



**APAT**

**Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici**

**TESI DI STAGE**

**“EVOLUZIONE, MISURAZIONI E VALUTAZIONI  
DELLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE  
DEL CENTRO TRASMITTENTE DI RADIO VATICANA  
A SANTA MARIA DI GALERIA (RM) ”**

**Stagista: Dott. Ing. Valeria Canè**

**Tutor: p.i. Franco Giuliani, Ing. Renzo Tommasi**

Marzo 2004

# INDICE

## INTRODUZIONE

### CAPITOLO 1 – L'EVOLUZIONE STORICA DI RADIO VATICANA

- 1.1 UN PO' DI STORIA...
- 1.2 ... FINO AI NOSTRI GIORNI

### CAPITOLO 2 – CENNI DI RADIOTRASMISSIONE

- 2.1 PREMESSA
- 2.2 IL PROCESSO DI MODULAZIONE
  - 2.2.1 LA MODULAZIONE DI AMPIEZZA (AM)
  - 2.2.2 LA MODULAZIONE DI FREQUENZA (FM)
- 2.3 LE ONDE CORTE
- 2.4 LE ONDE MEDIE

### CAPITOLO 3 – RADIO VATICANA E LE SUE TRASMISSIONI

- 3.1 LE TRASMISSIONI IN ONDE CORTE
- 3.2 LE TRASMISSIONI IN ONDE MEDIE
- 3.3 LE TRASMISSIONI IN FM
- 3.4 LE TRASMISSIONI VIA SATELLITE
- 3.5 LE TRASMISSIONI IN DIGITALE

### CAPITOLO 4 – RISCHI CONNESSI ALL'ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

- 4.1 CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE

### CAPITOLO 5 – REALIZZAZIONE DI UNA CAMPAGNA DI MISURA

- 5.1 CRITERI DI SCELTA DEI SITI DI MISURA
- 5.2 CRITERI DI SCELTA DELLA STRUMENTAZIONE

## CAPITOLO 6 – CRONOLOGIA DELLE CAMPAGNE DI MISURA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI NELL'AREA CIRCOSTANTE IL CENTRO TRASMITTENTE DI RADIO VATICANA

### 6.1 PREMESSA

### 6.2 ISTITUZIONE DELLA COMMISSIONE BILATERALE E PRIME CAMPAGNE DI MISURA 2000/2001

### 6.3 CAMPAGNE DI MISURA 2002

### 6.4 ATTIVITA' DI MONITORAGGIO 2003/2004

## CAPITOLO 7 – CONCLUSIONI

### 7.1 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

## BIBLIOGRAFIA

## **PREFAZIONE**

I passaggi storici, per così dire, a cui fa capo il presente lavoro risalgono già al 1985, ossia i primordi di quello che diverrà alla fine degli anni 90 e successivamente nel nuovo millennio il “caso Radio Vaticana”, che ha suscitato interesse e risonanza sull’opinione pubblica anche grazie soprattutto all’eco data dai mass-media.

Radio Vaticana, a causa delle attribuzioni basate su presunti elementi che inducono ancor oggi ad ipotizzare implicazioni negative sulla salute degli abitanti dei dintorni, è divenuto un vero e proprio caso che ha visto il coinvolgimento di due stati con relative implicazioni diplomatiche e numerosi attori (Ministero degli Esteri, Ministero dell’Ambiente, Ministero delle Comunicazioni, ARPA Lazio, Magistratura, Commissioni Bilaterali ed almeno tre Consigli di Governo).

Tale caso ha preteso a gran voce una risposta tecnica da parte degli organi competenti, nella fattispecie ANPA/APAT.

L’APAT si è trovata a lavorare e a dare risposte su un così delicato argomento che presentava numerose insidie, da quelle di ordine diplomatico e politico a quelle molto complesse di ordine tecnico, che hanno messo i tecnici e gli ingegneri coinvolti a dover lavorare in condizioni di massimo impegno e professionalità (come di solito avviene, ma con un grado di attenzione che ponderasse l’imponderabile).

Il presente lavoro è, e vuole essere, il primo vero documento scientifico divulgativo del caso Radio Vaticana, che fino ad oggi ha prodotto solo relazioni tecniche fruite dai soli politici e diplomatici competenti nella questione.

Nell’articolare la presentazione di tale documento scientifico, non si può non prendere atto delle linee logico deduttive e delle competenze tecnico professionali implicate nella realizzazione dello stesso.

Le attività, già descritte nelle linee essenziali dai rapporti tecnici, vengono riprese, studiate ed inserite nel presente lavoro che non rappresenta solo una

raccolta in merito all'argomento o "caso Radio Vaticana", ma è da collocare come studio precursore e guida di questo annoso argomento.

La padronanza con cui la stagista ha dato vita al presente studio, denota non solo una prontezza nella fase di acquisizione dei dati storici rintracciabili da documenti esistenti, ma mette in luce le doti di vivace propensione a portare a giusto compimento le attività svolte in campo.

Lo studio non si è limitato pertanto ad una fase compilativa, ma ha visto anche la stagista brillantemente impegnata in prima persona in fasi molto operative. Il lavoro mostra difatti una notevole esperienza nelle attività di misurazione ed elaborazione dati, maturata durante le operazioni di controllo e vigilanza dell'APAT e compiute nel periodo dello stage nei medesimi siti oggetto di indagine.

Ing. Renzo Tommasi  
p.i. Franco Giuliani

## **ABSTRACT**

Radio Vaticana nasce indiscutibilmente come mezzo di diffusione del messaggio cristiano della Chiesa e del Papa in tutto il mondo: il capitolo sull'evoluzione storica dell'emittente, quindi, permette di comprenderne lo sviluppo parallelamente a quelle che sono le fasi più importanti della storia italiana dagli anni '30 ai giorni nostri, fasi che hanno indotto trasformazioni notevoli in tutti i campi della tecnica e della società. Sempre in questo primo capitolo viene descritto sommariamente il sito oggetto dello studio, lasciando ai capitoli successivi gli approfondimenti sia tecnici che impiantistici.

Nel secondo capitolo, vengono esposti i concetti fondamentali della radiotrasmissione, dall'utilizzo di onde corte o medie per raggiungere nazioni diverse, alla necessità del processo di modulazione (AM o FM) di una trasmissione radiofonica.

Nel terzo capitolo si parla in maniera più approfondita di tutte le trasmissioni realizzate da Radio Vaticana e quindi di tutti gli impianti necessari al fine della loro diffusione nel mondo: dalle antenne fisse ad onde corte e medie, alle antenne rotanti, veri prodigi della tecnica, fino ad arrivare alle nuove alternative alla trasmissione tradizionale, grazie all'utilizzo di Internet, dei satelliti e della tecnologia digitale.

Il quarto capitolo costituisce una sintesi delle ultime relazioni dell'OMS sui rischi connessi all'esposizione ai campi elettromagnetici, in base all'attuale stato delle conoscenze scientifiche. Il quinto capitolo, invece, permette di comprendere le fasi propedeutiche necessarie per la realizzazione delle varie campagne di misura effettuate dall'ANPA/APAT dal 2000 in poi, vista la complessità del sito oggetto di indagine.

Il sesto capitolo analizza tutta la sequenza di avvenimenti del "caso Radio Vaticana", in quanto la questione delle emissioni elettromagnetiche del Centro Trasmittente di S. Maria di Galeria, costituendo un problema di natura internazionale, ha richiesto per essere risolto l'istituzione di una Commissione

Bilaterale Italia – Santa Sede, attraverso la quale è stato possibile realizzare un confronto tra le parti al fine di realizzare delle campagne di misura in cui hanno partecipato in maniera congiunta tecnici dell'emittente e tecnici dell'APAT. Il periodo di tempo indagato dal 1985, anno delle prime misurazioni effettuate dal Vaticano all'interno del Centro, al 30 gennaio 2004, giorno in cui si è svolta l'ultima azione di monitoraggio delle emissioni elettromagnetiche da parte dell'APAT, permette di osservare una vera e propria evoluzione dell'entità delle emissioni, resa possibile anche grazie alla volontà dell'emittente di sfruttare al meglio le nuove tecnologie per la trasmissione di programmi radiofonici, come verrà anche diffusamente spiegato nell'ultimo capitolo del presente lavoro.

---

The first chapter of present work is about the historical evolutions of Vatican Radio; this allows to understand its development in parallel with the most important facts of Italian history, from '30s till today, that have induced remarkable transformations in all the fields of science and society. In this first chapter it comes also summarily described the site of the Transmission Center in S. Maria di Galeria (Rome).

In the second chapter, are exposed fundamental concepts of broadcasting, from the use of short or medium waves to catch up various nations, to the necessity of modulation process (AM or FM) in broadcasting.

In the third chapter, it is explained about all the transmissions realized from Vatican Radio Transmission Center and therefore about all the necessary systems to send them around the world: from fixed to rotary antennas, *true* masterpieces of technique, until arriving to the new alternatives to traditional transmission, Internet, use of satellites and digital technology.

The fourth chapter constitutes a synthesis of the last relations of World Health Organization on electromagnetic fields and public health. Fifth chapter, instead, explains the various phases required to realize a good measurement campaign, like ANPA/APAT has carried out from 2000, because of the complexity of the site object of study.

The sixth chapter analyzes all the sequence of events of “Vatican Radio case”, looking at the evolution of electromagnetic emissions from the Transmission Center, that have constituted a problem of international nature, that demanded for being resolved the institution of Bilateral Commission Italy – Vatican, through which it has been possible to realize a true comparison between both parts. The aim was to realize measurement campaigns in which both technicians from the Radio and from ANPA/APAT have worked to reduce the intensity of electromagnetic emissions in combined ways.



## INTRODUZIONE

Il presente lavoro si propone l'obiettivo di fornire al lettore un quadro più esaustivo possibile delle vicende che si sono susseguite intorno alla questione delle emissioni elettromagnetiche provenienti dal Centro Trasmittente di Radio Vaticana in S. Maria di Galeria (Roma).

Nel corso degli ultimi dieci anni si è assistito da parte di alcuni mezzi di comunicazione ad una vera e propria campagna allarmistica, in certi casi superficiale, sul tema delle emissioni elettromagnetiche, che ha prodotto nell'opinione pubblica un certo grado di confusione o, ancor peggio, delle convinzioni erronee nelle quali si può in parte riconoscere uno dei motivi principali per cui il caso Radio Vaticana abbia suscitato così tante polemiche.

Nell'ambito delle vicende accadute, infatti, i mass-media da una parte e gli scienziati dall'altra hanno fornito delle versioni contrastanti soprattutto sul tema scottante della presunta cancerogenità delle onde elettromagnetiche. Questo argomento è attualmente al centro di numerosi studi scientifici sia in Italia che all'estero, ma in attesa di risultati certi ogni nazione ha provveduto autonomamente ad adottare, in base al principio di precauzione<sup>1</sup> e ai fini di tutela della popolazione, le indicazioni fornite dalla Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non-Ionizzanti (ICNIRP), recepite con voto unanime dal Consiglio dell'Unione Europea, con la sola eccezione dell'Italia, che ha successivamente fissato il 10/9/1998 delle limitazioni molto più restrittive, maggiormente cautelative.

Di qui il nascere del problema delle emissioni del Centro Trasmittente di S. Maria di Galeria, che si è trovato di fronte ad una normativa italiana (Decreto Ministeriale 381/98) difforme dagli standard internazionali a cui esso si atteneva dal 1989.

---

<sup>1</sup> Il comunicato CEE del 2 febbraio 2000 afferma che: "Il principio di precauzione è una politica di gestione del rischio che viene applicata in circostanze caratterizzate da un alto grado di incertezza scientifica, e riflette la necessità di intervenire nei confronti di un rischio potenzialmente grave senza attendere i risultati della ricerca scientifica".

## CAPITOLO 1 – L'EVOLUZIONE STORICA DI RADIO VATICANA

### 1.1 UN PO' DI STORIA...

Nel lontano 1929, successivamente alla stipula dei Patti Lateranensi e al conseguente riconoscimento dello Stato Vaticano, l'allora Pontefice Pio XI affidò a Guglielmo Marconi la costruzione di una stazione radio all'interno dello stesso stato. La stazione radio progettata da Marconi, con la consulenza scientifica del padre gesuita Giuseppe Gianfranceschi, fu tra le prime stazioni europee a comunicare in duplex con altre stazioni di tutto il mondo ed aveva una potenza di 15 kW. La redazione che inizialmente vi lavorava era formata da Padri Gesuiti e trasmetteva in 9 lingue.



Figura 1 – Foto dell'archivio storico di Radio Vaticana: da sinistra in primo piano Guglielmo Marconi, l'ing. Mathieu ed il pontefice Pio XI.

Il 12 febbraio 1931, Pio XI inaugurò l'impianto con un discorso in latino che suscitò vivissima emozione in tutto il mondo, i giornali più prestigiosi dell'epoca diedero risalto all'evento: il Times, The Universe, il Daily

Telegraph, il News Chronicle, il New York Herald ed il Daily Mail. La foto in fig.1 fece il giro del mondo; oggi ci rende partecipi di un evento straordinario. Si riporta di seguito uno stralcio del discorso tenuto dallo stesso Guglielmo Marconi<sup>2</sup>: *"...Le onde elettriche trasporteranno in tutto il mondo attraverso gli spazi la Sua parola di pace e di benedizione. Per circa venti secoli il Pontefice Romano ha fatto sentire la parola del Suo Divino Magistero nel mondo; ma questa é la prima volta che la Sua viva voce può essere percepita simultaneamente su tutta la superficie della terra. Con l'aiuto di Dio che tante misteriose forze della natura mette a disposizione dell'umanità, ho potuto preparare questo strumento che procurerà ai fedeli di tutto il mondo la consolazione di udire la voce del Santo Padre..."*

Due anni dopo, l'11 febbraio 1933, venne inaugurata la Stazione Radio a onde ultracorte. Il 9 febbraio 1939 morì Pio XI e la Radio fu impegnata nel seguire il conclave e l'ascesa al soglio pontificio di Pio XII, commentata in 9 lingue. Allo scoppio della guerra, nel settembre 1939, la Radio costituì un prezioso mezzo di libera informazione, tanto che i membri della resistenza francese trascrivevano le sue trasmissioni e le distribuivano clandestinamente, mentre i tedeschi, tra cui Goebbels, tentarono di sopprimerla, dopo numerose censure. Nel gennaio del 1940 nacque l'Ufficio Informazioni di Radio Vaticana, che lanciava appelli per rintracciare civili e militari dispersi e trasmetteva messaggi delle famiglie ai prigionieri: dal 1940 al 1946 furono inviati 1.240.728 messaggi, pari a 12.105 ore di trasmissione. Con la fine delle ostilità le trasmissioni vaticane si arricchirono di altre lingue: si resero quindi necessari trasmettitori più potenti e una nuova rete di antenne direttive: a questo scopo nacque il Centro Trasmittente di Radio Vaticana a Santa Maria di Galeria, che venne inaugurato il 27 ottobre 1957 dal papa Pio XII.

Nel 1958, anno dell'elezione di Giovanni XXIII, si installarono nuovi studi ed uffici nell'ex Museo Petriano, per far fronte ai continui sviluppi della Radio,

---

<sup>2</sup> Discorso del 12 febbraio 1931 (fonte: [www.radiomarconi.com](http://www.radiomarconi.com))

che dedicò ai lavori del Concilio Ecumenico Vaticano oltre 3000 ore di trasmissione in 30 lingue.

## 1.2 ... FINO AI NOSTRI GIORNI



Figura 2 – Ortofoto del Centro Trasmittente

Il Centro Trasmittente a Santa Maria di Galeria ( $12^{\circ} 19' E$  e  $42^{\circ} 03' N$ ) occupa una superficie di circa 450 ettari di territorio all'interno del Comune di Roma (vedi figura 2), cui è stato concesso il privilegio della extraterritorialità con l'Accordo sottoscritto dallo Stato Italiano e da quello Vaticano l'8 ottobre 1951, ratificato con Legge n. 680 del 13 giugno 1952.

Il Centro è situato a N – NO di Roma, a circa 18 km in linea d'aria dalla Città del Vaticano, nei pressi del lago di Bracciano. A nord del centro è ubicata la zona di Cesano, a sud-est è presente la zona residenziale Cerquetta-Olgiate, mentre a sud-ovest si trova il centro abitato di Osteria Nuova.

L'impianto è oggi costituito da numerose torri autoportanti a traliccio in tubi di ferro, costruiti dalla ditta Dalmine, alcuni alti più di 100 metri; queste torri sostengono un complesso sistema di 28 antenne direttive ad onde corte, di progetto e costruzione della Telefunken.



Figura 3 – Fotografia di una delle due antenne filari rotanti presenti all'interno del Centro

Tali antenne sono progettate ed orientate in modo da potere dirigere i programmi radiofonici ai diversi paesi del mondo, con angolo di elevazione appropriato sia alla distanza dei paesi da raggiungere sia all'altezza degli strati ionizzanti al momento della trasmissione. Tutto ciò è reso possibile dalla presenza di specifici commutatori che consentono alle antenne di invertire e variare opportunamente la direzione dei fasci in senso azimutale e zenitale.



Sul territorio sono collocate due grandi antenne rotanti (fig. 3), sostenute ciascuna da due alti tralicci, liberi di ruotare intorno ad un binario circolare su cui sorgono. Infine, è presente un'antenna log-periodica pure rotante (fig. 4).



Figura 4 – Antenna log-periodica rotante

Nell'edificio centrale, oltre ai vari uffici del personale, in una sala esagonale sono sistemati tutti i trasmettitori ed i relativi pannelli di controllo delle commutazioni d'antenna e delle modulazioni; nel piano sottostante è situata la stazione elettrica il cui esercizio è reso possibile anche dalla sala sovrastante, mediante un ulteriore pannello di controllo dell'alimentazione.

All'esterno dell'edificio s'innalza una torre di 78 m, a forma di croce (fig. 5), che sostiene le antenne dei ponti radio (costruiti dalla RCA), i quali collegano il Centro con gli studi radiofonici di Città del Vaticano per l'inoltro dei programmi ai pannelli modulatori dei trasmettitori e per lo scambio di comunicazioni telefoniche di servizio.

Esiste ancora inoltre all'interno della Città del Vaticano, nella palazzina Leone XIII, un piccolo Centro Trasmittente che diffonde in modulazione di frequenza per lo più per servizi locali destinati alla città di Roma e dintorni. Oggi si è arrivati ad oltre 67 ore di trasmissione al giorno, in 40 lingue, con uno staff di oltre 400 persone di tutto il mondo, in maggioranza laici.



Figura 5 – Torre a croce

## CAPITOLO 2 – CENNI DI RADIOTRASMISSIONE

### 2.1 PREMESSA

Le onde elettromagnetiche, ipotizzate teoricamente da James Clerk Maxwell nel 1864, sperimentate in laboratorio da Hertz e utilizzate nella radio da Guglielmo Marconi nel 1895, sono costituite da oscillazioni del campo elettrico e del campo magnetico che si propagano nel vuoto alla velocità di circa 300.000 Km/s. Sono classificabili a seconda della lunghezza d'onda o della frequenza<sup>3</sup> come mostrato in tabella 1.

Tabella 1 – Suddivisione dello spettro elettromagnetico

SIGLA	DENOMINAZIONE	DA	A	USI
VLF	VERY LOW FREQUENCY	3 kHz	30 kHz	TRASMISSIONI CON SOMMERGIBILI
LF	LOW FREQUENCY	30 kHz	300 kHz	TRASMISSIONI DELLA MARINA
MF	MEDIUM FREQUENCY	300 kHz	3MHz	RADIO AM - SISTEMI AEROPORTUALI
HF	HIGH FREQUENCY	3MHz	30MHz	RADIO – CB – RADIOCOMANDI - ALLARMI
VHF	VERY HIGH FREQUENCY	30MHz	300MHz	RADIO FM - RADIOAMATORI – TELEVISIONE
UHF	ULTRA HIGH FREQUENCY	300MHz	3GHz	TELEVISIONE – CELLULARI - PONTI RADIO - GPS
SHF	SUPER HIGH FREQUENCY	3GHz	30GHz	RADAR - PONTI RADIO - SATELLITI-
EHF	EXTRA HIGH FREQUENCY	30GHz	300GHz	RADAR – SATELLITI -

In generale, si parla di sistemi di radiocomunicazione per indicare quei sistemi di trasmissione di informazioni a distanza basati sull'impiego, come

---

<sup>3</sup> Si ricorda che tali grandezze sono, come ben noto, legate fra loro dalla seguente relazione:  $c = \lambda \cdot f$  dove:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, velocità della luce nel vuoto;  
 $\lambda$  = lunghezza d'onda in metri (m);  
 $f$  = frequenza in Hertz ( $s^{-1}$ ).



segnali portanti, di onde elettromagnetiche comprese entro un intervallo di frequenze opportune.

Le informazioni sono prima convertite da un trasduttore (nel nostro caso un microfono) in segnali elettrici (correnti e tensioni) di ampiezza variabile nel tempo; in seguito, tali segnali vanno ad agire, mediante il processo di modulazione, su un'onda, detta portante, generata da un opportuno circuito elettrico oscillante presente nel trasmettitore (TX).

Il segnale così ottenuto, detto segnale modulato, dopo una necessaria amplificazione, viene inviato all'antenna trasmittente, la quale lo irradia sotto forma di onde elettromagnetiche.

In base alla frequenza dell'onda irradiata, considerando anche la zona che si desidera servire, il segnale viene indirizzato in modo da sfruttare le proprietà riflettenti della ionosfera e del suolo, come verrà spiegato più avanti e come viene rappresentato in fig. 6.

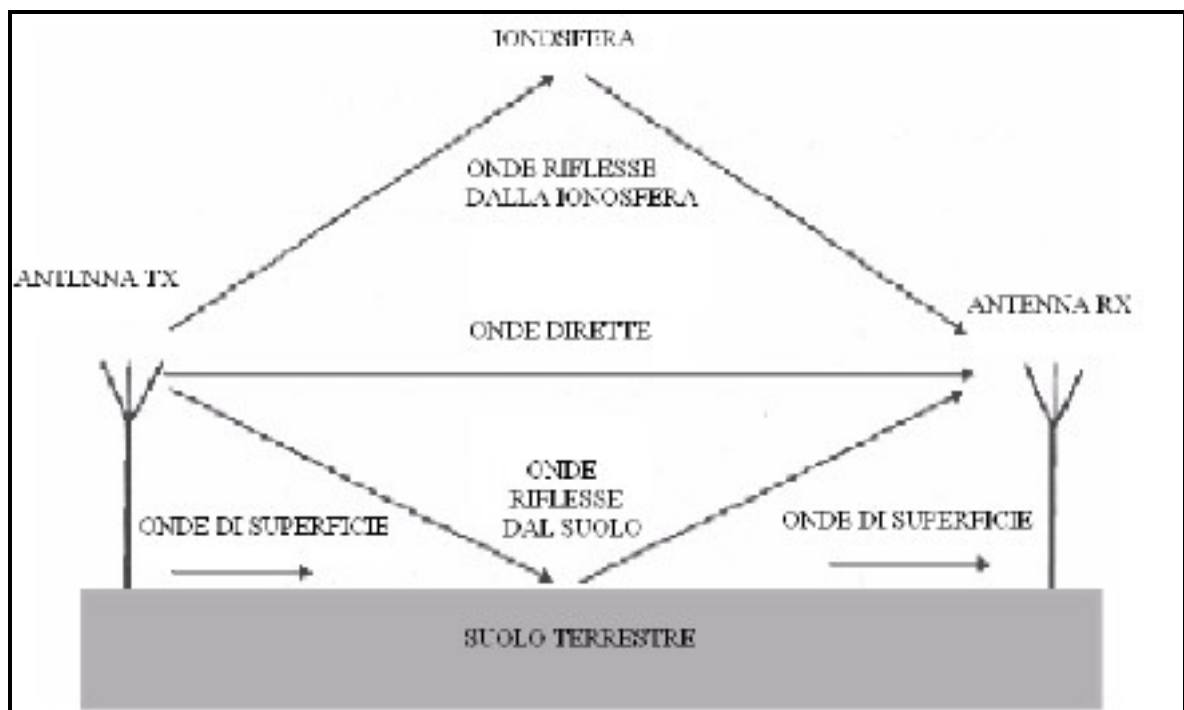


Figura 6 – Schema dei vari percorsi realizzabili da un'onda elettromagnetica

I ricevitori (RX), più o meno distanti, captano infine il segnale mediante un'antenna ricevente e, dopo un indispensabile processo di amplificazione e demodulazione, ricavano in uscita l'informazione emessa in trasmissione.

Il processo nella sua interezza viene rappresentato schematicamente in fig. 7.

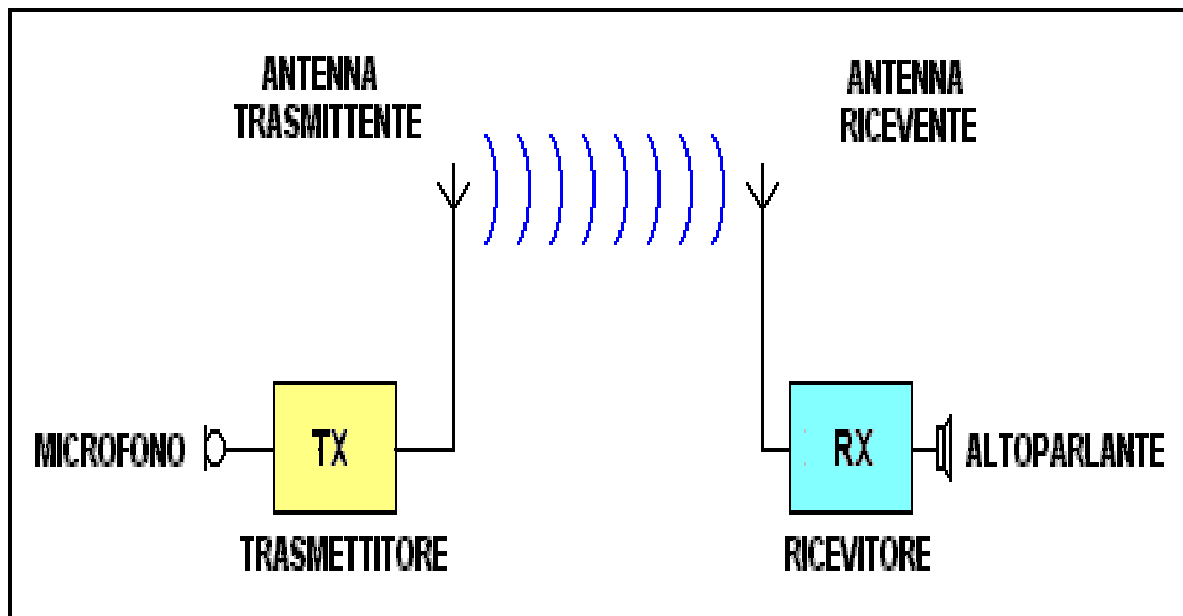


Figura 7 – Schema del percorso seguito da un segnale radiofonico

## 2.2 IL PROCESSO DI MODULAZIONE

La modulazione è un sistema di trasmissione nel quale l'onda del segnale da trasmettere (onda modulante) viene associata ad un'onda portante che ha caratteristiche più adatte alla trasmissione. Il processo di modulazione si effettua partendo da un segnale elettrico prodotto da un oscillatore a radiofrequenza, cioè alle frequenze usualmente usate nelle trasmissioni radio che vanno dal megahertz in su, e che costituisce la portante. Di questo ci si serve per portare a distanza l'informazione racchiusa nel segnale a bassa frequenza detto modulante.

