a trópusokra műsorszórást engedélyez. Ezek a frekvenciák nem alkalmasak az ionoszférán való továbbításra.

A 2500 kHz *hiteles frekvencia* és egyben pontos időjelzést is szolgáltat, ezekről a frekvenciákról külön fejezetet adunk.

A *dekaméteres hullámsávban* a 3,2—3,4 MHz között találhatjuk az *első műsorszóró sávot*, amely bárhol, az egész világon használható és, amelyet nálunk a légköri zavarok néha élvezhetetlenné tesznek.

Az *első „komoly” amatőrsáv* a 3,5—3,8 MHz között található, ez az ún. *80 méteres sáv*.

Mind az F1, mind az F2 réteg határfrekvenciái nappal magasan felette vannak ennek a frekvenciának, emiatt nagyszerű terjedésre lehetne számítani, ha a D-réteg szinte teljesen el nem nyelné. Ezért nappal csak felületi hullámként lehet felhasználni. 3—400 km érhető el ezzel a frekvenciával, teljesítmény szerint. Nappal holt zónára (azaz olyan körgyűrű területre, amelyre az adóállomás hulláma a

földfelületen a talaj abszorpciója miatt *már nem jut el*, de amelyre az ionoszférából még nem érkezhetsz le) nem is lehet számítani, ionoszférikus terjedése nincsen. Este, amikor a D-réteg szinte nullára gyengül, az F2-réteg segítségével már 1000 km-es távolságot is át lehet vele hidalni. Szerencsés esetben nyugat felé elképzelhető a tengerentúli összeköttetés is, ha a két állomás sötétben van. Sok ebben a sávban a légköri zavar. A naptevékenység hatása alig érezhető a 80 m-es sávban.

A világ más részeiben ezt a sávot az amatőrök számára 3,9 MHz-ig, illetve 4,0 MHz-ig terjesztették ki.

4,75—4,995 MHz között műsorszóró sávot találunk, mely nálunk szintén ritkábban élvezhető.

A 4,995—5,005 MHz sávon belül az 5,000 MHz hiteles frekvencia.

5,005 MHz-től 5,060 MHz-ig találjuk az itt is élvezhető első műsorsávot, amelyben már más világrészek zenéje is „fogható”, leginkább hajnaltájban, ezt az ún. 50 méteres sávot nálunk mégis leginkább az 5,950—6,200 MHz-es sáv jelenti.

A 7,000—7,300 MHz-es sáv az amatőrök 41 méteres sávja. Ebből Európában csak a 7,000—7,100 MHz-es sáv marad. A többiben műsoradoók vannak, ez a 40 m-es táv.

Ez az amatőrsáv alkalmas mind a közepes, mind a nagy távolságú összeköttetésre. Nappal a D-réteg miatt az átlagos távolság csak kb. 800—900 km-re tehető, de már ez is az E-, esetleg az F1-réteg segítségével. Mint felületi hullám — természetesen a teljesítménytől függően — csak 50—100 km távolságra terjed, 100 km-en túl tehát nappal elég széles, *holt zóna* következik.

Este a D-réteg gyengülése folytán minden távolság megnövekszik. Mint felületi hullám is, valamivel nagyobb távolságra terjed (100—150 km), de ezután akár 1000 km-es sugarú holt zóna következik. Ha ezt az állapotot „fogjuk ki”, akkor több ezer km-es dx-eket érhetünk el ezen a sávon. Éppen jó tulajdonságai miatt a legtöbb esetben nemcsak amatőrökkel, hanem egyéb rádiózókkal is telítve van.

Ez a sáv már reagál a naptevékenységre, maximum idején a Csendes Óceán is elérhető vele, most, a következő minimum, ebben a sávban is szerénységre tanítja majd a rádiósokat. Az északi félgömbön nyáron még eléggé hangos a légköri zavaroktól is.

A következő műsorszóró sáv 9,500—9,775 MHz-között található (ez a 30 méteres műsor-sáv).

A 9,995—10,005 MHz-es sávban a 10,000 MHz ismét hiteles frek-

vencia, ezt a sávot azonban ezen kívül még a mesterséges holdak, továbbá a föld-világűr szolgálat részére is kiutalták.

A 11,700—11,975 MHz-es sáv a 25 méteres műsorsáv. Ebben már komoly műsor-dx-re lehet számítani, különösen a nyári évszakban.

Ezután távíró- és egyéb szolgálatok következnek, bennük a 13,560 MHz-es frekvenciával, mely $\pm 0,05\%$ -os tűréssel ipari, tudományos és gyógyászati célokra is felhasználható.

A 14,000—14,350 MHz-es sáv ismét az amatőröké, ezt nevezik 20 méteres sávnak. Igazi dx-sáv. Ezekben a frekvenciákon kis távolságra nem is érdemes fáradságot pazarolni. Még kisebb naptevékenység esetében is elérhető vele bármelyik kontinens, megfelelő napszakban. Télen kissé rosszabb a terjedése, ilyenkor inkább kelet felé kell állomásokat keresni. Óriási holtzónája, nappal legalább 1000 km, éjjel eléri 4000 km-t is, vagyis majdnem a teljes sötét földfelület holtzóna. Mivel a sötét földfelület a szélességgel és az évszakkal változik, a holtzóna nyáron az északi félgömbön a legkisebb (a déli félgömbön minden fordítva van).

A sarki éjszaka (akár az északon, akár a délen) egyúttal holtzónát is jelent, bármelyik sarokra tehát csak „alulról” lehet becsúsztatni ezt a frekvenciát. Sajnos, a Föld világos felén a D-réteg eléggé nagy elnyelő hatással van rá. A legjobb dx úgy érhető el vele, ha a rádiójeleket lapos szög alatt még sötétben indítjuk a világos oldal (földoldal) felé.

Igen érzékeny az F2-réteg minden zavarára, a SID jelenségekre, de kevésbé a légköri zörejekre.

A 14,990—15,010 MHz-es sávban a 15,000 MHz hiteles frekvencia.

A 15,100—15,450 MHz-es sávban találjuk a 19 méteres műsorsávot. Ez a sáv jelenti a naptevékenység most következő minimuma alatt majd a legrövidebb, még elég jól használható hullámhosszakat a távoli világrészek zenéjének élvezetére.

A 17,700—17,900 MHz között jelentkezik a következő, 16 méteres műsorsáv, még ebben is reménykedhetünk, hoz valami műsor dx-et 1964—65-ben is, de csak az F2-réteg nagyobb határfrekvenciái vagy a D-réteg kisebb aktivitása esetében. A naptevékenységre, különösen a flarekre és a kromoszférikus kitörésekre már erősen reagál.

Ebben a sávban vette észre először Janszky, hogy vannak kozmikus eredetű rádióhullámok, zörejek is. Azóta már számos frekvencián regisztrálják őket.

A 19,990—20,010 MHz-es sávban a 20,000 MHz hiteles frekvencia, másodlagos célja a világűrszolgálat (az első szovjet mesterséges holdak ezt is igénybevétték).

A 21,000—21,450 MHz közötti sáv a 14 méteres amatőrsáv. Szintén dx-sávnak nevezhető, de csak az F2-réteg elegendő sűrűsége esetén, vagyis a naptevékenység maximumában (még akkor is, ha ez nem olyan nagy mértékű, mint a legutóbbi volt). A holtzónája ennek is legalább akkora, mint a 14 MHz-es sáv. Az összeköttetésekhez azonban ebben a sávban már jobban ki kell válogatni a megfelelő napszakot, mint a 20 méteres sávban. Az F2-réteg legkisebb viharára is érzékeny, ezért nem használható ki az az előnye, hogy a D-réteg elnyelése nem sokat jelent számára. A naptevékenység minimuma alatt ritkán, éjszaka egyáltalában nem használható frekvenciasáv.

A légköri zavarok ritkán jelentkeznek, legfeljebb helyi, vagy kedvezőtlen esetben igen távoli (egyenlítő vidéki) zivatarokból.

A 21,450—21,750 MHz-es, ún. 13 méteres műsorsáv egy-egy állomása néha nem veszi tudomásul az előtte levő amatőrsávot. Ezekre a hullámhosszakra különben ugyanazokat lehet elmondani, amit az amatőrök 14 méteres hullámaira.

Az állandó helyű és mozgó légiforgalmi és tengeri rádiószolgálat frekvenciái között, 24 MHz-en találták meg az ún. „sweepereket” (Söpröket).

Eredetükről még semmit se tudunk! — Úgy vették észre őket, hogy egy szélessávú (500 kHz sáv szélességű) vevővel figyelték a dekaméteres hullámok e tájait, hátha itt is találnak távolról jövő légköri zavarokat?

Azt is találták, olykor, de a beat-oszcillátorral felszerelt vevő a fenti frekvencián a fél MHz-es sávon belül magasról alacsonyra, majd fordítva is végigfutó frekvenciákat talált. Néha ezek a hullámok megtört frekvencimenetet is mutattak. Már négyféle sweeper-típust különböztetnek meg: a) egyenes (vagyis frekvenciaváltozás nélkül hallatszik), b) exponenciális (-görbe alakjában változik a frekvencia), c) inflexiós (a frekvencia-menet pl. a 2. másodpercben néhány fized mp-ig nem mutat változást, azután ismét emelkedik), és d) szabálytalan. Egy-egy frekvencia-menet, „söprés”, 2—4 mp-ig tart. Mondanom se kell, hogy sok vételi kísérlet történt, több helyütt is, annak bizonyítására, hogy nem mesterséges eredetű-e a jelenség? — Kiderült, hogy nem!

A 24,990—25,010 MHz-es sávban a 25,000 MHz hiteles frekvencia.

A 25,600—26,100 MHz között található a következő műsorszóró sáv, a 11,5, illetve, mint mondják a 11 méteren.

Ettől a hullámsávtól lassan már a déli órákban is elbúcsúzhatunk egy időre. Érdeemes azonban hajnalban vételpróbákat csinálni, amikor az F2-réteg reggeli egyenetlen elektroneloszlása miatt *szóródással* várható e hullámok továbbítása.

A 27,5—28,0 MHz-es sáv egyelőre még a meteorológiai „rádiószondáké”, Magyarországon is, ezt követi a 28,0—29,7 MHz-es, vagyis a 10 méteres amatőrsáv.

Ez az utolsó olyan sáv, amelynek a terjedésébe az ionoszféra beleszólhat, legalább is a normális rétegei révén. Nagyobb távolságok áthidalására csakis a naptevékenység *maximuma* alatt alkalmas és csak akkor használható, ha az áthidalt távolság egész hosszában a Föld napsütötte oldalára esik. Reggel tehát csak keletre, este pedig csak nyugatra érdemes összeköttetést próbálni.

Nemcsak a sötét oldal, hanem még a hajnali és szürkületi rész is „holtzóna” számára. Bár télen nagyobbak az F2-réteg határfrekvenciái, mint nyáron, az összeszűkülő, világos földfelület ismét kérdésessé teszi a dx-et.

A D-réteg hatása ezekre a hullámokra már teljesen elhanyagolható, légköri zavarokra se kell számítani — de az F2-réteg határfrekvenciájában már *egy MHz* csökkenés lehetetlenné teszi a távoli összeköttetést. Ezen a sávon inkább a helyi zörejek kezdenek zavarni (pl. az autók!), nem a zivatarok zörejei.

Eljutottunk a *méteres* hullámok sávjába, ahol a 38,00 és a 40,68 MHz-es frekvenciát rádiócsillagászati célokra használják, közben azonban a

39,986—40,002 MHz-es sávot kutatási és a világűr-szolgálat céljaira jelölték ki. Ez a második hullámhossz, amelyet az első szovjet mesterséges holdak használtak, abból a célból, hogy a hullámok törés nélkül jussanak át az ionoszférán és így a mesterséges holdak rádióteodolitokkal történő bemérése lehetséges legyen.

A közbeeső, 40,68 MHz frekvencia ipari, tudományos és gyógyászati célokra is felhasználható.

A továbbiakban csak az érdekesebb frekvenciákat említjük meg, mert a méteres hullámok ritkán terjednek túl az egyes világrészekben, nem tarthatnak számot akkora érdeklődésre, mint a dekaméteresek. A televíziós sávokat a készülékek pedig úgyis csatornánként, behangolva szolgáltatják — ha van mit venniük — a közbeeső frekvenciákon úgysem lehet vadászgatni.

A 47 MHz-től a 68 MHz-ig műsorsávot találunk, de a világ sok részére széjjelosztva. Azonban Európában is a legkülönbözőbb szolgálatok működnek ugyanezekben a frekvenciákon.

Az 50—54 MHz-es (azaz a 6 méteres) sáv Európán kívül az amatőrök sávja.

Nevezetes volt az amatőrök Nemzetközi Geofizikai Év alatti kísérlete ezen a sávon. Feladatuk volt, hogy a naptevékenység maximumában az egyenlítő feletti F2-réteg sűrűségét próbálják ki: elegendő-e az 50 MHz-es hullámok egyszeri töréssel történő átvitelére? Észak-Amerika és Dél-Amerika között 3000—4000 km hosszú „amatőr-hidak” létesültek, a kísérlet remekül sikerült.

Ez a sáv Európában műsorszórásra is hivatott, itt találjuk a magyar ultrarövid hullámú (helyesen méteres hullámú) műsoradókat is. A műsorszóró sáv azonban tulajdonképpen 108,0 MHz-ig tart és a 3 méteres hullámok közül legalább is az ausztriaiakat, jó troposzféra-terjedés esetében az ország nyugati felén kielégítően vehetjük.

A közbeeső, 90,018 MHz-en működött a szovjet mesterséges holdak egy része.

Éppen 108 MHz-en jelentett az első amerikai mesterséges hold, melynek adóberendezése néhány rezgőköri alkatrészen kívül egy 54 MHz-es kristályból, egy kettőző- és egy „adó”-tranzisztorból állott.

A 136—137 MHz szintén világűr-frekvencia, de sok egyéb feladat megoldására is használják.

A 144—146 MHz-es sáv ismét amatőrfrekvencia-sáv (2 m), más világréseken 148 MHz-ig terjed.

