

agenti fisici / quaderni / Arpa Umbria

ATTIVITÀ TEMATICHE ARPA UMBRIA



ARIA



AGENTI FISICI



SUOLO



ACQUA



RISCHIO TECNOLOGICO



RIFIUTI



ENERGIA

Campi elettromagnetici e ambiente

**sviluppo delle conoscenze e attività di studio
dell'Agenzia per la protezione ambientale**

Questo volume è stato redatto da Monica Angelucci e Salvatore Curcuruto
con la collaborazione di Maila Strappini, Orietta Baglioni,
Bruna Manzoni e Paolo Stranieri.

© 2004



u m b r i a
agenzia regionale per la protezione ambientale

via Pievaiola (San Sisto) - Perugia
tel. 075 515961
fax 075 51596235
www.arpa.umbria.it
arpa@arpa.umbria.it

quaderni di Arpa Umbria

direttore scientifico Giancarlo Marchetti
direttore editoriale Fabio Mariottini

progetto grafico Paolo Tramontana, Perugia
editing CRACE, Perugia
stampa Petruzzi Stampa, Città di Castello

copertina Free Kendo da 250 g/mq
stampato su carta Free Life Cento da 120 g/mq

*Eventuali duplicazioni, anche di parti della
pubblicazione, sono autorizzate
a condizione che venga citata la fonte.*

Presentazione

L'Agenzia regionale per la protezione ambientale dell'Umbria ha da tempo avviato una produzione di report tecnici incentrati sui risultati delle proprie attività nel territorio regionale. La partecipazione dell'Agenzia alla stesura della Seconda Relazione sullo Stato dell'Ambiente in Umbria è stata l'occasione per verificare e confermare l'importanza delle informazioni ambientali a disposizione ed ha costituito un momento chiave nelle metodologie di reporting adottate.

L'inquinamento elettromagnetico, tra i temi ambientali emergenti, è al centro dell'attenzione della pubblica opinione sia per le potenziali conseguenze sulla salute umana, che per aver innescato conflitti sociali tra i diversi attori coinvolti nel processo. Da un lato gli operatori del settore, la cui attività è fortemente dipendente dalla realizzazione e messa in esercizio di nuovi impianti sorgenti di emissione di campi elettromagnetici nell'ambiente, dall'altro i cittadini con una scarsa propensione ad accettare l'ingente proliferare di impianti prossimi ai loro spazi di vita e, in mezzo, le autorità locali, investite della gestione del problema e il legislatore, obbligato, nell'emanazione della norma, a trovare un equilibrio tra le diverse esigenze. Infine, l'ente di controllo, l'Agenzia regionale per la protezione ambientale (ARPA) costretto a far fronte alle numerosissime richieste di controlli e all'esigenza di tranquillizzare la comunità.

In Italia, il legislatore, nazionale e regionale, attento alle pressioni e alla sensibilità della popolazione, ha prodotto normative in materia fortemente innovative dal punto di vista cautelativo, di gran lunga differenti da quelle vigenti nel contesto internazionale, ma, ciò nonostante, non si sono avuti i benefici sperati in termini di riduzione delle tensioni sociali. Ciò porta a pensare che è mancato qualcosa di più ampio e articolato che investe il settore dell'informazione e della comunicazione, ovvero non si è avuto lo sviluppo del processo informativo, autorevole e credibile, che avrebbe dovuto affiancare la produzione e la diffusione di leggi e norme tecniche.

ARPA Umbria ritiene questi aspetti strategici, in particolare nel settore dei campi elettromagnetici, e, in base a queste considerazioni, nel rispetto delle proprie finalità istituzionali, ha messo a punto una serie di strumenti che rientrano

in un più ampio progetto di informazione al cittadino, alle altre pubbliche amministrazioni e alle imprese. Il progetto sviluppato in più fasi, con diversi strumenti di comunicazione e rivolto a differenti segmenti di popolazione, ha l'ambizione di raggiungere un vasto ventaglio di pubblico e di fornire un'informazione puntuale, chiara e approfondita.

Il report intende offrire una lettura delle informazioni disponibili a livello regionale ed al tempo stesso vuole costituire una base di partenza per future attività di reporting in questo settore ad integrazione delle produzioni già in atto. Per questo, il rapporto riunisce tutte le informazioni sulla conoscenza dello "stato elettromagnetico" del territorio che si basa sulla effettuazione di controlli strumentali che permettono la quantificazione delle emissioni in modo puntuale, ma anche su controlli previsionali e su monitoraggio, cercando di fornire elementi semplificati di interpretazione dei dati. Tutti i controlli hanno come scopo primario quello di verificare il rispetto dei valori di campo previsti dalla normativa vigente, evidenziare i casi di non rispetto al fine del loro risanamento e, quando possibile, prospettare soluzioni che puntino alla minimizzazione dei campi elettromagnetici prodotti. Nel report sono descritti, in forma quantitativa e qualitativa, i dati sull'attività svolta da ARPA nei suoi quattro anni di vita.