Il segnale portante è costituito da una sinusoide, mentre la modulante è un segnale analogico, che può essere schematizzato in un'altra sinusoide per

effetto del teorema di Fourier per cui un qualsiasi segnale periodico o aperiodico può sempre considerarsi come la somma di infinite sinusoidi. Nella fig. 8 sono indicati i tre segnali: modulante, a bassa frequenza, portante, ad alta frequenza, modulato, con la frequenza della portante, ma l'ampiezza che varia secondo la modulante.

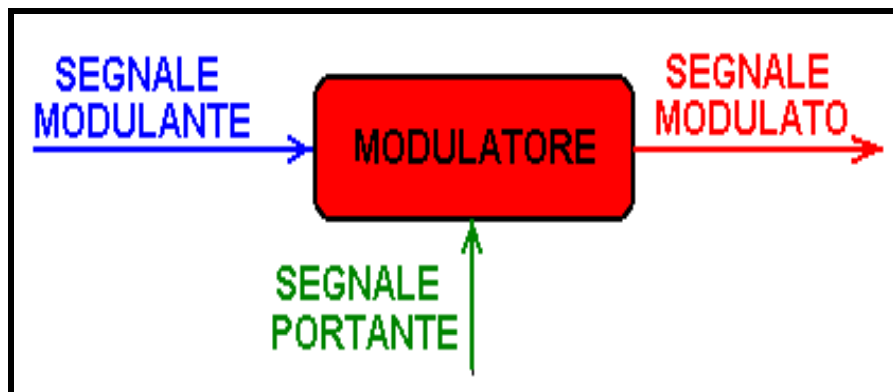


Figura 8 – Schema del processo di modulazione

Tra i numerosi tipi di modulazione, tre sono quelli storicamente più usati: di frequenza (FM, Frequency Modulation), di ampiezza (AM, Amplitude Modulation) e di fase (PM, Phase Modulation). Essi consistono nel trattamento dell'onda portante in modo che, istante per istante, la sua frequenza, la sua ampiezza o la sua fase, rispettivamente, varino in misura proporzionale alle relative variazioni del segnale da trasportare. Prima della ricezione, il segnale viene sottoposto all'operazione inversa a quella di modulazione, detta demodulazione, come rappresentato in fig. 9.

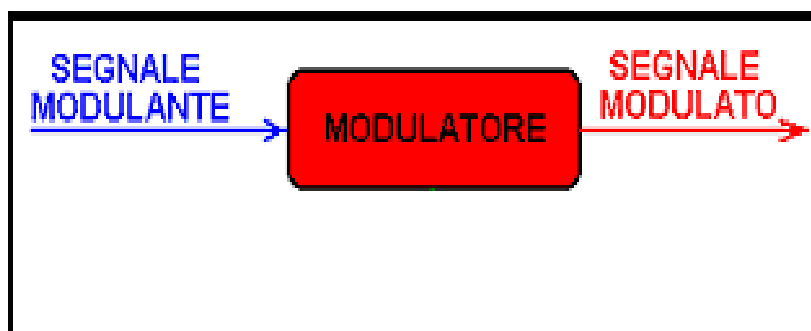


Figura 9 – Schema del processo di demodulazione

### 2.2.1 LA MODULAZIONE DI AMPIEZZA (AM)

Modulare in ampiezza vuol dire far variare l'ampiezza di una portante a radiofrequenza secondo l'ampiezza di una modulante a bassa frequenza. Il segnale modulato ha la stessa frequenza della portante, vedi fig. 10.

La modulazione di ampiezza è stato il primo metodo usato per trasmettere programmi radio, ma oggi oltre che per le trasmissioni radio commerciali, è impiegata nelle trasmissioni radio ad onde corte ed onde medie su lunghe distanze e nelle trasmissioni della parte video dei programmi televisivi.

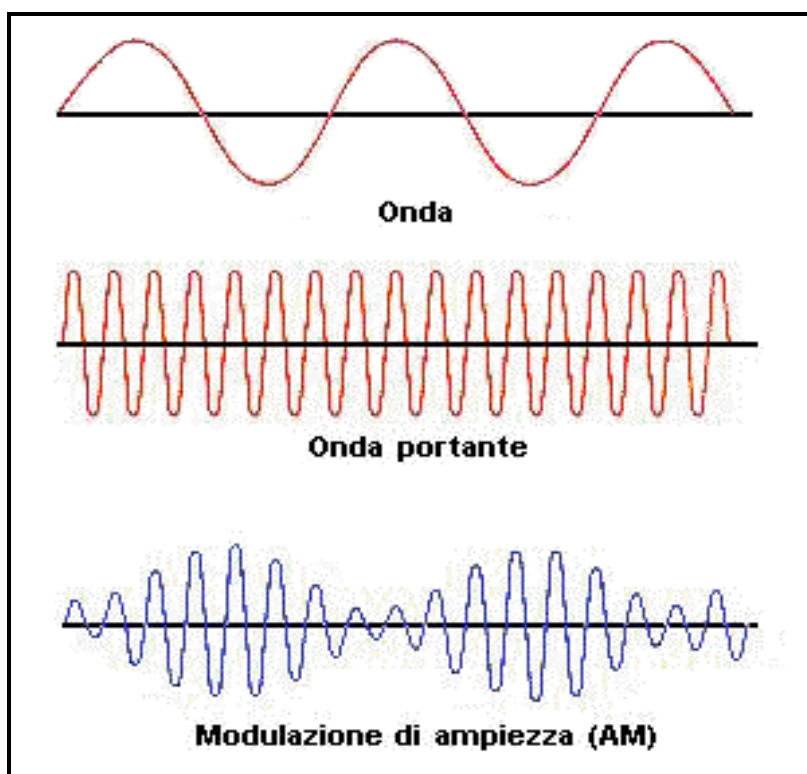


Figura 10 – Trasformazione subita dall'onda modulante con il processo AM

La modulazione è essenzialmente un processo di miscelazione, in quanto un segnale a radio frequenza e un segnale vocale vengono combinati in un trasmettitore (fig. 11) generando quattro segnali di uscita:

a) il segnale a radiofrequenza originale chiamato portante;

- b) il segnale audio originale soppresso successivamente da una rete filtrante;
- c) due bande laterali di frequenza uguale rispettivamente alla somma e alla differenza delle frequenze dei segnali originali a radiofrequenza e frequenza audio, di ampiezza proporzionale a quella del segnale vocale originario.

In un segnale AM tutto il contenuto informativo è contenuto nelle bande laterali, entrambe le bande contengono la stessa informazione, ma i 2/3 della potenza a radiofrequenza è associata alla portante, a cui non è associata alcuna informazione. La portante serve a permettere una demodulazione agevole del segnale nel ricevitore, ne segue che la potenza ad essa associata costituisca un dispendio continuo.

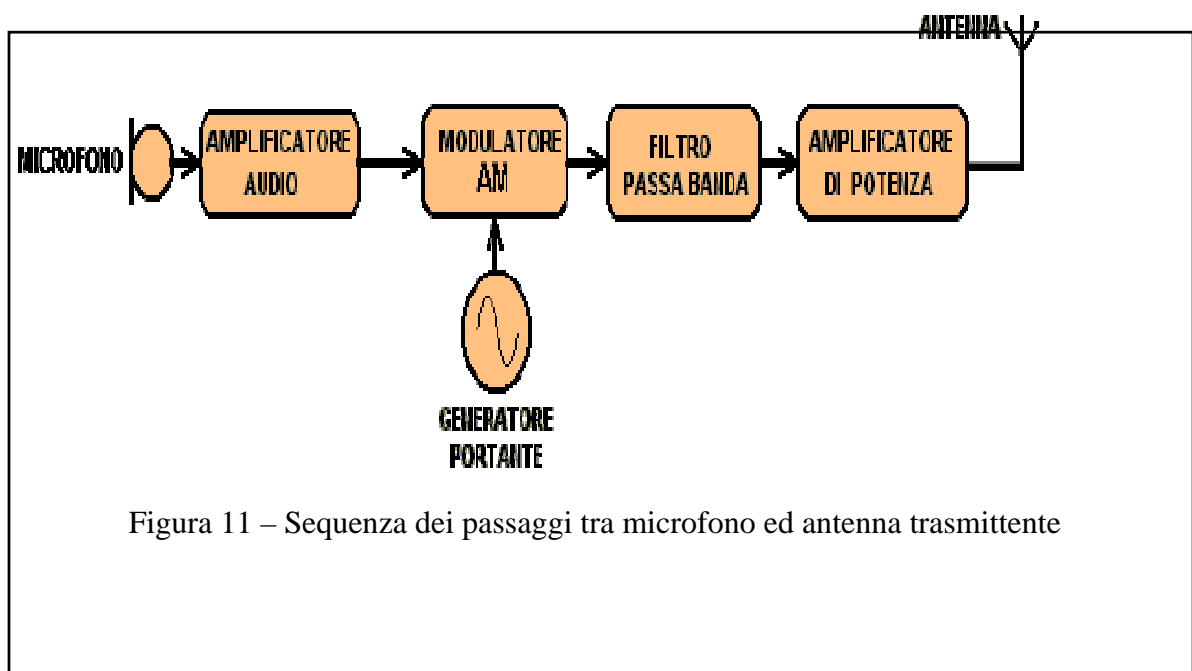


Figura 11 – Sequenza dei passaggi tra microfono ed antenna trasmettente

### 2.2.2 LA MODULAZIONE DI FREQUENZA

La tecnica della modulazione di frequenza (FM) fu sviluppata dall'ingegnere americano Edwin H. Armstrong nel 1935, per cercare di porre rimedio all'interferenza ed al rumore che potevano rendere le trasmissioni in modulazione di ampiezza di difficile ricezione.

Le trasmissioni FM risentono, infatti, molto meno di quelle AM dei disturbi causati da avverse condizioni atmosferiche, da correnti elettriche e altre sorgenti di campi elettrici, che producono alterazioni nell'ampiezza dell'onda radio, ma non nella sua frequenza.

Hanno lo svantaggio di richiedere una banda molto più ampia rispetto a quella utilizzata dalla modulazione di ampiezza, per cui è stato necessario attribuirle una gamma di frequenze cento volte più alta, inoltre richiedono circuiti alquanto più complessi sia in trasmissione che in ricezione.

La modulazione di frequenza consiste nel far variare la frequenza della portante in modo proporzionale all'ampiezza istantanea del segnale modulante, come viene mostrato in fig. 12.

L'ampiezza del segnale in uscita è costante e coincide con quella della portante.

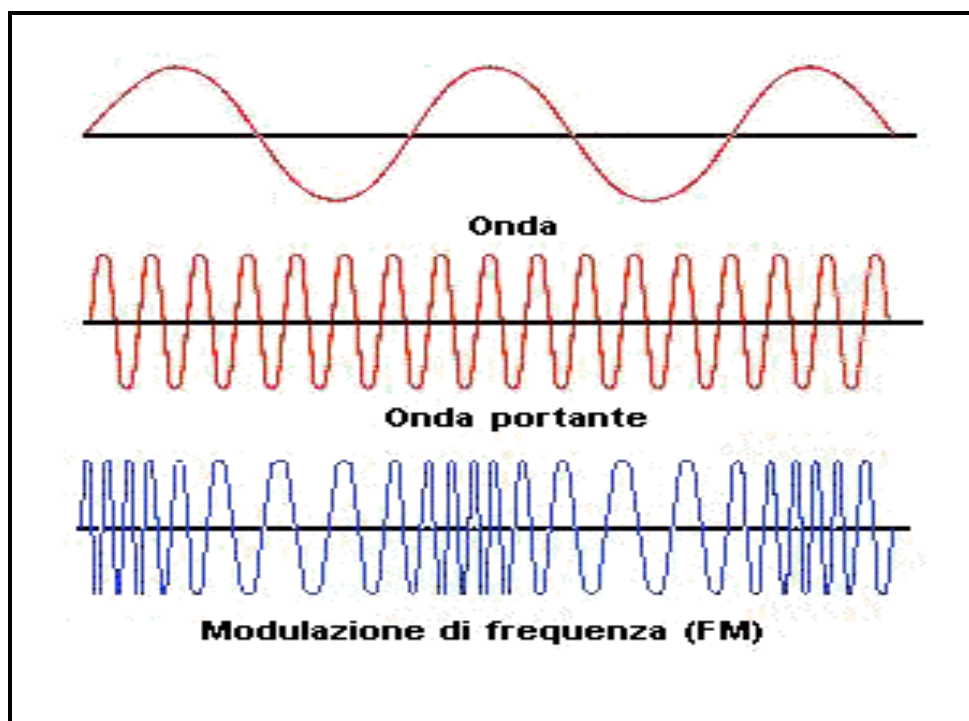


Figura 12 – Trasformazione dell'onda modulante con il processo FM

In fig. 13 viene mostrato schematicamente il funzionamento della trasmissione in modulazione di frequenza: due microfoni diversi, il sinistro ed il destro, immettono due diversi segnali elettrici nel modulatore stereo che li elabora opportunamente creando un nuovo segnale multiplex stereofonico.

Questo segnale complesso andrà a modulare una sola portante a radiofrequenza, ed il ricevitore riprodurrà fedelmente il segnale stereo complesso immettendolo nel demodulatore stereo che ne separerà le componenti originarie, rinviando il segnale destro ed il sinistro alle rispettive casse per la riproduzione.

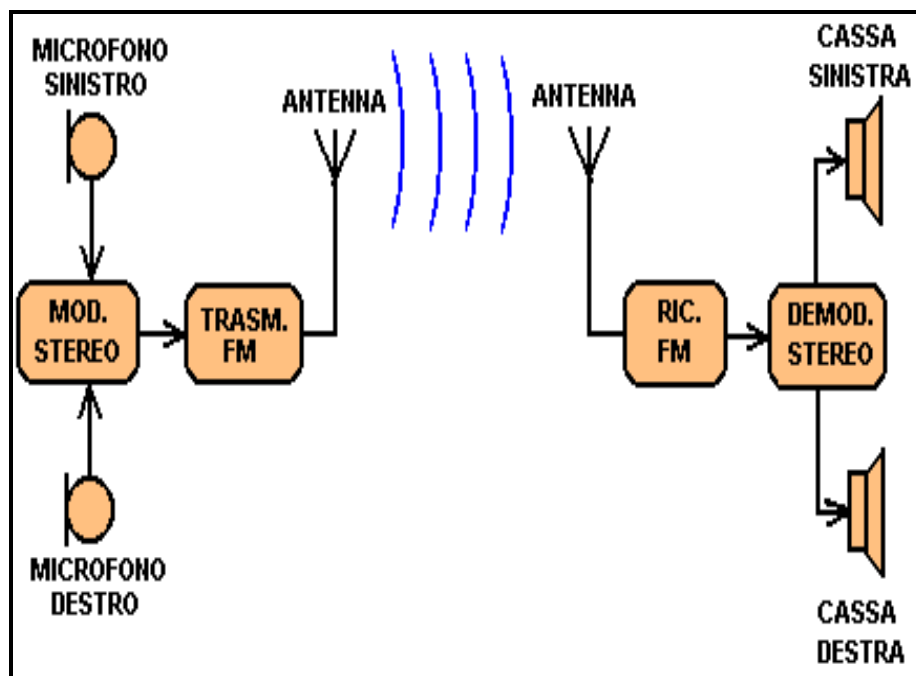


Figura 13 – Schema di funzionamento di una trasmissione in modulazione di frequenza

## 2.3 LE ONDE CORTE

Le onde corte hanno una frequenza compresa tra 3 e 30 MHz e vengono normalmente impiegate per le trasmissioni radiofoniche internazionali, perchè permettono di mettere in comunicazione luoghi lontani fra di loro, in quanto esistono degli strati dell'atmosfera (fig. 14), a quote molto elevate, che le riflettono rinviandole verso un punto diverso da quello in cui sono state generate.

Quando la radiazione ultravioletta altamente energetica proveniente dal Sole raggiunge gli strati alti dell'atmosfera interagisce con gli atomi presenti ionizzandoli, in modo che uno o più elettroni acquistino abbastanza energia da staccarsi dall'atomo a cui appartengono, lasciando quest'ultimo carico positivamente.

A quote comprese fra 50 e 300 Km, i gas che costituiscono l'atmosfera si trovano nello stato di plasma, detto anche quarto stato della materia, ossia gas parzialmente o totalmente ionizzato, costituito da particelle cariche elettricamente, gli ioni, da cui il nome ionosfera.

Questo strato dell'atmosfera funziona da strato riflettente per le onde corte.

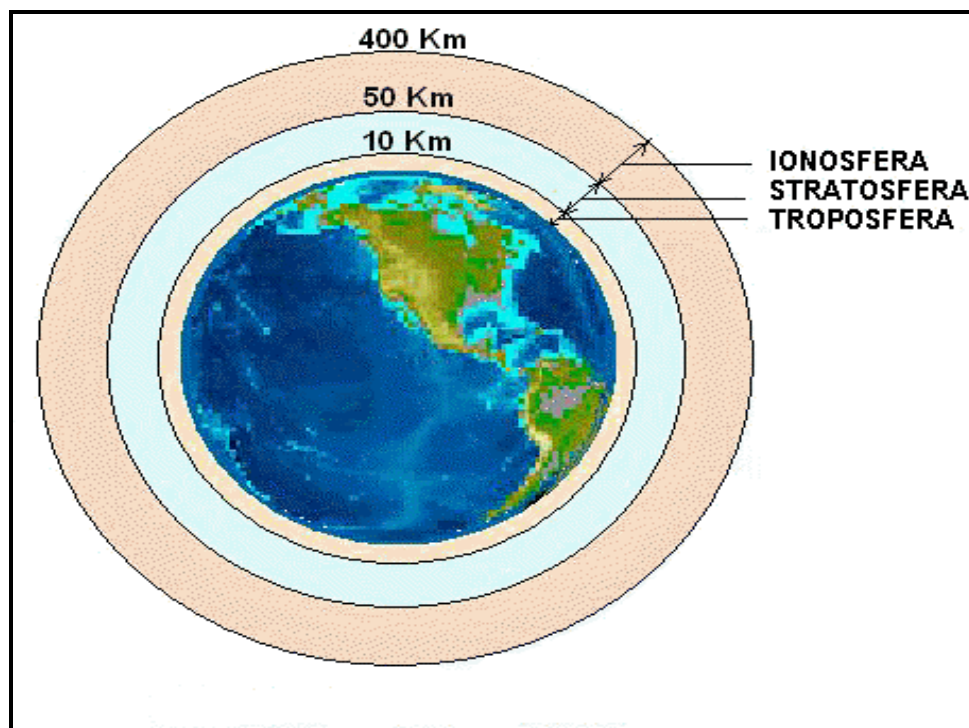


Figura 14 – Strati dell'atmosfera e relativo spessore

L'atmosfera è bombardata da radiazioni ultraviolette di diverse frequenze che vi penetrano più o meno profondamente, di conseguenza, la sua struttura è stratificata e si possono distinguere diversi strati ad altezze diverse. Le onde elettromagnetiche ultraviolette a frequenze più basse hanno il minore potere penetrante, e quindi producono gli strati ionizzati più distanti dal suolo (circa



300 Km), mentre le radiazioni ultraviolette a frequenze più alte penetrano più in profondità e producono strati ionizzati a quote inferiori (attorno agli 80 Km). La densità degli ioni nell'atmosfera varia a seconda dell'altezza dal suolo, come riportato nel grafico in fig. 15.

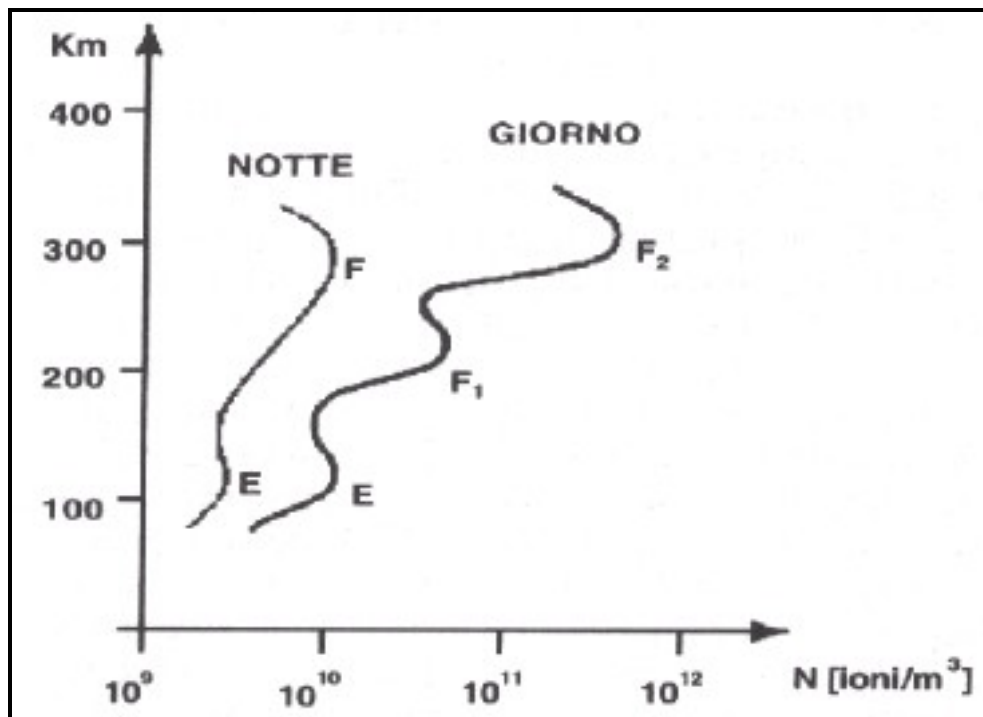


Figura 15 – Variazione della densità di ionizzazione della ionosfera il giorno e la notte

Onde radio a frequenza diversa vengono riflesse da strati a densità diversa. Per questo, per comunicazioni fra luoghi molto distanti fra loro, è necessario che le onde vengano riflesse dagli strati più alti della ionosfera (i cosiddetti strati F1 e F2, situati attorno ai 300 Km di altezza).

L'angolo di elevazione del sole è un fattore rilevante che determina la densità degli strati ionizzati, come conseguenza di ciò, l'altezza e lo spessore degli strati ionizzati varia da luogo a luogo e a seconda dell'ora del giorno e delle stagioni dell'anno.

La variazione diurna di questi strati è la più vistosa: quando il sole è più alto sull'orizzonte gli strati ionizzati raggiungono la massima densità e il massimo effetto sulle onde radio.

Col calare della sera la densità diminuisce e continua a diminuire durante la notte, raggiungendo il minimo appena prima del sorgere del sole. Il sole inoltre svolge un'azione di disturbo durante le tempeste magnetiche.

Vale la pena di ricordare, infine, il ciclo delle macchie solari di durata pari ad 11 anni che influenza notevolmente la propagazione delle onde corte, infatti, durante i massimi dei cicli, che possono durare parecchi giorni o mesi a seconda della persistenza delle macchie solari, viene prodotto un ulteriore strato ionizzato di tipo E.

Lo Strato D è lo strato più basso della ionosfera, è situato ad un'altitudine attorno ai 70 Km e la percentuale di ionizzazione è la più bassa nella ionosfera, quindi questo strato non riflette, ma attenua fortemente le onde radio di frequenza media sotto i 3 MHz. Dopo il tramonto e per tutta la notte lo strato D scompare praticamente del tutto.

Lo Strato E è situato ad un'altezza media di 110 Km ed è anche detto strato di Kennelly-Heaviside (dai nomi del matematico inglese Oliver Heaviside e dell'ingegnere statunitense Arthur Kennelly che contemporaneamente nel 1902 predissero l'esistenza di uno strato riflettente, la ionosfera, che avrebbe permesso la riflessione delle onde radio, permettendo così le trasmissioni anche fra punti della Terra molto distanti). Riflette le onde corte fino a circa 20 MHz, che quindi possono essere usate per trasmissioni radio su distanze fino a circa 2500 Km, ma dopo il tramonto questo strato si attenua per poi scomparire del tutto,

Lo strato F di giorno è divisibile in due altri strati: F1, situato a circa 200 Km, e F2, situato a circa 350-400 Km di quota s.l.m., mentre di notte i due strati si combinano in un unico strato situato a circa 300 Km di altezza. Tale strato rimane sempre ionizzato ed è quello che permette le trasmissioni notturne a lunga distanza in onde corte.

Di giorno le onde corte sono riflesse dagli strati E, F1, o F2, mentre di notte persiste solo l'unico strato F situato a circa 300 Km di quota, che permette trasmissioni a lunga distanza. Di giorno le trasmissioni di queste onde sono

disturbate dall'interferenza con le particelle cariche degli strati inferiori D, E e F1, mentre di notte l'interferenza è minima, in quanto gli strati inferiori svaniscono.

Una caratteristica che limita la qualità del segnale ricevibile con le onde corte è il cosiddetto "*fading*": fenomeno per cui il segnale di tipo elettromagnetico, viaggiando via etere lungo percorsi continuamente variabili, giunge al ricevitore con intensità e fase discontinua. La sua manifestazione può dipendere, per esempio, dal continuo e lento variare delle condizioni di temperatura, umidità, pressione, pulviscolo dell'atmosfera, entro la quale avviene la propagazione, fatto questo che determina attraverso fenomeni di riflessione, rifrazione, diffusione, delle onde, la ricezione di un segnale con ampiezza e fase continuamente variabile.