Ez a sáv irányított antennarendszerekkel és megfelelő időjárás esetén (erős inverziók 3000 m alatt) több száz, olykor 1000 km áthidalására is alkalmas. Számításba vehetők az Es-réteg felhői is, sűrűbb felhőgomolyok már ezt a frekvenciát is visszaverik. Csakis így képzelhető el a Kalifornia és Hawaii között létrejött 4 ezer km-es világrekord...

Másik terjesztési lehetősége a meteorok ioncsatornája által létrehozott burstök. Ezeket az összeköttetéseket azonban előzőleg, sőt még a kísérlet közben is előnyös, más, biztosabban terjedő frekvenciákon megbeszélni, segíteni.

A méteres sáv magasabb frekvenciájú részében a legnagyobb számban televíziós- és kisebb távolságokra ható, állandó és mozgó rádiószolgálati állomások és rádiólokációs (helymeghatározó) műszerek működnek.

A *deciméteres sávban* a 400—401 MHz ismét a világűr szolgálaté, bár a meteorológiai segédeszközök számára osztották ki, első sorban Európában és Ázsiában.

A 420—450 MHz-es sáv az amatőrök 70 cm-es sávja, nálunk csak 430—440 MHz-re korlátozódik, csak kisebb távolságok áthidalására való. A troposzféra különleges állapota esetén több száz km

is áthidalható vele, éppen úgy, mint a 2 m-es sávban, itt azonban a teljesítmény jelent problémákat.

A televíziós- és rádiólokációs állomások hullámai között az 1215—1300 MHz-es (25 cm-es) sávot jelölték ki az amatőrök számára, ugyanezen a sávon természetesen rádiólokációs műszerek is dolgoznak. Az amatőrök számára erősen csökken a sáv kihasználási lehetősége, ennek azonban csak technikai okai vannak. A kb. 200 km-es világrekord is inkább a troposzféra érdeme.

Az 1400—1427 MHz-es sáv a csillagászoké, ebben a sávban vehető, 21 cm-en, a Galaktikánkban széjjelszórt hidrogén-felhők zaja, melyet e felhők magas hőmérséklete okoz. Az 1427—1429 MHz-es sáv ismét a világűrrel való összeköttetést szolgálja; a Nap rádiósugárzásának megfigyelésére részben „védett” még a deciméteres sávban az 1660—1690 MHz-es frekvencia.

A Relay—I. híradástechnikai mesterséges hold 1725 MHz-es frekvencián kapta a továbbítandó üzeneteket.

A 2300—2450 MHz között (a 13 cm-en) található a következő amatőrsáv, nyilvánvalóan ez sem kizárólagos használatra, de itt még senki se panaszkodott, hogy a szomszédja zavarja. Ernyőkkel, jól irányított antennákkal — és főként kedvező troposzférikus körülményekkel Amerikában elérték a 240 km-t. Igen valószínű, hogy megfelelő teljesítmény esetében ezen a frekvencián is eredményes amatőr-holdkísérletet lehetne kezdeményezni.

Ennek a sávnak a közepén engedélyezték, 2375 MHz-en, az ipari, tudományos és gyógyászati célú felhasználást.

A centiméteres hullámsávban leginkább a rádiólokációs, navigációs radarberendezések működnek. Egy kis idő múlva átnyúlik majd ide is a televízió, főleg az ipari felhasználása.

A Relay I. híradástechnikai mesterséges hold visszafelé, a Földre, már 4170 GHz frekvencián adta le az üzeneteket, a hangot és a képet. Ez a frekvencia tehát alkalmas mind az ionoszféra, mind az alsó, sűrű légrétegek áttörésére, valószínűleg a magnetoszférára is.

A világűrszolgálat ebben a sávban az 5,250—5,255 GHz között kapott helyet, az amatőrök pedig az

5,650—5,850 GHz-es, azaz az 5 cm-es sávot használhatják. Itt is van már világrekord, de csak 50 km-es. A „hivatásos” rádióhullámok ezekben a sávokban már sok millió kilométert hidaltak át. A sáv további részeiben van még több, világűr-szolgálatra szánt frekvencia, továbbá itt találhatjuk a Nap rádiózörejeinek több sávját (3,165—3,195; 4,800—4,810; 5,800—5,815 és 8,680—8,700 GHz-en és még más frekvenciákon). Hatalmas ernyők középre helyezve,

vagy a földbe vájt mélyedésekből kiemelkedve veszik a rádiótele-szkópok ezeket a „Nap-frekvenciákat”.

A legrövidebb hullám, amelyet az amatőrök eddig kísérletekre kaptak a

10,000—10,500 GHz, azaz a 3 cm-es sáv. Ezen még hosszabb rekord született, mint az 5 cm-es sávon (175 km).

A technika gyors fejlődése miatt megtörténhetik, hogy néhány év múlva, miközben ezekkel a frekvenciákkal az alpesi felhőket néz-zük a radarernyőn, egy rádióamatőr tranzisztoros adókészülékének kísérleti hullámai csíkokat húznak a felhőképek közé...

A centiméteres hullámok annyira irányíthatók és oly kevés ezeken a sávokon az adóberendezés, hogy az adóállomások csak közvetlen közelben zavarnak, akkor is inkább video-jeleikkel.

Szomorúan kell azonban megemlékeznünk arról, hogy a hosz-zabb hullámok sávjaiban nagy a rendetlenség, a zavar. Ez a körülmény tudományos szempontból is igen kellemetlen. Sokszor megtör-ténik pl. hogy valaki pontos frekvenciát vagy pontos időjelet kí-ván venni, de az éppen fogható 10 MHz-es hiteles frekvenciát gye-rekes morzejelek, vagy éppen „pontosan beállított” gépadók za-varják. Annak is tanúja voltam már, amikor a 20 MHz-re beállított, a csillagközi zajt vevő berendezés mutatója, mely tulajdonképpen az ionoszféra abszorpcióját adja közvetve, szinte a törésig rezgett, mert valahol Európában egy rádióállomás kezelője — mit bánom én alapon — erre a „védett”, tehát „üres” sávra hangolta adókészü-lékét.

Sokféleképpen lehet rendet, békét fenntartani, a rádiózásban azonban csak tudással.

5. HITELES FREKVENCIÁK — PONTOS IDŐ.

Az említett világszervezetek nagyon fontosnak tartják, hogy a rádiósok a frekvenciákat világszerte ugyanabból a „forrás”-ból me-rítsék. Evégből több állam ún. *standard* vagyis *állandó frekvenciákat* sugárzó rádióállomásokat tart fenn. Több fejezetet igényelne annak a leírása, hogy lehet éjjel-nappali üzemben egy adókészülék frekven-ciáját pl. $0,5 \cdot 10^9$ pontossággal tartani! — Ez annyit jelent, hogy pl. a 10 MHz-et a Hz egyötvened részével se engedik „elmászni”.

Az URSI tudományos felügyelete alatt több ilyen standard frekvencia-adó működik, sok csupán a csillagászok igényeit elégíti ki, de többet használhatnak az amatőrök is.

Néhány lényegesebb, hiteles frekvenciát adó standard-állomás jellegzetes adatait a 2. Táblázatban közöljük.

Lényegesnek tartjuk a világ minden államában használt (talán még Magyarországon is ismert) WWV állomás éjjel-nappal folyó jeleinek ismertetését, valamint az MSF adóállomás bemutatását.

2. Táblázat

Hiteles frekvenciát és pontos időt adó állomások

Ország	Cseh	Angol	Szovjet-unió	Amerika
Hívójel	OMA	MSF	—	WWV
kw	1	10	20	1—10
MHz	2,5	2,5—5— —10	10	2,5—5—10— —15—20—25
Moduláció	1 Hz	1kHz	—	400—600 Hz
Adási időköz	3'	15'	3'	Állandóan

A WWV éjjel nappal ketyeg a 2,5—5,0 — 10,0—15,0 — 20,0 — és 25,0 MHz-es frekvenciákon, melyek közül Magyarországon éjjel a 2,5 és 5,0, nappal pedig a 10,0 és legfeljebb a 15,0 MHz-es vehető, ritkábban a 20,0 MHz. A ketyegés a másodperceket jelenti, a percek kezdeténél kissé nyújtottabbak a jelek.

Negyedóránként morzéval és fóniával adja meg a hívójelét és a pontos időt is (a megadott időponttal kezdődik a legközelebbi ketyegés).

Napjában négyszer, világidőben 05,00 — 11,30 — 17,00 és 23,00 órakor új ionoszférajelentést és előrejelzést közöl. Ezeket a jelentéseket a következő órák 19,5 majd 49,5 percétől kezdve megismétli.

A jelentések három betű egyikéből, az előrejelzés pedig egy számjegyből áll. A jelentés az ionoszféra Amerika feletti, pillanatnyi állapotát adja, az előrejelzés pedig az Európa és Amerika közötti rádiótávíró-forgalom lehetőségeit, 12 óra időtartamra, előre.

A betűt és a számjegyet morzéval egymás mellett adja és ötször megismétli.

A betűk jelentése:

W = zavart, U = változó, N = normális.

A számok egytől kilencig változhatnak, jelentésük

- 1 = a vétel lehetetlen lesz
- 2 = a vétel nagyon rossz lesz,
- 3 = a vétel rossz lesz
- 4 = a jelek kivehetőek lesznek
- 5 = a vétel elfogadható lesz
- 6 = a vétel javulni fog
- 7 = a vétel jó lesz
- 8 = a vétel nagyon jó lesz
- 9 = a vétel kitűnő lesz.

1960 óta a hiteles frekvencia és hangfrekvencia (időnként váltakozva 600 és 440 Hz-et is sugároz), továbbá pontos időjelzés mellett tudományos célokra, főleg a mesterséges holdak jeleinek kibogozásához szükséges, különböző frekvenciájú és időtartamú impulzusokat is sugároz. Minden adat UT—ben értendő, a fónia angolul.

A Nemzetközi Geofizikai Év alatt és azóta, amikor a világon bárhol egy kutatóállomás valamely mesterséges hold vagy égitest rádiójeleit regisztrálja, ezzel együtt regisztrálja a WWV időjeleit is, különben adatai nem sokat érnek.

Az MSF adóállomás nem egész nap, csupán negyedóránként, bizonyos ideig sugároz. Morzéval és fóniával (angolul) jelenti be hívójelét, majd az első időjele a negyedóra kezdetét jelzi. Az első öt percben a ketyegő jeleket 1000 Hz-cel modulálja. 2,5—5,0 és 10,0 MHz-en sugároz, nálunk jól vehetőek az adásai.

A pontos időjelzések ismeretéhez szükséges néhány rövidítés; a legközelebbi körzetekből:

GMT = UT = TU = mind a greenwichi, vagyis a világidőt jelentik,

MEZ = közép-európai normálidő = GMT + 1 óra (ezt használja Magyarország is),

OEZ = OST = kelet-európai normálidő = GMT + 2 óra (ezt használják már Romániában).

6. MEDDIG TERJED A RÁDIÓHULLÁM?

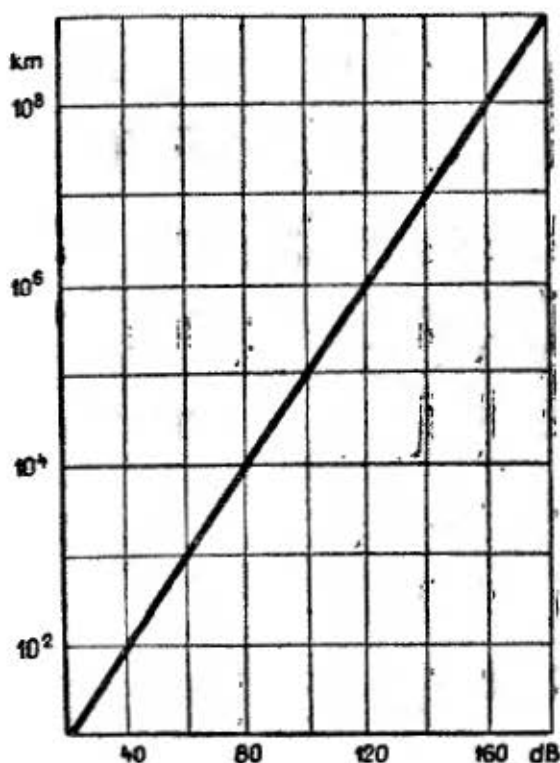
Erre a kérdésre nagyon nehéz a felelet, tulajdonképpen a végtelenségig, de nyilvánvalóan ott már végtelen gyenge is lesz. Ha tehát arra vagyunk kíváncsiak, hogy adott pontban, tőlünk bizonyos távolságra (és irányban!) vehető lesz-e majd adóállomásunk hulláma, akkor először tisztáznunk kell, hogy a vevőállomás mekkora

térerősségű hullámot képes már regisztrálni, esetleg a saját zajából kiemelni stb.?

Ha valaki előről olvasta ezt a füzetet, nem csodálkozik azon, hogy ezt a kérdést válaszolatlanul találja és ebben a részben is inkább utalásokat lát, hogyan járjon el valaki, ha ilyen problémái vannak?

Tájékoztatásul a következőket hozhatom fel: aránylag a leg-egyszerűbb a felületi hullámok terjedési viszonyait ábrázolni, számítani. Ma már inkább grafikonokkal dolgoznak és az amerikaiak egy kisebb, összefoglaló füzetben a felületi hullámok terjedésének megállapítására legalább 50 grafikont használnak...

Még nehezebb a térhullámok terjedése közben elszenvedett veszteségeket kiszámítani, sőt még azt is nehéz megállapítani, hogy adott időpontban pl. a hekto- vagy a dekaméteres hullámok közül, melyik lesz a legalkalmasabb az adott pont elérésére? Evégből pl. a Szovjetunióban nemrégén 3 kötetes könyvet adtak ki, mindegyikben legalább 3—400 grafikonnal. Elképzelhetetlen tehát, hogy egy füzetben ilyen témával ne csak futólag foglalkozzunk. A továbbiak-



28. ábra

A rádióhullámok terjedése a világűrben. A dB itt a térerősség gyengülését jelzi. A grafikon 1 kW teljesítményre vonatkozik, antennanyereség, irányítás, stb. nélkül

ban azonban szeretnénk az érdeklődést felkelteni a hullámterjedés ilyen „komoly” témái iránt.

