5.1.6. Ručni radio - primopredajni uređaji

Ručni radio primopredajni uređaji, npr. *walkie-talkies* su uređaji male snage koji se koriste za slanje i primanje poruka na relativno malim udaljenostima. Ovi uređaji su posebno interesantni jer ih koristi veliki dio populacije (vojska, policija, vatrogasci, radnici na radilištima, planinari, rado-amateri itd.). Do pojave mobilne telefonije, ovi uređaji su bili glavni predstavnici mobilnih komunikacionih uređaja [2,6,13,37].

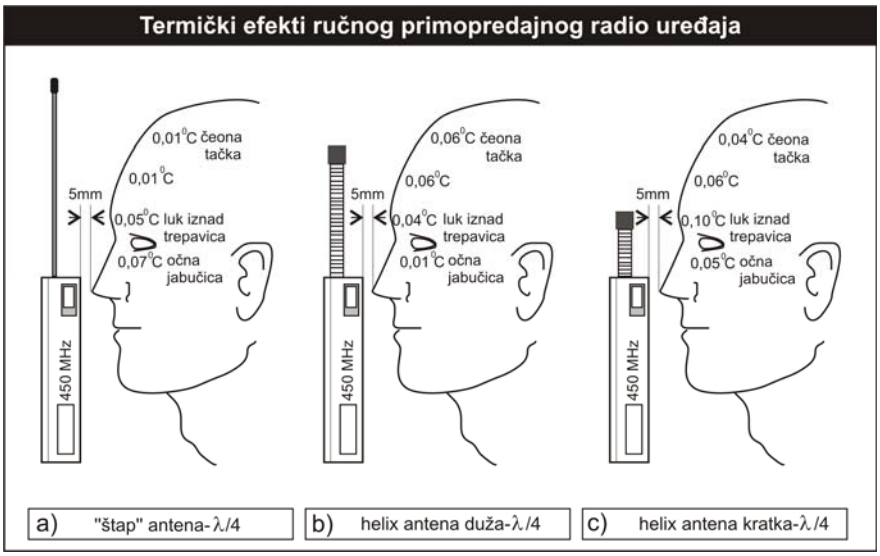
U zavisnosti od vrste službi koje ih koriste, kao i važećih standarda i propisa, ova vrsta komunikacionih uređaja koristi frekvencijski opseg od 27 MHz do 2,4 GHz, a imaju relativno niske energetske nivoe od 0,2 W do 6 W. Međutim, ne smije se zaboraviti da se prilikom korištenja ovih uređaja, u većini slučajeva, glava korisnika nalazi u "bliskoj zoni" RF/MT polja *(slika 5.14).*

Slika 5.14

Izuzetak čine ručni primopredajni radio-uređaji koji su opremljeni sa izdvojenom mikro-telefonskom kombinacijom na spiralnom kablu, kakve koriste profesionalne službe. Zbog širokog frekvencijskog spektra, kod ovih uređaja nailazimo na veću raznolikost u ugrađenim spoljnim antenama. U većini slučajeva ove antene se veoma brzo i lako mogu mijenjati (duže i kraće) jer su postavljene na BNC konektoru. Iz praktičnih razloga za održavanje radio veze na kraćim rastojanjima, većinom se koriste veoma kratke tzv. "pendrek" antene.

Treba imati u vidu da upotreba ovako vještački skraćenih antena, dovodi do većih gustina snage elektromagnetskih talasa u osjetljivom tkivu oka.

Električno polje na kraju skraćene antene kao što je to "pendrek-antena" (odnosno pravilno nazvana heliks-antena u normalnom režimu rada) veće je nego na kraju pune četvrttalasne antene, a kod ručnih radio-stanica vrh "pendreka" može da dođe prilično blizu očiju i lica. Kod komercijalnih antena ovog tipa ekstremno bliski kontakt sa krajem antene obično je onemogućen debelom izolacionom kapom, jer direktan kontakt sa neizolovanim krajem "pendrek antene" može da izazove opekotine rožnjače pri nivoima snaga od svega 1-2 W.



Slika 5.15

U cilju utvrđivanja stepena opasnosti koji bi mogle da predstavljaju ručne radiostanice za ljudski oraganizam, jedna poznata američka firma izvršila je niz eksperimenata sa ovakvim stanicama snage 2 W, za podopsege 150 i 450 MHz. Stanice su bile opremljene sa "štap" (monopol dužine λ/4) i heliks antenama (dužim i kraćim) kako je prikazano na *slici 5.15.*

Konstruisana je vještačka glava sa torzom i izložena dejstvu elektromagnetskog polja, a za mjerenje porasta temperature vještačke glave korištena je termička sonda.