## **2.4 LE ONDE MEDIE**

Le onde medie (30 kHz – 3 MHz) permettono di trasmettere programmi radiofonici generalmente con una ascoltabilità migliore rispetto alle onde corte; la loro propagazione avviene per onda di terra durante il giorno, mentre solo dopo il tramonto si utilizza la propagazione ionosferica.

Tutto ciò limita la distanza di trasmissione, in quanto solo di sera e di notte si possono ascoltare stazioni ad onde medie da varie nazioni, anche distanti. Anche le onde medie non richiedono particolari accorgimenti per essere ricevute: basta un ricevitore molto economico. E questo le fa essere attualmente il mezzo più utilizzato per le trasmissioni su territorio nazionale e sub-continentale.

## **CAPITOLO 3 – RADIO VATICANA E LE SUE TRASMISSIONI**

### **3.1 LE TRASMISSIONI IN ONDE CORTE**

Due sono le caratteristiche essenziali della trasmissione in onde corte: la globalità dei luoghi raggiungibili e la assoluta libertà che vige nella trasmissione: nessuna emittente ha infatti l'esclusiva di qualche frequenza o banda, tanto da poterne reclamare giuridicamente l'utilizzo.

A tale scopo, rivestono particolare importanza gli incontri di coordinamento che due volte all'anno (attraverso l'High Frequency Coordinating Conference) le radio internazionali organizzano per armonizzare le loro trasmissioni, in modo tale che non interferiscano. Qualora infatti due o più radio trasmettessero su frequenze troppo vicine, o peggio identiche, l'ascoltatore le riceverebbe contemporaneamente, con il risultato di una diminuita qualità e soprattutto minore ascoltabilità della trasmissione.

Nella radiodiffusione le trasmissioni in AM sono allocate nella gamma di frequenze comprese tra 530 kHz e 1600 kHz, mentre il segnale modulante è il contenuto della trasmissione, la cui frequenza si estende fino ai 15 kHz.

Il Centro Trasmittente di S. Maria di Galeria dispone, per le trasmissioni in onde corte, di due trasmettitori Telefunken da 500 kW, di due trasmettitori Asea Brown Boveri da 250/500 kW ad alto rendimento, di un trasmettitore Thomcast di ultima generazione da 250/500 kW, di un trasmettitore RCA amplifase da 100 kW, di due trasmettitori Telefunken ed un Philips da 100 kW, capaci di trasmettere a banda laterale unica.

Le antenne trasmittenti comprendono due antenne filari rotanti, denominate brevemente R1 e R2, alte rispettivamente 76 e 106 metri del diametro di 85 e 87 metri, 28 antenne filari fisse ed un'antenna logaritmica anch'essa rotante.

Il tipo di antenna più idoneo alla trasmissione è stato progettato dalla Telefunken ed è costituito generalmente da due cortine di dipoli, di cui uno irradiante ed uno riflettente, a cui sono collegati dei dispositivi che possono

invertire il fascio di radiazione e direzionarlo verticalmente (fig. 16) e orizzontalmente (figg. 17 e 18), in base alle necessità. La possibilità di variare l'angolo zenitale del fascio di radiazione dell'antenna pare che abbia trovato nel Centro di Radio Vaticana la sua prima applicazione. Il progetto delle antenne ad onde corte è stato studiato con lo scopo di conferire al sistema la possibilità di dirigere verso un qualsiasi punto abitato del globo un fascio sufficientemente intenso di onde elettromagnetiche di frequenza adatta alle condizioni ionosferiche del momento e con un angolo di inclinazione appropriato alla distanza da raggiungere ed alla variabile altezza dello strato ionizzato.

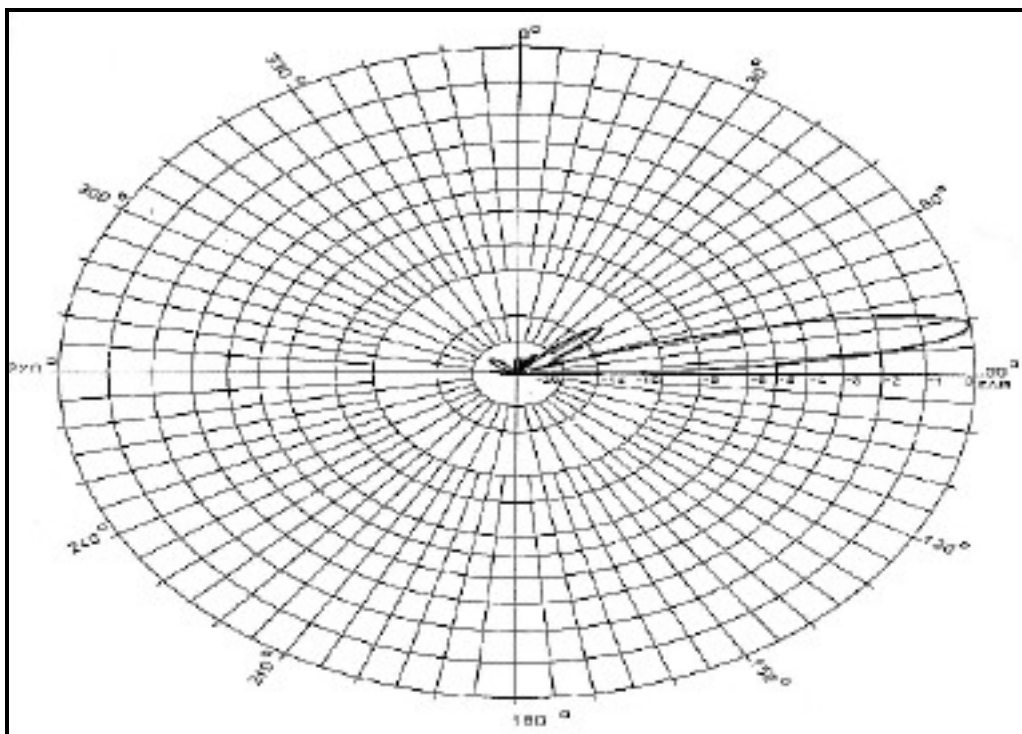


Figura 16 – Diagramma zenitale di un fascio di radiazione di un'antenna ad onde corte

Nonostante le onde corte non forniscano una qualità elevata del segnale radio, proprio per le caratteristiche segnalate precedentemente, esse sono sempre molto affollate, perché rappresentano il mezzo più economico per ricevere radio da tutto il mondo: basta un ricevitore di costo assai modesto per questo tipo di ascolto. E' pertanto una scelta ancora strategica se vista in prospettiva di un servizio indirizzato anche alle nazioni più indigenti del mondo, quindi

risulta evidente che le onde corte rappresentano uno dei servizi essenziali che caratterizzano Radio Vaticana.

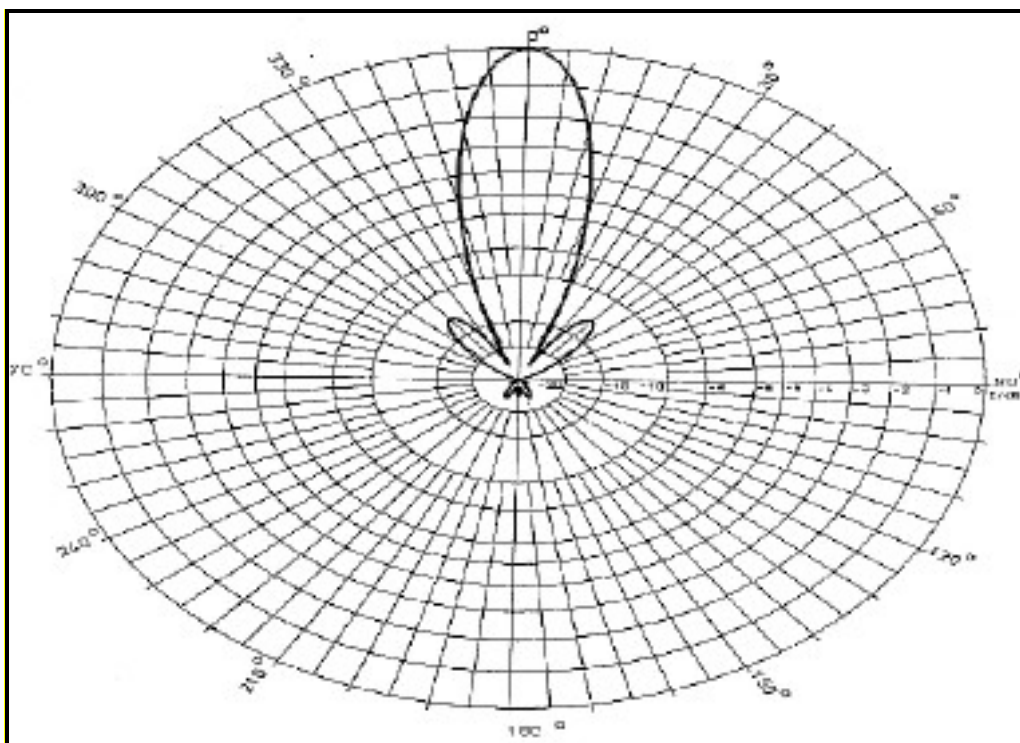


Figura 17 – Diagramma azimutale di un fascio di radiazione di un'antenna ad onde corte

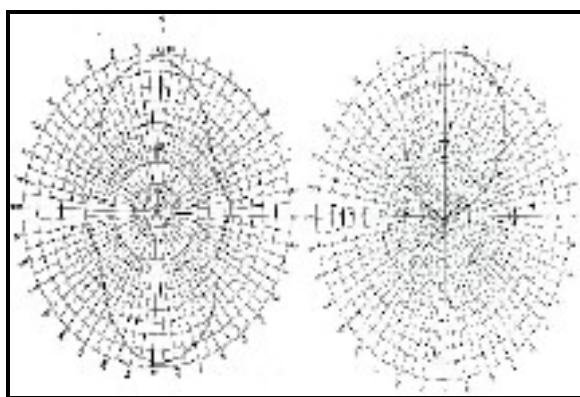


Figura 18 – Altri esempi di possibili diagrammi azimutali di radiazione

### 3.2 LE TRASMISSIONI IN ONDE MEDIE

Radio Vaticana utilizza alcune frequenze ad onde medie (527, 1260, 1530, 1611 kHz), assegnate con il piano di Ginevra nel 1975, per i suoi servizi linguistici, sia in un contesto locale (Roma e dintorni tramite le prime due frequenze), sia verso varie parti d'Europa. Per le onde medie sono presenti: un trasmettitore Thomcast da 25 kW ed un trasmettitore Brown Boveri da 600 kW, ora declassato a 72 kW, collegato ad un'antenna direttiva Telefunken, costituita da quattro torri alte 94 metri, distanti tra loro 70 metri, in fig. 19.



Figura 19 – Antenna ad onde medie denominata “4 torri”

Le antenne omnidirezionali di fig. 20 sono costituite da piloni a sezione triangolare di 1,5 m di lato, formati da tubi a traliccio, alti 98 m, controventati in tre direzioni e a tre altezze diverse; i piloni sono poggiati su un piano isolante di steatite, alto 30 cm e provato per un carico utile di 150 tonnellate.



Figura 20 – Antenne omnidirezionali ad onde medie

Dal piede del pilone si dipartono a raggiera nel suolo 120 conduttori di rame, lunghi ciascuno 150 m, allo scopo di migliorare la conducibilità del terreno vincolando le onde elettromagnetiche a seguire la curvatura della terra.

### **3.3 LE TRASMISSIONI IN FM**

Alle stazioni radio commerciali FM sono state assegnate frequenze più alte rispetto a quelle AM: il range varia da 88 a 108 MHz (nella banda VHF), e le stazioni sono distanziate di 200 kHz fra loro. Dal piano internazionale di Ginevra del 1984, a Radio Vaticana sono state assegnate quattro frequenze, che sono quelle attuali di trasmissione: 93.3, 96.3, 103.8 e 105.0 MHz.

La Modulazione di Frequenza è utilizzata essenzialmente per trasmissioni in ambito locale: queste frequenze non possono essere usate come le onde corte e le onde medie su grandi distanze, perché non vengono riflesse dalla ionosfera, ma la attraversano, disperdendosi nello spazio; il vantaggio, però,



sta nelle caratteristiche tecniche di questo tipo di modulazione, che consente la trasmissione in stereofonia con un'ottima qualità.

Per il servizio su Roma già da parecchi anni sono state attivate le trasmissioni in Modulazione di Frequenza con trasmettitori situati nella palazzina Leone XIII, all'interno della Città del Vaticano.

### **3.4 LE TRASMISSIONI VIA SATELLITE**

Le trasmissioni più innovative nell'offerta Radio Vaticana sono quelle via satellite, infatti dal 1994 sono presenti all'interno di Città del Vaticano due stazioni terrene (con parabole di rice-trasmissione di circa 7 m di diametro) che inviano su altrettanti satelliti geostazionari Intelsat, uno situato sull'Oceano Atlantico e l'altro sull'Oceano Indiano, gran parte delle trasmissioni linguistiche ed i principali eventi, lasciando scoperta solo l'area del Pacifico.

Con tali satelliti si effettua un servizio globale, chiaramente sia per inviare che per ricevere i segnali da questi satelliti occorrono apparecchiature particolari, ma in questo caso l'intento di Radio Vaticana è stato quello di favorire la ricezione del segnale e la sua ri-trasmissione a livello locale.

Si è sviluppata negli ultimi anni tutta una serie di reti di radio locali (per lo più FM) che, riprendendo i programmi di Radio Vaticana di loro interesse, li ritrasmettono verso l'utenza locale. Per esempio in America Latina sono ormai centinaia le radio che ritrasmettono Radio Vaticana.



Figura 21 – Immagine di un satellite

### **3.5 LE TRASMISSIONI IN DIGITALE**

L'utilizzo della tecnologia satellitare assicura un'elevata qualità ed affidabilità di trasmissione, inoltre sembra quella più promettente per quel che riguarda i suoi sviluppi, insieme all'utilizzo di Internet.

Le potenzialità di quest'ultima tecnologia vengono attualmente sfruttate, per esempio, per diffondere i programmi radiofonici di Radio Vaticana verso il Giappone, mentre precedentemente era necessario l'utilizzo delle onde corte. Nel mondo delle trasmissioni radiofoniche, quindi, si stanno affacciando

nuove realtà anche per quanto riguarda la tradizionale trasmissione su onde corte e onde medie.

Il digitale, per esempio, garantendo un incremento di qualità del segnale, si propone come una delle tecnologie più attraenti per il futuro a medio termine: la prospettiva è quella di poter ascoltare sulle onde corte una trasmissione con qualità FM, e su FM con qualità da Compact Disc.

Il DRM (Digital Radio Mondiale) è un nuovo sistema digitale di trasmissione per onde corte e medie, realizzato introducendo la codificazione e la compressione di segnale in modo avanzato, in congiunzione con l'estensione di banda del canale, che dovrebbero provocare un importante miglioramento nella qualità di radiodiffusione della fascia AM.

Per le onde corte, questa tecnologia unisce il vantaggio dell'estensione globale della trasmissione all'alta qualità del segnale precedentemente realizzabile soltanto in FM.

A tale innovazione sembrano interessate, oltre a Radio Vaticana ed altre emittenti di carattere istituzionale, soprattutto le radio commerciali, che potranno coprire con una sola frequenza tutto il territorio nazionale, oggi affidato a diverse frequenze FM, per mezzo di un sistema digitale in onde medie.

## **CAPITOLO 4 – RISCHI CONNESSI ALL’ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI**

### **4.1 CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE**

L’esposizione ad alcuni tipi di radiazione elettromagnetica comporta dei rischi per la salute umana già noti dal 1895, quando W. K. Roentgen si accorse che a causa di una prolungata esposizione ai raggi X, da lui stesso scoperti, le sue mani rimasero leggermente ustionate.

Le radiazioni elettromagnetiche possono generalmente distinguersi, in funzione della frequenza, in ionizzanti (per frequenze superiori a 300 GHz) e non-ionizzanti, le prime sono onde ad alto contenuto energetico, in grado di penetrare le cellule, causarne la ionizzazione ed indurre delle mutazioni al loro DNA, contribuendo all’insorgenza del cancro ed alla loro morte, mentre le seconde hanno una minore energia e non riescono a ionizzare i tessuti, ma possono avere altri effetti. La ionizzazione è un fenomeno corpuscolare, che consiste nell'assorbimento di un fotone da parte di un elettrone esterno di un atomo: l’elettrone acquisisce l’energia del fotone e, se questa è sufficiente, ovvero se la frequenza della radiazione è abbastanza alta, abbandona l'atomo a cui appartiene, vincendone la forza elettrostatica che lo lega al nucleo, rendendolo instabile e facilmente soggetto a cambiamenti chimici, con la successiva formazione di radicali liberi. La ionizzazione avviene per qualunque valore dell’intensità: quello che cambia con l'intensità della radiazione è solo il numero di atomi che saranno interessati dal fenomeno.

Tale distinzione riveste una grande importanza per quanto riguarda gli effetti biologici, poiché il meccanismo di ionizzazione può provocare nei tessuti alterazioni genetiche e tumori. Le radiazioni ionizzanti sono pertanto degli agenti cancerogeni certi a qualunque livello di intensità; come qualunque altro fenomeno di interazione radiazione-materia, esso sarà però tanto più evidente quanto più la radiazione sarà intensa.

Intensità<sup>4</sup> e frequenza sono due tra i parametri fondamentali che descrivono le proprietà della radiazione elettromagnetica, esse determinano anche le modalità con cui la radiazione interagisce con i tessuti degli organismi biologici e quindi ne condizionano l'eventuale pericolosità.

Le radiofrequenze, a seconda della loro frequenza ed intensità, possono produrre effetti su alcuni sistemi biologici, quali cellule, piante, animali ed esseri umani; minore è la frequenza e più profonda è la penetrazione dell'onda nei tessuti. L'effetto più frequente è il riscaldamento dei tessuti esposti che è in grado di indurre modificazioni fisiologiche nell'organismo tali da farne diminuire la capacità termoregolatrice.

La frequenza influenza in maniera determinante l'interazione di un campo elettromagnetico con un sistema biologico e gli effetti di campi elettrici o magnetici della stessa intensità sono completamente diversi alle basse ed alle alte frequenze. In bassa frequenza, la lunghezza d'onda del campo elettromagnetico è molto maggiore delle dimensioni del sistema biologico. Esso si trova esposto quindi a campi elettrici e magnetici che sono praticamente costanti e possono essere pertanto considerati separatamente. Alle alte frequenze, quando le dimensioni di un organismo esposto sono molto maggiori della lunghezza d'onda è dunque prevalente l'effetto radiativo, in cui l'energia è trasportata mediante il mutuo sostentamento di campi elettrici e magnetici variabili che devono pertanto essere considerati insieme.

L'esposizione ad un campo elettromagnetico può dare luogo a due tipi ben distinti di effetti sanitari: effetti a breve termine ed effetti a lungo termine.

Per effetti a breve termine, anche denominati effetti immediati, si intendono quelli associati ad un danno immediato conseguente l'esposizione; per effetti a lungo termine si intendono quelli dovuti a livelli di esposizione molto bassi e confrontabili a volte con il fondo ambientale, ma molto prolungati nel tempo, per i quali esistono solo ipotesi ancora dibattute a livello scientifico.

---

<sup>4</sup> L'intensità della radiazione rappresenta semplicemente la quantità di energia da essa trasportata per unità di tempo e di superficie ortogonale alla direzione di propagazione.

Una revisione dei dati scientifici realizzata dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) in collaborazione con oltre 40 nazioni e 6 organizzazioni internazionali nell'ambito del Progetto internazionale “CEM” per valutare gli effetti biologici e stabilire i possibili rischi per la salute dall'esposizione ai campi elettromagnetici, ha concluso che, sulla base della letteratura attuale, non c'è nessuna evidenza convincente che l'esposizione alle radiofrequenze abbrevi la durata della vita umana, né che induca o favorisca il cancro. Comunque, la stessa revisione ha anche evidenziato che sono necessari ulteriori studi, per delineare un quadro più completo dei rischi sanitari, specialmente per quanto concerne un possibile rischio di cancro connesso all'esposizione a bassi livelli degli stessi campi.

Anche a questo scopo è in fase di attuazione, da parte del Servizio Agenti Fisici dell'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici), un'indagine epidemiologica sui residenti nell'intorno del Centro Trasmittente di Radio Vaticana a S. Maria di Galeria.

## **CAPITOLO 5 – REALIZZAZIONE DI UNA CAMPAGNA DI MISURA**

### **5.1 CRITERI DI SCELTA DEI SITI DI MISURA**

Per realizzare efficacemente una campagna di misurazione dei campi elettromagnetici risulta di fondamentale importanza scegliere correttamente i siti di misura. La determinazione di tali siti si effettua dopo un primo accurato sopralluogo che consente di valutare quali possano essere i punti più significativi, sia interni che esterni agli edifici, e quali possano essere gli elementi di disturbo delle misure. Occorre inoltre effettuare un'analisi dei rilievi planimetrici nei quali, una volta individuata la sorgente o le sorgenti oggetto di indagine, vengono determinati i punti in cui si ritiene potrebbe manifestarsi un'esposizione maggiore, in base alle caratteristiche fisiche e radioelettriche delle sorgenti ed alla vicinanza con zone abitate o soggette a permanenze prolungate delle persone. Le informazioni così raccolte consentono anche di valutare preliminarmente la strumentazione più idonea alla misurazione. All'interno del sito si individuano uno o più punti di misura ritenuti significativi, ciascuno dei quali viene registrato con precisione nel rapporto tecnico al fine di renderlo facilmente individuabile per un'eventuale riproducibilità delle operazioni. Nel caso di Radio Vaticana, l'individuazione dei siti è risultata notevolmente complessa, in quanto le sorgenti di onde elettromagnetiche sono distribuite su un'area molto vasta ed hanno direzioni ed intensità di emissione variabili durante l'arco della giornata, in base agli orari previsti dal palinsesto delle trasmissioni. I siti per il monitoraggio delle emissioni elettromagnetiche dell'emittente sono stati scelti in seguito allo studio di tutti gli impianti del Centro, delle loro caratteristiche fisiche e radioelettriche: frequenze delle portanti, tipo di modulazione, polarizzazione, lobi di radiazione, potenza massima in antenna dei trasmettitori, in relazione infine alle caratteristiche direttive e temporali di emissione delle antenne e soprattutto alla direzione di emissione, come indicate nel palinsesto.

Ultimo aspetto, non meno importante dei precedenti, è stato la valutazione della densità di popolazione e della “sensibilità”<sup>5</sup> dei siti di indagine.

## **5.2 CRITERI DI SCELTA DELLA STRUMENTAZIONE**

La strumentazione utilizzata per le misurazioni dei campi elettromagnetici può generalmente essere classificata in due categorie:

- 1) a banda larga, fornisce il valore globale del campo elettrico  $E$  o magnetico  $H$  in una determinata banda di misura;
- 2) a banda stretta, anche detta misura selettiva, fornisce l'intensità del campo elettrico o magnetico in ciascuna delle frequenze considerate.

Il tipo di strumentazione più idoneo per una campagna di misurazione deve essere valutato attentamente caso per caso, anche in relazione alla distanza esistente tra il punto di misura e la sorgente oggetto di indagine.

Nelle immediate vicinanze di una sorgente, infatti, il campo elettrico ed il campo magnetico sono del tutto indipendenti l'uno dall'altro, essendo determinati dalle caratteristiche fisiche (cariche e correnti) della sorgente. In altre parole, in questa regione (detta zona di campo reattivo) i campi, pur essendo variabili nel tempo, si comportano in pratica come nel caso statico, essendo trascurabili le componenti di mutua generazione rispetto a quelle dovute alle sorgenti fisiche: si parla pertanto di regime quasi-statico.

A distanze superiori, la struttura dei campi inizia a risentire del fenomeno della radiazione, consistente nella mutua generazione tra campo elettrico e campo magnetico variabili nel tempo, in base alle ben note equazioni di Maxwell, rimanendo l'unico significativo per distanze dalla sorgente superiori a circa una lunghezza d'onda.

---

<sup>5</sup> La sensibilità di un sito di misura viene correlata in questo contesto alla sua destinazione d'uso: un sito sarà tanto più sensibile quanto più saranno presenti al suo interno scuole, ospedali, case di cura, spazi destinati all'infanzia, all'adolescenza, agli anziani o a persone inferme.



Tale regione radiativa è detta di Fresnel (zona di campo vicino radiativo) o di Fraunhofer (zona di campo lontano) in base alla distanza esistente dalla sorgente.

Per le tre zone si usano metodi di misura diversi: in zona reattiva, campo elettrico e campo magnetico sono misurati separatamente, mentre questo non è necessario nella zona di Fraunhofer, in cui di solito si misura uno solo dei due campi, ad esempio il campo elettrico, ricavando il campo magnetico dalle relazioni matematiche che li legano<sup>6</sup>. Nella zona di Fresnel, in cui, come già detto, inizia a formarsi il fascio di radiazione, si può ragionevolmente considerare che le distribuzioni dell'intensità e della fase di ciascun campo varino in maniera pressoché proporzionale.

Particolare attenzione va posta nel caso in cui la misurazione avvenga in prossimità di una struttura conduttrice (traliccio metallico, recinzione pure metallica, alberi) che immersa in un campo elettromagnetico, diventa sede di correnti elettriche indotte, le quali generano un ulteriore campo che si sovrappone al primo causando nello strumento di misura a banda larga l'indicazione di un livello superiore di campo rispetto a quello da rilevare.

Per le metodologie di misura si fa comunque riferimento alla “Guida tecnica per la misura dei campi elettromagnetici compresi nell'intervallo di frequenza 100 kHz – 3 GHz in riferimento all'esposizione della popolazione” dell'ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) che costituisce un'anticipazione della Norma italiana CEI 211-7 “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana”.

---

<sup>6</sup> La relazione costante che lega i due campi è la seguente:

$E/H = Z_0$  in cui: E è il campo elettrico;

H è il campo magnetico;

$Z_0$  è l'impedenza caratteristica del vuoto e vale numericamente 377.