Lássuk először a „világűr”-beli terjedés lehetőségeit. A 28. ábra azt mutatja meg, hogy a baloldalon feltüntetett távolságokból 1 kW teljesítménnyel sugárzó adóállomás jelei mennyire gyengülnek el útközben, ha semmi akadályuk nincsen. Irányításról és antennanyereségről nincsen szó. Kevéssé valószínű, hogy valaki innen bővebb adatokat is kívánna.

A felületi hullámok terjedését már néhány grafikonnal kívántuk bemutatni. A grafikonok mind a talaj közvetlen közelében elhelyezett, függőleges irányú, tehát körben, minden irányba sugárzó adó-, illetve vevőantennára vonatkoznak. Az adóantenna 1 kW teljesítményt sugároz. A talajviszonyokat a σ és az ϵ megfelelő értékei jellemzik.

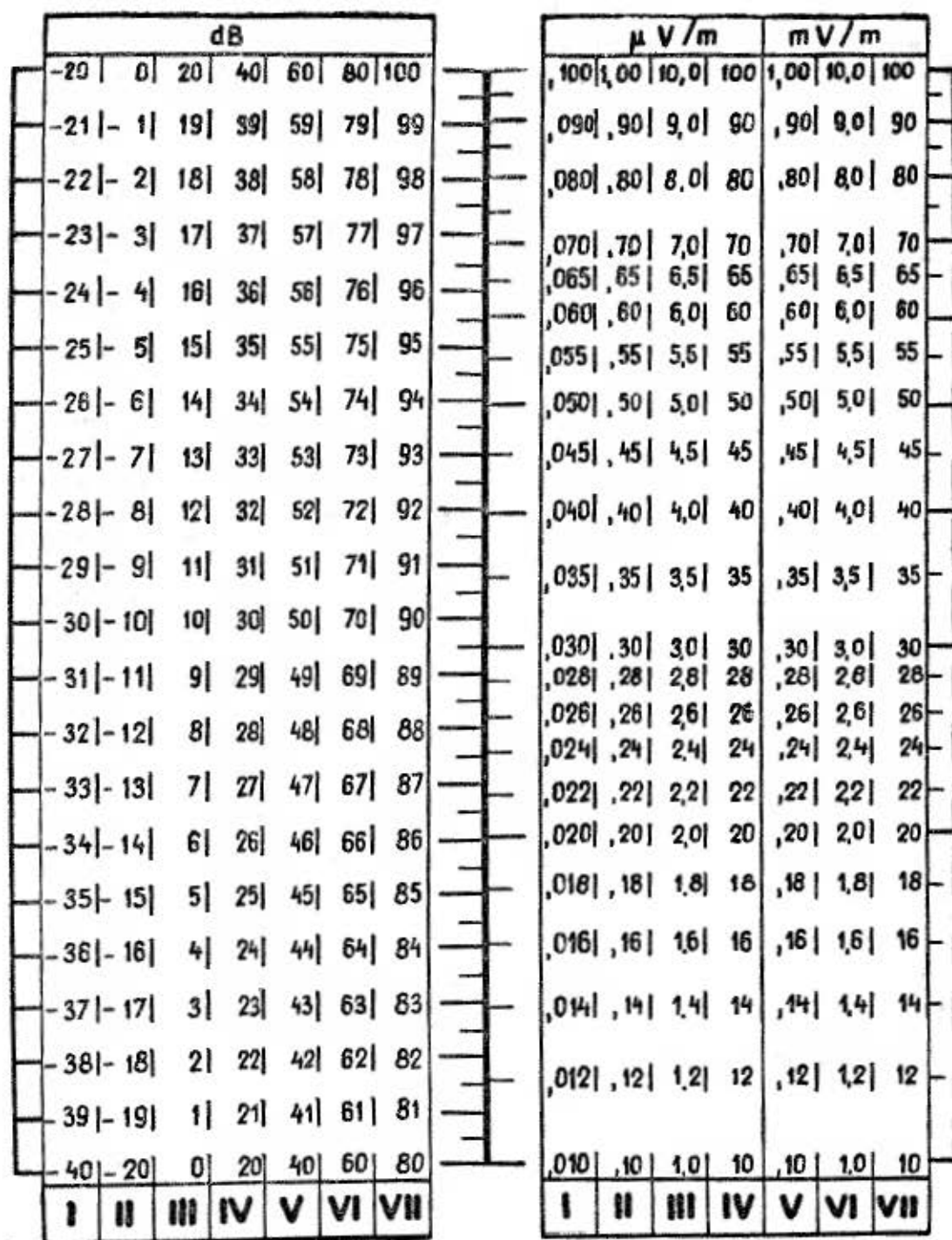
A grafikonokon megkeressük a kívánt távolságot és a felhasználandó frekvenciát (esetleg hullámhossz alakban kiírva) és a jobb- vagy bal oldalon leolvassuk a metszésponthoz tartozó dB értéket. Előnyösebb a dB használata (mely az 1 $\mu\text{V}/\text{m}$ feletti erősítést jelenti), mert a későbbiekben ehhez hozzáadhatjuk, vagy ebből levonhatjuk a magassággal kapcsolatos növekedést, illetve az esetleges akadály miatt bekövetkező gyengülést. A végeredményt áttehetjük a túloldalon levő dB/ $\mu\text{V}/\text{m}$ átszámító 3. táblázatból $\mu\text{V}/\text{m}$ -re, ha készülékünk érzékenységet így lehet megállapítani.

A 29. ábrán a száraz talaj felett kapható térerősséget olvashatjuk le. Ilyen volt a talaj még 1962 őszén is Magyarországon.

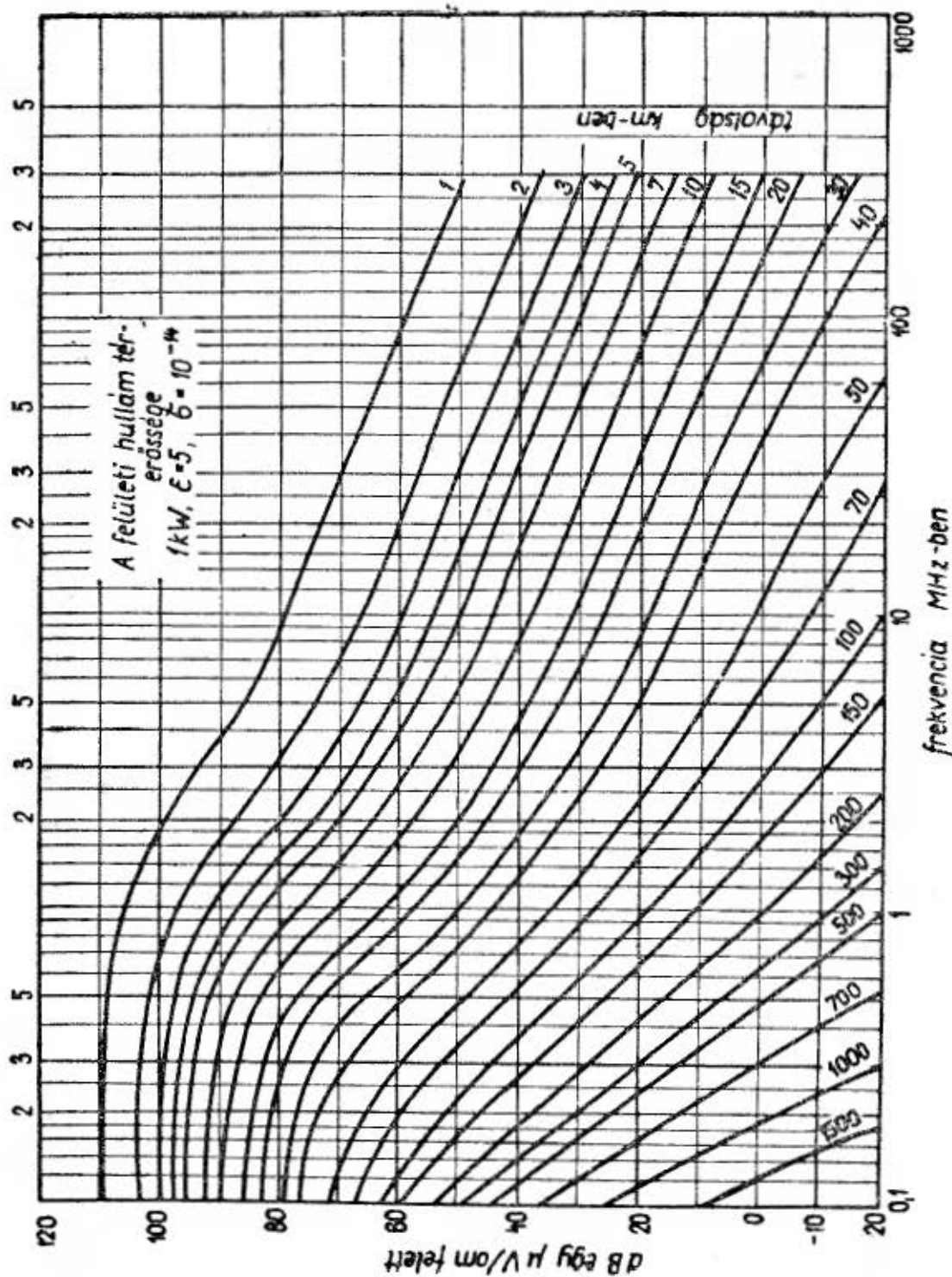
A 30. ábra a normális talaj felett kapható térerősségeket mutatja 2000 km-ig, a 31. ábra pedig 200 km-ig.

A méteres és deciméteres hullámok kisebb távolságra, rendszeresen csak mint felületi hullámok terjednek. Ilyen terjedésre lehet biztosan számítani. Ezeket a viszonyokat ábrázolja a 32. ábra 30 km távolságig és a 33. ábra 5 km távolságig, szintén normális talaj felett (ilyen talajunk lesz az országban, mihelyt a belvizek eltűnnek, most a normálisnál kissé jobbnak számíthatjuk).

Amint említettük, a grafikonok a talaj közelében elhelyezett antennára vonatkoznak. Ha az adóantennát és a vevőantennát magasabbra helyezhetjük a tenger színe felett, pl. egy dombra vagy hegyre, úgy a magasság miatt nyereségünk lesz, mind az adó- mind a vevőantennánál. Ezt a nyereséget kell leolvasnunk a 34. ábrán levő grafikonból. Megkeressük a kérdéses frekvenciát, a görbék közül kiválasztjuk a megfelelő magasságot (vagy egy közbeeső görbét rajzolunk, ha kell) és oldalt leolvassuk a dB nyereséget. Ez növelni fogja a vételi lehetőséget.



Végül a teljesítményt helyesbítjük: a grafikonok mind 1 kW-os adóteljesítményre vonatkoznak. Ha a mi adóteljesítményünk kisebb, akkor a várható térerősség is csökkenni fog, ha nagyobb, úgy emelkedni. A változást legegyszerűbben a 35. ábrából állapíthatjuk meg. Alul megkeressük adóállomásunk teljesítményét, ennek megfelelő egyenes mentén, felfelé elérjük a ferde vonalat, a találkozási ponttól húzott egyenessel pedig oldalt kapunk egy számot, szintén

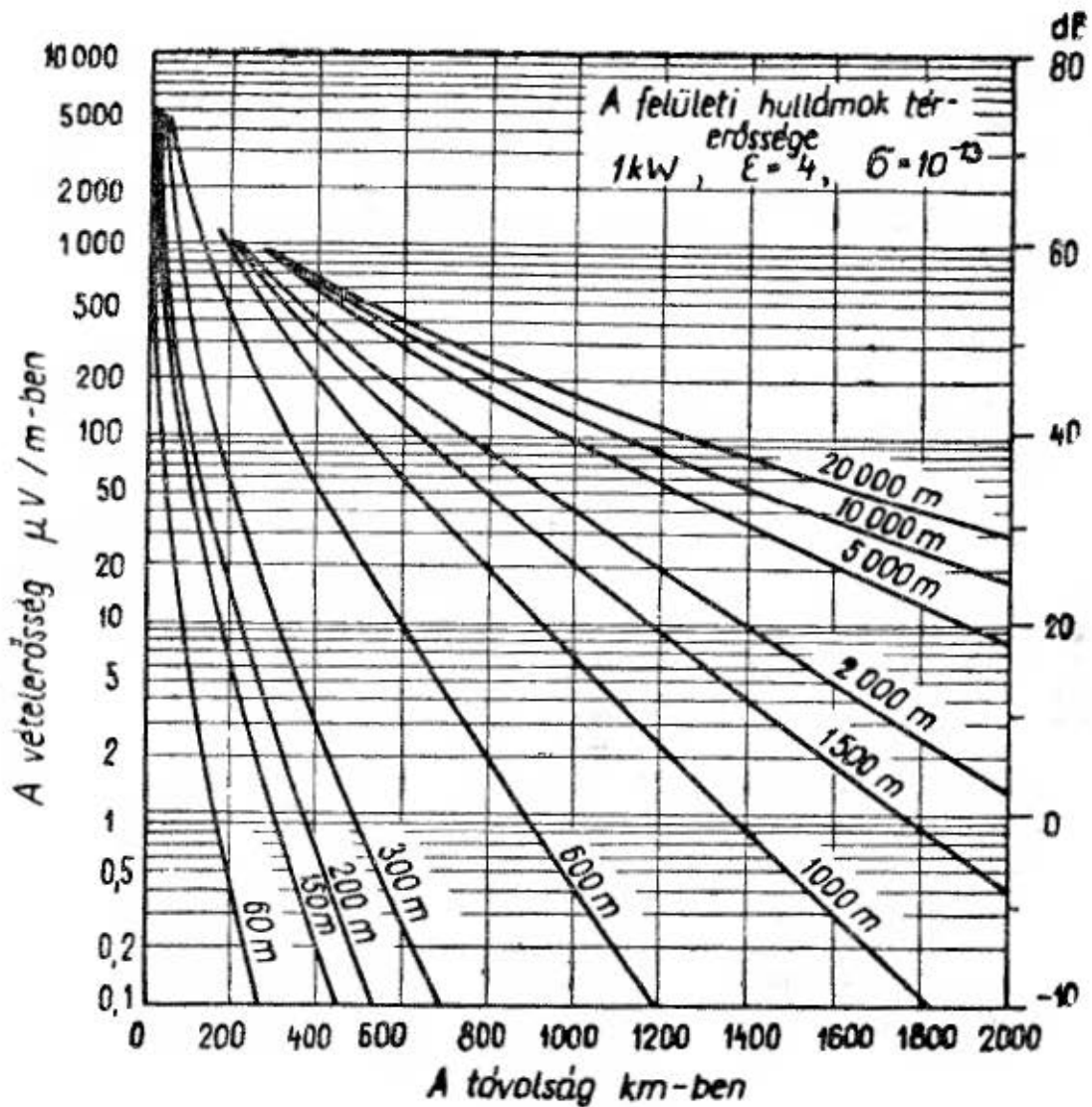


29. ábra

A felületi rádióhullámok terjedése száraz talaj felett

dB-ben. Ha ez a szám pozitív, úgy növeli, ha negatív, úgy csökkenti majd a térerősséget.