Indice

1. Sorgenti di campi elettromagnetici	11
1.1. Sorgenti ELF	13
1.2. Sorgenti a radiofrequenza	14
2. La normativa sui campi elettromagnetici	19
2.1. Linee guida internazionali	19
2.2. La legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico.....	21
2.3. Considerazioni	24
3. Attività di controllo e monitoraggio di Arpa Umbria	27
3.1. Attività di controllo	27
3.2. Il catasto delle sorgenti NIR	30
3.3. Controlli presso sorgenti a frequenze estremamente basse (ELF)	31
3.4. Controlli presso sorgenti a radiofrequenze (RF)	33
3.5. Rete di Monitoraggio in continuo RF	37
4. Attività di studio	41
4.1. Progetto ELF - Sorgenti con frequenza estremamente bassa nel comune di Foligno	41
4.2. Progetto RIE - Riduzione Inquinamento Elettromagnetico	45
4.3. Progetto SEVIC - Sorgenti Elettromagnetiche Valutazione Inquinamento e Catasto	51
4.4. Progetto NIR Provincia di Perugia	53
Conclusioni	55
Allegato	
<i>Rete Regionale di monitoraggio in continuo RF</i>	<i>57</i>
Siti internet di interesse	59
Bibliografia	61

1. Sorgenti di campi elettromagnetici

Dall'inizio del secolo le applicazioni industriali, civili e di servizio delle sorgenti di campo elettromagnetico hanno conosciuto uno sviluppo enorme, interessando ogni aspetto della vita lavorativa, domestica e delle relazioni tra le persone. Il numero e le tipologie delle sorgenti sono cresciuti oltre ogni previsione, interessando ampiamente l'ambiente esterno, facendo insorgere timori di rischi sanitari da campi elettromagnetici, che a volte presentano i caratteri di veri e propri effetti psicosomatici.

I campi elettromagnetici sono caratterizzati univocamente da due parametri: la lunghezza d'onda (λ) espressa in lunghezze lineari e la frequenza (f) definita in cicli al secondo o Hz (hertz), in rapporto tra loro tramite la velocità della luce (c) secondo le seguenti relazioni: $\lambda = c/f$; $f = c/\lambda$.

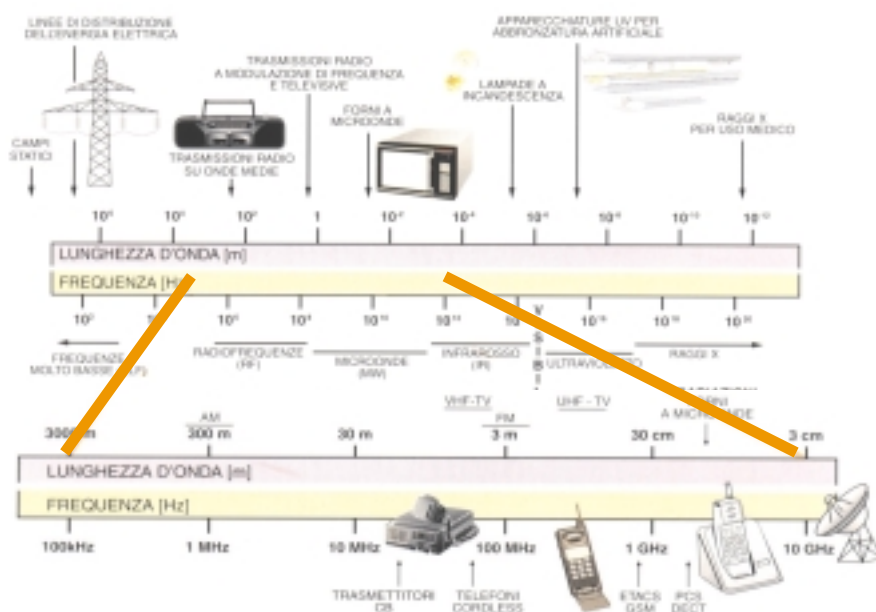
Le onde elettromagnetiche vengono classificate in base alla frequenza (o la lunghezza d'onda) in dipendenza del loro livello

energetico. La figura 1 mostra lo spettro elettromagnetico e la nomenclatura relativa ai vari range di frequenza noti. [5]

Oggetto della presente relazione sono in particolare le applicazioni che sfruttano i campi elettromagnetici della prima parte dello spettro: dalle *frequenze estremamente basse* (denominate ELF, acronimo delle parole inglesi Extremely Low Frequencies) alle *radiofrequenze* (RF), che vengono chiamate radiazioni non ionizzanti.

Con il termine *radiazioni non ionizzanti* (NIR, dalle parole inglesi Non Ionizing Radiation) si indicano le onde elettromagnetiche di frequenza sino all'ultravioletto, caratterizzate dal fatto che l'energia del fotone non è in grado di ionizzare l'atomo o la molecola poiché è minore di 12,4 eV, valore che rappresenta l'energia necessaria a ionizzare l'atomo di idrogeno.