## **CAPITOLO 6 – CRONOLOGIA DELLE CAMPAGNE DI MISURA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI NELL'AREA CIRCOSTANTE IL CENTRO TRASMITTENTE DI RADIO VATICANA**

### **6.1 PREMESSA**

Nel 1985 viene effettuata da parte del Vaticano la prima misurazione ufficiale dei campi elettromagnetici all'interno delle mura di cinta del Centro Trasmittente di Radio Vaticana. Quattro anni dopo, nel 1989, il Servizio Sanitario Vaticano consente ad un esperto italiano di effettuare delle misurazioni periodiche dei campi per tutelare la salute del personale abitante all'interno del Centro, nel rispetto delle norme della Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non-Ionizzanti (ICNIRP), un'organizzazione non governativa formalmente riconosciuta dall'OMS, alle quali il Vaticano si è sempre attenuto anche prima che l'Italia approvasse una specifica normativa in merito. Le indicazioni di tale Commissione sono state recepite con voto unanime dal Consiglio dell'Unione Europea, con la sola eccezione del nostro Paese, che ha successivamente stabilito il 10/9/1998 delle norme molto più restrittive, maggiormente cautelative. Di qui il nascere del problema delle emissioni del Centro, che si è trovato improvvisamente di fronte ad una nuova normativa italiana difforme dagli standard internazionali a cui esso si atteneva. In seguito alle numerose richieste della popolazione esposte per mezzo dei vari comitati di quartiere limitrofi al Centro (Olgiata, Osteria Nuova, S. M. di Galeria, Cesano, La Storta, La Cerquetta), nel primo trimestre del 1998, l'ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) in collaborazione con l'ASL/RM-E, dopo uno studio preliminare sulle caratteristiche tecniche degli impianti trasmittenti, effettua una campagna di misurazioni dei campi elettrici, con strumentazione a banda larga, in alcuni siti ritenuti più rappresentativi per la vicinanza delle abitazioni ad alcune antenne del Centro.



Figura 22 – Cartina indicante i quartieri e le strade adiacenti il Centro (in rosso)

Tali misurazioni in banda larga vengono effettuate dapprima in località Osteria Nuova e si soffermano sugli orari in cui si registrano i valori di campo più critici, strettamente correlati alla direzione di emissione dell'Antenna Rotante 1, distante dall'abitato circa 200 m, dopodiché si eseguono altre misurazioni presso la stazione di Cesano ed il centro residenziale dell'Olgiata. Il 10/9/1998 viene emanato il Decreto Ministeriale 381 che determina i tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana e fissa i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici generati da impianti fissi di telecomunicazione con frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.

In tabella 2 si riportano i limiti di esposizione e i valori di cautela per il campo elettrico e magnetico fissati dal D.M. 381/98 e per confronto si riportano

anche i valori fissati dall'ICNIRP per ciascuna delle frequenze utilizzate da Radio Vaticana per la trasmissione dei suoi programmi in tutto il mondo.

Tabella 2

Freq. (kHz)	ICNIRP		DM 381/98 Limiti di esposizione		DM 381/98 Valori di cautela	
	campo elettrico (V/m)	campo magnetico (A/m)	campo elettrico (V/m)	campo magnetico (A/m)	campo elettrico (V/m)	campo magnetico (A/m)
1.530	70,33	0,477	60	0,20	6	0,016
1.611	68,54	0,453	60	0,20		
5.885	35,87	0,124	20	0,05		
6.185	34,98	0,118	20	0,05		
7.250	32,31	0,101	20	0,05		
7.305	32,19	0,099	20	0,05		
7.345	32,10	0,099	20	0,05		
7.365	32,06	0,099	20	0,05		
9.585	28,10	0,076	20	0,05		
9.605	28,07	0,076	20	0,05		
9.645	28,01	0,076	20	0,05		
9.660	27,99	0,075	20	0,05		
11.625	28	0,073	20	0,05		
11.715	28	0,073	20	0,05		
13.765	28	0,073	20	0,05		
15.235	28	0,073	20	0,05		
15.570	28	0,073	20	0,05		
15.595	28	0,073	20	0,05		
17.515	28	0,073	20	0,05		

Immediatamente dopo, le comunità locali richiedono, tramite i comitati di quartiere, la verifica del rispetto da parte di Radio Vaticana dei nuovi limiti imposti dal decreto nelle loro aree residenziali.

Nel periodo aprile-ottobre 1999 vengono effettuate delle campagne di misura da parte dell'Assessorato all'Ambiente della Regione Lazio, con l'ANPA<sup>7</sup>, l'ASL RM-E, l'Osservatorio Epidemiologico Regionale, il Presidio Multizonale di Prevenzione, la Provincia di Roma, l'ENEA e la Commissione Tecnica istituita dai Comitati di Roma Nord.

Il 23 giugno 1999, in via di Baccanello 293 e successivamente in via Senio 25, in presenza di alcuni membri dell'ANPA<sup>3</sup> si svolgono delle misurazioni in parallelo con sonde diverse: Wandel e Goltermann EMR 300 per l'ANPA e PMM 8053 per i comitati. I valori misurati in entrambi i casi superano quelli imposti dalla normativa (6 V/m).

Il 24 settembre 1999 viene eseguita dall'ANPA<sup>8</sup> un'indagine strumentale (Wandel & Goltermann EMR-300 e TYP-8) in località Osteria Nuova, durante la quale si riscontrano valori sperimentali molto inferiori ai limiti di legge, che comunque inducono ad approfondire le indagini in tema di orari e direzioni di maggiore emissione.

È importante sottolineare che in questa prima fase di misurazioni, esclusivamente in banda larga, nessuno dei parametri radioelettrici delle antenne del Centro è noto.

## **6.2 ISTITUZIONE DELLA COMMISSIONE BILATERALE E PRIME CAMPAGNE DI MISURA 2000/2001**

I problemi che riguardano il Centro Trasmittente sono di natura internazionale, come tali vanno quindi trattati a livello di rapporti fra Italia e

---

<sup>7</sup> ing. Curcuruto, ing. Tommasi, p.i. Giuliani. Si ricorda che la presenza di tali funzionari tecnici è stata finalizzata esclusivamente al confronto della strumentazione di proprietà ANPA con quella utilizzata dagli altri soggetti presenti e non allo svolgimento di misure di vigilanza.

Santa Sede; per questo con pieno accordo tra Santa Sede, Radio Vaticana e Stato italiano viene costituita una Commissione Bilaterale per la soluzione dei problemi legati all'intensità dei campi elettromagnetici a Santa Maria di Galeria. Tale Commissione, dopo gli studi preliminari avviati nel marzo 2000, si riunisce per la prima volta il 28 settembre 2000: la delegazione italiana è presieduta dal Segretario Generale del Ministero degli Affari Esteri, Ambasciatore Umberto Vattani, quella della Santa Sede dal Sottosegretario per i Rapporti con gli Stati, Mons. Celestino Migliore. Il comunicato della Farnesina, diramato al termine di quella prima riunione sottolinea l'impegno con cui entrambe le parti decidono di approfondire gli aspetti tecnici e giuridici del problema avviando, come primo passo, una misurazione congiunta dell'intensità delle emissioni sulla base di un protocollo tecnico da concordare in maniera congiunta.

Dal 1° febbraio 2001, Radio Vaticana decide unilateralmente di dimezzare la potenza di trasmissione di una delle antenne principali, ritenuta una delle cause del superamento dei limiti stabiliti dal D.M. 381/98.

In relazione all'inquinamento elettromagnetico, con una lettera inviata il 12 marzo 2001 al presidente della repubblica Carlo Azeglio Ciampi, numerosi scienziati, riuniti a Roma in un convegno, denunciano la crescente campagna di disinformazione riguardo ai presunti danni provocati dai campi elettromagnetici. A firmare la lettera, in cui si sostiene che non esista alcun legame consistente e significativo tra cancro e campi elettromagnetici, sono personalità del calibro del fisico Tullio Regge, del presidente dell'Associazione italiana nucleare, Renato Angelo Ricci, del professor Franco Battaglia, docente di chimica fisica all'Università di Roma Tre, e di Giancarlo Corazza, presidente onorario della fondazione Marconi.

Il giorno seguente, l'ANPA viene incaricata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio di eseguire delle indagini strumentali in banda larga nelle località prospicienti il sedime dell'emittente.

---

<sup>8</sup> ing. R. Tommasi, p.i. F. Giuliani

I punti di misurazione vengono individuati sulla base dell'esperienza maturata attraverso precedenti campagne di misura effettuate e vengono elencati in tabella 3.

Tabella 3

Punto di misura	Posizione
1	Lastrico solare condominio di via Senio, 25
2	Area condominiale di via Senio, 25
3	Abitazione di via Baccanello, 281
4	Giardino di via A. Signorelli, 8
5	Via Braccianese, fronte civico 549
6	Giardino di via G. Arnolfi, 20
7	Portone d'ingresso abitazione di via Arnolfi, 20
8	Lastrico solare condominio di via Baccanello, 281
9	Via Braccianese 635

Le misurazioni vengono eseguite a partire dal giorno stesso, 13 marzo 2001, dai funzionari tecnici dell'ANPA<sup>9</sup> a partire dalle ore 20.00 ca. sino alle ore 22.00 ca. del giorno seguente. La rappresentatività dei valori riscontrati è tuttavia limitata, perché condizionata dalla possibilità di accesso in proprietà private, dagli orari di trasmissione in direzioni diverse per periodi di tempo limitati. Si evidenzia pertanto che i dati riportati in tabella 4 costituiscono solo un puro riferimento indicativo.

Tabella 4

Punto di misura	Campo elettrico (V/m)	Campo magnetico corrispondente (A/m)	Densità di potenza corrispondente (W/m <sup>2</sup> )
	Valore efficace <sup>10</sup>	Valore efficace	Valore efficace
1	18,0	0,048	0,86
2	10,6	0,028	0,30

<sup>9</sup> ing. R. Tommasi, sig. R. Betti, sig. G. Amadio e sig. R. Bridda

<sup>10</sup> Il valore efficace di una grandezza variabile nel tempo, come l'ampiezza del campo elettrico o magnetico generato nelle trasmissioni radio, viene determinato attraverso delle relazioni matematiche e rappresenta l'intensità del campo a cui la popolazione è "in media" esposta in un dato intervallo di tempo considerato.

<b>3</b>	1,3	0,003	0,005
<b>4</b>	< 1,0 <sup>(*)</sup>	< 0,003	< 0,003
<b>5</b>	3,1	0,008	0,025
<b>6</b>	5,0	0,013	0,065
<b>7</b>	1,3	0,003	0,0044
<b>8</b>	13,1	0,035	0,46
<b>9</b>	18,6	0,05	0,93

<sup>(\*)</sup> **Valore minore della sensibilità strumentale**

A seguito della riunione del 23 marzo 2001, la Commissione Bilaterale Italia - S. Sede torna a riunirsi alla Farnesina con la partecipazione da parte italiana, di esperti del Ministero delle Comunicazioni e del Ministero dell'Ambiente e, da parte della S. Sede, di dirigenti e tecnici della Radio Vaticana. Nel corso della riunione viene approvato il Protocollo tecnico per le misure dei livelli di campo elettromagnetico e ne vengono concordate le modalità operative, contestualmente al calendario della campagna di misurazioni.

Un'altro passo verso la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico, dopo quello compiuto il 1° febbraio, viene compiuto il 25 marzo, quando Radio Vaticana decide in maniera autonoma di trasferire le trasmissioni in onda corta verso il Giappone su Internet.

Il 3 e 4 aprile 2001 viene effettuata un'altra campagna di misure nella zona di Cesano in maniera congiunta da ANPA<sup>11</sup>, ARPA Lazio e Ministero delle Comunicazioni; le prime due Agenzie dotate di strumentazione in banda larga (PMM 8053 con sonda EP-330, Wandel & Goltermann con sonda 2244/90.20) si sono avvalse del supporto tecnico del Ministero delle Comunicazioni in possesso di apparecchiature idonee alla rilevazione in banda stretta delle frequenze attive (Test receiver ESH 3, antenna loop HFH2-Z2 e cavo calibrato RG 214 della Rhode & Schwarz).

I risultati di tali misure sono riportati in tabella 5.

---

<sup>11</sup> ing. R. Tommasi, p.i. F. Giuliani, dott.ssa L. Elia, sig. G. Amadio



Tabella 5

<b>Sito di misura</b>	<b>Frequenza rilevata (MHz)</b>	<b>Campo elettrico equivalente<sup>12</sup> (V/m)</b>
<b>via di Baccanello, 281</b> <b>Cortile lato sinistro</b>	1,530	6,9
	1,611	2,0
<b>via di Baccanello, 281</b> <b>Terrazzo di copertura</b>	1,530	4,0
<b>Casale Olgiatella</b>	1,530	6,0
	1,611	2,1
<b>via Perino</b>	17,515	16,0
	1,611	0,6
	1,530	0,6
<b>via Braccianese, 635</b>	1,530	0,3
	1,611	0,3
	11,715	1,0
	7,250	0,3
	17,515	6,6
	11,625	20,0
<b>Casale Saraceni</b>	1,530	7,7
	15,235	2,2
	1,611	3,4
<b>via Senio, 25</b> <b>Cortile</b>	1,530	6,9
	1,611	2,6

<sup>12</sup>Il valore indicato nella colonna è ricavato, in base alla relazione matematica esistente tra campo elettrico e campo magnetico (vedi nota 3), dal campo magnetico realmente misurato e per questo motivo è detto “equivalente”.

<b>via Senio, 25</b>	1,530	8,4
	1,611	3,3
<b>Giardinetto</b>	1,530	3,5
	1,611	1,4
	7,250	0,3
	9,660	0,3
<b>Ristorante Play Off – via Tor dei Venti Parcheggio</b>	1,530	5,3
	1,611	2,3
	7,250	0,4
<b>Casale Olgiatella – Officina del fabbro</b>	1,530	6,2
	1,611	2,3
	5,883	0,2

In questa campagna di misura vengono riscontrate delle discordanze tra le frequenze rilevate al momento delle misure e quelle attese in base alla programmazione resa nota dalla stessa emittente; perciò viene sottolineata l'importanza e la necessità di condurre una campagna congiunta con i tecnici del Centro al fine di avere un reale riscontro tra quanto misurato e le condizioni oggettive di funzionamento degli impianti.

Il 10 aprile 2001, presso la sede del Ministero delle Comunicazioni, si tiene una riunione con i membri dell'ANPA<sup>13</sup>, ARPA Lazio e Ministero delle Comunicazioni (Istituto Superiore CTIR, Centro Nazionale di Controllo Emissioni Radioelettriche CNCER e Ispettorato Territoriale Lazio), in cui vengono stabiliti i criteri con cui definire i siti e gli orari di misura intorno al sito della Radio. Vengono quindi determinati 10 siti ed i relativi orari nei quali verranno effettuate le misurazioni anche alla presenza di personale tecnico dell'emittente che possa conoscere con precisione, al momento delle misure, la configurazione delle antenne attive, le potenze di emissione, etc.

---

<sup>13</sup> ing. R. Tommasi, dott.ssa L. Elia

Si riportano di seguito i siti prescelti con relativa disposizione rispetto al Centro Trasmittente su ortofoto in fig. 23:

- 1- casale Olgiatella;
- 2- abitazione di via Braccianese, 635;
- 3- casale Saraceni;
- 4- comprensorio residenziale dell'Olgiata;
- 5- abitazione di via Baccanello, 281;
- 6- abitazione di via Senio, 25;
- 7- ristorante in via Tor dei Venti;
- 8- Vigili Urbani in via della Stazione di Cesano;
- 9- scuola elementare di Osteria Nuova;
- 10- Istituto policomprendivo di via Orrea, 23.



Figura 23– Ortofoto in cui è stato evidenziato il perimetro del Centro Trasmittente in nero ed i dieci siti di misura in rosso.

Il 16 aprile 2001 Radio Vaticana decide di dimezzare la durata totale delle trasmissioni effettuate in onde medie sulla frequenza 1530 kHz dal sistema di antenne denominato "4 torri".

Il 18 aprile 2001 presso la sede della Nunziatura Apostolica si riunisce la Commissione Bilaterale tra l'Italia e la Santa Sede per fissare il calendario delle misurazione congiunte. La riunione è preceduta alla Farnesina da un incontro tecnico di una trentina di esperti, da un lato, di Radio Vaticana e, dall'altro, dei Ministeri dell'Ambiente, delle Comunicazioni e della Sanità e degli Enti ed Istituzioni specializzati: ANPA, ARPA Lazio, Istituto Superiore per le Comunicazioni, Istituto per la Sicurezza sul Lavoro, ENEA e CNCER.

Recependo le conclusioni degli esperti, la Commissione concorda che la campagna di misurazioni è mirata a stabilire in modo certo l'intensità delle emissioni nelle diverse condizioni di esercizio degli impianti stessi. In tale occasione, il Capo della Delegazione italiana, Ambasciatore Vattani, richiama gli adempimenti previsti dalla "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" adottata dal Parlamento italiano il 22 febbraio 2001, al fine di assicurare la tutela della salute della popolazione e dell'ambiente, ribadendo le esigenze di risanamento e di adeguamento degli impianti contemplate dalla nuova normativa. Il Capo della Delegazione della Santa Sede, Monsignor Migliore, conferma la massima sensibilità per i problemi posti dalle emissioni elettromagnetiche ricordando le soluzioni già adottate, in via cautelativa ed unilaterale, dalla stessa Radio Vaticana dal 1° febbraio e dal 16 aprile 2001.

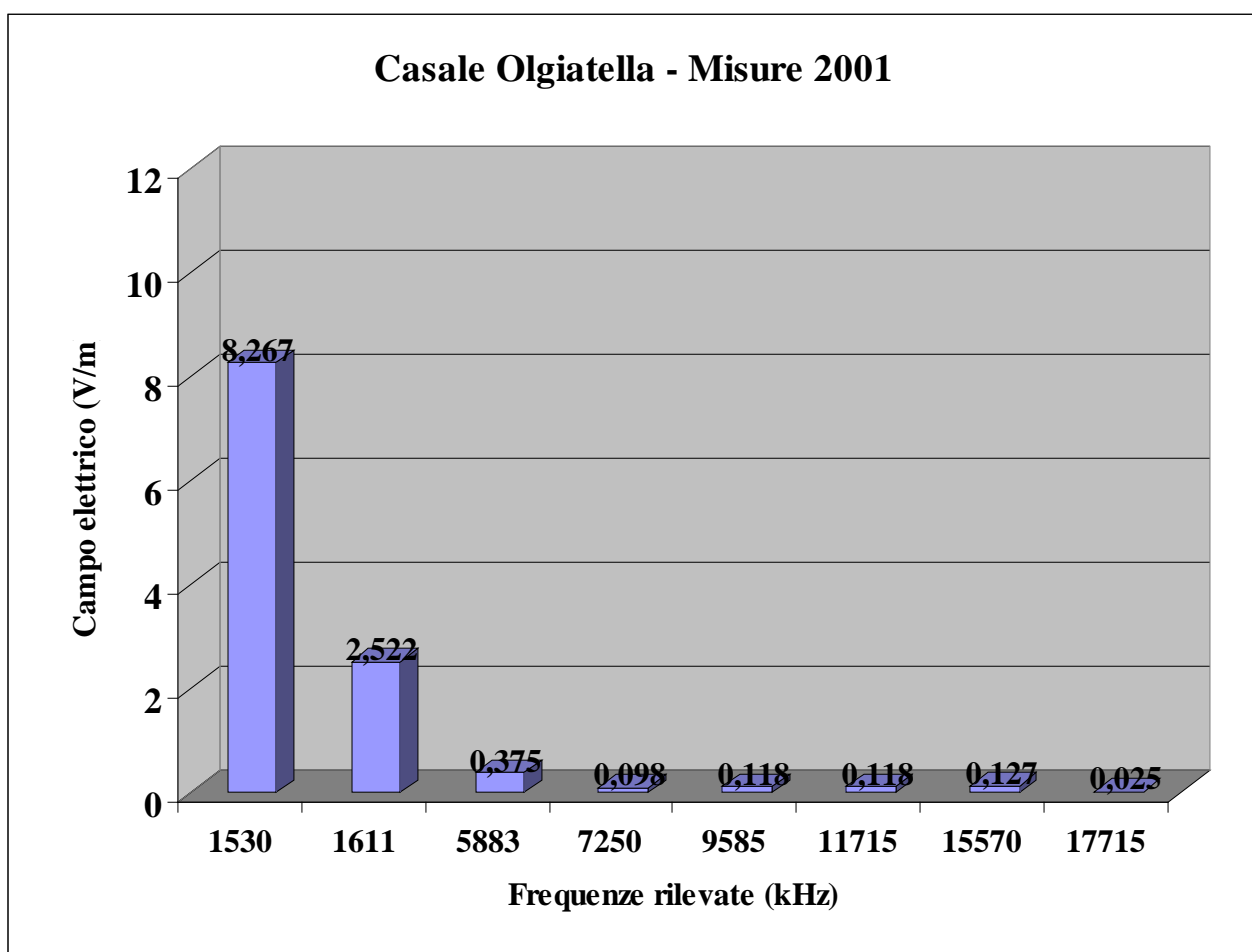
Il 19 aprile iniziano le prime misurazioni sia in banda stretta (a cura del Ministero delle Comunicazioni) che in banda larga (a cura di ANPA e ARPA Lazio) come concordato nel protocollo tecnico di misura; le metodologie di misura sono comunque in accordo con la norma CEI 211-7.

La Santa Sede contestualmente alle misure consente eccezionalmente l'ingresso all'interno del Centro trasmittente al personale tecnico ANPA-ARPA-Ministero delle Comunicazioni, permette inoltre traslazioni temporali

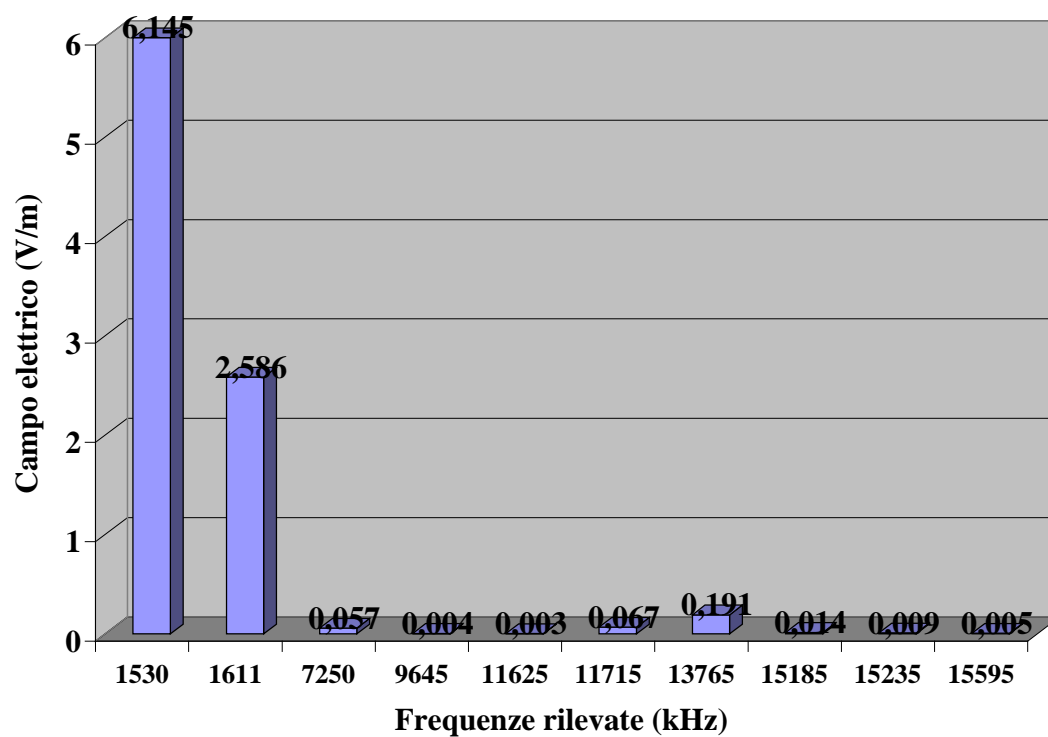
delle trasmissioni, concentrandole negli orari programmati per le misure, sperimentando inoltre l'eventuale impatto di nuove configurazioni emissive alternative a quelle esistenti.

I risultati delle misure selettive della campagna 2001 vengono rappresentati graficamente tramite istogrammi, di cui si fornisce la seguente chiave di lettura:

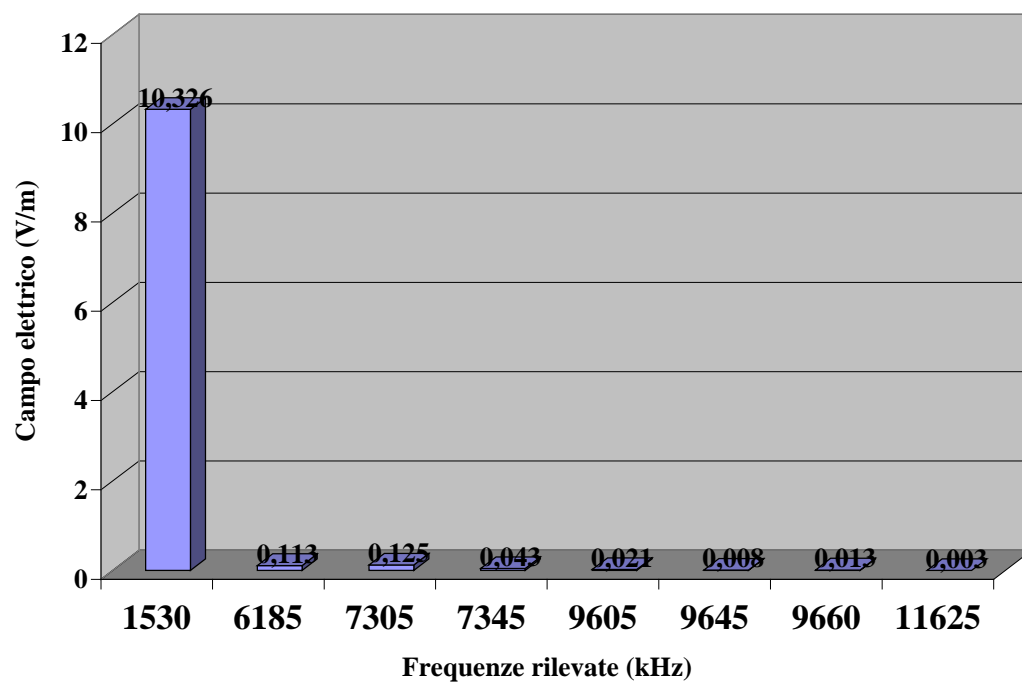
- sulle ascisse vengono riportate tutte le frequenze rilevate in ciascun sito;
- sulle ordinate viene indicata l'intensità del campo elettrico equivalente corrispondente a ciascuna delle frequenze rilevate.