Készítsünk egy példát az eddigi grafikonok használatára. Legyen adóállomásunk frekvenciája 5 MHz, a vevőállomás 50 km



30. ábra

A felületi hullámok terjedése normális talaj felett 2000 km-ig

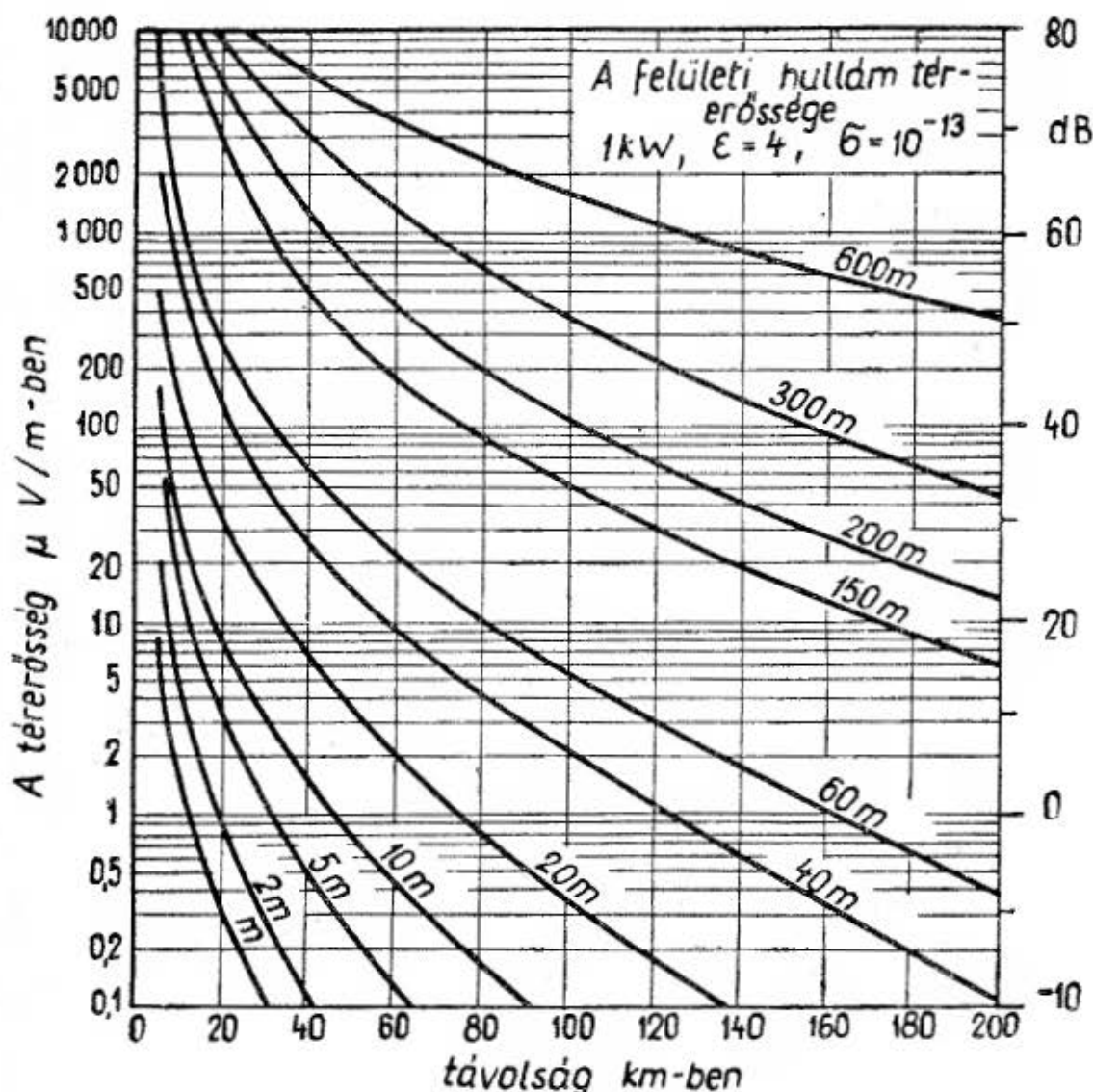
távolságban várja jeleinket. Az adóantenna egy 300 m magas dombon foglal helyet, a vevőantenna pedig csak egy 30 méteres halmon áll (a tenger színe felett). Az adóállomás teljesítménye 100 W. Kérdés mekkora térerősség várható a vevőállomáson?

- a) 5 MHz frekvencián, 50 km távolságra, a 29. ábra szerint várható + 10 dB
- b) az adóantenna 300 m magasan van, nyereség a 34. ábra szerint 5 MHz-en + 22 dB
- c) a vevőantenna 30 m magasan van, a nyereség ugyanebből a grafikonból + 4 dB
- d) az adóállomás teljesítménye nem 1 kW,

hanem csak 500 W, helyesbítés
a 35. ábra szerint

Összesen

— 3 dB
+ 33 dB

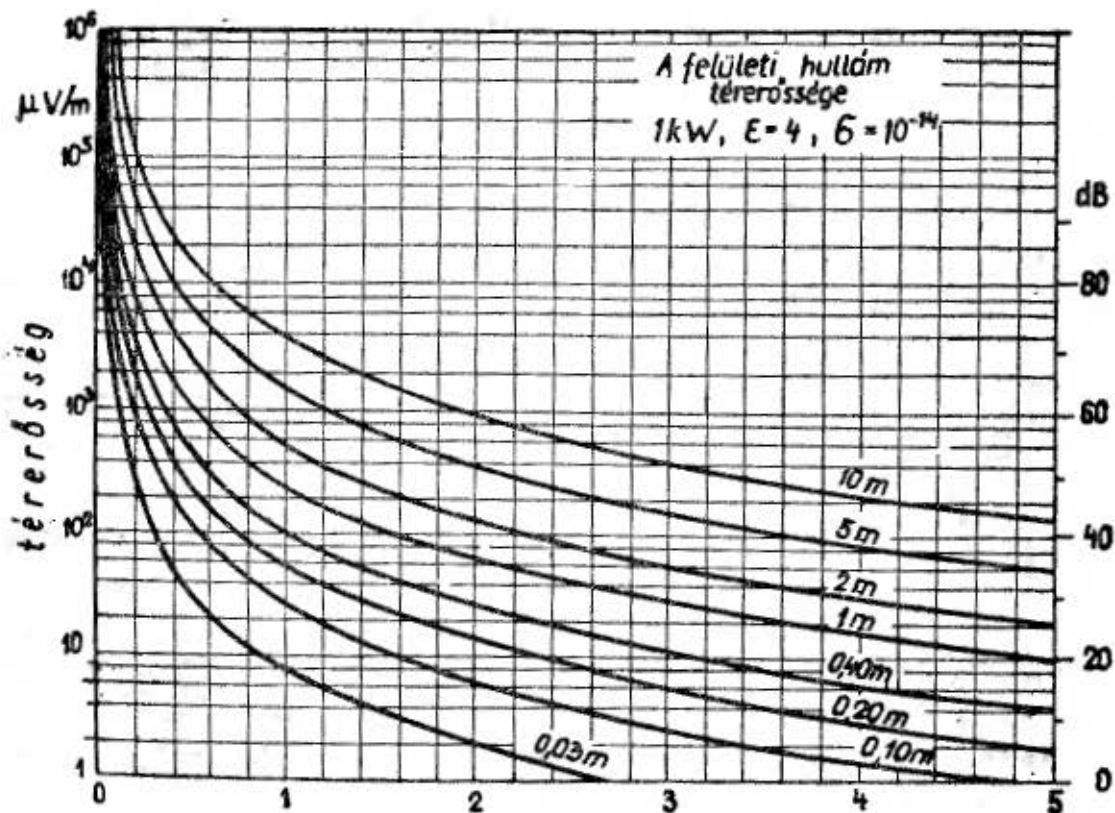


31. ábra

A felületi hullámok terjedése normális talaj felett 200 km távolságig

A 3. táblázat szerint 33 dB-nek megfelel kerekén $50 \mu\text{V/m}$ tér-
erősség. Ha tehát olyan vevőkészülékünk van, amelynek érzékeny-
sége ezt eléri, jeleinket venni tudja — ha nem lesz ennél nagyobb
a légköri zöreij?

Lapozzunk vissza a 16. ábrához. Feltételezve, hogy az összeköt-
tetést nyáron, este 20 órakor kívánjuk végrehajtani, lézzük meg



32. ábra

A méteres felületi hullámok terjedése normális talaj felett 30 km távolságig

a fenti ábrán, vajon Közép-Európa ebben az időben mekkora fokozatú zajt képvisel? Az ábra szerint 3-ast, tehát megkeressük a 3-as zajfokozatnak megfelelő grafikont a 20. ábrán. Eszerint este húsz órának (a legfelső görbe) 5 MHz-en megfelel 37 dB! Ez tehát annyit jelent, hogy elég nagy valószínűsége van annak, hogy vevőállomásunk kissé zivataros időben valamivel több, erősebb zajt kap, mint a mi adóállomásunk térerőssége...

Ha még arra is gondolunk, hogy az adóállomás előtt, mondjuk egy kisebb hegy fekszik és az elárnyékolja hullámainkat, a vevőállomás irányában, akkor az ebből eredő veszteséget is kiszámíthatjuk a 36. ábrán levő grafikonból.

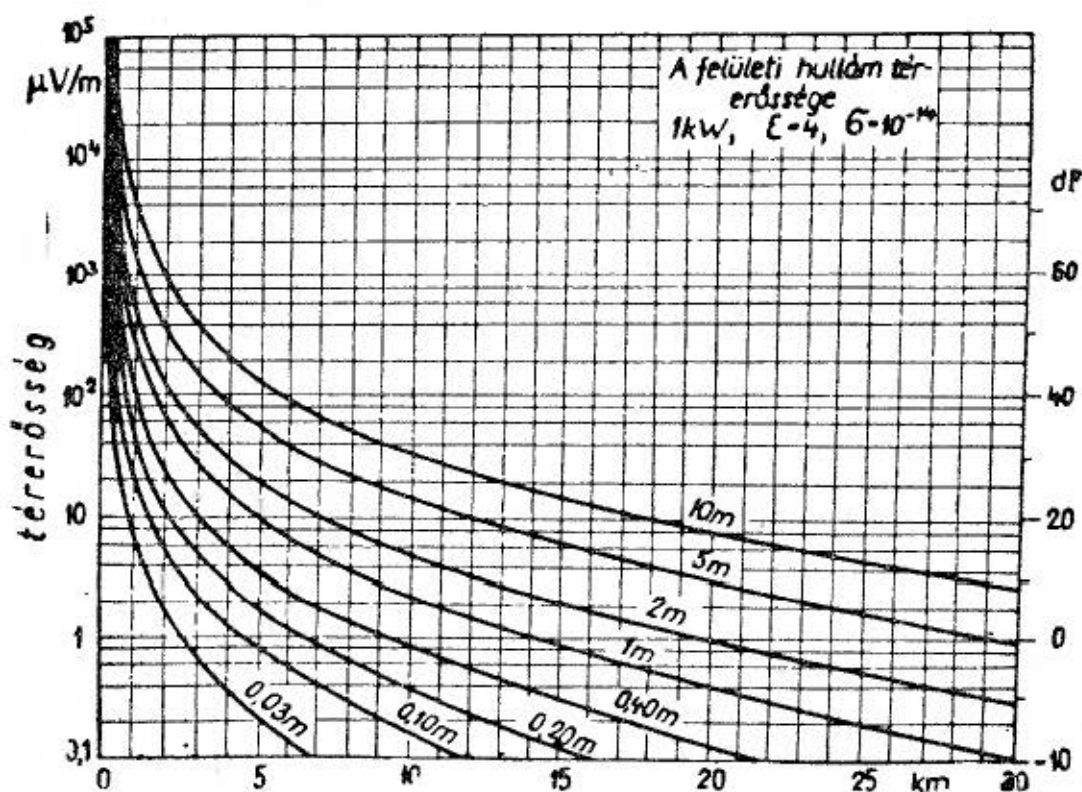
Először meg kell rajzolnunk a valóságos helyzetnek megfelelően az adóállomás és a hegy állását. Majd a mérethű rajzból kivesszük a 36. ábra bal felső részén levő rajz szerint kapott háromszög két fontos adatát: a háromszög magasságát (H) és a magasság talppontjának az adóantennától számítható távolságát (D'). Legyen a mérethű rajz szerint a távolság pl. 16 km, a háromszög csúcsának magassága pedig 300 m. A 16 km-es pontot most a két bal

oldali függőlegesen összekötjük a 300 m-es ponttal és az egyenest meghosszabbítjuk a középső segédvonalig. Az itt kapott pontot összekötjük a MHz jelzésű egyenesen a megfelelő frekvenciával (az ábrán a 30 MHz-et használtuk). Az összekötő egyenes meghosszabpéldánkban 4 dB. Ezt az értéket még le kell vonnunk az előbb ka-bitásával kapunk egy értéket a jobb oldali dB egyenesen: ez a mi pott 33 dB-ből. Így a végeredményünk csak 29 dB!