Rispetto al range delle radiazioni non ionizzanti, le frequenze che vengono uti-



lizzate comunemente ai fini di produzione e trasporto di energia, e per i sistemi di telecomunicazioni occupano un intervallo più ristretto, ovvero da 0 Hz a 300 GHz; ciò è meglio specificato nella tabella 1. La tabella 2 elenca le principali classi di sorgenti ambientali di campi elettromagnetici, distinguendo tre bande di frequenza secondo una terminologia (“basse frequenze”, “frequenze intermedie” e “alte frequenze”) non proprio rigorosissima, ma che è entrata nel linguaggio comune ed ha anche avuto un certo riconoscimento nell’ambito del progetto europeo COST-244-bis. Per ogni sorgente viene anche indicato se l’emissione di campi elettromagnetici sia una conseguenza accidentale del funzionamento della sorgente, oppure ad essa funzionale; inoltre, viene indicato se la sorgente emette prevalentemente campo elettrico, magnetico o elettromagnetico. Le sorgenti di campi elettromagnetici pos-

sono essere suddivise in sorgenti che irradiano le emissioni intenzionalmente e non intenzionalmente. I non intenzionali sono dovute ad apparati che emettono campi elettromagnetici come effetto secondario rispetto allo scopo per il quale sono stati realizzati. Esempi sono le linee elettriche, gli apparecchi di riscaldamento a induzione e a radiofrequenza, i forni a microonde, nei quali il processo primario non è utilizzato per irradiare energia nell’ambiente esterno. Emissioni non intenzionali sono quelle degli oggetti riflettenti che, quando sono investiti da un campo elettromagnetico, si comportano come sorgenti secondarie.

Le emissioni intenzionali sono dovute agli apparati che hanno come scopo l’emissione di onde elettromagnetiche; appartengono a questa categoria i sistemi di telecomunicazione. Di essi sono note le peculiari caratteristiche: potenza di emissione, polariz-

Tabella 1 – Classificazione delle radiazioni non ionizzanti

Classificazione in frequenza		Range di frequenza	Sorgenti
Frequenze estremamente basse	ELF	$0 \leq \nu \leq 300 \text{ Hz}$	Linee-Elettrodotti
Radiofrequenze	RF	$300 \text{ Hz} \leq \nu \leq 300 \text{ GHz}$	Sistemi cellulari, sistemi radiotelevisivi, forni a microonde ecc

Tabella 2 – Classi di sorgenti di campi elettromagnetici

Banda di frequenza		Sorgente	Tipo di emissione	Campi emessi
Basse frequenze	fino a 3 kHz	Produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica (centrali, cabine, elettrodotti aerei ed interrati)	Accidentale	Elettrico e magnetico
		Utilizzo dell'energia elettrica (impianti elettrici ed apparecchi utilizzatori)		Magnetico
		Varchi magnetici (sistemi antifurto e per la rilevazione dei transiti)	Intenzionale localizzata	
Frequenze intermedie	da 3 kHz a 3 MHz	Sistemi domestici per la cottura ad induzione magnetica (frequenze tipiche $25 \div 50 \text{ kHz}$, potenze dell'ordine di qualche chilowatt)	Intenzionale localizzata	Magnetico
		Varchi magnetici (sistemi antifurto e per la rilevazione dei transiti)		
		Emittenti radiofoniche a onde medie	Intenzionale a diffusione	Elettrico e magnetico
Alte frequenze	oltre 3 MHz	Varchi magnetici (sistemi antifurto e per la rilevazione dei transiti - fino a 10 MHz)	Intenzionale localizzata	Magnetico (ed elettrico)
		Emittenti radiofoniche a modulazione di frequenza (88 ÷ 108 MHz)	Intenzionale a diffusione	Elettromagnetico
		Emittenti televisive VHF e UHF (fino a circa 900 MHz)		
		Stazioni radiobase per la telefonia cellulare (900 MHz e 1.800 MHz; circa)		
		Ponti radio	Intenzionale focalizzata	
		Radioaiuti alla navigazione aerea (radar, radiofari)		

zazione, frequenza operativa ed eventuali armoniche, tipo di elemento radiante, diagramma d'irradiazione, tipo di modulazione.

Le sorgenti di campi elettromagnetici vengono altresì classificate in base ai settori di utilizzazione: industriale, domestico, medicale, di telecomunicazione e di ricerca. [1]

1.1. Sorgenti ELF

Il sistema delle applicazioni per la produzione, la distribuzione e il consumo dell'energia elettrica a 50 Hz è schematizzato in figura 2. La produzione avviene in centrali elettriche che possono essere di tipo idroelettrico, geotermico o utilizzare vari tipi di combustibili; l'energia elettrica prodotta è quindi trasformata per poi essere avviata al trasporto verso i luoghi d'impiego che possono distare anche centinaia di chilometri.

Per il trasporto, in Italia sono utilizzati elettrodotti alimentati con tensioni fino a 380.000 Volt (380 kV e 220 kV o altissima tensione, in sigla AAT) che presentano solitamente un consistente impatto ambientale. La distribuzione dell'energia elettrica avviene con linee alimentate a 132 kV (linee ad alta tensione o AT), a 15 kV (linee a media tensione o MT) e a 380 o 220 V (linee a bassa tensione o BT).

Sul territorio sono frequenti le stazioni di trasformazione per l'abbassamento della tensione da 132 kV a 15 kV e a 380 V.