Da bi se otklonio uticaj eventualne koncentracije EM talasa na samoj termičkoj sondi, što bi moglo izazvati netipično lokalizovano zagrijevanje na tom dijelu glave, sonda je bila uklanjana za vrijeme dok je predajnik bio u radu. Uređaj je bio isključivan u toku 15 do 60 sekundi na predaji, a zatim je stavljena sonda i mjeren porast temperature.

Kada su primopredajnici bili postavljeni u onaj položaj u kome se nalaze prilikom normalnog rada, nisu primjećeni nikakvi značajni termički efekti ni na jednom od navedenih podopsega.

Pri malim dubinama unošenja sonde (5 mm) najveći porast temperature nije prelazio 1^0C. Na većim dubinama porast je bio još manji. Na *slici 5.15 (a, b i c)* prikazan je porast temperature na pojedinim karakterističnim tačkama glave.

Da bi se eliminisala mogućnost da neprimjećeno dođe do nedozvoljenog zagrijevanja malih površina koje baš nisu kontrolisane termičkom sondom, upotrebljen je skener sa infracrvenom svjetlošću sa kojim su snimljeni termogrami. Mjerenjem nije utvrđeno postojanje nekih "žarišta". Jedina opasnost po zdravlje postojala je u slučaju kada je vrh antene bio blizu oka (5 mm ili manje). U tom slučaju bi moglo da dođe do RF opekotina na rožnjači.

Do sada nisu pronađeni nikakvi dokazi da bi korištenje ovih uređaja bilo opasno, ali nije dokazano ni suprotno!

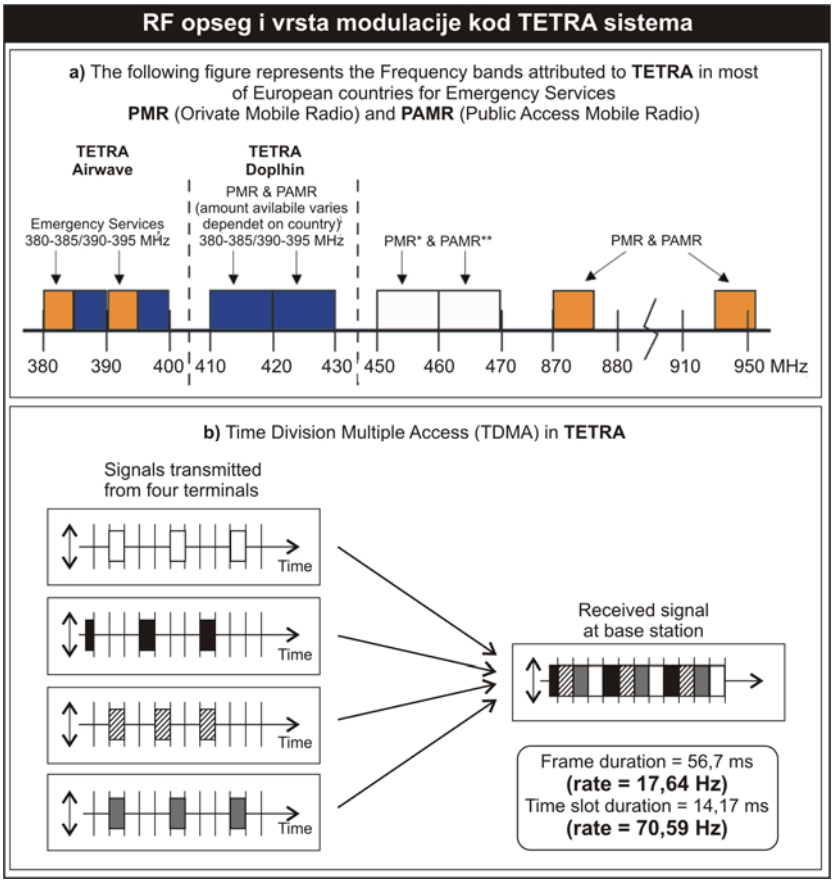
Posebnu grupu prenosnih radio uređaja *(slika 5.16)* čini nova generacija uređaja za komunikaciju pod nazivom: **TETRA** *(Terrestrial Trunked Radio)*. Radi se o namjenskim komunikacionim sistemima sa digitalnom modulacijom koji funcionišu slično mobilnoj telefoniji (princip podjele teritorije na ćelije i korištenje baznih stanica) ali posjeduju još neke osobine koje ga čine robusnijim u odnosu na mobilnu telefoniju [7,34,38,39,40].

Slika 5.16

RF snaga predajnika kod uređaja TETRA sistema iznosi od 0,1 W do 3W.

Sistem TETRA radi u UHF opsegu frekvencija od 380 do 430 MHz *(slika 5.17-a)* što omogućava pokrivanje veće teritorije jednom ćelijom, zatim mogućnost direktnog razgovora dva korisnika bez korištenja infrastrukture sistema, formiranje odvojenih grupa korisnika unutar iste mreže, kao i ostvarivanje veza po principu jedan korisnik-više korisnika i više korisnika-više korisnika. Ovaj sistem koristi modulaciju sa

vremenski podijeljenim pristupom *(slika 5.17-b)* TDMA* *(Time Division Multiple Access),* slično kao kod GSM sistema, ali sa manjim brojem vremenskih okvira.