A 36. ábrán ugyanezt a műveletet 30 MHz-re végeztük el (ezt mutatja az egyenes), ebben az esetben a jobboldali dB egyenesen már 10 dB-t kapunk. Nagyobb frekvencián tehát sokkal hatásosabb az árnyékolás.

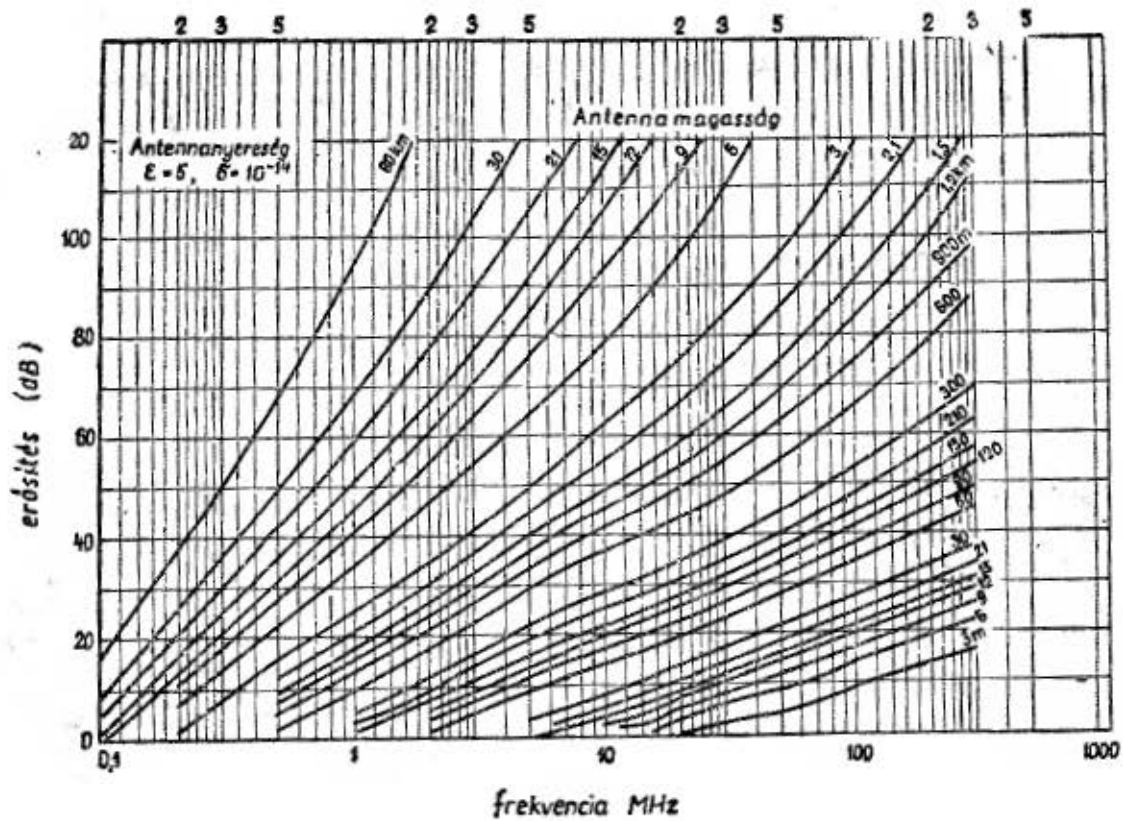
Hasonló a helyzet akkor is, amikor a méteres vagy deciméteres hullámok terjedésére vagyunk kíváncsiak.

A méteres és deciméteres hullámok esetében előnyös, ha még külön számításba vesszük a két állomás, az adó- és vevőállomás közti távolságot olyan értelemben is, hogy ezek a hullámok a talaj-közeli légrétegek hatására mindig kissé távolabb jutnak el, mint a tényleges „látóhatár”. Vehetjük ezt a távolságot egyszerűen úgy is, mintha a Föld felszíne nem hajlana oly mértékben, mint a való-

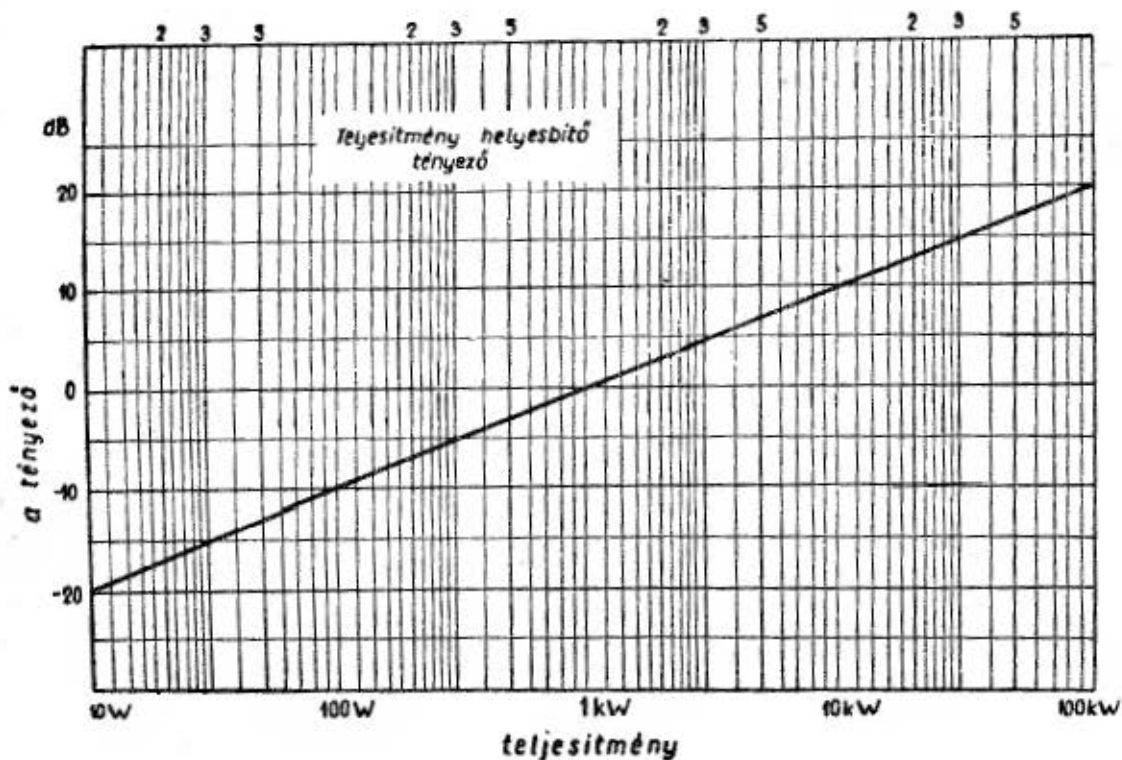


33. ábra

A méteres és deciméteres hullámok terjedése normális talaj fe- lett 5 km távolságig



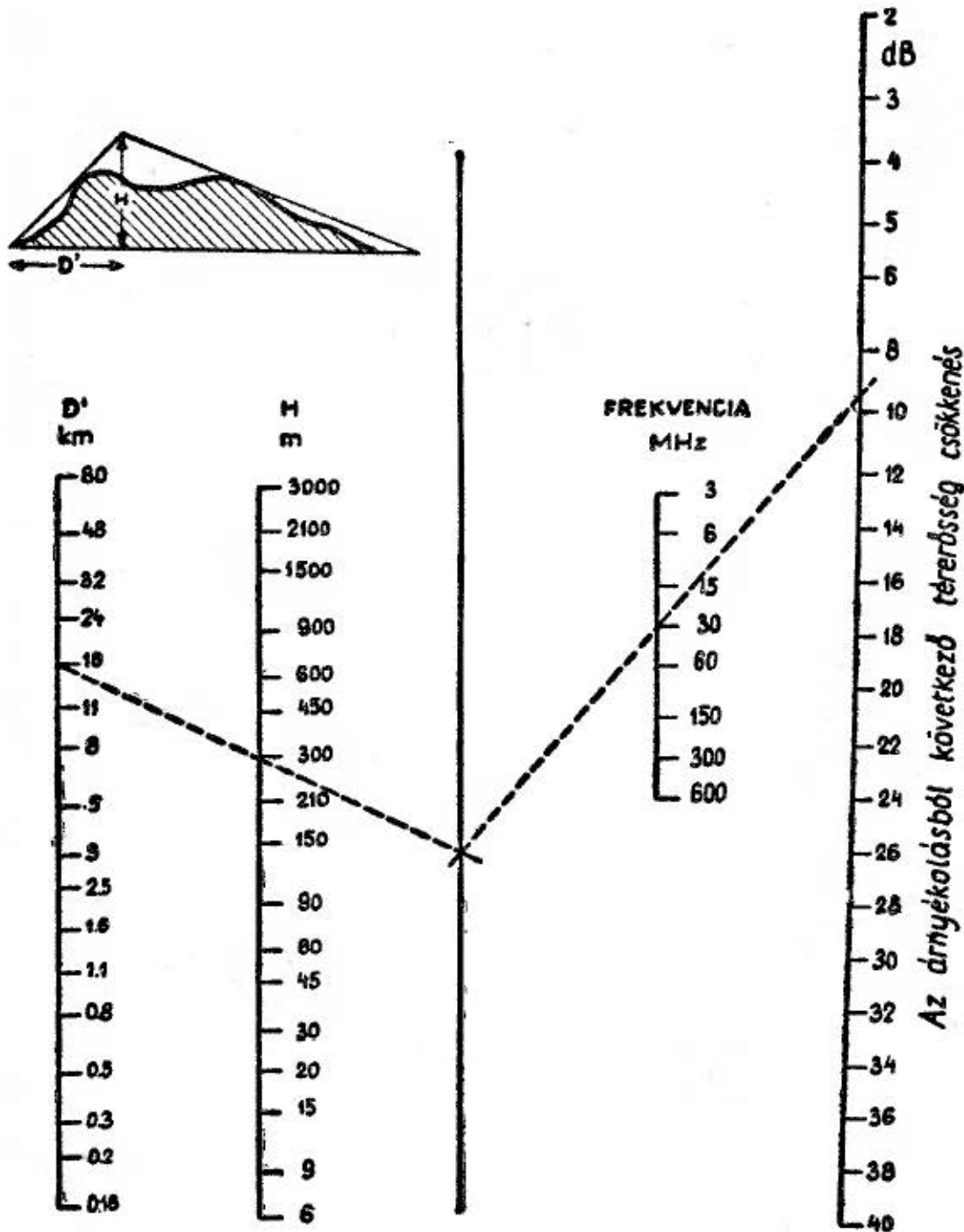
34. ábra
 Az antenna magasságából folyó térerősnövekedés
 dB-nyereség grafikonja



35. ábra
 Teljesítmény helyesbítő tényező grafikonja

ságban, hanem annál kevésbé. A számítások szerint úgy kapjuk a legkedvezőbb, illetve a valóságnak legmegfelelőbb távolságot, ha a Föld sugarát *nagyobbnak* vesszük és így a távolságot egyszerű képlettel fejezhetjük ki:

$$D = 4,13(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$



36. ábra

Az árnyékolásból eredő télerősség-csökkenés számítása

Ebben a D a távolság km-ben a h_1 az adóállomás antennájának, a h_2 a vevőállomás antennájának magasságát jelenti, szintén km-ben. Az így kapott távolságot keressük meg a grafikonok alsó szélén.

A térhullámok adott pontban észlelhető térerősségét ehelyütt nem is próbáljuk számíthatni, vagy megállapítani. Éppen elég lenne csak magát azt a frekvenciát meghatározni, amelyről feltételezzük, hogy az adott helyre érkezik az ionoszféra pillanatnyi állapota szerint.

Tudnunk kell, hogy a kívánt távolságra és a lehetséges frekvenciával vajon melyik ionoszféra réteget kell igénybe vennünk? Ismernünk kell továbbá az ionoszféra pillanatnyi adatait, amelyeket egy legközelebbi ionoszféravizsgáló állomás szolgáltathat.