A valle degli impianti MT troviamo una miriade infinita di linee a BT che alimentano tutti gli apparecchi a bassa tensione (380 o 220 V) funzionanti con l'energia elettrica. Negli anni più recenti, le società di gestione degli elettrodotti hanno adottato la strategia di ridurre progressivamente la presenza di linee con cavi aerei per le linee MT e BT, sostituendole con linee interrate (linee MT con cavi sotterranei) e/o con linee in cavo aereo, cioè conduttori isolati, avvolti tra loro e sospesi in aria con tralicci (specialmente per le linee BT).

Le linee MT o BT con cavi sotterranei permettono di ridurre notevolmente l'impatto ambientale e l'entità del campo elettrico disperso nelle aree limitrofe. I vantaggi non sono altrettanto evidenti per quanto riguarda l'entità del campo magnetico: per ridurre decisamente questo fattore è necessario aumentare la profondità nel terreno, comportando notevoli incrementi dei costi.

Alle frequenze ELF, la misura dei valori di campo e la valutazione dell'esposizione delle persone è effettuata valutando o misurando separatamente e distintamente il *campo elettrico* E (unità di misura: V/m) e l'*induzione magnetica* B , avente come unità di misura il Tesla (microTesla). L'esposizione a campi ELF è pertanto stimabile conoscendo il valore del campo elettrico e dell'induzione magnetica, confrontando quindi il loro valore con i limiti della normativa di riferimento.

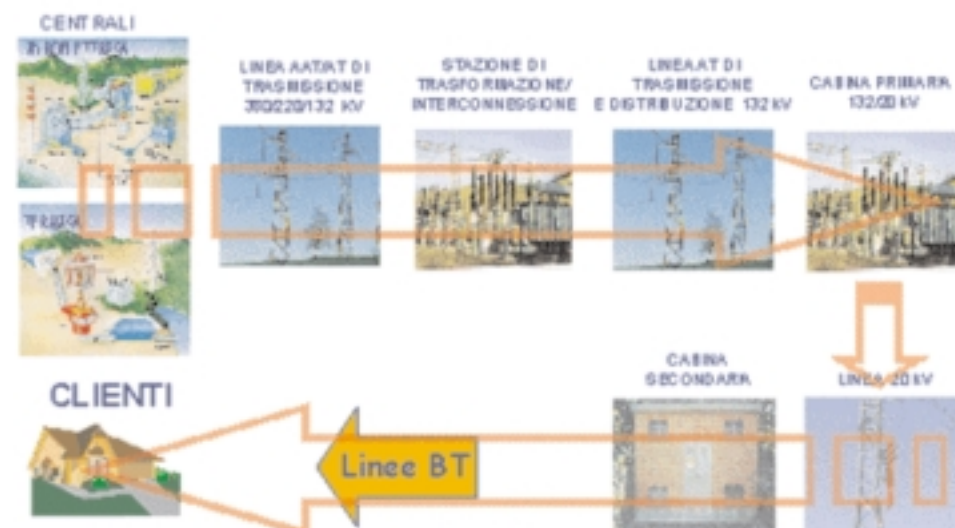


Figura 2 – Il percorso dell'energia elettrica

Figura 3 – Linea ad altissima tensione a doppia terna



1.2. Sorgenti a radiofrequenza

Le sorgenti che impiegano radiofrequenze e microonde sono numerose e interessano gli ambienti di lavoro, quelli domestici e l'ambiente esterno.

Le comuni emittenti radio FM utilizzano frequenze dell'ordine di 100 MHz (88-108 MHz); molte altre applicazioni radio utilizzano frequenze inferiori (onde lunghe) o superiori (emittenti di servizi e di controllo impianti). Le emittenti televisive utilizzano frequenze da circa 200 MHz (VHF) fino a circa 900 MHz (UHF), con una maggiore concentrazione nel range tra 700 e 900 MHz. La telefonia cellulare attualmente impiega frequenze nel range tra 900 MHz e 960 MHz, per i sistemi GSM, mentre il sistema cellulare DCS utilizza frequenze attorno a 1800 MHz.

I nuovi sistemi di terza generazione a banda larga (UMTS), utilizzano frequenze di circa 2,2 GHz.

Nella tabella 3 sono riportate le bande di frequenza impiegate per i principali servizi di telecomunicazione in Italia.

1.2.1. Emittenti radio

I ripetitori delle emittenti radio (RTV) possono irradiare potenze variabili da poche centinaia di Watt (W) fino ad alcune decine di migliaia di Watt (decine di kW). Alcuni apparati a bassa frequenza per trasmissioni intercontinentali possono irradiare potenze dell'ordine di centinaia di kW. La

potenza dipende dal tipo di utilizzo e dal bacino d'utenza da servire che, per le radio a modulazione di frequenza (FM), può essere costituito da un'area urbana, da un gruppo di comuni, da un'intera provincia o da un bacino a carattere regionale. In base a queste esigenze il ripetitore radio FM può essere collocato:

1. in area urbana, utilizzando un traliccio o un edificio di altezza adeguata;
2. sulle colline circostanti un centro abitato o una pianura;
3. sui crinali di montagne (anche oltre i 2.000 m), per irradiare su bacini di grande dimensione e trasferire i segnali ad esempio dal versante adriatico a quello tirrenico.