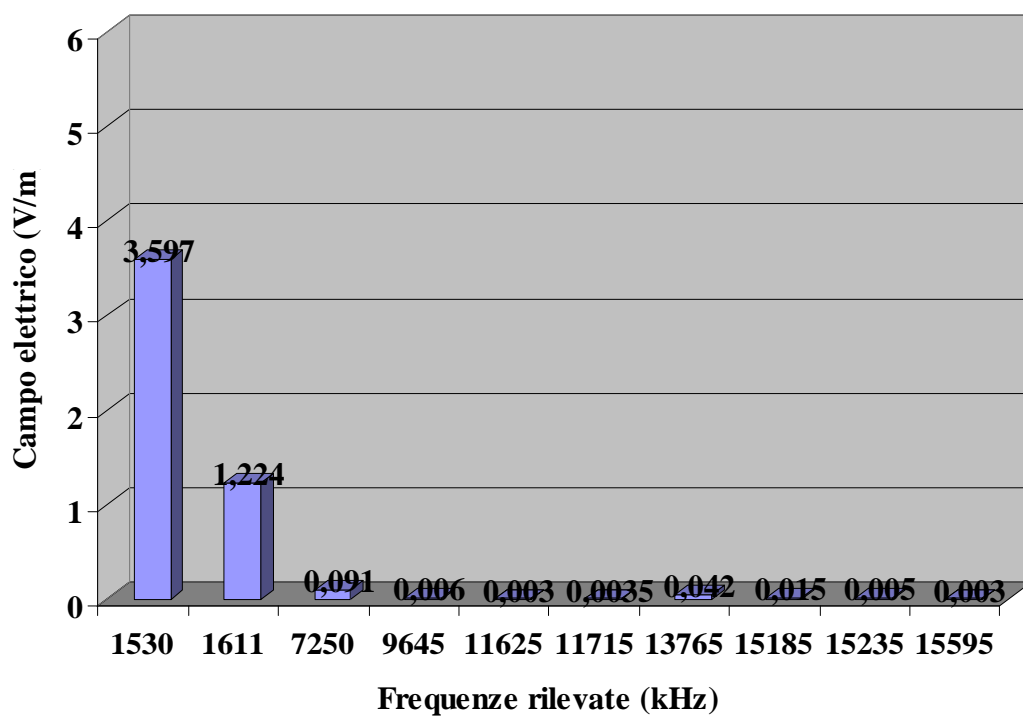
**via Baccanello - Misure 2001**



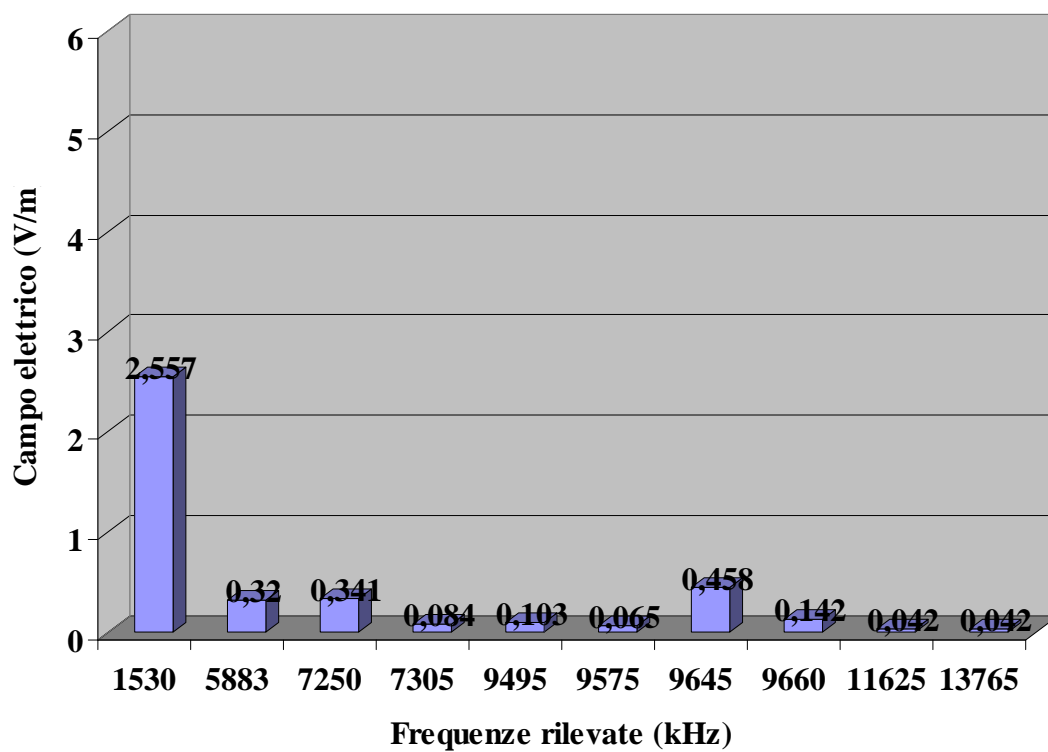
**via Senio - Misure 2001**



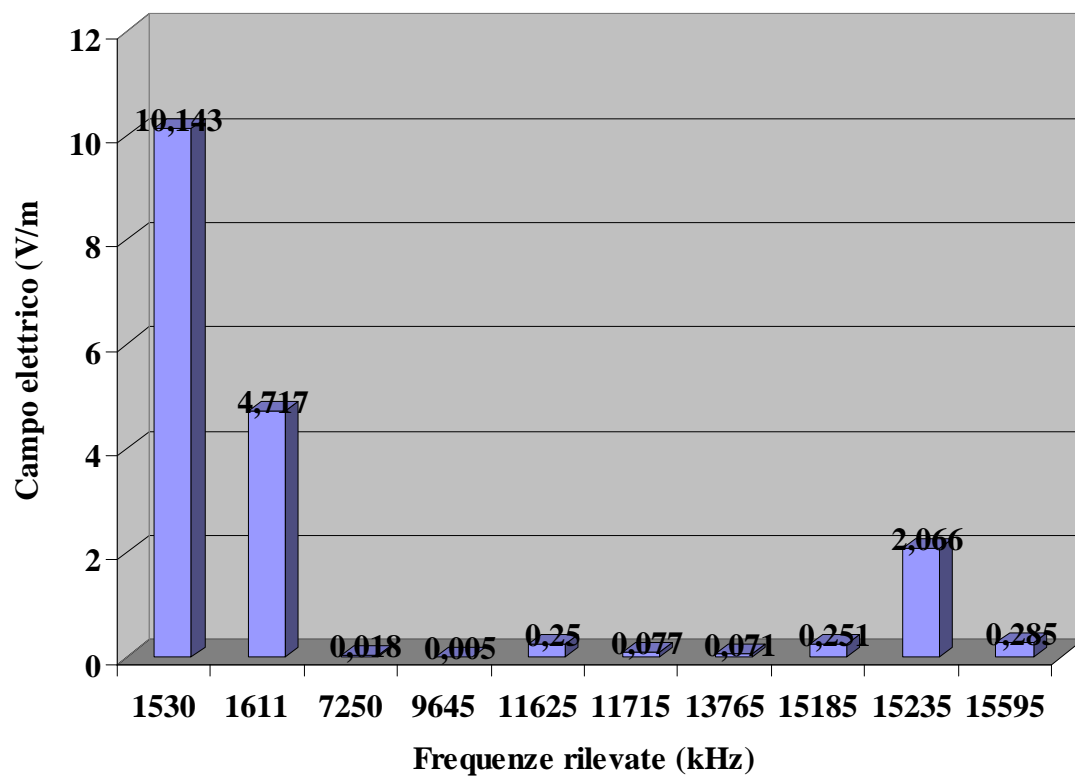
### via Orrea - Misure 2001



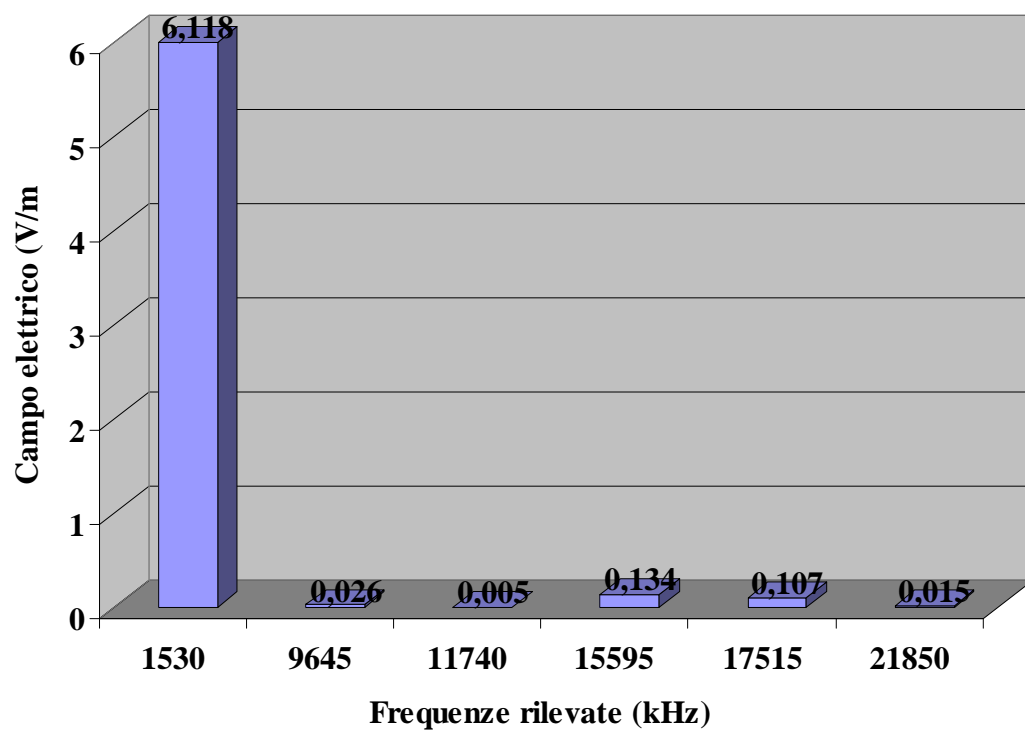
### Osteria Nuova - Misure 2001



**Casale Saraceni - Misure 2001**

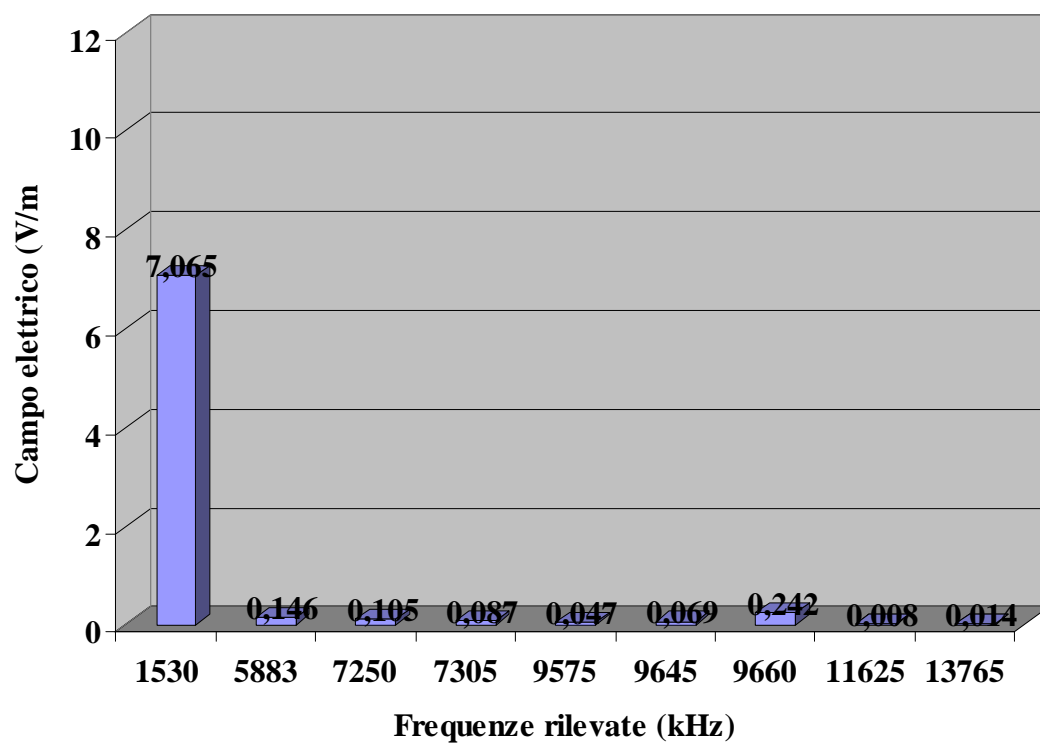


**Olgiate - Misure 2001**

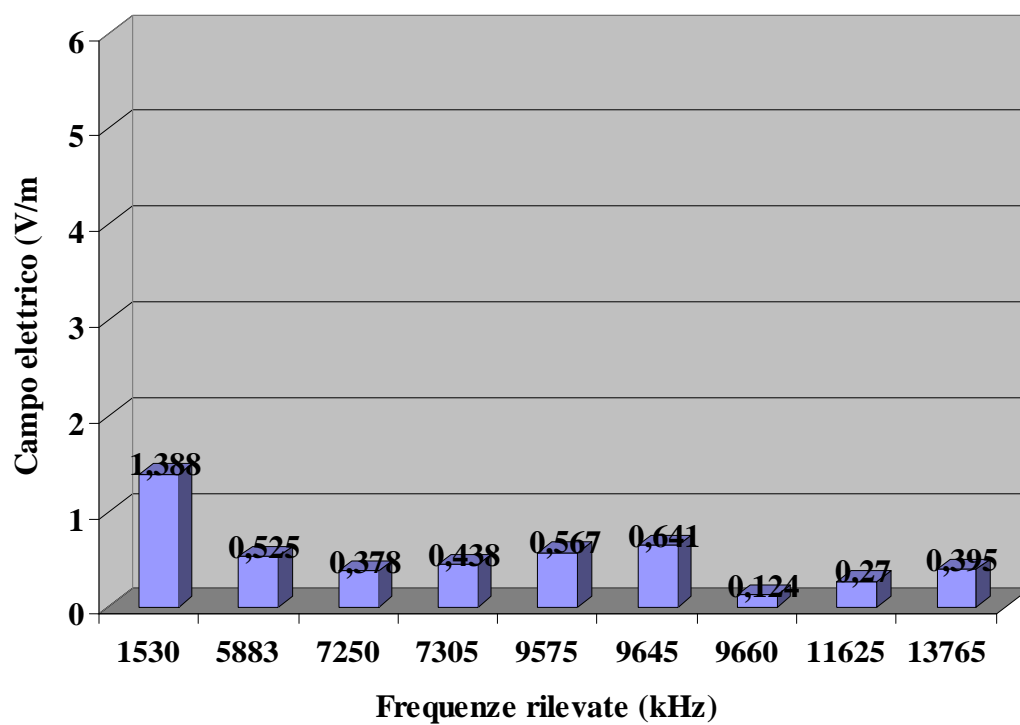




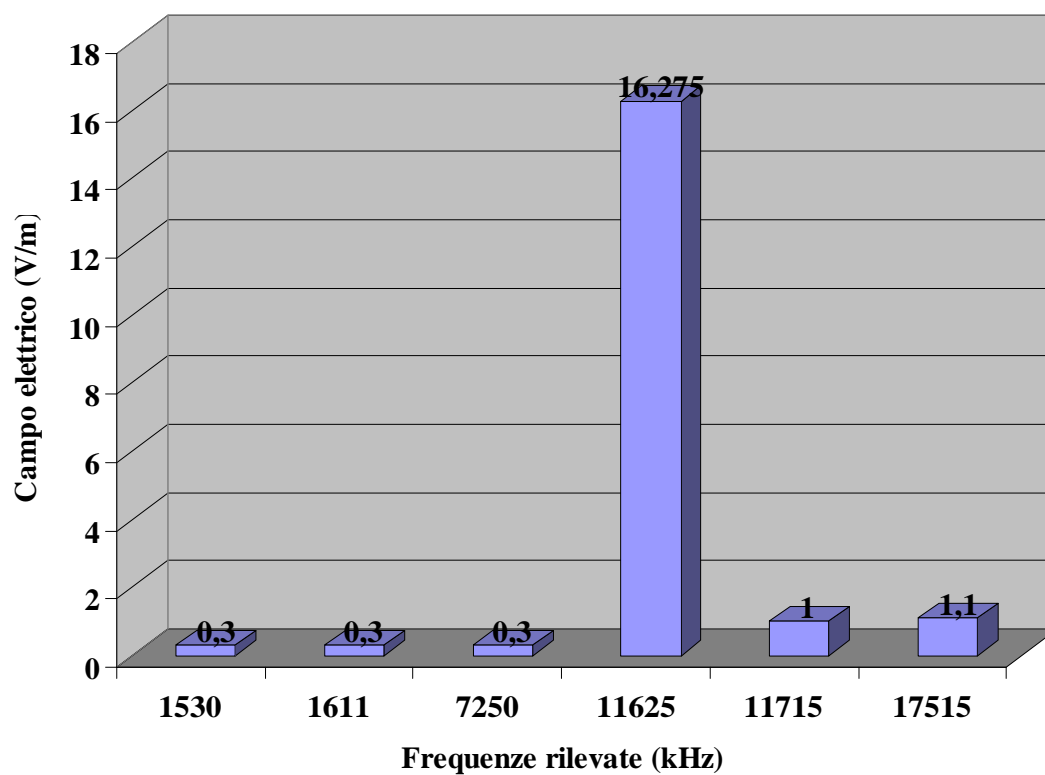
### via Tor dei Venti - Misure 2001



**via della Stazione di Cesano - Misure 2001**



**via Braccianese - Misure 2001**



Il 18 maggio 2001, come era stato previsto, la Commissione Bilaterale tra l'Italia e la Santa Sede si riunisce nuovamente e prende atto dei risultati delle misurazioni effettuate. Come evidenziato nel Verbale congiunto sottoscritto dai tecnici delle due parti, le misurazioni sono state condotte in vari giorni, sui siti ritenuti maggiormente esposti, nel pieno rispetto del protocollo tecnico approvato il 28 marzo e del calendario fissato il 18 aprile 2001. Tale protocollo tecnico, messo a punto dagli esperti italiani (Ministero delle Comunicazioni, ANPA e ARPA Lazio) era stato accettato integralmente dalla Santa Sede. Le misurazioni vengono effettuate in piena conformità con la norma CEI/211-7, con una strumentazione altamente professionale ed usufruendo del vantaggio rappresentato dal poter verificare, contestualmente alle misurazioni, le caratteristiche emissive della fonte. Tali misurazioni sono state effettuate in conformità con procedure atte ad assicurare la riproducibilità delle misure stesse. I risultati delle misurazioni congiunte indicano, per le emissioni in onde corte, un solo sito (via Braccianese, 635) nel quale si verifica il superamento dei valori di cautela indicati dal D.M. 381/98 e, per le emissioni in onde medie, quattro siti nei quali si verificano superamenti di varia entità, tali da raggiungere valori tra i 7 ed i 10 V/m.

La Commissione esamina quindi i risultati delle misurazioni congiunte e discute le prospettive di intervento suggerite dai tecnici raggiungendo le seguenti intese: per quanto riguarda le trasmissioni in onde corte, viene proposto lo spostamento delle trasmissioni dall'antenna responsabile del superamento dei limiti di legge ad un'altra antenna più interna al Centro trasmittente, mentre, per quanto riguarda le onde medie il piano di soluzione viene avviato con il trasferimento ad altro centro trasmittente estero delle trasmissioni responsabili dei superamenti dei limiti. Per tale trasferimento vengono contattati alcuni centri trasmittenti europei, in quanto il suo perfezionamento richiede trattative con i paesi interessati e con l'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni per il coordinamento dell'uso delle frequenze da impiegare.

Tale operazione viene poi portata a termine alla fine di agosto grazie al contributo finanziario dell'Italia.

La Commissione Bilaterale prende inoltre atto della richiesta della Santa Sede che le autorità italiane si impegnino ad assicurare il mantenimento dello "status quo" urbanistico dell'area immediatamente adiacente al comprensorio del Centro Trasmittente, evitando l'avanzamento ulteriore di costruzioni abitative e la sopraelevazione di quelle esistenti, nonché a prendere i necessari provvedimenti per ridurre gli inconvenienti sugli apparati elettrici ed elettronici non a norma esistenti nell'area.

Il 31 agosto 2001, alla Farnesina, si tiene un incontro di lavoro dei Capi Delegazione della Commissione Bilaterale tra l'Italia e la Santa Sede, in cui quest'ultima rende note le misure adottate da Radio Vaticana, conformemente agli impegni assunti nella riunione della Commissione Bilaterale dell'8 giugno, per abbattere ulteriormente la potenza di emissione in onda media del suo Centro Trasmittente e rientrare entro i limiti consentiti dalla normativa italiana vigente. Le parti concordano inoltre sull'esigenza di continuare a procedere al monitoraggio dei campi elettromagnetici effettivamente prodotti mediante misurazioni congiunte effettuate da tecnici di entrambe le parti.

Dal 1° settembre 2001, Radio Vaticana, a seguito dei negoziati intercorsi con diversi paesi europei, ed in particolar modo con "MonteCarlo Radio-diffusion" per la ritrasmissione (con potenza di ben 1 MW sulla frequenza di onda media 1467 kHz di Montecarlo) dei programmi in Ungherese, Ceco, Slovacco, Polacco e Tedesco, conferma di aver provveduto ad inviare via satellite le trasmissioni di detti programmi verso tale stazione di trasmissione.

I programmi sull'onda media di 1530 kHz, dopo opportune modifiche sui trasmettitori del Centro, vengono trasmessi con una potenza ulteriormente ridotta a 150/100 kW, dai 600 kW iniziali. Infine, in seguito ad altri nuovi accordi, Radio Vaticana dal 1° settembre dispone di un nuovo canale satellitare in chiaro sul Satellite Eutelsat Hot Bird 2, per la diffusione dei suoi programmi sull'area europea.

Il 15 settembre 2001, il Ministero della Salute presenta le conclusioni del rapporto sullo "Stato attuale delle conoscenze scientifiche in materia di esposizione a campi a radiofrequenza e leucemia infantile, in rapporto alle relative problematiche nell'area di Cesano". Il gruppo di studio, istituito nell'aprile 2001 dall'ex Ministro della Sanità, Umberto Veronesi, era stato incaricato di analizzare se vi fosse un'associazione tra l'esposizione a radiofrequenza e il rischio di leucemia, in particolare nell'area di 10 km intorno all'impianto di S. Maria di Galeria di Radio Vaticana.

A condurre la ricerca erano stati chiamati il dott. Donato Greco, direttore del laboratorio di Epidemiologia e Biostatistica dell'Istituto Superiore di Sanità, il prof. Peter Boyle, direttore del Prevention and Control Imperial Cancer Research Fund di Londra, il prof. Giuseppe Masera, direttore della Clinica pediatrica dell'Università di Milano ed il prof. Roland Mertelsmann, capo dipartimento di Ematologia dell'Università di Friburgo.

I risultati della ricerca non evidenziano una correlazione tra l'esposizione a campi a radiofrequenza e l'insorgere di leucemie: i dati esaminati non dimostrano una relazione tra le emissioni radio del Centro e l'incidenza e la mortalità per leucemie infantili della zona circostante (in un raggio di 10 km) che non siano diverse da quelle del comune di Roma. D'altra parte, il numero di casi analizzati è relativamente basso per considerare lo studio completamente probante: la postulata associazione tra distanza dall'impianto ed incidenza decrescente di leucemia infantile non è confortata da sufficiente validità statistica. Gli studi condotti non prendono in considerazione possibili confondenti o altri fattori di rischio di leucemia infantile, come altre contaminazioni ambientali presenti nella zona di Cesano.

Il 16 novembre 2001 il Ministero degli Esteri riattiva la Commissione Bilaterale che, confermando il protocollo di misura già adottato nella precedente campagna di misura, affida ai funzionari tecnici di ANPA e ARPA la realizzazione di una nuova campagna di misure atta ad assicurare il rispetto della normativa nazionale del Centro Trasmittente.

### 6.3 CAMPAGNE DI MISURA 2002

Il 18 gennaio 2002 viene eseguito un sopralluogo congiunto ANPA<sup>14</sup> – Ministero delle Comunicazioni – ARPA Lazio – Vaticano nelle zone limitrofe il Centro Trasmittente, durante il quale vengono individuate 3 aree geografiche, il cui previsto sviluppo edilizio (comprensivo di una nuova scuola pubblica in via della Stazione di Cesano) sembra richiedere l'individuazione di nuovi siti di misura.

Il 4 febbraio 2002 si riunisce la Commissione tecnica ANPA<sup>15</sup> - Ministero delle Comunicazioni - Radio Vaticana per predisporre un programma di massima delle attività della campagna di misura 2002.

I giorni 6, 19 20, 28 febbraio, 3 e 18 marzo 2002 vengono eseguite nuove misurazioni congiunte nei siti predefiniti dalla Commissione Bilaterale. Le misurazioni vengono condotte sugli stessi siti individuati l'anno precedente come significativi ai fini di una corretta valutazione dell'esposizione della popolazione alle emissioni della stazione radio, con le stesse metodologie concordate e nel rispetto del protocollo tecnico messo a punto dai tecnici italiani e accettato integralmente dalla Santa Sede.