Meg kell még tanulnunk néhány rövidítést. Az ionoszférarétegek rövidítéseit már ismerjük. A grafikonokon előforduló rövidítések a következők:

MUF = Maximum Usable Frequencies = legnagyobb használható frekvenciák (orosz jelzése МПЧ)

OWF = Optimum Working Frequencies = a legalkalmasabb munka-frekvenciák (orosz jelzése ОПЧ)

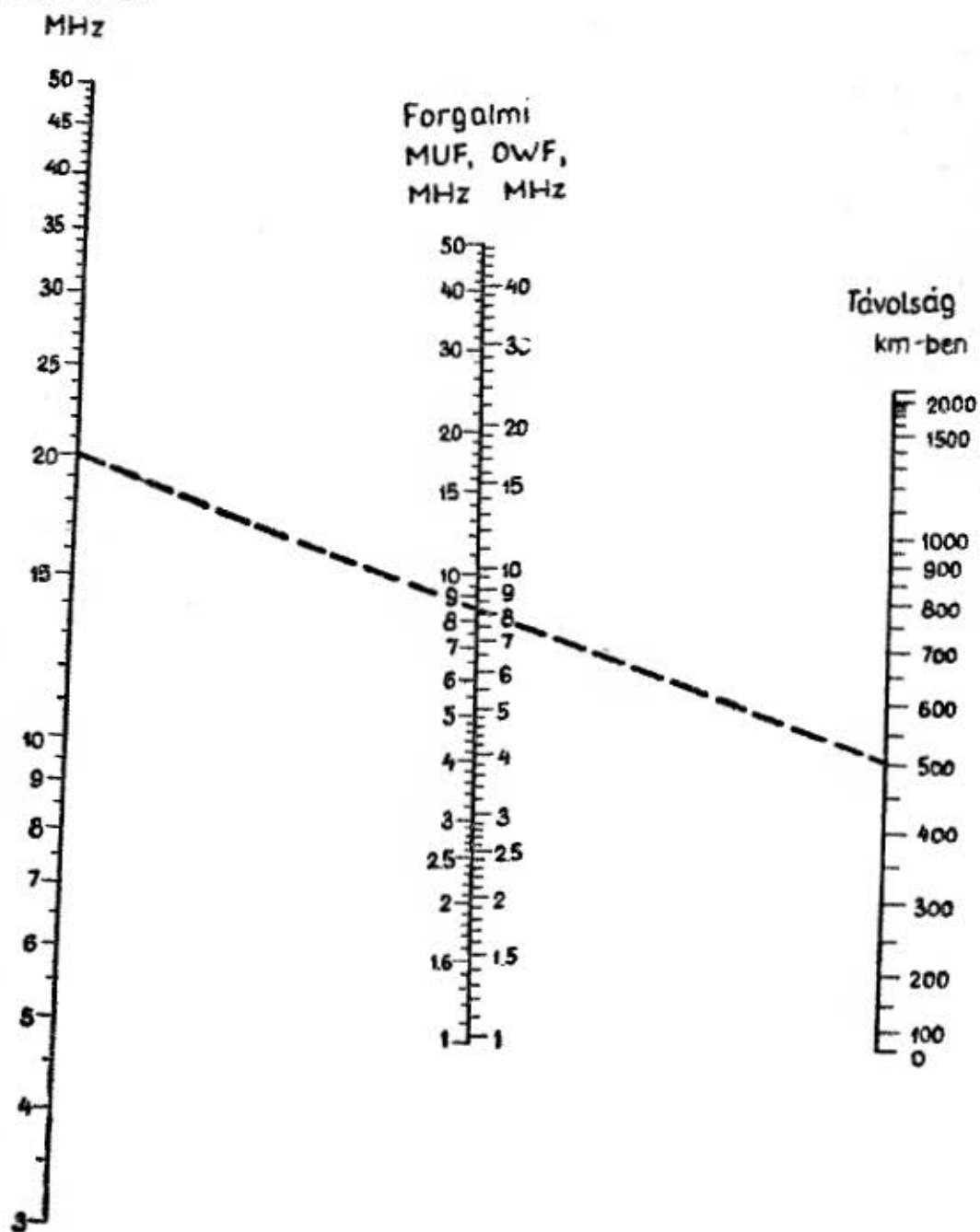
LUF = Lowest Useful Frequencies = a legalacsonyabb használható frekvenciák (orosz jelzése НПЧ).

Az a kifejezés, hogy pl. $E\ 2000\ MUF$ annyit jelent, hogy az E-réteg használatával, 2000 km távolságra akkora a legnagyobb használható frekvencia. Ha az ionoszféra betűjelzése mellett vagy egy „0”, vagy kiírt „zéró” van, az annyit jelent, hogy az illető rétegnek ez a pillanatnyi (vagy előrejelzésben ez a várt) *határfrekvenciája*.

A 37. ábrán láthatjuk az $E\ 2000\ MUF$ grafikonot. Nézzük meg használatát. Egy előrejelzésből azt kaptuk (az előrejelzésekről később), hogy az E-réteg segítségével az általunk kívánt időben 2000 km távolságra 20 MHz-es frekvenciát kellene használnunk. A kérdés a következő: mi csak 500 km távolságra kívánunk jelet sugározni, az E-réteg ilyen állapota esetén mekkora a legnagyobb használható frekvencia?

Az előrejelzésből kapott 20 MHz-et megkeressük a baloldali $E\ 2000\ MUF$ egyenesen, majd ezt a pontot összekötjük a jobboldali egyenes mentén megkeresett 500 km-es ponttal és leolvassuk a középső, függőleges egyenes bal oldalán a legmagasabb használható frekvenciát: 8,5 MHz-et. Ugyanennek a függőleges egyenesnek a jobb oldalán láthatjuk a legalkalmasabb munkafrekvenciát, mely

E 2000 - MUF

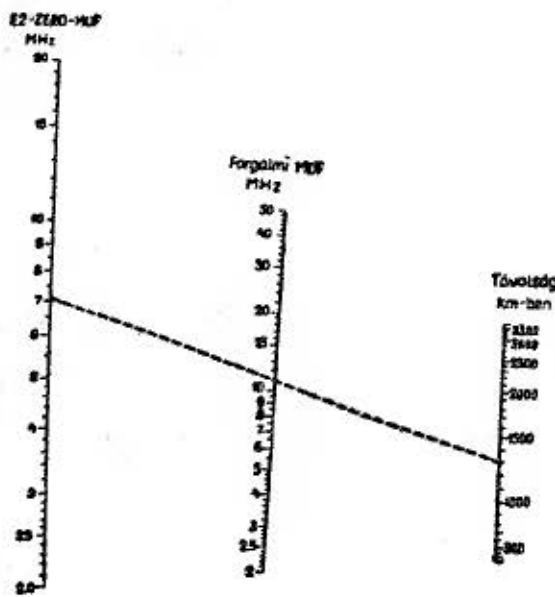


37. ábra

E—2000—MUF grafikonja

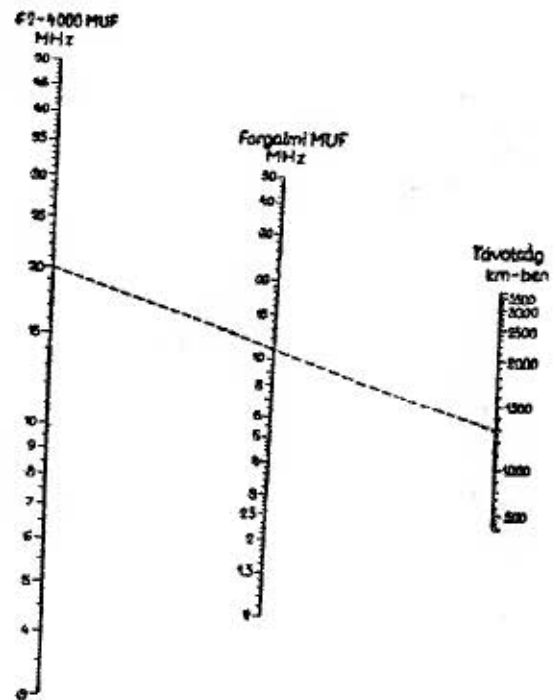
jelen esetben 8 MHz. A munkafrekvencia mindig alacsonyabb a MUF-nál, számítva arra, hogy az ionosféra sűrűsége mindig szenved, rövid idő alatt is, kisebb-nagyobb változásokat. Ha csökken, előnyösebb a már előre beállított alacsonyabb frekvencia, az OMF.

Amennyiben az F2-réteget kívánjuk felhasználni, nyilván nagyobb távolságra és esetleg magasabb frekvenciával, úgy az F2 — zéró — MUF grafikont használhatjuk fel. Vagy egy előrejelzésből, vagy pedig a legközelebbi ionosféra-vizsgáló állomás felvilágosításából azt kapjuk, hogy az F2-réteg határfrekvenciája (zéró MUF-ja) 7,1 MHz az általunk kívánt időpontban. A kérdés abban áll, hogy egy 1300 km távol levő vevőállomás értesítésére melyik frekvencia lesz a legalkalmasabb?



38. ábra

F2—zero—MUF grafikonja



39. ábra

F2—4000—MUF grafikonja

Megnézzük a 38. ábrán a baloldali függőlegesen a 7,1 MHz-et, megjelöljük és ezt a pontot összekötjük a jobboldali függőlegesen látható 1300 km-es ponttal. Az összekötő egyenes a középső függőlegesen a 11 MHz-et jelöli meg, ez lesz az F2-réteget legjobban kihasználó frekvencia ebben az esetben. (A munkafrekvenciát megkereshetjük az előbbi, a 37. ábra középső, függőleges vonalának jobb oldalán: kb. 10,75 MHz).

Az előre jelzések sok esetben az F2—4000 MUF-ot adják meg, vagyis azt a frekvenciát, amelynek a segítségével 4000 km-re rádiózhatunk az F2-rétegen történt egy visszaverődés árán. Ha most megint kisebb távolságra kívánunk jeleket sugározni, akkor a 39. ábrán a baloldali függőlegesen ismét a megadott frekvenciát, pl. a

20 MHz-et jelöljük meg. A jobboldali egyenesen kikeressük (a már előbb is) 1300 km-re levő állomás távolsági pontját és a két pontot összekötő egyenes metszetében talált frekvenciát használjuk (illetve az ennek megfelelő, valamivel kisebb OWF-et).

Ahhoz, hogy ilyen műveleteket végezzünk szükséges tehát a feladatokon kívül az ionoszféra pillanatnyi vagy előrejelzett néhány adata.

Ha ez a rendelkezésünkre áll, úgy — legfeljebb 4000 km távolságra — megállapíthatjuk a legkedvezőbb frekvenciákat. 4000 km-nél nagyobb távolságra már nem elég ennyi grafikon és többféle számításra, rajzolgatásra is szükség van. A fentiek csak költséget adtak a térhullámok terjedésének kutatásához, anélkül, hogy a teljesítménytől várható térerősséget, vagy a használható legalacsonyabb frekvenciát szóba hozhattuk volna.

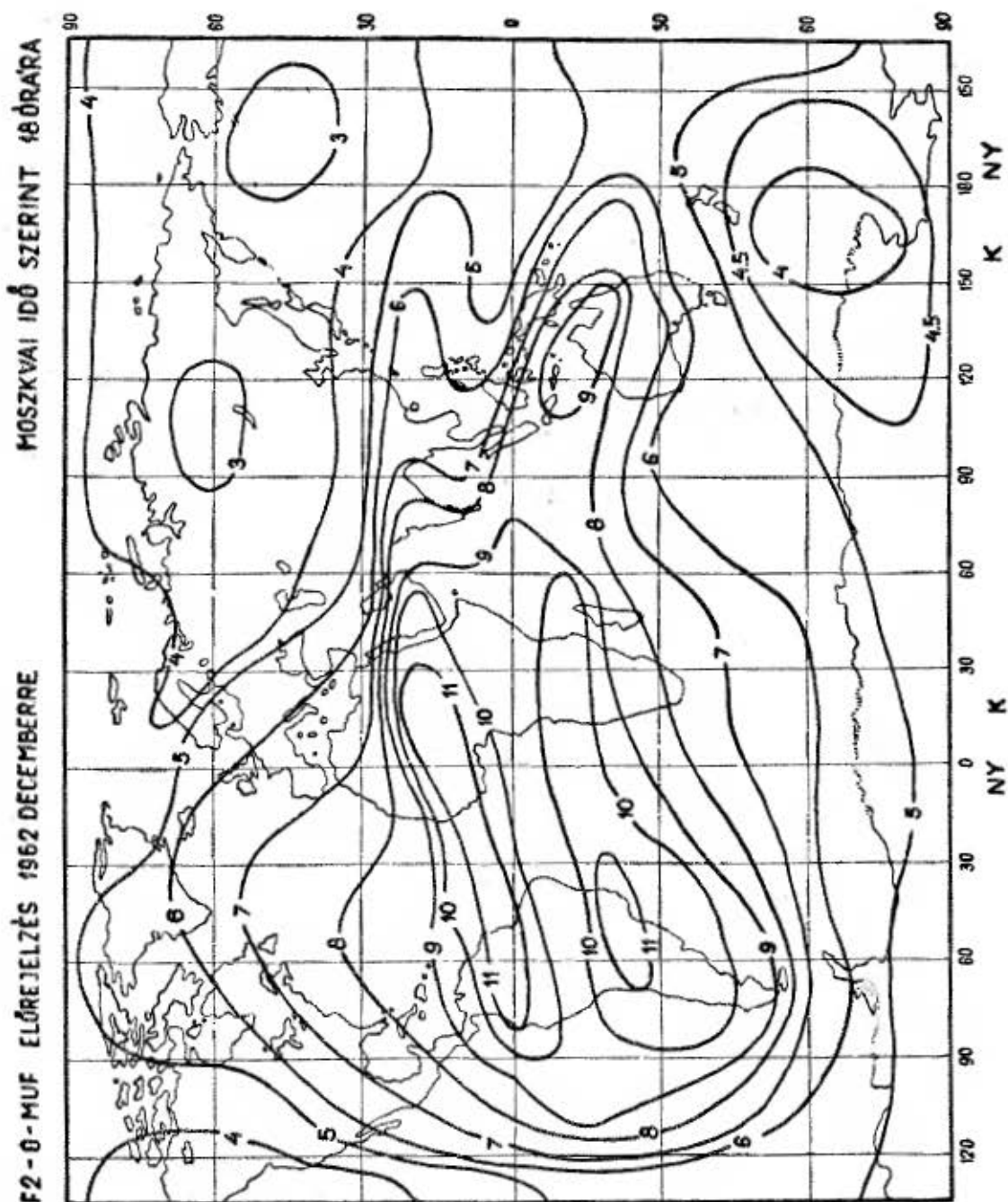
7. TERJEDÉSI ELŐREJELZÉSEK

Már az előző példánál is gondolhattunk arra, vajon mit ér e pillanatban annak a megállapítása, hogy egy ellenállomással mekkora frekvenciával bonyolítsuk le a távíró- vagy egyéb forgalmat, ha az ellenállomás nem tud róla? Mekkora frekvenciákon keresi majd a mi adásunkat? A forgalmi frekvenciákat bizony előre meg kell beszélni, levelezni és a forgalmi időkben a megtervezett frekvenciákon dolgozni!

Az összeköttetési frekvenciák előre szóló megtervezését teszik lehetővé az ún. „terjedési előrejelzések”. Ilyen előrejelzéseket már nemcsak a gazdag államok, hanem a szegényebbek is készíteneek, már csak azért is, mert ezt mint szellemi terméket el is lehet adni. Vannak ugyanis olyan országok, ahol a rádiózás még alacsony fokon van, olykor ezek is kényszerülnek rádióforgalmat lebonyolítani, amikor aztán kitűnik, hogy ehhez nemcsak adóberendezés és billentyű kell, hanem frekvencia is, akkor kénytelenek megvenni mások tudását.