I siti dei ripetitori radio FM sono sorti senza una precisa programmazione e le conseguenze non sono state certamente positive. I gestori hanno cercato di occupare tutte le posizioni dominanti, senza particolari considerazioni per l'impatto ambientale, per le norme urbanistiche e di tutela ambientale, per la protezione della popolazione dai campi elettromagnetici. Frequentemente le strutture di sostegno delle antenne sono state costruite senza le necessarie autorizzazioni delle Amministrazioni comunali, occupando aree protette o crinali di montagne, con un pesante impatto ambientale. Nel passato, quando non esisteva un regime legislativo specifico per le nuove installazioni, in alcuni casi i tralicci sono stati installati sui pendii retrostanti le abitazioni, provocando

Tabella 3 – Bande di frequenze utilizzate dai principali servizi di telecomunicazioni

Figura 4 – Sistemi radianti FM



Servizio	Banda di frequenza	Note
Radio AM	500 – 1.600 kHz	Radiodiffusione a onde medie
TV VHF-I/II	50 – 88 MHz	Canali TV pubblica
Radio FM	88 – 108 MHz	Radio pubblica e radio private a modulazione di frequenza
TV VHF-III	170 – 220 MHz	Canali TV pubblica
TV UHF-IV/V	470 – 850 MHz	TV pubblica ed emittenti private
Telefonia eTACS	870 – 950 MHz	Cellulari "analogici"
Telefonia GSM	880 – 960 MHz	Cellulari digitali europei
Telefonia DCS	1.710 – 1.880 MHz	Cellulari "dual band"
Telefonia UMTS	1.900 – 2.170 MHz	Cellulari "3G"

condizioni di rischio in quanto pur irradiando in direzione opposta, le antenne vengono a trovarsi alla stessa altezza delle case. La radiazione irradiata all'indietro determina l'esposizione della popolazione residente.

I principali fattori di rischio sono da individuare in:

1. irradiazione di impianti con potenze troppo elevate;
2. altezza insufficiente dei tralicci;
3. eccessiva vicinanza alle abitazioni.

Lo sviluppo disordinato di questo settore è facilmente comprensibile, infatti, in Italia, sono censiti circa 60.000 impianti radio e televisivi, cioè un numero nettamente più elevato rispetto a quelli attivi negli USA e non comparabile con quelli di paesi aventi una superficie analoga a quella italiana (in Finlandia sono attivi 39 impianti radio con potenza superiore a 1 kW).

Queste considerazioni indicano che i ripetitori radio costituiscono un problema aperto, con situazioni a rischio da risanare.

1.2.2. Emittenti televisive

Molte considerazioni effettuate per i siti dei ripetitori radio sono valide anche per i ripetitori televisivi; anch'essi sono stati costruiti senza un preciso quadro di riferimento normativo e, in qualche caso, si sono formati *siti misti* radio e televisivi.

1.2.3. Emittenti di radioamatori e di servizi pubblici e privati

Questi impianti utilizzano potenze piuttosto limitate e solitamente non determinano condizioni critiche. Alcune di queste emittenti (radioamatori, esercito, forze di polizia ecc.) godono di particolari normative che rendono difficile l'acquisizione dei dati relativi ai ripetitori. [7]

1.2.4. Impianti fissi e mobili della telefonia cellulare

I sistemi fissi per la telefonia mobile (stazioni radio base o SRB) si sono sviluppati

rapidamente nel corso degli ultimi anni; i dati indicano che il mercato è ancora ben lontano dalla saturazione e che la situazione di crescita ha un trend positivo.

Relativamente alla tipologia dei sistemi cellulari, il primo ad avere successo commerciale è stato il TACS (*Total Access Communication System*), che garantiva il "roaming" e la continuità di collegamento. A questo sistema si è sovrapposto il GSM (*Global System for Mobile communication*), avente un'architettura europea e caratterizzato da sofisticate tecniche digitali.

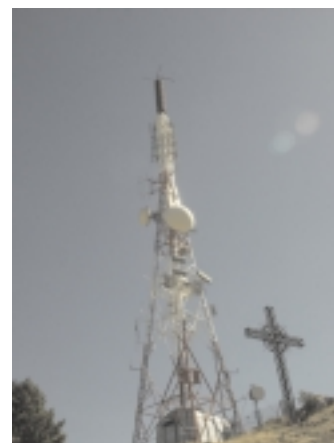
Questi sistemi sono di tipo cellulare in quanto applicano una tecnica che consiste nel riutilizzo della stessa frequenza più volte in luoghi diversi e sufficientemente lontani tra loro. Per ottenere questo risultato si suddivide il territorio in aree aventi dimensioni limitate, dette celle, ognuna delle quali è servita da una stazione radio base (SRB) che opera quindi con potenza ridotta. L'utilizzo di potenze inferiori a quelle tipiche dei sistemi di comunicazione non cellulari, quali quelli che effettuano trasmissioni radiotelevisive, è una importante caratteristica degli impianti SRB. I sistemi TACS e GSM presentano marcate differenze sia nelle caratteristiche tecniche degli impianti che nelle modalità di accesso alle risorse radio.