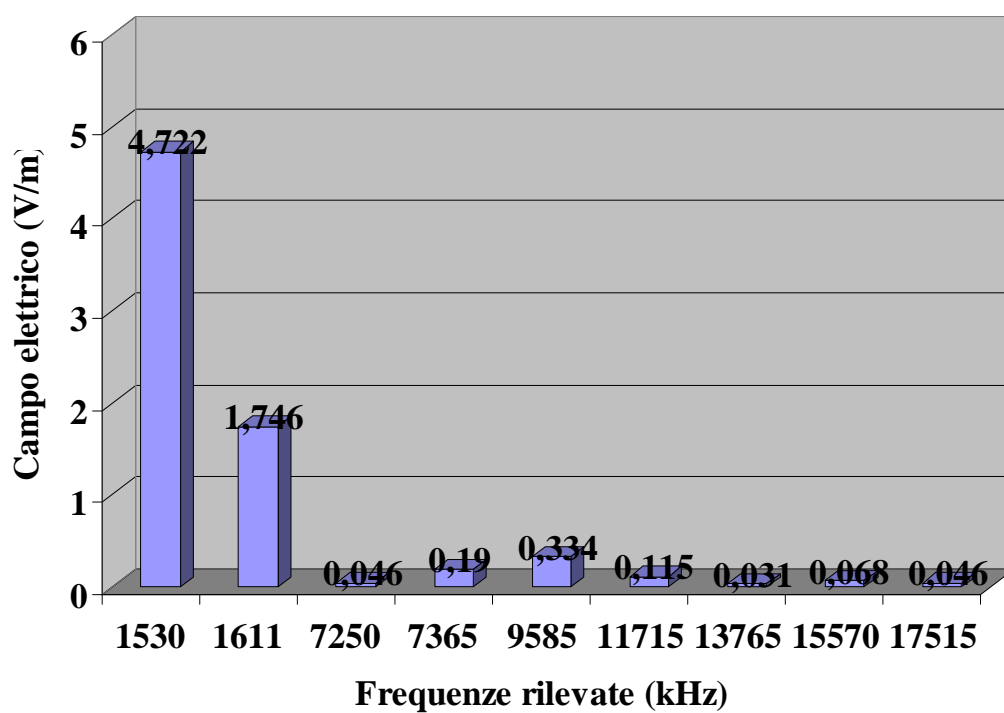
Il 28 marzo 2002 vengono eseguite ulteriori misure in via Senio, al civico 25. Nelle seguenti pagine vengono riportati, nello stesso ordine con cui sono stati presentati nel precedente paragrafo, gli istogrammi delle misure selettive effettuate in queste giornate in modo da facilitare un eventuale confronto tra la situazione antecedente e quella successiva all'attuazione degli accorgimenti adottati dalla stessa emittente per ridurre le emissioni elettromagnetiche.

---

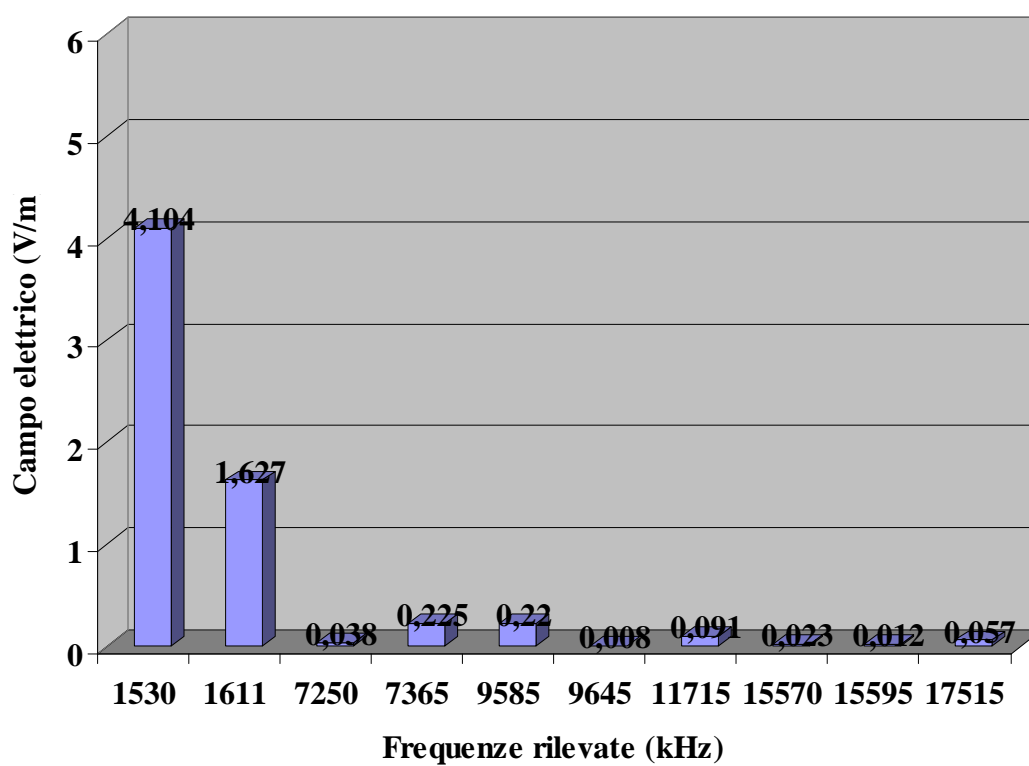
<sup>14</sup> ing. G. Mangialavori, ing. R. Tommasi, sig. R. Betti, sig. M. Riccardi

<sup>15</sup> ing. G. Mangialavori, ing. R. Tommasi, sig. R. Betti, sig.ra A. Franchi, p.i. F. Giuliani, ing. A. Sanicola

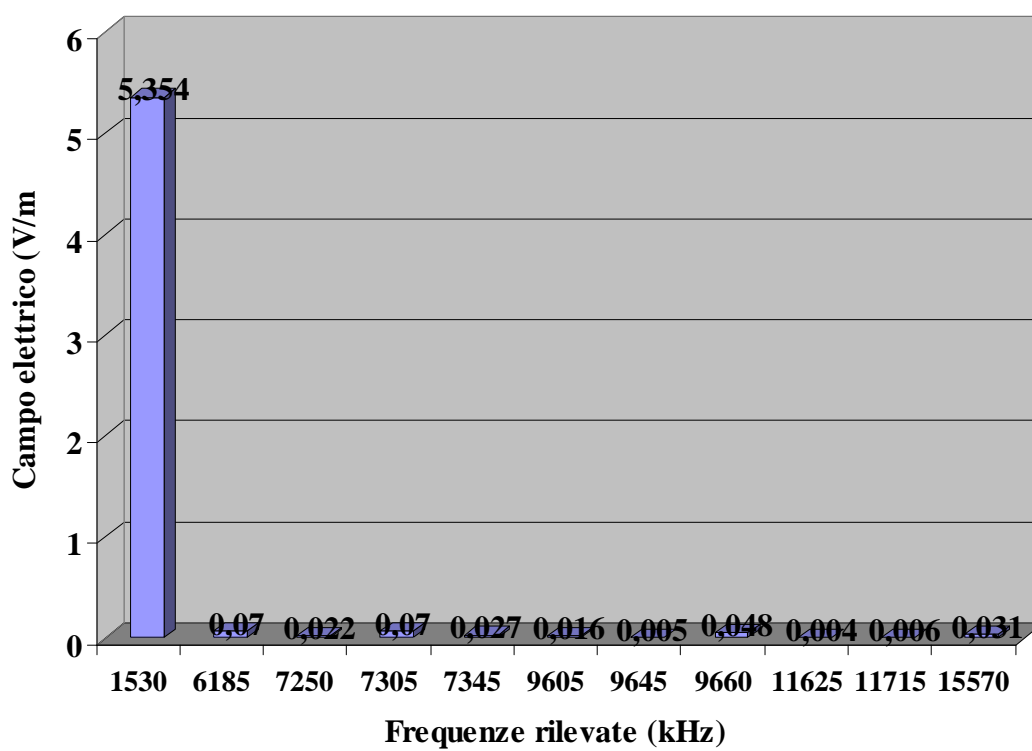
### Casale Olgiatella - Misure 2002



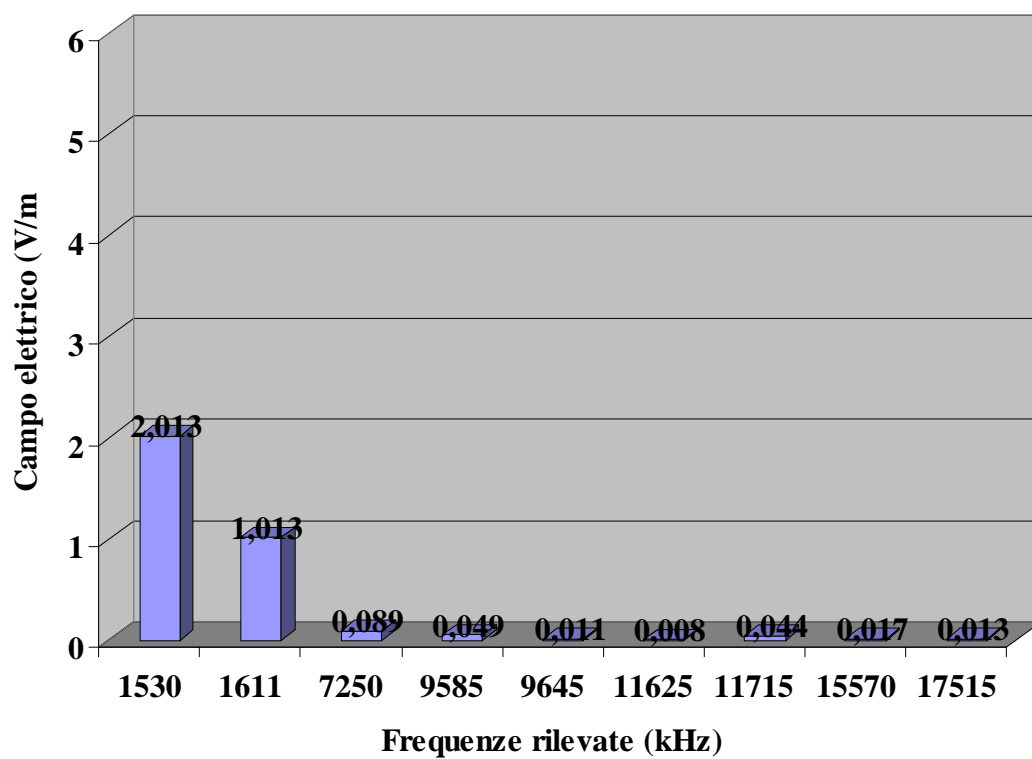
### via Baccanello - Misure 2002



### via Senio - Misure 2002

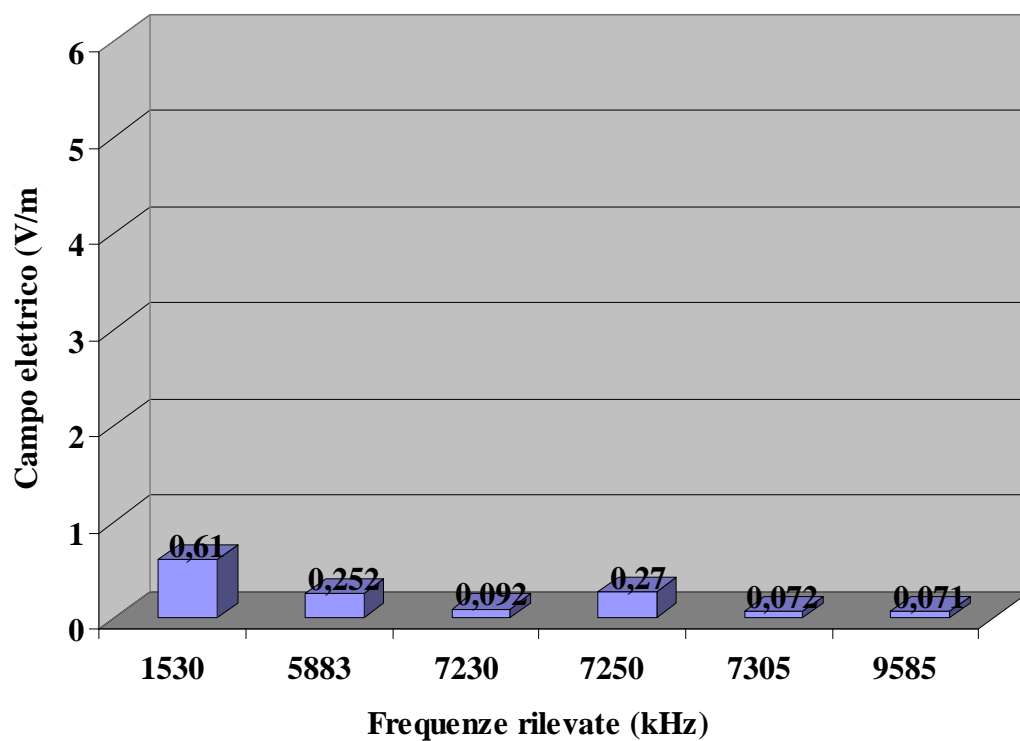


### via Orrea - Misure 2002

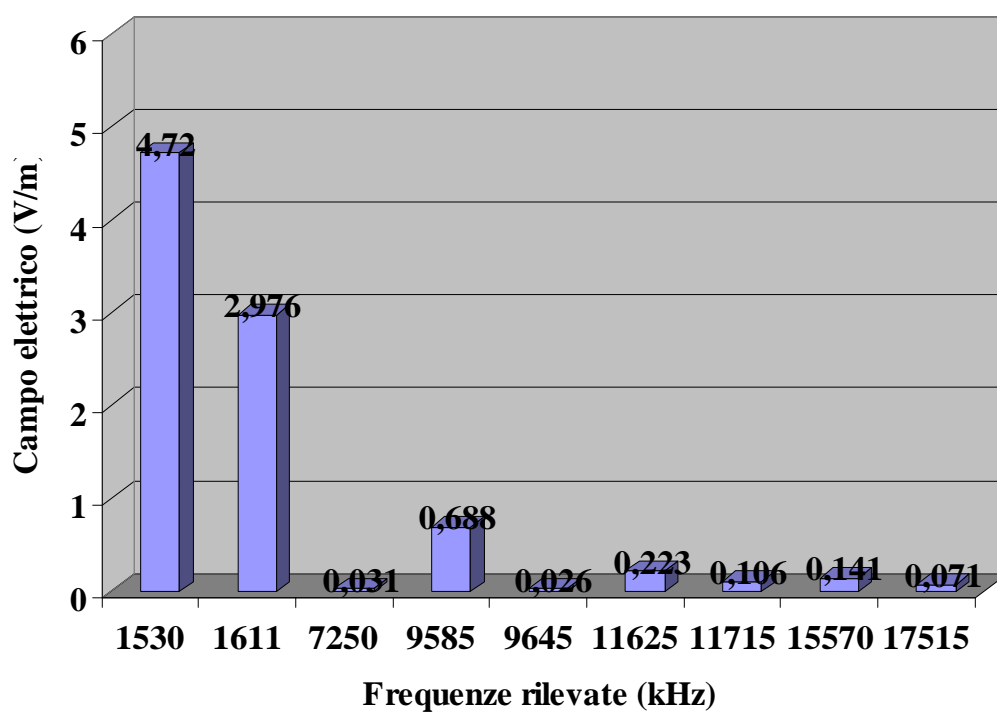




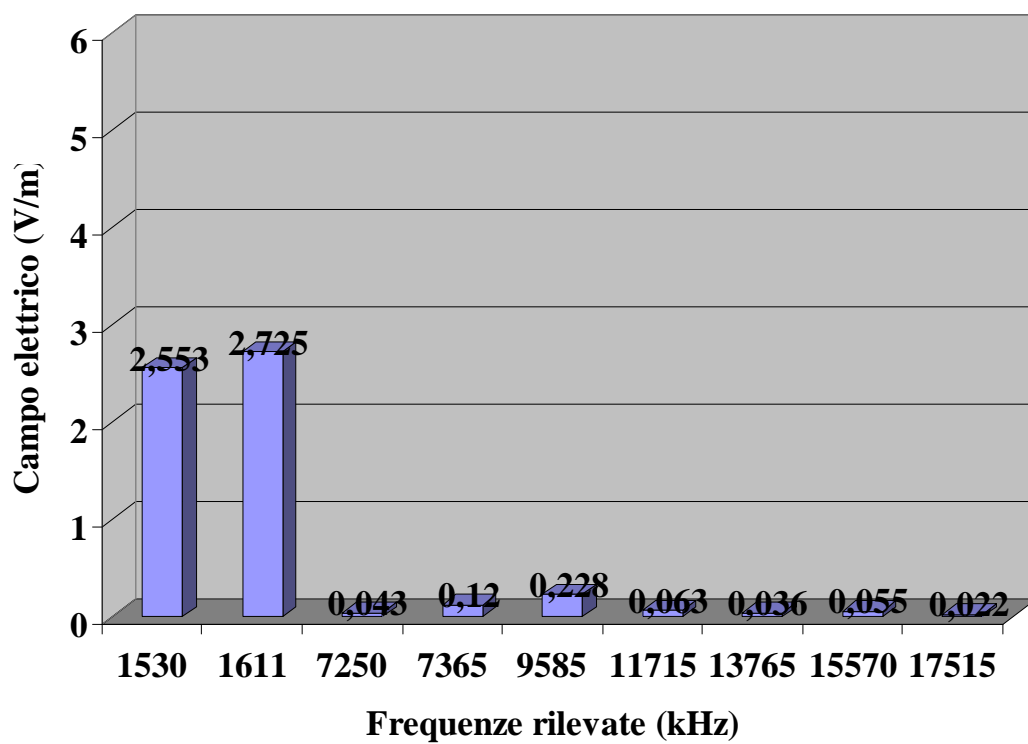
### Osteria Nuova - Misure 2002



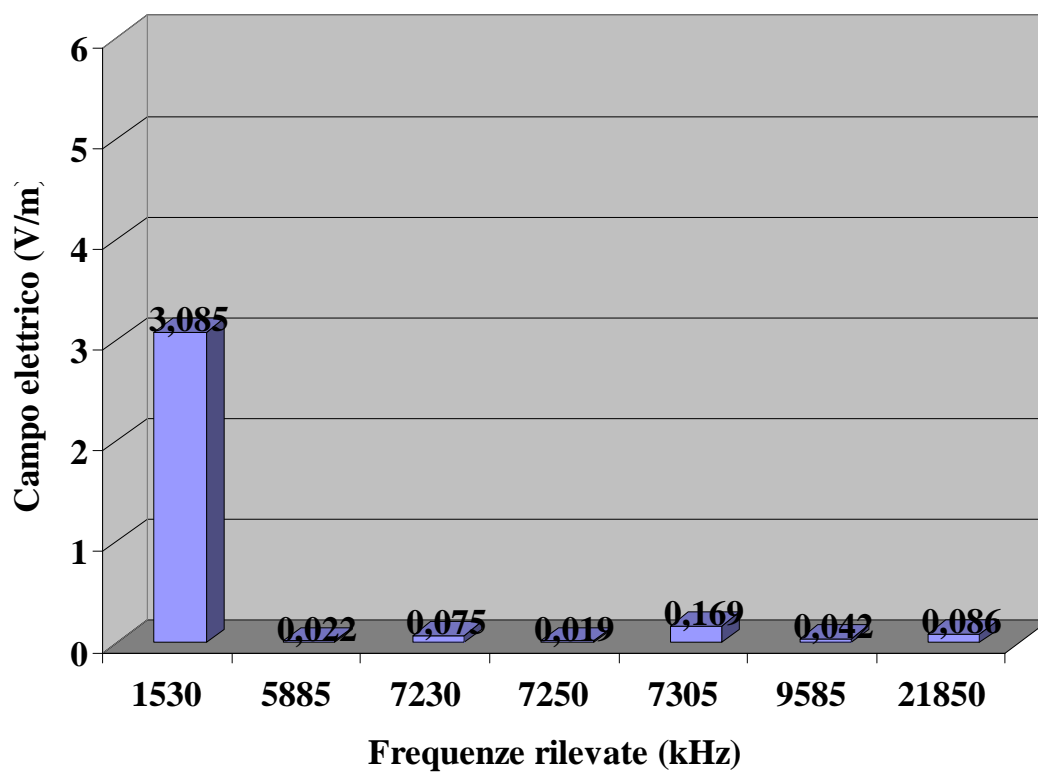
### Casale Saraceni - Misure 2002



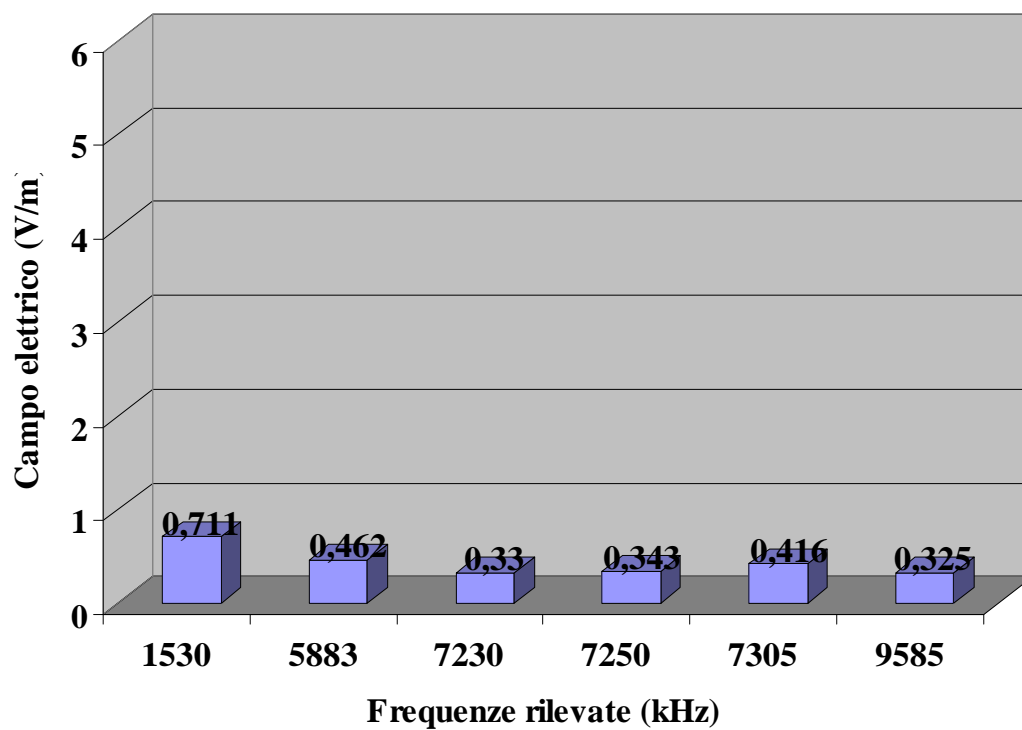
### Olgiata - Misure 2002



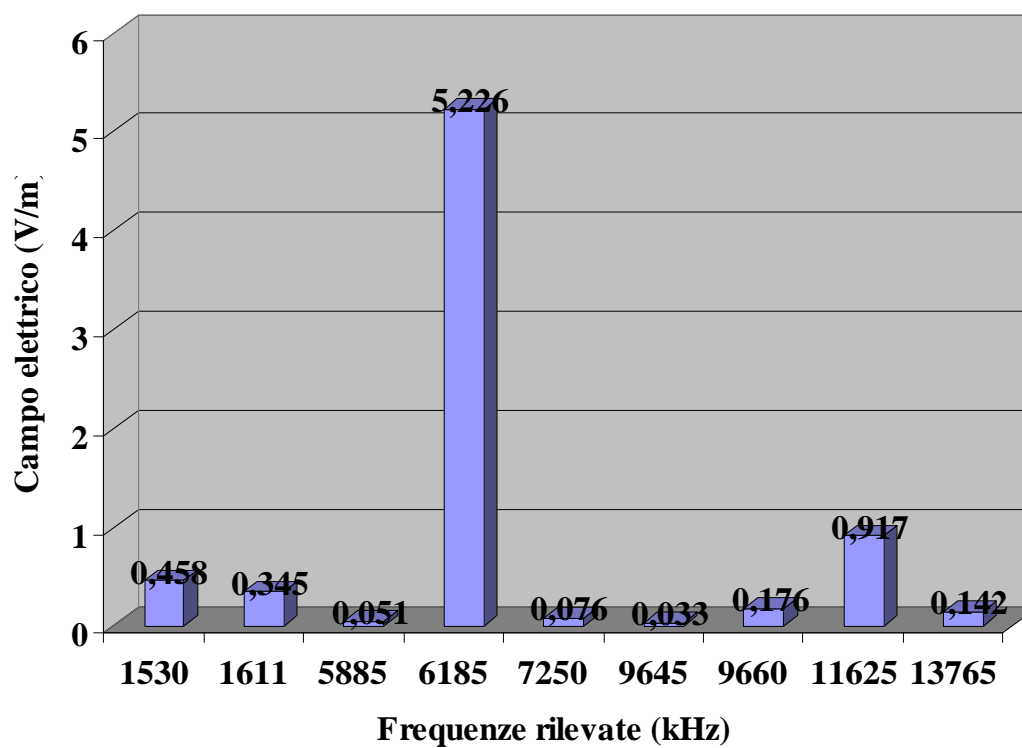
### via Tor dei Venti - Misure 2002



**via della Stazione di Cesano - Misure 2002**



**via Braccianese - Misure 2002**



Il 18 giugno, alla Farnesina, si riunisce la Commissione Bilaterale, con delegazione italiana guidata dal Sottosegretario di Stato agli Affari Esteri, Sen. Antonione e quella vaticana con a capo il Sottosegretario per i Rapporti con gli Stati, Mons. Migliore. La Commissione esaminando i risultati delle misurazioni congiunte rileva che, in tutti i siti osservati, si registra il mantenimento dei livelli di emissione al di sotto dei valori di cautela indicati dal D.M. 381/98 e concorda di continuare a monitorare la situazione attraverso nuove misurazioni effettuate congiuntamente e con le stesse modalità.

#### **6.4 ATTIVITA' DI MONITORAGGIO 2003/2004**

Sulla base di quanto disposto dalla Commissione Bilaterale da gennaio 2003 viene avviata una serie di attività strumentali da parte degli organismi tecnici coinvolti, intervallate da riunioni organizzative volte a pianificare congiuntamente i dettagli della campagne di monitoraggio. Il fine ultimo di queste attività di vigilanza continuativa è di accertare il mantenimento nel tempo dei valori di campo elettromagnetico entro le limitazioni previste dalla normativa italiana.