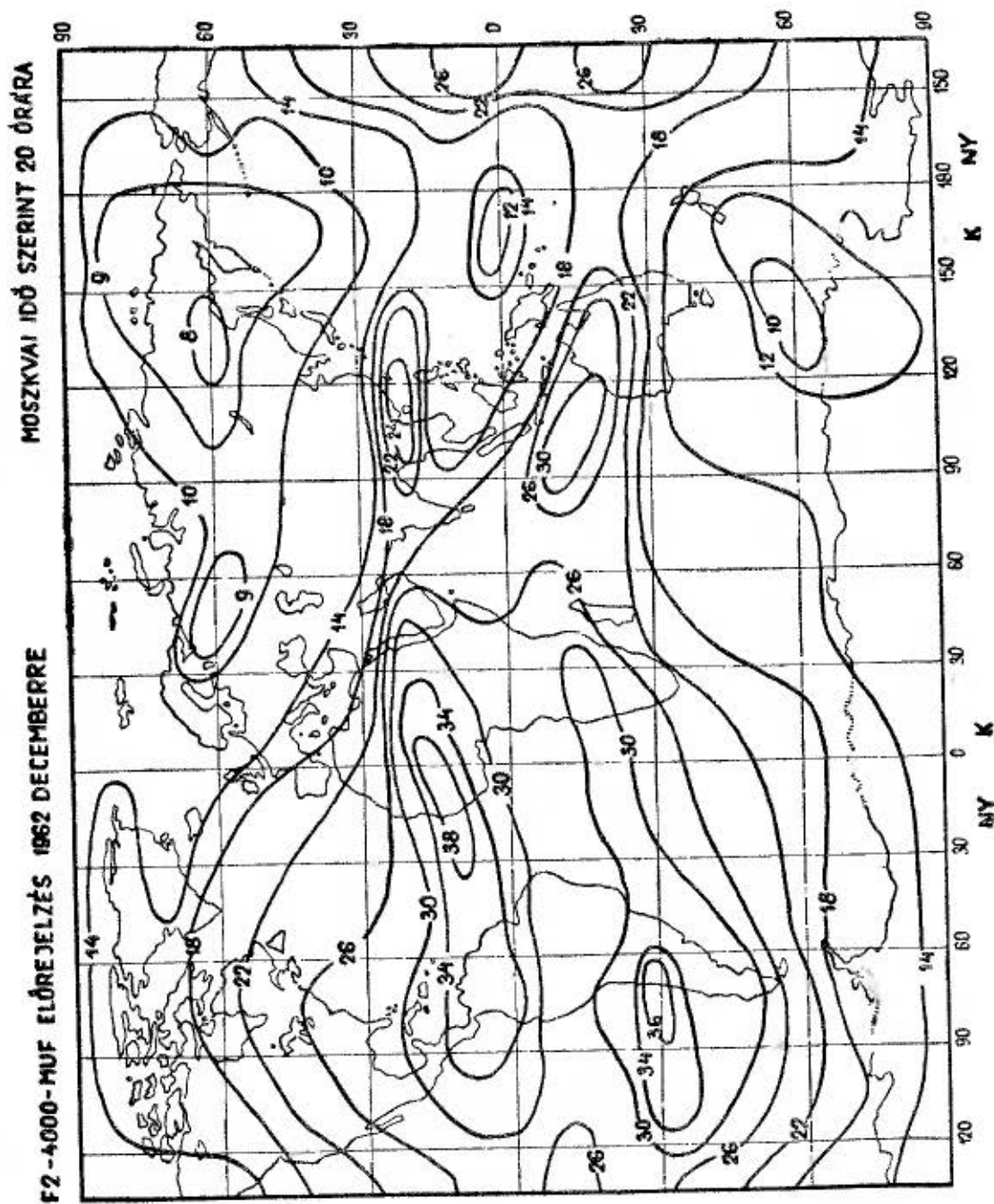
Ilyen előrejelzéseket ad ki pl. a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának egyik nagy hullámterjedéssel foglalkozó obszervatóriuma, az IZMIRAN (a név a sokféle feladat kezdőbetűiből készült). Az egyik fajta előrejelzés havonként jelenik meg és sok adatot tartalmaz. Mindent itt el se lehet mondani, csak az eddigiekből megérthető részleteket.

A 40. ábra mutatja pl. az 1962. december hónapra, a nap bizonyos két órányi szakaszára szóló F2—0—MUF előrejelzést. Az ábrán



40. ábra
F2—0—MUF előrejelzés

a világtérkép látszik, rajta görbe vonalak. Minden vonal kapott egy számot, ez a szám azon a helyen, tehát a vonal alatti földrajzi helyeken, az F2-réteg várható határfrekvenciája a fent megadott időre. A vonalak közötti területekre érvényes határfrekvencia értéket interpolálás segítségével kapjuk meg. Erről az előrejelzési térképről tehát leolvashatjuk bármely földrajzi ponthoz tartozó



41. ábra

F2—4000—MUF előrejelzés

F2-határfrekvenciát az adott hónapra és a nap adott 2 órás szakaszára (minden két-két órára másik térkép áll rendelkezésre).

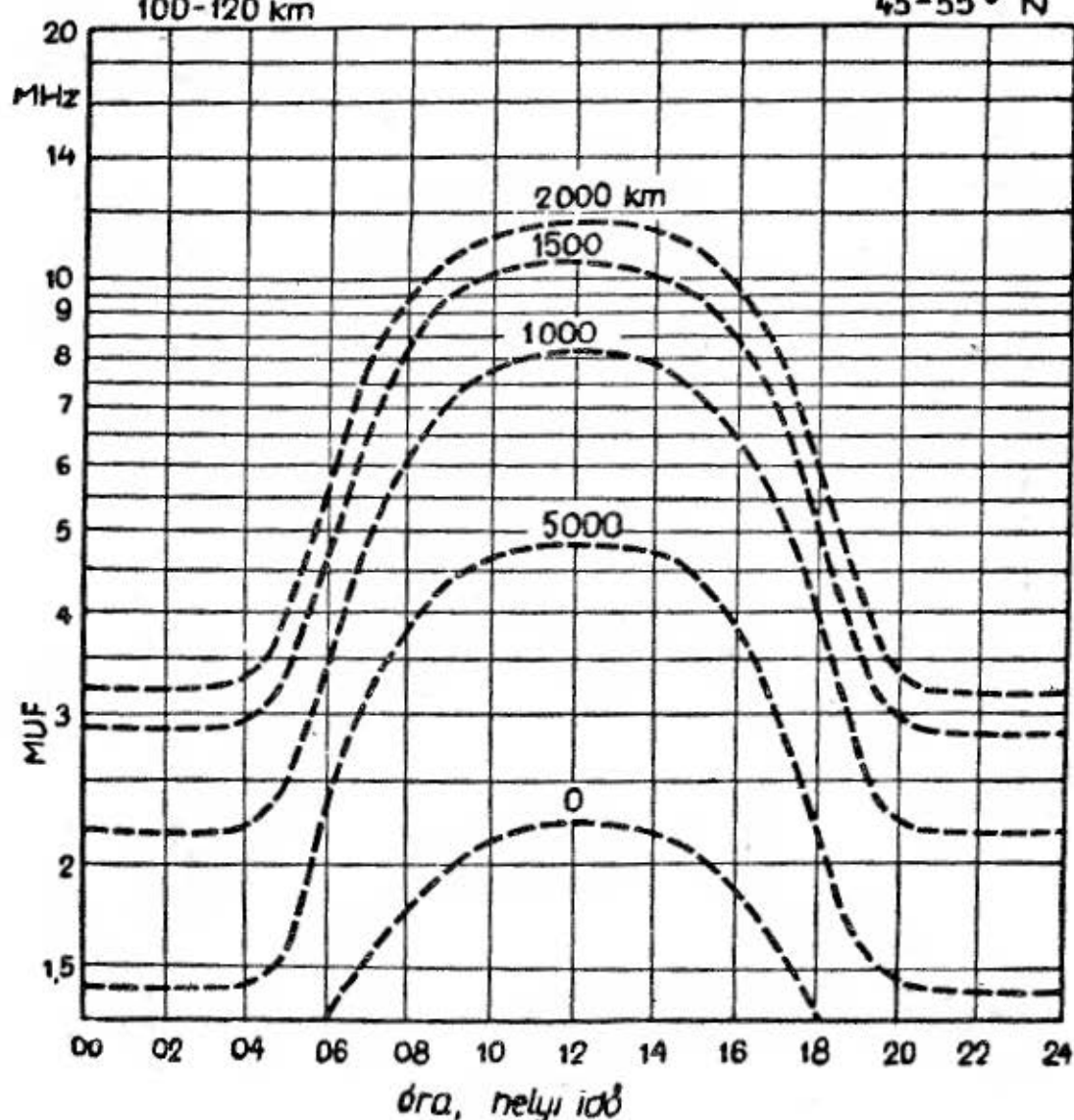
Ha nem az F2 határfrekvenciájára vagyunk kíváncsiak, hanem az F2-réteg segítségével pl. egy ugrással elérhető 4000 km távolságra szükséges frekvenciára, vagyis az F2—4000—MUF-ra, akkor egy másik térképsor áll rendelkezésünkre (41. ábra), erről — az előzőhöz

MUF előrejelzés 1962 decemberre

Az E-réteg magassága:

100-120 km

45-55° N



42. ábra

MUF előrejelzés az E-réteg számára

hasonlóan — az F2—4000—MUF értékeket olvashatjuk le (szintén a nap minden két órák közére, az adott hónapra, előre). Ezekből a térképekből és az előbbi, három függőleges vonalból álló grafikonokból már előre, egy hónapra megszerkeszthetjük a kívánt távolságban levő vevőállomásra küldendő frekvenciákat. Még hozzá, akár a nap minden két órájában a legmegfelelőbb frekvenciát használhatjuk. A gyakorlat azonban három-négy forgalmi frekvenciára csökkentheti a napi, forgalmi frekvencia-menetet.

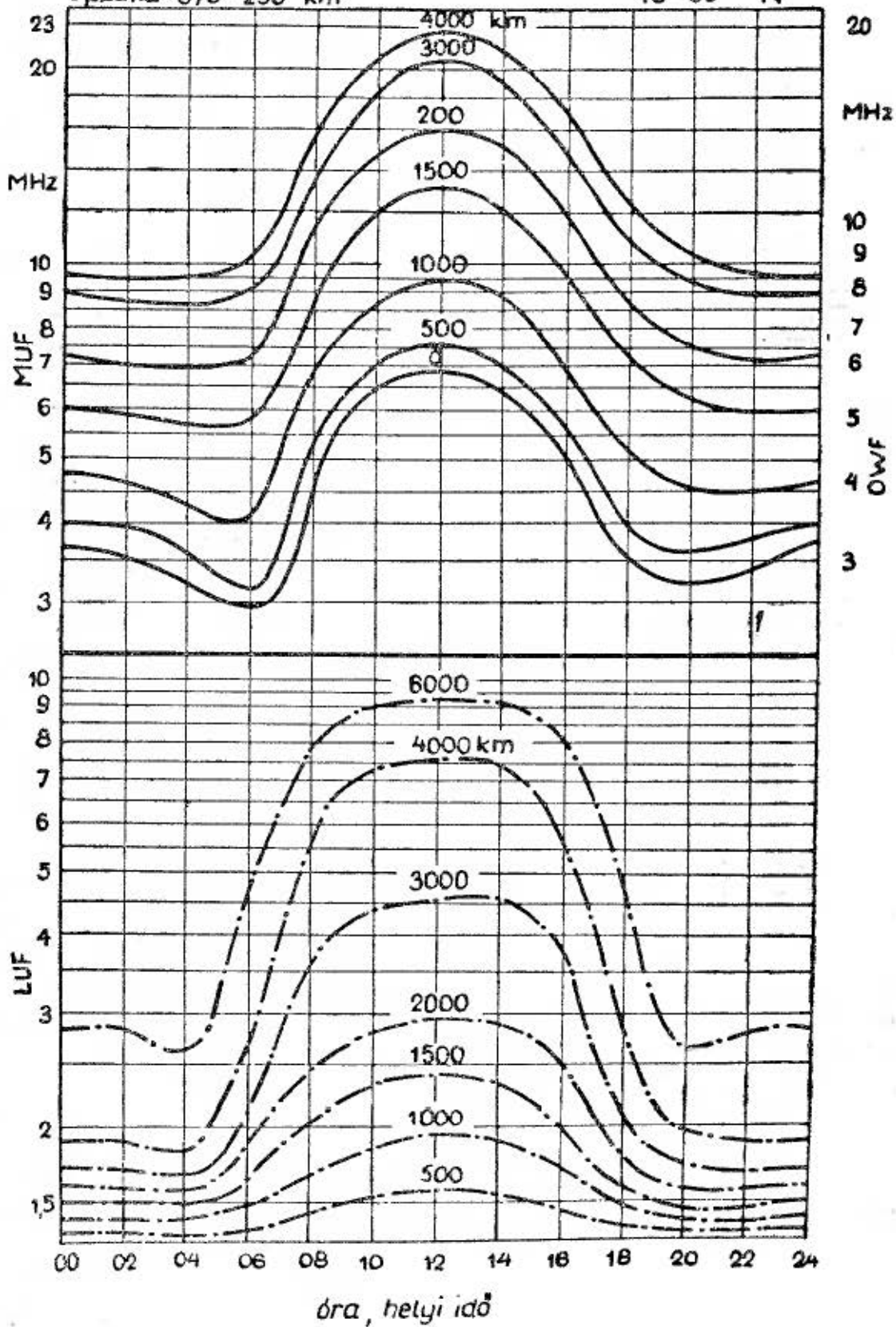
MUF és LUF előrejelzés 1962 dec-re

Az F2-réteg magassága:

nappal - 310 - 220 km

éjszaka - 370 - 250 km

45-55° N



43. ábra

MUF és LUF előrejelzés az F2-réteg számára

Ugyanebben az előrejelző füzetben, többek között, találunk különböző szélességi fokokra érvényes, „gyors” előrejelző-grafikonokat. Ilyen pl. a 42. ábrán látható MUF előrejelzés az E-réteg felhasználására (1962 dec.-re). Ebből a görbe vonalak a különböző távolságokat jelentik, az alsó, vízszintes vonal a helyi időt, órákban, a bal oldalon pedig a MUF-ot látjuk MHz-ben. Itt egy adott időpontban, pl. 12 órakor, úgy nézzük meg a kívánt távolságra küldendő rádióhullám legalkalmasabb frekvenciáját, hogy a 12 óras egyenesen a kívánt távolságot ábrázoló görbéig (vagy egy interpolált értékig) felfutunk, a találkozás pontjától pedig a baloldali frekvencia-skáláig húzunk egy egyenest. Az itt talált frekvenciát használhatjuk. Ezzel a módszerrel kinézhetjük magunknak az egész hónap minden órájára előre, a legalkalmasabb frekvenciát (természetesen az E-réteg felhasználásáról lehet csak szó).