Il sistema TACS opera con segnali modulati in frequenza (FM) in modo analogico e con banda di canale pari a 25 kHz. Utilizza una tecnica di accesso al canale radio di tipo FDMA (Frequency Division Multiple Access) sulla base della quale ad ogni frequenza portante corrisponde un singolo canale radio sul quale la stazione mobile e la SRB trasmettono continuamente e simultaneamente. La SRB trasmette generalmente un massimo di 32 canali nell'intervallo di frequenze 927 MHz÷950 MHz. Il sistema GSM utilizza segnali con modulazione digitale su due bande, GSM 900 (937,1÷958,7 MHz) e GSM 1800 o DCS (1.850,1÷1.879,1 MHz). Questa tecnica consente di adottare la modalità di accesso a divisione di tempo (TDMA - Time Division Multiple Access)

Figura 5 – Sistemi radianti TV

Figura 6 – Apparat per telecomunicazioni pubbliche

Figura 7 – Esempio di SRB trisettoriale di tipo a basso impatto visivo ed ambientale



per la trasmissione su una stessa frequenza portante di più canali radio.

La stazione non trasmette continuamente, ma emette su una data frequenza in intervalli di tempo prefissati, detti “timeslot”, che ricorrono ciclicamente. In questo modo con una stessa frequenza vengono serviti più utenti, pari al numero totale di timeslot (trama) realizzati su quella frequenza, che nell’attuale sistema GSM è pari ad 8.

Una caratteristica fondamentale del sistema GSM è il tipo di modulazione digitale del segnale che riguarda sia la sua fase che la sua frequenza (GMSK - Gaussian Minimum Shift Keying). In relazione al tipo di modulazione, risulta che la banda relativa ad ogni portante è di 200 kHz. Solitamente le SRB trasmettono fino ad un massimo di 8 portanti.

La distanza massima entro cui può essere realizzato il collegamento telefonico è variabile generalmente da 0,5 a 35 km, la densità di installazioni SRB in aree urbane è grande e ancora in fase di espansione. A fronte di una maggiore penetrazione nell’ambiente urbano rispetto ai trasmettitori radiotelevisivi, gli impianti per telefonia mobile presentano una minore potenza in antenna dando luogo, quindi, ad esposizioni più localizzate. Gli impianti sono costi-

tuiti da un minimo di uno ad un massimo di tre sistemi di antenne (celle) che emettono in modo molto direttivo e, nel caso di più sistemi, generalmente lungo direzioni che differiscono di 120°.

In figura 8 è riportato un tipico diagramma di irradiazione di una antenna utilizzata in una stazione radio base per telefonia mobile. Sono visualizzati tridimensionalmente tutti i lobi di irradiazione. In alcuni casi gli impianti trasmettenti possono anche essere costituiti da antenne omnidirezionali. In questo caso il diagramma non presenta una direzione predominante di irradiazione ma il lobo principale forma un “disco” sul piano orizzontale.

La potenza massima irradiata dal sistema cellulare TACS è indicativamente una potenza di 150-200 W, quella del sistema GSM e DCS 40 W, i sistemi UMTS 20 W; le microcelle dei nuovi sistemi di telefonia cellulare possono scendere a valori inferiori a 1 W e le picocelle (interno degli edifici) irradiano solamente poche decine di mW. Come si può notare questi valori sono decisamente inferiori alle potenze irradiate dalle emittenti radio FM che possono superare anche valori di 10.000-20.000 W e che non irradiano in modo direttivo (irradiazione omnidirezionale).

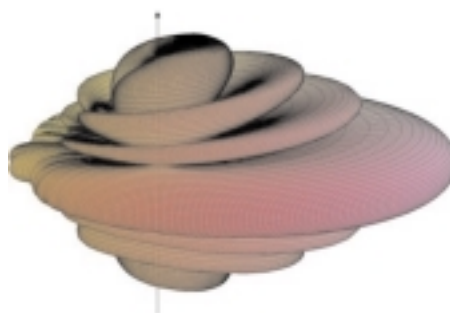


Figura 8 – Diagramma tipo di antenna utilizzata per gli impianti SRB

1.2.5. Altri tipi di sorgenti

Ponti radio

Sono sistemi ausiliari di trasmissione dei segnali utilizzati per moltissime applicazioni, come controllo impianti (ENEL, Telecom ecc.), trasmissione segnali

Tabella 4 – Valori tipici di frequenza, di potenza in antenna, di guadagno e di EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) per i vari sistemi di telecomunicazione

Tipo	Frequenza	Potenza	Guadagno	EIRP
Emittenti radio AM	500 ÷ 1.600 kHz	1 ÷ 500 kW	poche unità	1 ÷ 500 kW
Emittenti radio FM	88 ÷ 108 MHz	1 ÷ 12 kW	5 ÷ 50	10 ÷ 500 kW
Emittenti TV	VHF I-II: 52,5 ÷ 88 MHz VHF III: 174 ÷ 223 MHz UHF IV: 470 ÷ 590 MHz UHF V: 614 ÷ 838 MHz	0,1 ÷ 1 kW	1 ÷ 100	5 ÷ 100 kW
SRB (downlink)	TACS: 910 ÷ 950 MHz GSM: 925 ÷ 960 MHz DCS: 1.805 ÷ 1.880 MHz UMTS: 2.110 ÷ 2.170 MHz	30 ÷ 40 W	3 ÷ 30	fino a 2 kW

dell'emittenza radiotelevisiva, attività dei servizi di soccorso ecc.