Così da metà gennaio 2003, ai fini del monitoraggio ambientale delle emissioni di Radio Vaticana, l'APAT richiede il permesso per installare per un breve periodo di tempo ed in alcuni punti ritenuti di rilievo per la salute pubblica delle centraline di rilevamento, del tipo riportato in fig. 24.

Tali punti sono:

- 1- Olgiata, all'interno di un manufatto recintato di proprietà dell'ACEA;
- 2- via Senio, 25 presso la Scuola Allievi Ufficiali di Fanteria;
- 3- via Anguillarese, 171 presso l'Istituto policomprendivo
- 4- via Sforzini, 40 presso l'Istituto policomprendivo.

Le centraline di misura, effettuando un monitoraggio in continuo dei campi elettromagnetici presenti, offrono importanti informazioni sul profilo temporale delle emissioni in periodi e direzioni ritenuti critici, che però allo stesso tempo non costituiscono propriamente una misura dell'intensità del campo, poiché non eseguita secondo la normativa tecnica.

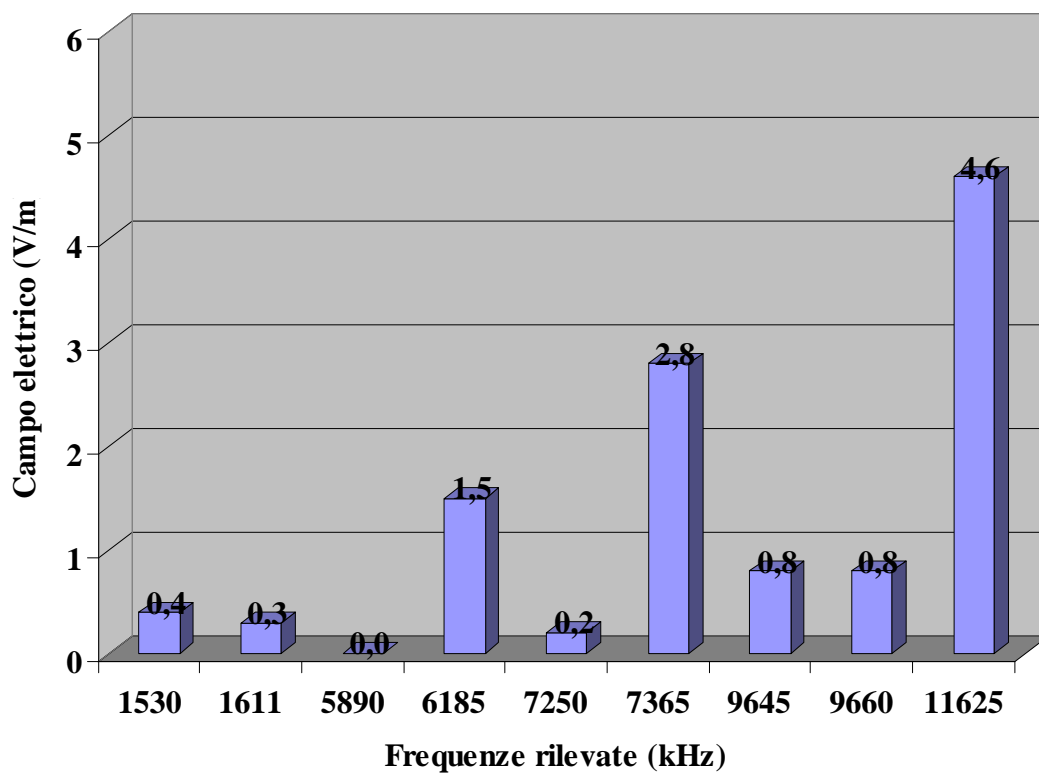


Figura 24 – Immagine di una centralina di misura dei campi elettromagnetici

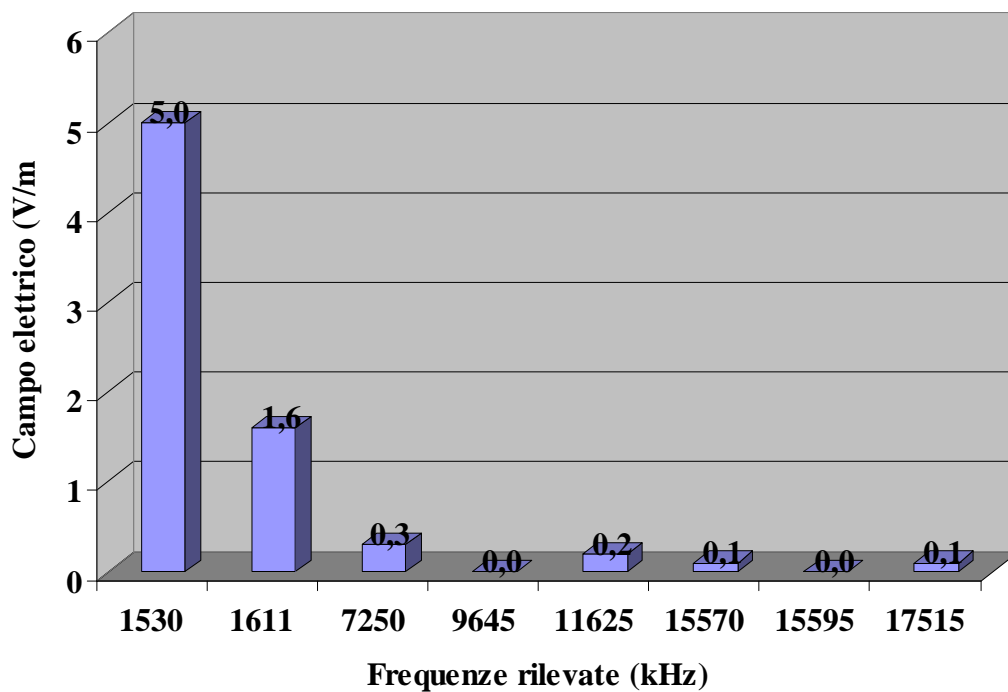
Il 17 febbraio si svolgono presso via Braccianese, al civico 635, nuove misurazioni del campo elettrico e magnetico, mentre il 18 marzo queste ultime vengono eseguite in via Baccanello, al civico 281, ed in via Senio, al civico 25.

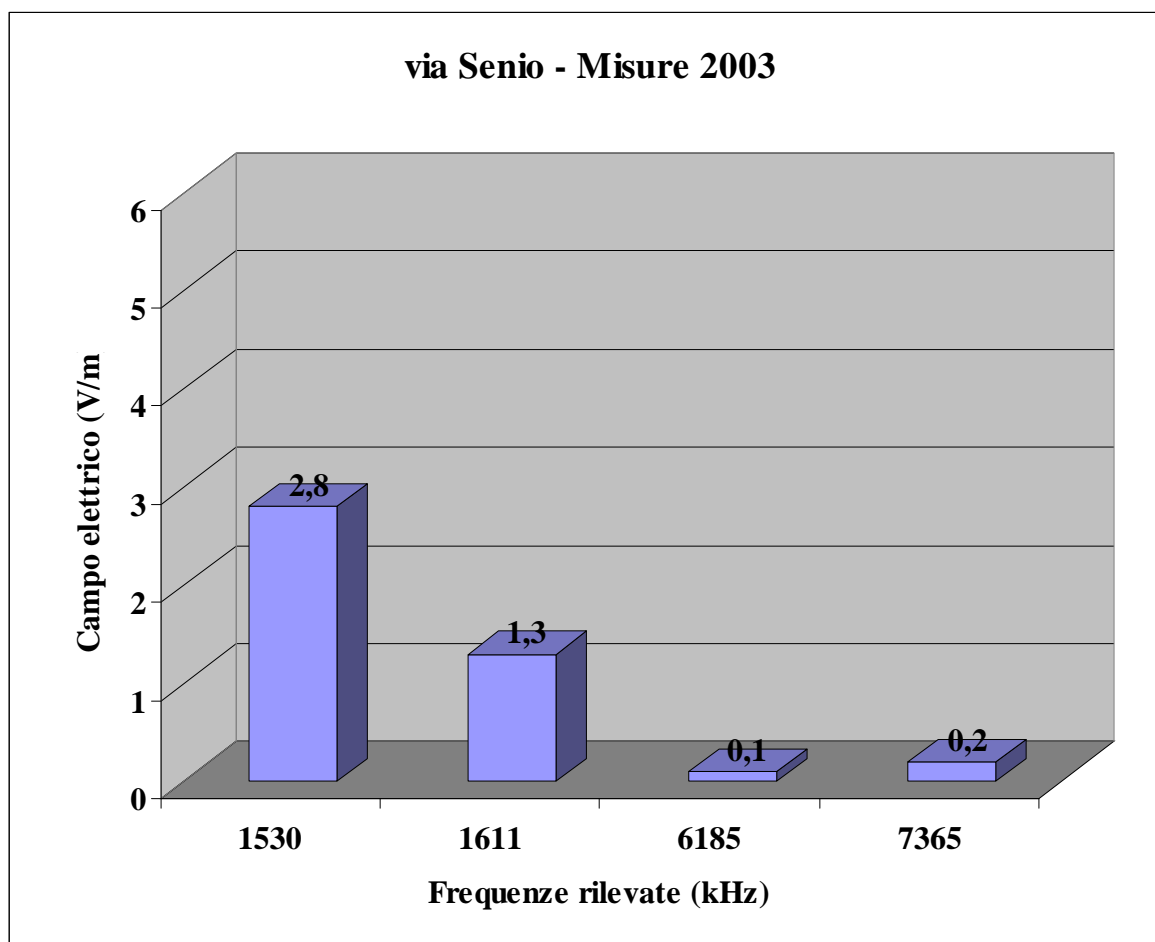
Nelle prossime pagine vengono riportati gli istogrammi delle misure selettive effettuate nei tre siti, dai quali si evince il costante mantenimento dei livelli di campo sotto i limiti imposti dalla normativa.

**via Braccianese - Misure 2003**



**via Baccanello - Misure 2003**





L'8 maggio si riunisce alla Farnesina la Commissione Bilaterale con delegazione italiana guidata dal Sottosegretario di Stato Sen. Antonione e delegazione vaticana guidata dal Sottosegretario di Stato per i Rapporti con gli Stati Mons. Parolin. Si prende atto con soddisfazione dei risultati delle misurazioni congiunte effettuate nei mesi di gennaio-marzo che confermano il mantenimento dei livelli di emissione al di sotto dei limiti imposti dal D.M. 381/98 e quindi il perdurante rispetto degli impegni reciprocamente assunti con il Verbale di Accordo dell'8 giugno 2001. Le due delegazioni decidono quindi di continuare il monitoraggio e di attuare ulteriori forme di collaborazione nell'interesse della popolazione residente nell'area.

Proprio con questa prospettiva, il 30 gennaio 2004, è stata effettuata dall'APAT<sup>16</sup> un'ulteriore azione di monitoraggio presso i siti di Casale Olgiatella, Olgiata e via Braccianese, 635.

---

<sup>16</sup> dott. ing. V. Cané, sig. M. Riccardi, sig. C. Quadrozzi



Figura 25 – Laboratorio mobile APAT

Il monitoraggio che viene effettuato sporadicamente dall'APAT intorno al Centro Trasmittente, nei siti predefiniti, ha consentito di verificare l'effettivo rispetto del palinsesto da parte dell'emittente.

Prima di raggiungere i siti prescelti è stato allestito il mezzo mobile (fig. 25) con tutta la strumentazione necessaria alle operazioni di misura.

In ciascun sito di misura è stata messa in assetto la strumentazione (fig. 26), sono state rilevate le distanze esistenti tra le antenne oggetto di indagine ed il punto di misura, tramite l'utilizzo del distanziometro laser (fig. 27), dopodiché sono state riportate le coordinate geografiche del punto tramite sistema di posizionamento GPS (fig. 28).

Una volta raccolti tutti questi dati e sistemata la strumentazione (fig. 29), si è passati allo studio delle frequenze “in onda” tramite analizzatore di spettro Anritsu MS2661C (fig. 30), mediante il quale è stato possibile valutare l'andamento di alcuni spettri.





Figura 26 – Sistemazione degli strumenti di misura



Figura 27 – Utilizzo del distanziometro laser



Figura 28 – Annotazione delle coordinate geografiche del punto di misura



Figura 29 – Fase di misurazione nel sito di Casale Olgiatella





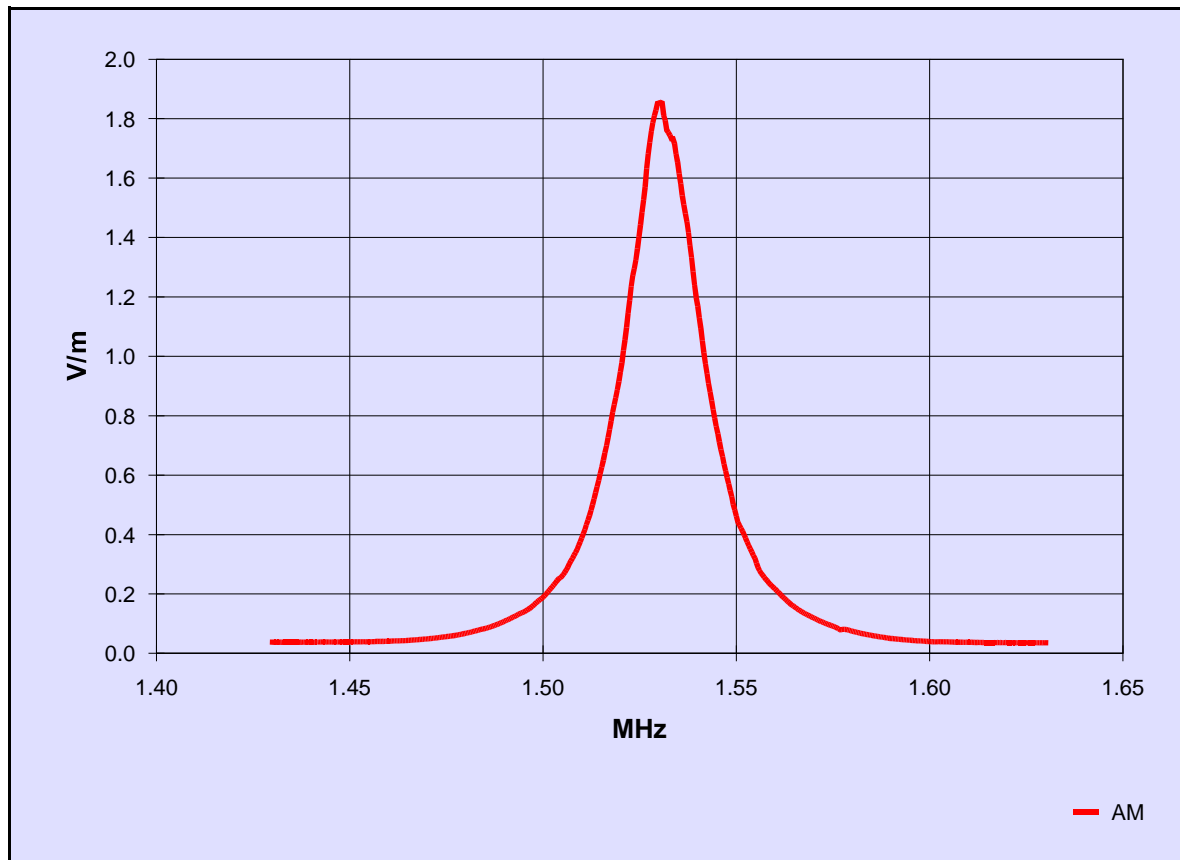
Figura 30 – Analisi delle frequenze tramite analizzatore di spettro Anritsu MS2661C

I valori misurati, come si potrà notare dagli spettri riportati nelle prossime pagine, risultano molto al di sotto dei limiti imposti dalla normativa, confermando quindi il rispetto degli accordi intercorsi tra le parti.

Denominazione spettro: **AM 1.530**

Descrizione sito: Radio Vaticana. Centro S. Maria di Galeria. – Olgiata

Spettro rilevato venerdì 30 gennaio 2004, alle ore 11.25



Frequenza [kHz]: 1530

Campo elettrico della portante [V/m]: 1.85

Campo elettrico con indice di modulazione medio all'80% [V/m]: 2.13

Strumentazione usata:

analizzatore di spettro: Anritsu MS2661C

parametri di misura [MHz]:

RBW = 0.01

VBW = 0.00001

SPAN = 0.2

sonda: Loop Passiva da 1 KHz a 30 MHz

altezza centro elettrico sul piano di calpestio: Spatial average, 150 cm.

n. assi di misura: 3

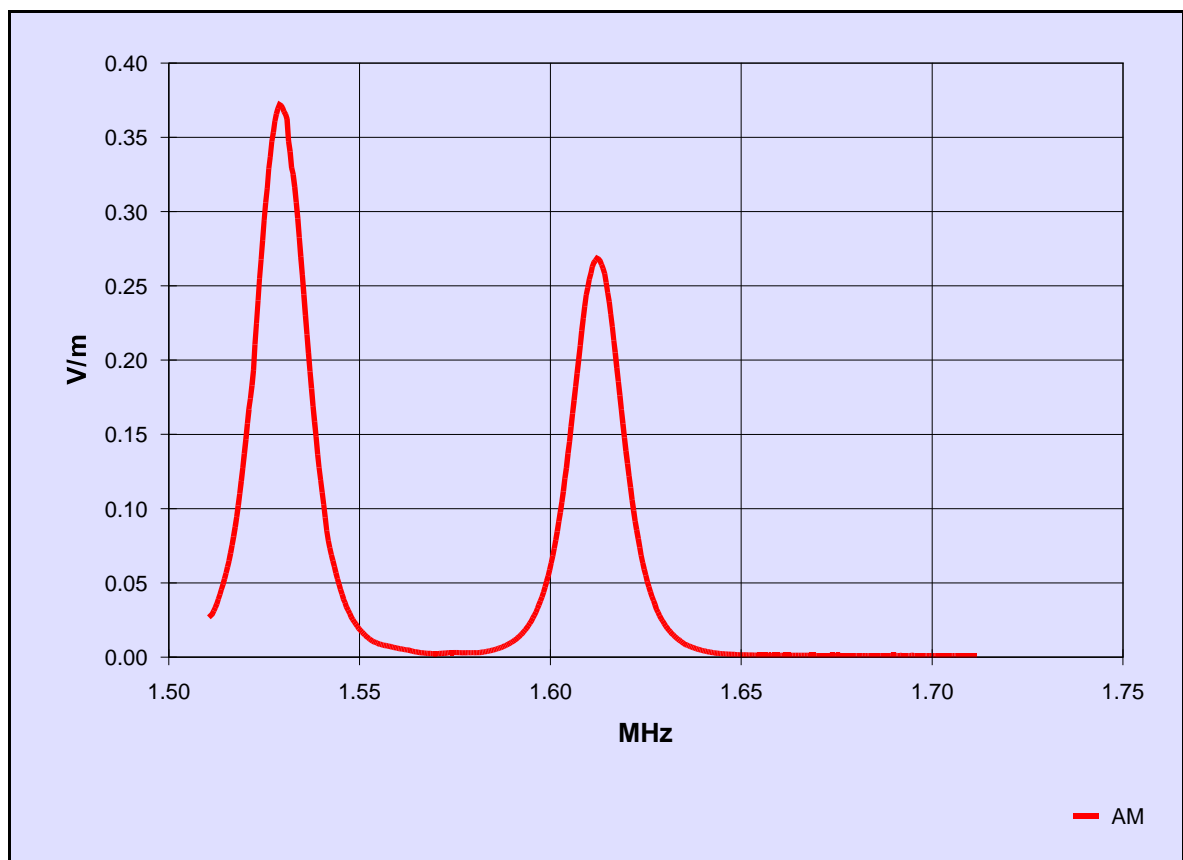
cavo: Genex 25 metri

attenuazione esterna: 0 dB.

Denominazione spettro: **AM 1.611**

Descrizione sito: Radio Vaticana. Centro S. Maria di Galeria. – via Braccianese, 635.

Spettro rilevato venerdì 30 gennaio 2004, alle ore 10.29



Frequenza [kHz]: 1612

Campo elettrico della portante [V/m]: 0.27

Campo elettrico con indice di modulazione medio all'80% [V/m]: 0.31

Strumentazione usata:

analizzatore di spettro: Anritsu-MS2661C

parametri di misura [MHz]:

RBW = 0.01

VBW = 0.00001

SPAN = 0.2

sonda: Loop Passiva da 1 KHz a 30 MHz

altezza centro elettrico sul piano di calpestio: 150 cm.

n. assi di misura: 3

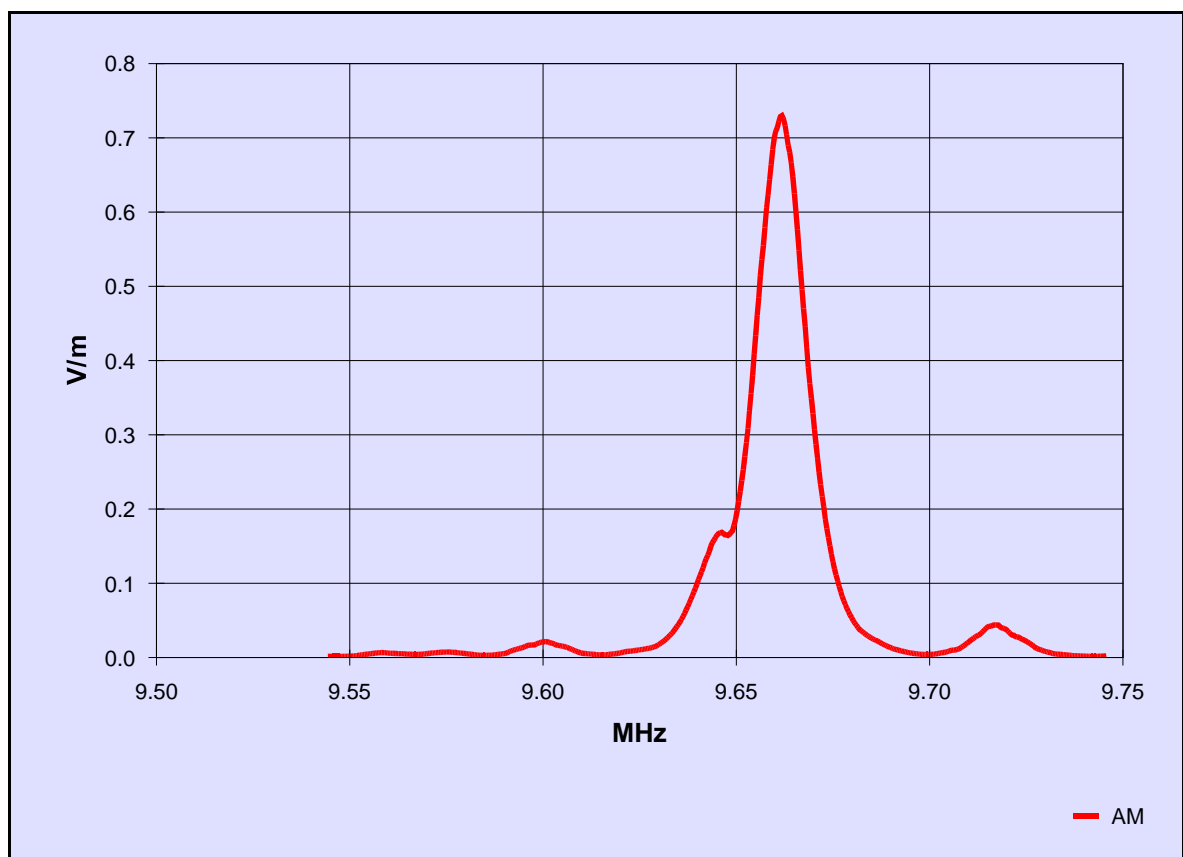
cavo: Genex 25 metri

attenuazione esterna: 0 dB.

Denominazione spettro: **AM 9.645**

Descrizione sito: Radio Vaticana. Centro S. Maria di Galeria. – via Braccianense

Spettro rilevato venerdì 30 gennaio 2004, alle ore 10.29



Frequenza [kHz]: 9662

Campo elettrico della portante [V/m]: 0.73

Campo elettrico con indice di modulazione medio all'80% [V/m]: 0.84

Strumentazione usata:

analizzatore di spettro: Anritsu-MS2661C

parametri di misura [MHz]:

RBW = 0.01

VBW = 0.00001

SPAN = 0.2

sonda: Loop Passiva da 1 KHz a 30 MHz

altezza centro elettrico sul piano di calpestio: 150 cm.

n. assi di misura: 3

cavo: Genex 25 metri

attenuazione esterna: 0 dB.

APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici

operatori:

Valeria Canè

Michele Riccardi

Carlo Quadrozzi

*(AnalisiSpettrale k1 vers. 1.1.20)*

## CAPITOLO 7 – CONCLUSIONI

Dall'esame dei dati riportati nelle pagine precedenti, si può certamente affermare che l'attività di controllo e vigilanza continuativa svolta dall'APAT nel quadriennio 2000/2003, intorno al sito del Centro Trasmittente di Radio Vaticana, ha permesso di accertare dapprima il superamento, ma successivamente il raggiungimento ed il mantenimento di livelli di campo elettromagnetico al di sotto dei limiti imposti dal D.M. 381/98, nel rispetto degli impegni assunti dall'Italia e dalla Santa Sede con il Verbale di Accordo dell'8 giugno 2001. I limiti imposti dalla normativa sono da intendersi come valori cautelativi, ma spesso sono considerati dall'opinione pubblica come limiti sanitari, a tal punto che, nonostante Radio Vaticana si sia impegnata a rispettare tali valori, le preoccupazioni della popolazione residente intorno al Centro non sono diminuite, perdurando una condizione di timore. In ogni caso, i risultati ottenuti mediante i lavori della Commissione Bilaterale sono riportati nei grafici delle pagine successive. Per ciascuna delle tre frequenze (1530, 1611 e 11625 kHz) per le quali si sono misurati, nel corso di tutte le campagne effettuate, valori di campo elettrico superiori ai limiti imposti dalla normativa, sono stati elaborati due grafici: uno relativo alla prima campagna di misura del 2001 e l'altro relativo al 2002, successivamente al "risanamento" del sito effettuato da parte di Radio Vaticana anche con il contributo economico dell'Italia. Infine, vi sono due grafici elaborati per le misurazioni effettuate in banda larga sia nel 2001 che nel 2002. Il tipo di grafico usato è una rappresentazione polare delle emissioni provenienti dal punto centrale che rappresenta il Centro Trasmittente: ciascun segmento rosso ha una lunghezza pari all'intensità del campo elettrico rilevato in ciascuno dei dieci siti di misura verso cui è diretto. Il raffronto tra le situazioni pre e post "risanamento" premia il lavoro dei tecnici dell'APAT coinvolti, i quali hanno svolto, in condizioni di massimo impegno e professionalità, un lavoro dalle numerose implicazioni di carattere diplomatico, politico, nonché tecnico.