Az F2-réteg segítségével messzebbre és magasabb frekvenciákkal dolgozhatunk. Erre ad előrejelzést az F2—MUF—LUF grafikon (43. ábra).

Ez az ábra két részből áll, a felsőn ugyanúgy határozhatjuk meg a nagyobb távolságra szóló legmagasabb frekvenciát, mint előbb az E-réteg számára készíttetten, az alsó részén levő görbék segítségével pedig a *legalacsonyabb használható frekvencia* állapítható meg. Alul itt is a helyi idő látható, két óránként.

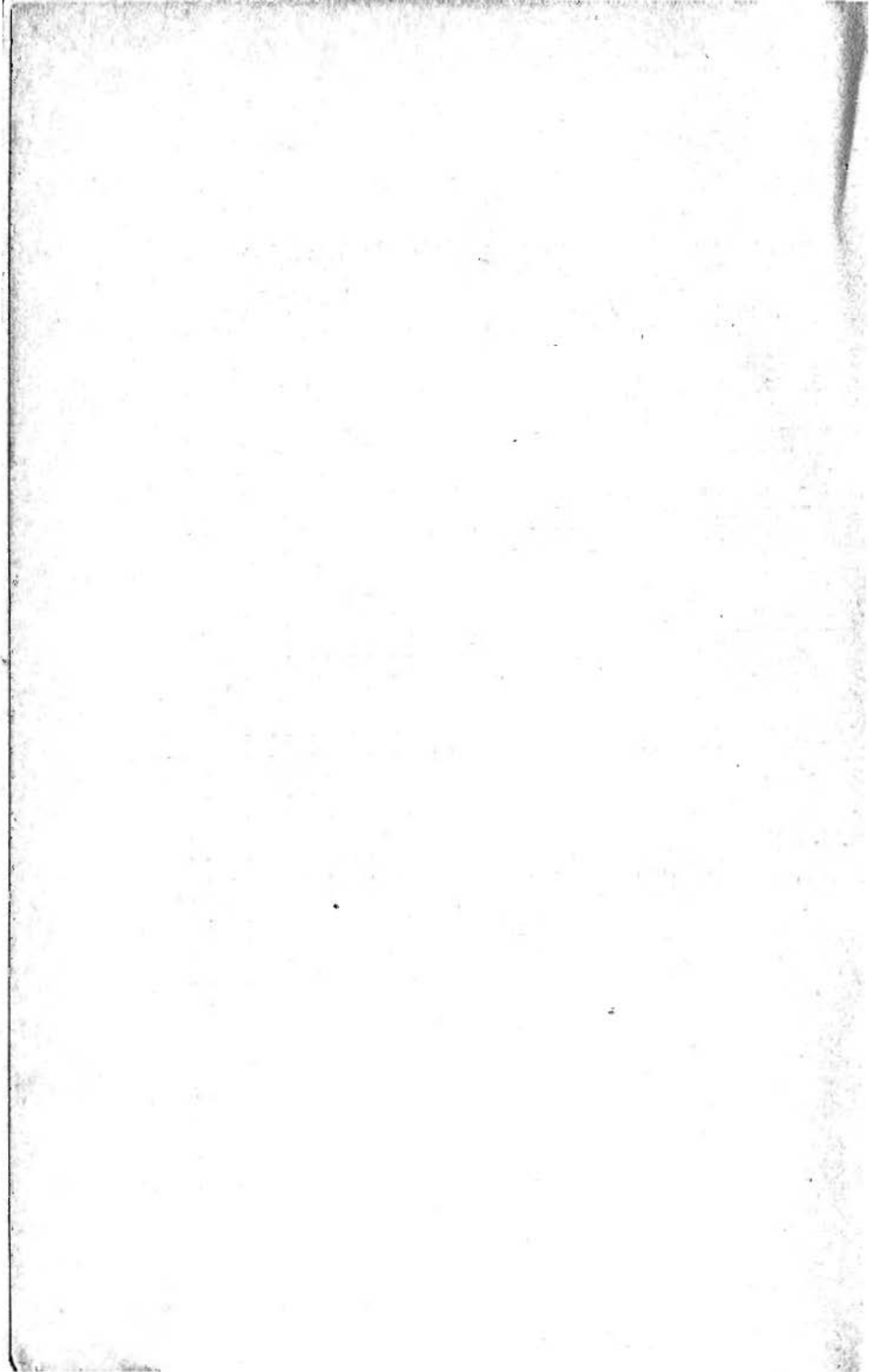
Ennek a grafikonnak a segítségével tehát *egy hónappal előre*, a nap minden két órájára megállapítható a legmagasabb és a legalacsonyabb, használható frekvencia adott távolságra, tehát a *napi használható frekvenciasáv*.

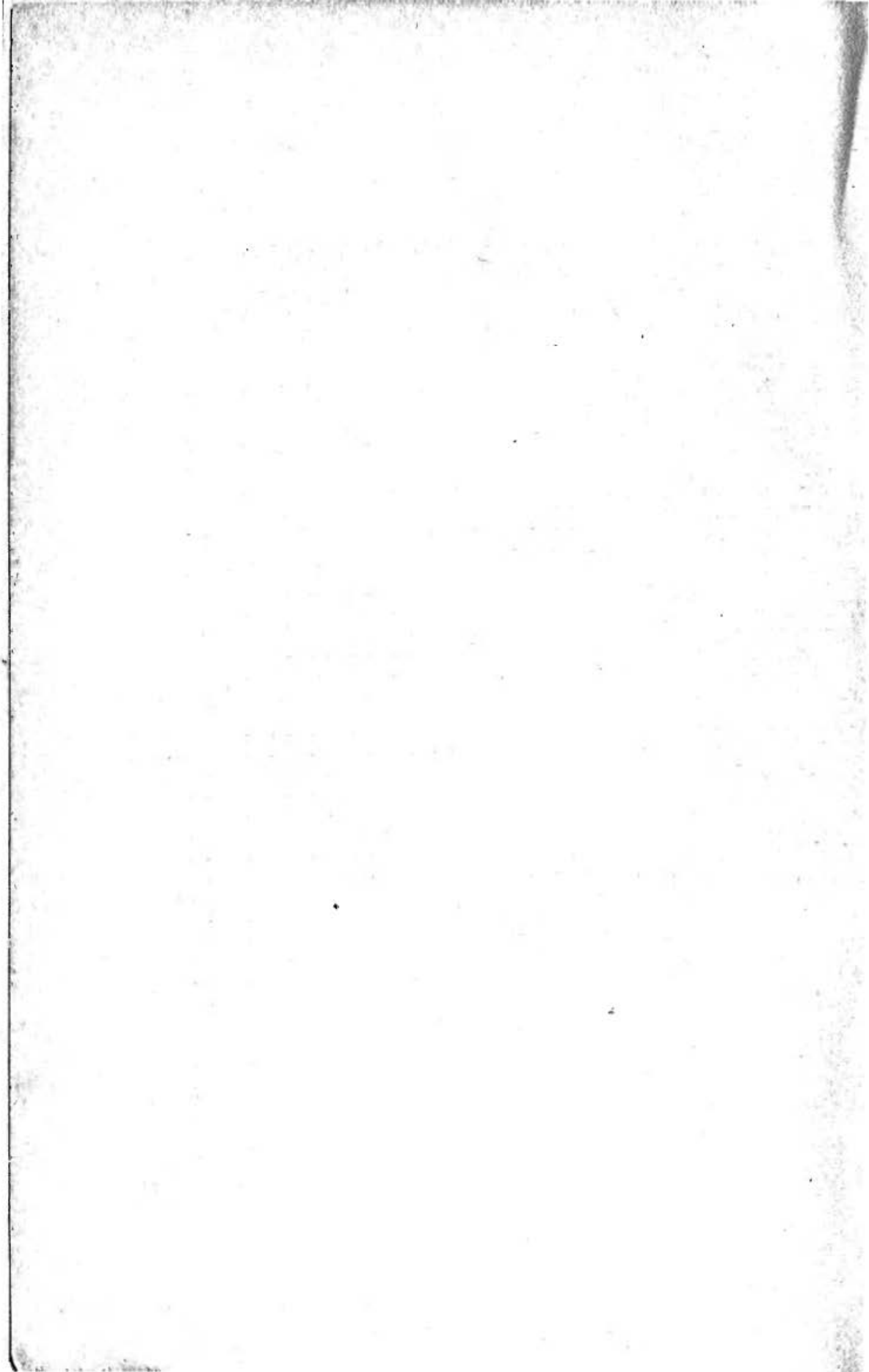
A prognózis, azaz előrejelző füzetek egy-két héttel előbb érkeznek meg, mint az előrejelzett hónap elseje. Bár az egy hónap nem nagy idő, de mégis többször szükség lehet helyesbítésre. Ilyen célból különböző adóállomások állnak rendelkezésre, amelyek egyrészt rövidebb lejáratú, de pontosabb előrejelzést adnak, másrészt kiigazítják a havi előrejelzést, ha pl. a Napon egy előre nem várt fölt, vagy más jelenség lép fel és néhány napra elrontja a vételt...

Ne gondoljuk, hogy a fentiekből már ismerjük is az előrejelző füzetet, van abban még a térerősségre vonatkozó rész is, és még sok minden más, amit egy rádiósnak ismernie kell. Persze csak akkor, ha nem akar lemaradni pl. némely afrikai állam rádiósaitól, akik már pontosan tudják, mikor, milyen frekvencián kell dolgozni az egyenlítő vidékén, hogy a tanulni kívánó feketék jól megértsék egymást...

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	3
1. <i>Elektromágneses hullámok</i>	4
1.1. Természetes és mesterséges elektromágneses hullámok	4
1.2. Egységek, felosztás	4
2. <i>Rádióhullámok tulajdonságai</i>	6
2.1. Rádióhullámsávok	6
2.2. Felületi hullám, térhullám	7
2.3. A közeg hatása	8
2.3.1. Törés	8
2.3.2. Törésmutatók	12
2.4. A talaj hatásai	14
2.5. Polarizáció	14
2.6. Abszorpció	15
2.6.1. A légkör abszorpciója	16
2.6.2. Az ionoszféra abszorpciója	17
2.6.3. Auróra abszorpció	20
3. <i>A rádióhullámok terjedését befolyásoló tényezők és a tér, amelyben terjednek</i>	21
3.1. A Nap	21
3.1.1. Napfoltok	22
3.1.2. A naptevékenység	24
3.2. A bolygóközi térség	25
3.3. A Hold	27
3.4. A Föld és légköre	29
3.4.1. Magnetoszféra	29
3.4.2. Ionoszféra	33
3.4.2.1. D-réteg	37
3.4.2.2. E-réteg	41
3.4.2.3. F-réteg	44
3.4.2.4. G-réteg	47
3.4.3. Troposzféra	47
3.5. A légköri zavarok	53
3.6. Meteorok	58
3.7. A „poláris sapka”	63
4. <i>Az egyes frekvencia-sávok — és amiért érdekeseek</i>	64
5. <i>Hiteles frekvenciák, pontos idő</i>	73
6. <i>Meddig terjed a rádióhullám?</i>	75
7. <i>Terjedési előrejelzések</i>	89





A MAGYAR HONVÉDELMI SPORTSZÖVETSÉG

Rádióamatőr füzetek

A SZOROZAT EDDIG MEGJELENT SZÁMAI:

- 42. SZ. ÉRCZFALVI: Televíziókészülékek javítása (VI.)
(Benczúr, Kékes) (4,80)
- 43. SZ. KOVÁCS: Tranzistoros szupert építünk (3,—)
- 44. SZ. BERECSKY: Rádióamatőrök elektrotechnikája (4,80)
- 45. SZ. HRABÁL: A százarcú varázsszem (4,80)
- 46. SZ. GONDA: Korszerű erősítőelemek (5,40)
- 47. SZ. RADVÁNYI: Hogyan készítsünk jó magnetofon felvételt (4,80)
- 48. SZ. GYURKOVICS: Televíziókészülékek javítása (VII.)
AT 403, 505 (Tisza, Duna) (7,20)
- 49. SZ. FÜVESI: A szuperkészülék építése és működése (4,20)
- 50. SZ. Mít hol talállok? (6,60)
- 51. SZ. GYURKOVICS: Televíziókészülékek javítása (VIII.)
(602—603) (6,00)
- 52. SZ. RADVÁNYI: Magnetofonkészülékek korszerűsítése (4,20)
- 53. SZ. NANASI: Tv-készülékek javítása (IX.) (AT 611) (4,90)
- 54. SZ. KÁRPÁTI—NAGY: Gyári tranzistoros készülékek adatai (7,—)
- 55. SZ. GONDA: Amatőr mérések (I.) (6,30)
- 56. SZ. KÁRPÁTI: Tranzistoros készülékek javítása (5,60)
- 57—58. SZ. BIRÓ—FARAGÓ—ÖRDÖG: A rövidhullámú rádióamatőr
ismeretei (I—II.)
- 59. SZ. RÓZSA—VERESZKY: Amatőr elektronikus műszerek építése
- 60. SZ. FLÓRIÁN: Mít kell tudni a rádióhullámok terjedéséről?

ELŐKÉSZÜLETBEN:

Tranzistoros műszer tv hangoláshoz
Magnetofon készülékek javítása (II.) (TERTA)

A füzetsorozat megjelent számai beszerezhetők a
KISZ rádióamatőr és ezermester boltjaiban és a könyvesboltokban,
vagy postán megrendelhetők az amatőrbolt címén:
Budapest, VI., Lenin körút 52.