Le frequenze usate appartengono alle microonde e le potenze sono solitamente inferiori a 1 W. Le potenze irradiate dalle parabole trasmettenti sono particolarmente basse, in quanto sono utilizzati fasci estremamente direttivi di radiazione, diretti al centro delle parabole riceventi, queste ultime poste anche a parecchi chilometri di distanza. L'esigua potenza disponibile non è minimamente dispersa, non creano quindi condizioni di rischio per la popolazione delle aree limitrofe.

L'installazione di tralicci con parabole anche di grandi dimensioni (diametro di due metri o superiore), può comunque incontrare forti opposizioni da parte dei cittadini; tuttavia scrupolose valutazioni e rilevazioni strumentali non supportano in alcun modo i timori di rischi da campi elettromagnetici.

Comunicazioni satellitari

Le comunicazioni satellitari con basi a terra sono in continua espansione e ormai coprono una vasta gamma di attività. Le frequenze usate sono di parecchi GHz e i fasci irradiati sono direttivi verso i satelliti.

L'irradiazione dei satelliti verso terra può ricadere in senso inverso su larghe aree della superficie terrestre.

Tra le applicazioni si ricordano i satelliti meteorologici, quelli per telecomunicazioni (radio e TV satellitari), per telefonia satellitare, militari, per lo studio dell'ambiente ecc. I valori di campo elettromagnetico non pongono problemi protezionistici in quanto l'irradiazione verso i satelliti è paragonabile a un ponte radio, mentre l'irradiazione verso terra è caratterizzata da campi elettromagnetici di piccola entità.

I radar

Gli apparati radar sono impiegati per scopi militari, civili, meteorologici ecc.; utilizzano campi elettromagnetici piuttosto complessi, con frequenze di parecchi GHz. L'esame preventivo o le rilevazioni strumentali pongono problemi tecnici non indifferenti e richiedono strumentazione adeguata. Per l'esame di queste situazioni, è opportuno che le agenzie attivino centri specializzati, ad esempio uno ogni regione, considerando la complessità delle situazioni espositive e l'esiguo numero di apparati che pongono problemi di esposizione per la popolazione. [7]

2. La normativa sui campi elettromagnetici

Il quadro normativo sull'esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici è nato e si sta sviluppando in una situazione caratterizzata da grande incertezza. Tutto ciò in quanto, ad oggi, gli studi in corso sono arrivati a provare esclusivamente gli effetti diretti di tipo acuto, mentre non è stato ancora dimostrato il rischio legato ad esposizioni prolungate alle radiazioni non ionizzanti.

2.1. Linee guida internazionali

Le normative internazionali di protezione dalle radiazioni non ionizzanti si basano su un'attenta valutazione della documentazione scientifica esistente riguardo i possibili effetti sanitari "acuti" e fissano livelli di esposizione che, se non superati non comportano alcun effetto negativo immediato sulla salute degli individui esposti.

Diverse organizzazioni internazionali hanno emanato normative per la protezione della popolazione e dei lavoratori dai campi elettromagnetici. Queste normative presentano sostanziali identità dal punto di vista delle basi scientifiche e razionali. La protezione rispetto agli effetti acuti è realizzata con la definizione di *limiti di esposizione*, anche in rapporto alle categorie di persone esposte prese in considerazione (normalmente si distingue tra lavoratori e popolazione).

La definizione dei limiti prevede poi due fasi distinte. La prima prende in considerazione gli effetti sanitari che s'intendono prevenire, e per fare ciò vengono individuati dei valori definiti *limiti di base*; questi sono gli unici veri limiti che vengono espressi mediante grandezze fisiche (gran-

dezze dosimetriche) strettamente correlate agli effetti sanitari. Il loro valore numerico viene determinato in base a valori di soglia relativi a risposte acute, quali lo stress indotto dall'aumento della temperatura corporea, gli effetti comportamentali, la stimolazione di strutture e tessuti eccitabili e pesati con fattori di sicurezza che le varie norme adottano.

L'individuazione di ulteriori valori definiti *limiti derivati* (o livelli di riferimento), costituisce la seconda fase del processo di limitazione delle esposizioni. Tali livelli sono rappresentati mediante grandezze radiometriche che caratterizzano l'ambiente in cui avviene l'esposizione in assenza di soggetti esposti. Sono facilmente misurabili con una strumentazione adeguata e non correlate al corpo umano.

In base a questo approccio, il rispetto dei limiti di riferimento implica sempre quello dei limiti di base, mentre non è necessariamente vero il contrario.