Slika 5.17

U zavisnosti od potreba i usvojenih standarda, proizvođači opreme za ovaj sistem, proizvode i TETRA uređaje koji su kompatibilni sa GSM mrežom.

Zbog primjene digitalne modulacije i posebnog algoritma za kodiranje govora, ovaj sistem je potpuno bezbjedan od prisluškivanja.

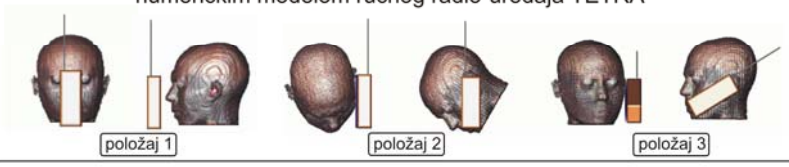
Sistem TETRA se posebno dobro pokazao kod sigurnosnih službi kao što je policija. Sistem omogućuje prepoznavanje lica i otisaka prstiju, brzu i pouzdanu identifikaciju osoba, hitne reakcije u kriznim situacijama, prenos slika sa terena, koordinaciju sa ostalim javnim službama, uvođenje "kancelarije u kolima", kao i trenutni uvid u bazu podataka.

* Osnovni princip TDMA modulacije, obrađen je u poglavlju 6.4.

Mjerenje SAR vrijednosti ručnih radio-uređaja TETRA

a) Osnovni položaji pri korištenju ručnog radio-uređaja TETRA

b) Simulacija korištenja sa numeričkim modelom ljudske glave i numeričkim modelom ručnog radio-uređaja TETRA



c) Izmjerene SAR vrijednosti sa RF snagom TETRA uređaja od 1W, sa različitim položajima u odnosu na glavu korisnika

Položaj uređaja	SAR 10g/W^{-1}		Propisane granične vrijednosti **ICNIRP standardom**
	monopol antena	helix antena	
položaj 1	0,58	0,77	**2 W/kg^{-1}** opšta populacija
položaj 2	0,52	0,97	**10 W/kg^{-1}** profesionalna izloženost
položaj 3	0,43	0,68	

Slika 5.18

Ovaj sistem takođe koristi vojska, carinske službe, hitna medicinska služba, radnici železnice, elektroprivrede, transportne službe i.t.d. Većina evropskih zemalja prelazi na ovaj digitalni komunikacioni sistem .Tetra sistem prva je uvela Velika Britanija za potrebe sigurnosnih službi, ali takođe sistem postoji i u komercijalnoj upotrebi *(British Airways).* Međutim, ovaj novi digitalni radio sistem stvorio je puno zdravstvene nesigurnosti.

Kao i kod mobilne telefonije, glava osobe koja koristi TETRA ručni radio uređaj, nalazi se u bliskoj zoni njegovog RF predajnika. Koristeći iskustva od mobilne telefonije, izvršena su opsežna ispitivanja na izloženost RF zračenju koje se izražava u SAR* jedinicama. Primjenjena je dozimetrijska i numerička FDTD metoda.

Rezultati ispitivanja su pokazali da je vrijednost SAR mjernih jedinica (RF snaga od 1W) TETRA ručnog radio-uređaja, manja od one zahtjevane donje granice koja je preporučena standardima NRPB-a *(National Radiological Protection Board)* i ICNIRP-a *(Non-Ionizing Radiation Protection).* Osnovni princip mjerenja SAR vrijednosti na TETRA uređajima, prikazan je na *slici 5.18.*

* SAR jedinica i FDTD metoda obrađeni u poglavlju 7.2.

Međutim, treba imati u vidu da je signal TETRA baznih stanica kontinuiran, dok je kod prenosnih uređaja **impulsni**. Rad u području modulacije snage s impulsnom frekvencijom radiofrekvencijskog signala Tetra sistema iznosi **17.6 Hz** *(vidi sliku 5.17-b).* Moguće posljedice rada na takvim impulsnim frekvencijama (npr. na oko 16 Hz) je gubljenje pamćenja i promjene osobina ponašanja ljudi. Mnogi zaposleni u sigurnosnim službama, pogotovu policije, prijavljivali su glavobolje, migrene, padavice, poremećaje u spavanju, te osip po tijelu. Naučna istraživanja još to sve nisu u mogućnosti potvrditi, ali ono što je izazvalo zabrinutost je, da se došlo do pouzdanih podataka kako postoji mogućnost velikog rizika gubitka kalcija u mozgu čovjeka i ostalim organskim tkivima u radu s takvim uređajima - istraživanja su rađena na mozgu životinja (pilad i miševi).