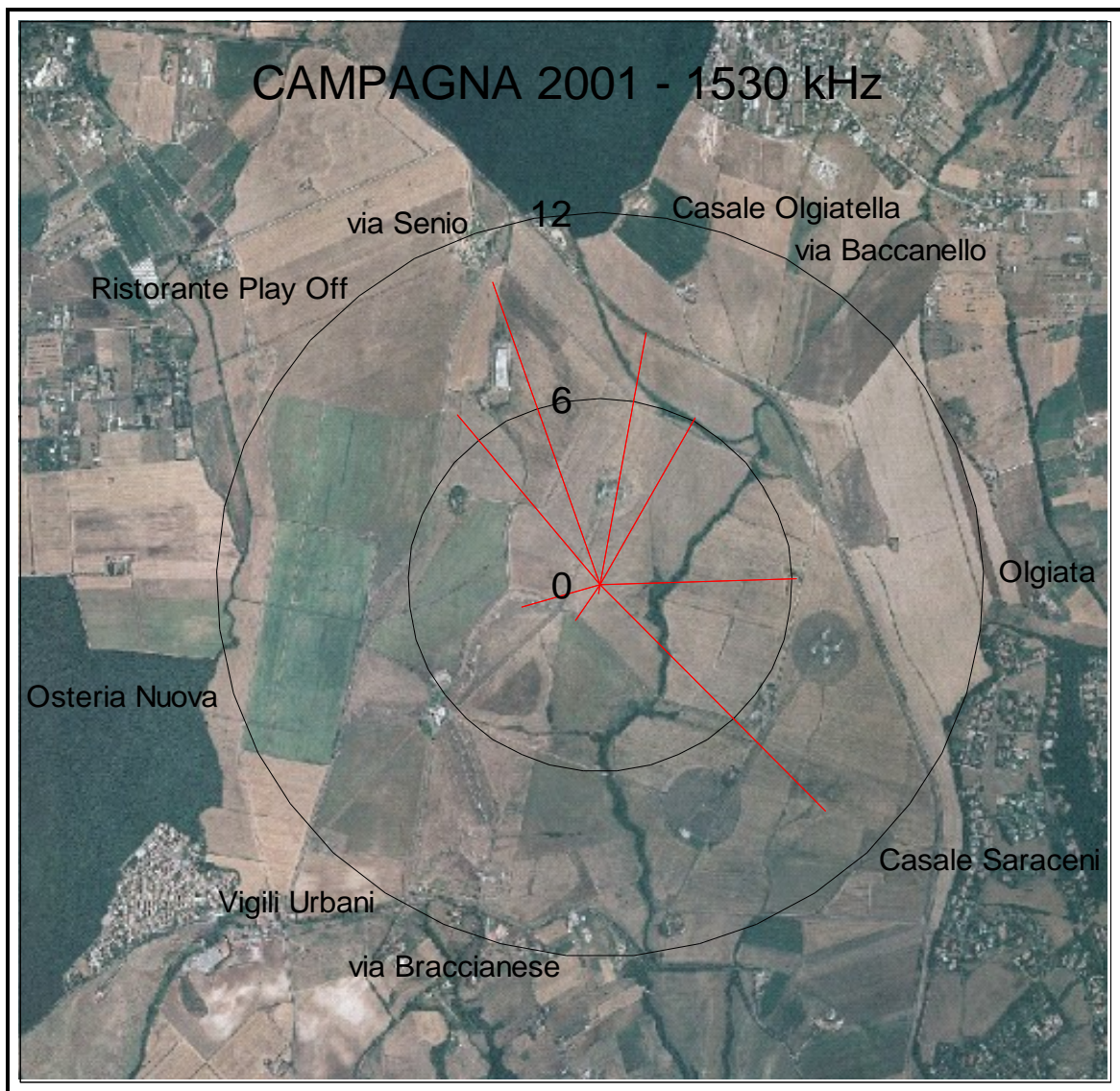


Grafico 1 – Valori di campo elettrico (V/m) rilevati per la frequenza 1530 kHz nel 2001

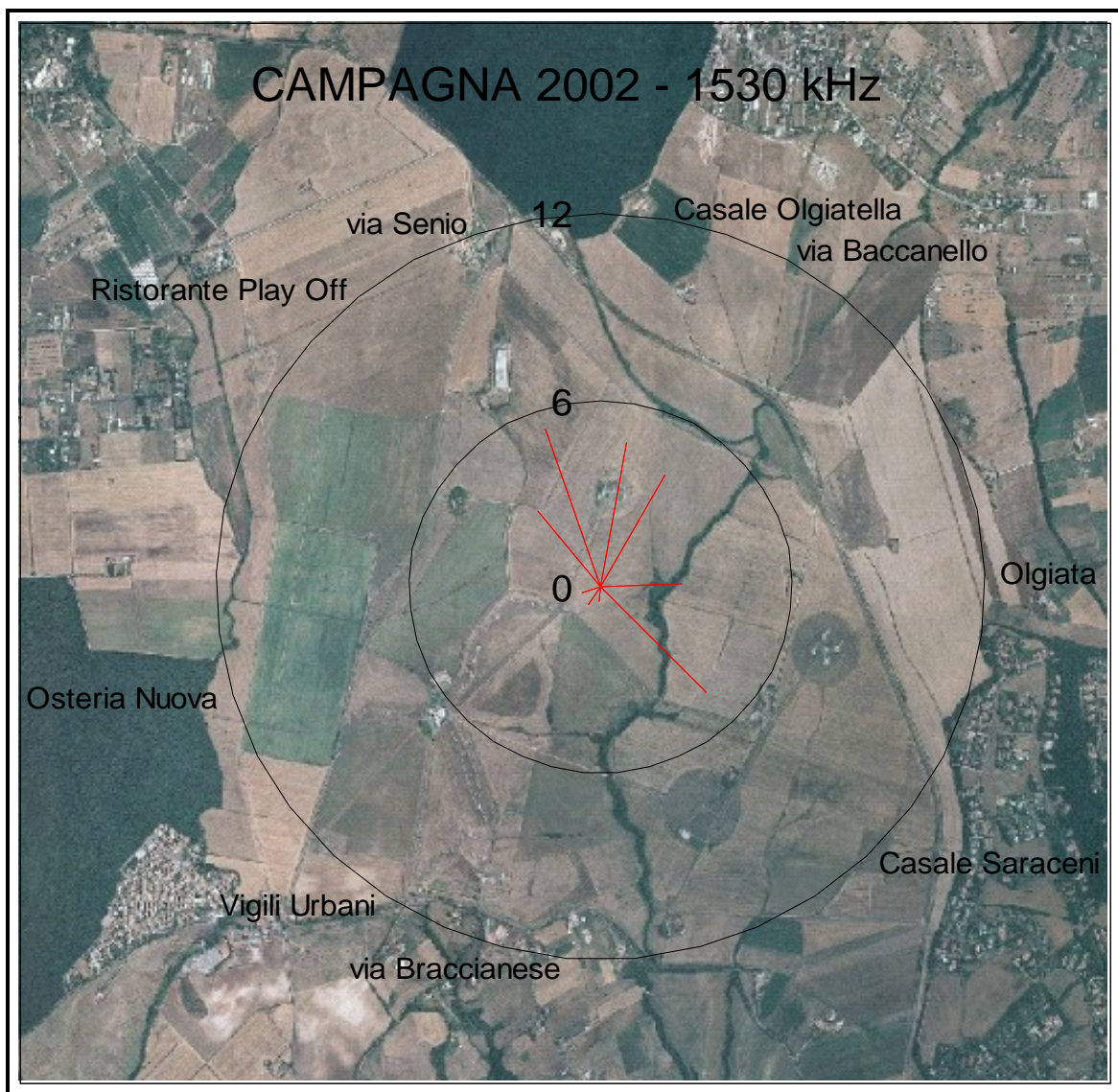


Grafico 2 - Valori di campo elettrico (V/m) rilevati per la frequenza 1530 kHz nel 2002



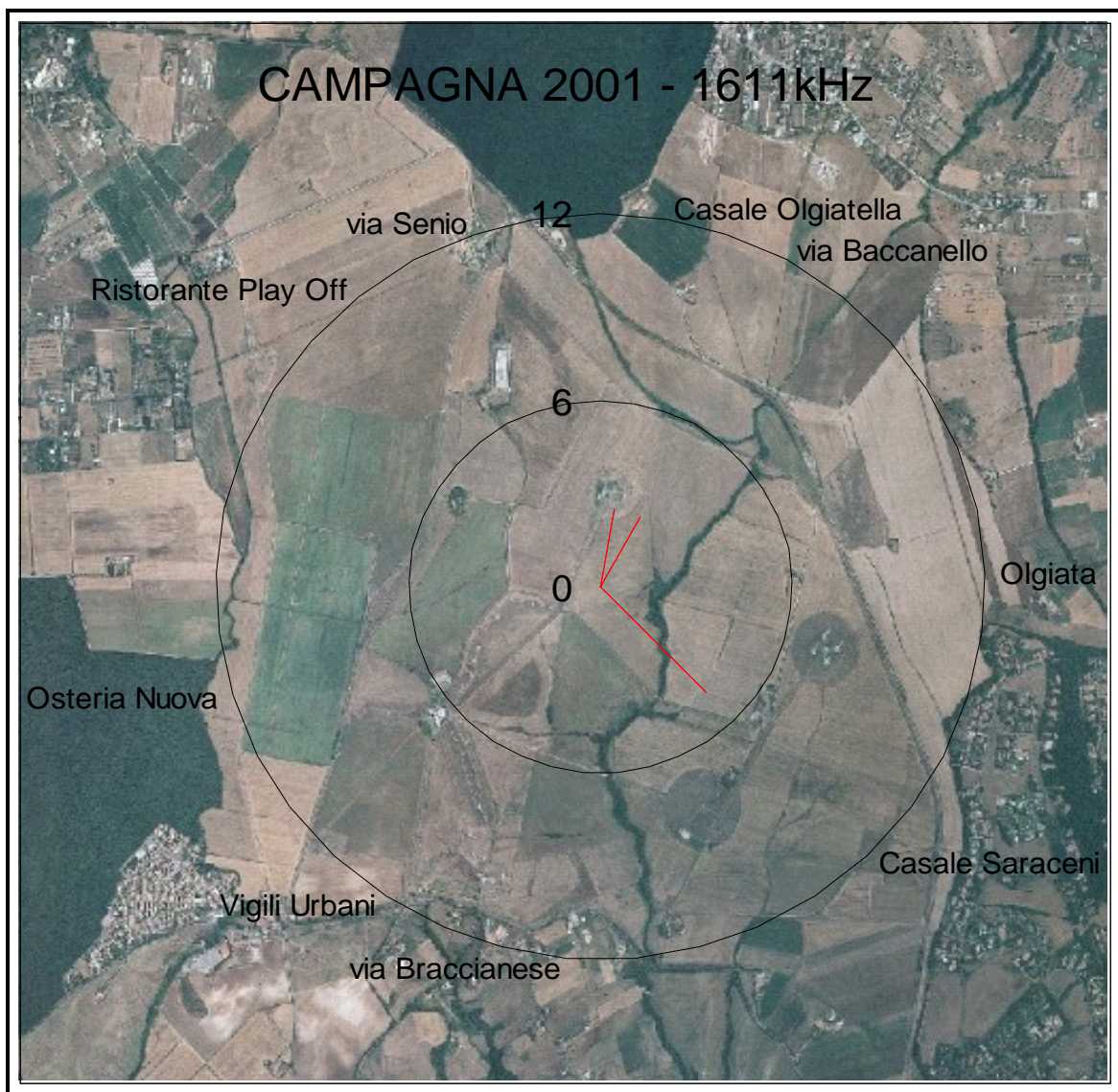


Grafico 3 - Valori di campo elettrico (V/m) rilevati per la frequenza 1611 kHz nel 2001

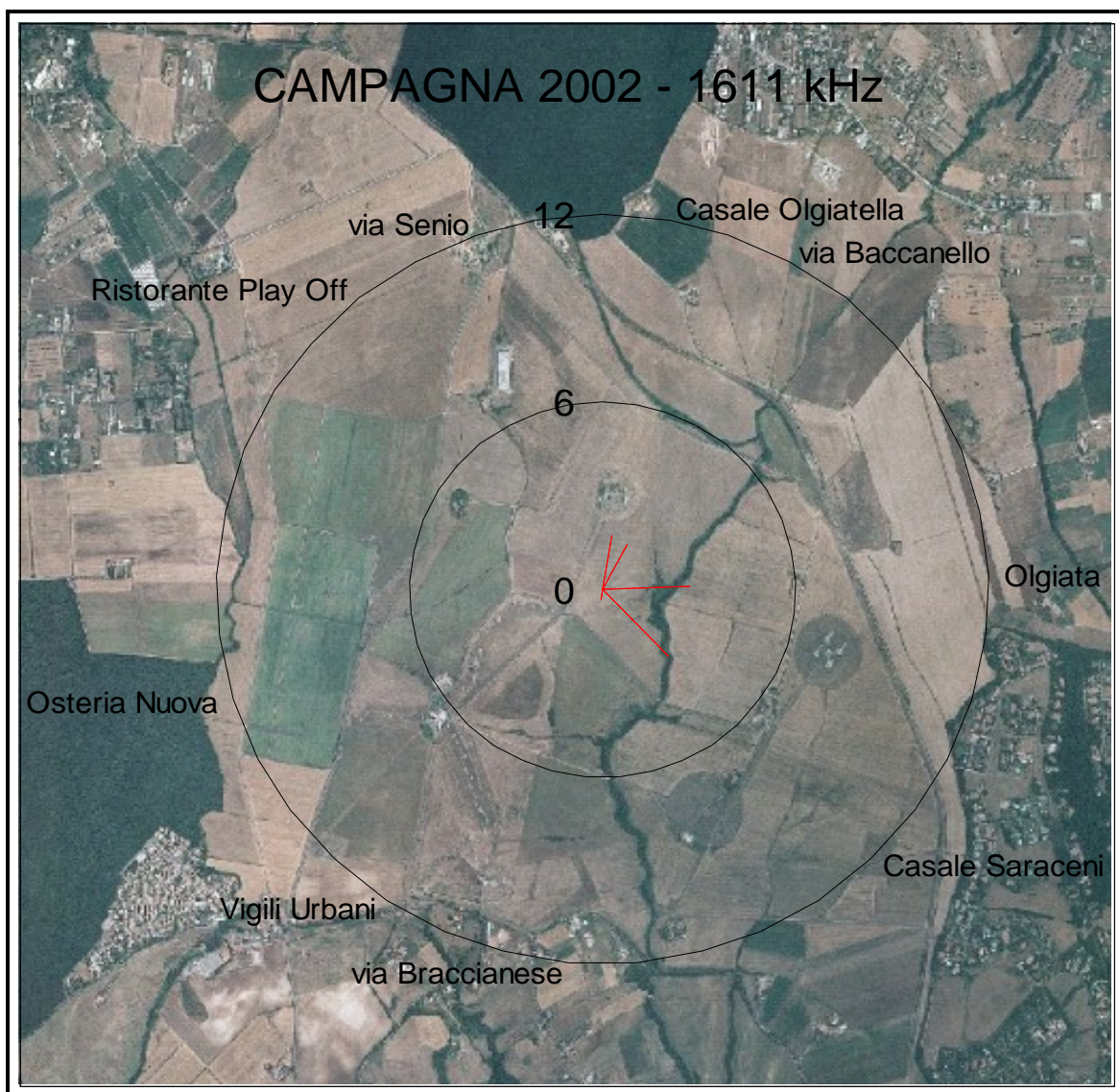


Grafico 4 - Valori di campo elettrico (V/m) rilevati per la frequenza 1611 kHz nel 2002



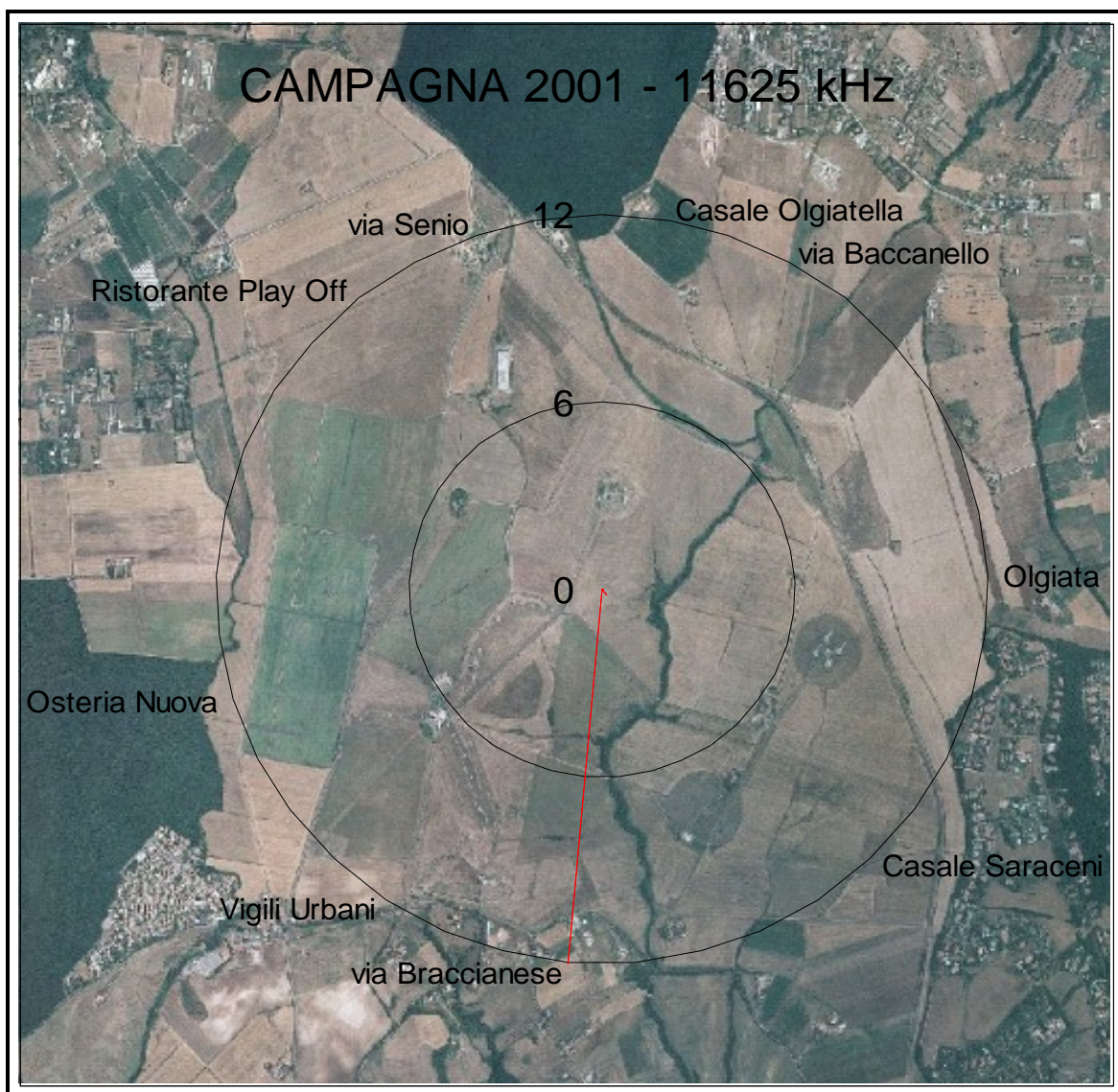


Grafico 5 - Valori di campo elettrico (V/m) rilevati per la frequenza 11625 kHz nel 2001

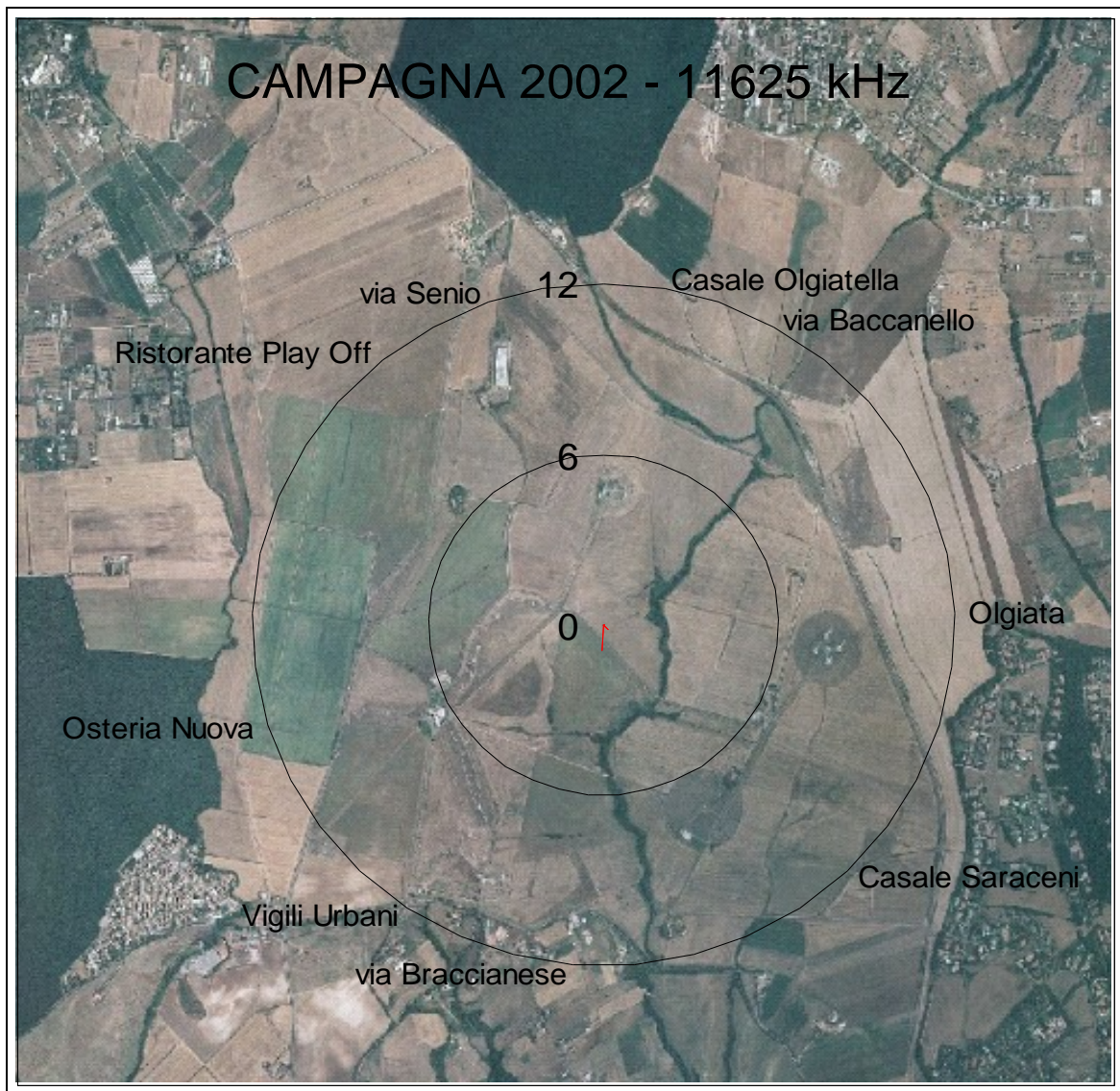


Grafico 6 - Valori di campo elettrico (V/m) rilevati per la frequenza 11625 kHz nel 2002





Grafico 7 - Valori di campo elettrico (V/m) rilevati in banda larga nel 2001



Grafico 8 - Valori di campo elettrico (V/m) rilevati in banda larga nel 2002



## BIBLIOGRAFIA

Legge del 13 giugno 1952, n. 680: “Ratifica ed esecuzione dell'Accordo fra la Santa Sede e l'Italia per gli impianti radio-vaticani a Santa Maria di Galeria ed a Castel Romano”;

Decreto Ministeriale del 10 settembre 1998, n. 381:”Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana” ;

Legge del 22 febbraio 2001, n. 36: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 8 luglio 2003: ”Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”;

ANPA, RTI CTN\_AGF 1/2000, “*Guida tecnica per la misura dei campi elettromagnetici compresi nell’intervallo di frequenza 100 kHz – 3 GHz in riferimento all’esposizione della popolazione*”;

Norma CEI 211-7 “*Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell’intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all’esposizione umana*”;

Ministero della Salute, 15 settembre 2001, "*Stato attuale delle conoscenze scientifiche in materia di esposizione a campi a radiofrequenza e leucemia infantile, in rapporto alle relative problematiche nell'area di Cesano*".

Mencuccini C., Silvestrini V., 1995, *Fisica II Elettromagnetismo – Ottica*, Liguori, Napoli;

ANPA, RTI CTN\_AGF 2/2000, *Rassegna degli effetti derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici*;

ANPA, 2000, *Il controllo dell'inquinamento elettromagnetico*;

AA. VV., 2000, *Inquinamento elettromagnetico ad alta frequenza*, Maggioli, Dogana;

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche “Nello Carrara”, IROE, 2001, *Protezione dai campi elettromagnetici non ionizzanti*, Firenze;

Organizzazione Mondiale della Sanità, OMS, Promemoria n. 183: *Campi elettromagnetici e salute pubblica: effetti sanitari dei campi a radiofrequenza*, Revisione Maggio 1998, [www.who.int](http://www.who.int).

[www.radiomarconi.com](http://www.radiomarconi.com)

[www.who.int](http://www.who.int)

[www.vaticanradio.org](http://www.vaticanradio.org)

[www.ilmondodelletelecomunicazioni.it](http://www.ilmondodelletelecomunicazioni.it)

[www.torinoscienza.it](http://www.torinoscienza.it)

[www.physics.isu.edu](http://www.physics.isu.edu)

[www.icnirp.de](http://www.icnirp.de)

[www.prismanet.com](http://www.prismanet.com)

[www.elektro.it](http://www.elektro.it)