Le normative internazionali hanno importanti aspetti in comune:

- a) sono basate sulle stesse fonti scientifiche;
- b) prendono in considerazione soltanto gli effetti documentati dalla letteratura scientifica;
- c) prevedono ampi margini di sicurezza rispetto ai livelli di soglia per effetti biologici potenzialmente nocivi.

Attorno a queste normative si è creato un vasto consenso e già una ventina di paesi hanno adottato a livello nazionale, come leggi o regolamenti, la raccomandazione dell'ICNIRP (*International Commission of Non Ionizing Radiation Protection*). [3]

2.1.1. Le linee guida ICNIRP

Fino a pochi anni fa l'organizzazione che costituiva il principale riferimento mondiale era l'IRPA/INIRC (*International Radiation Protection Association/International Non Ionizing Radiation Committee*) che, fondata nel 1977, dopo anni di intensa attività è stata sciolta nel 1992 ed è stata sostituita dall'ICNIRP.

I *limiti primari* (o limiti di base), proposti dall'IRPA/INIRC, sono espressi in termini di densità di corrente indotta che fluisce nel corpo umano, misurata in ampère al metro quadrato (A/m^2) per i campi a frequenza compresa tra 1 Hz e 10 MHz. Per le frequenze superiori, da 10 MHz fino a 300 GHz, la grandezza fisica che meglio consente di esprimere i limiti primari è il SAR (*Specific Absorption Rate* - rateo di assorbimento specifico). Tale grandezza esprime la quantità di energia assorbita dalla massa unitaria corporea nell'unità di tempo e si misura in Watt al chilogrammo (W/kg).

L'ICNIRP, dopo aver studiato la letteratura scientifica del settore e revisionato le linee guida pubblicate nel 1988 dall'IRPA/INIRC, ha emanato nel 1998 le linee guida sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 1 Hz e 300 GHz (*Guidelines for limiting of exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields up to 300 GHz*).

I limiti proposti dall'ICNIRP sono basati, come già detto, su effetti acuti accertati sperimentalmente, come la stimolazione di muscoli e nervi periferici, scosse ed ustioni derivanti dal contatto con conduttori ed un aumento della temperatura dei tessuti dovuti all'assorbimento di energia.

L'ICNIRP ha adottato, per l'individuazione dei limiti di base, criteri scientifici diversi per i vari intervalli di frequenza, basati sui dati attualmente disponibili sugli effetti biologici e sanitari delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici dipendenti dal tempo.

I limiti di base, per frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz, sono definiti in termini della densità di corrente indotta che fluisce nel corpo umano, considerando la produzione di effetti sulle funzioni del sistema nervoso. Da 100 kHz a 10 MHz i limiti si riferiscono sia alla densità di corrente indotta sia al SAR. Per il range di frequenze che va da 10 MHz a 10 GHz i limiti di base sono definiti in termini di SAR, mentre per frequenze tra 10 e 300 GHz i valori base limitano la densità di potenza, riferendosi quindi anch'essi alla prevenzione dell'eccessivo riscaldamento dei tessuti.

Dopo aver analizzato i dati disponibili, l'ICNIRP ha confermato i limiti di base del SAR mediato sul corpo intero adottati dall'IRPA/INIRC, ma ha ritenuto di dover adottare anche limiti per il SAR locale. Il SAR medio di $0,4 W/kg$ dà luogo, infatti, ad un limite di esposizione del corpo intero di 28 W di potenza se assorbita da un individuo medio di 70 kg. Tale valore è eccessivo se concentrato in una piccola regione ed è stato, quindi, necessario definire un limite di SAR aggiuntivo, mediato su una quantità di tessuto minore di un chilogrammo. [4] La tabella 5 mostra i limiti di base proposti quali valori di riferimento per la popolazione.

Nella tabella 6 si riportano i livelli di riferimento (o limiti derivati) per l'esposizione della popolazione per le varie tipologie d'esposizione.

I livelli di riferimento sono stati definiti

Tabella 5 – Limiti di base per la popolazione per campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (ICNIRP, 1998)

Intervallo di frequenza	Densità di corrente (mA/m^2)	SAR mediato sul corpo intero (W/Kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/Kg)	SAR localizzato (arti) (W/Kg)	Densità di potenza S (W/m^2)
Fino a 1 Hz	8	-	-	-	-
1 – 4 Hz	$8/f$	-	-	-	-
4 Hz – 1 kHz	2	-	-	-	-
1–100 kHz	$f/500$	-	-	-	-
100 KHz – 10 MHz	$f/500$	0,08	2	4	-
10 MHz – 10 GHz	-	0,08	2	4	-
10 – 300 GHz	-	-	-	-	10

Intervallo di frequenza	Intensità del campo elettrico (V/m)	Intensità del campo magnetico (A/m)	Induzione magnetica (μT)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente S_{eq} (W/m^2)
Fino a 1 Hz	-	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	-
1 – 8 Hz	10.000	$3,2 \cdot 10^4/f^2$	$4 \cdot 10^4/f^2$	-
8 – 25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	-
0,025 – 0,8 Hz	250/f	4/f	5/f	-
0,8 – 3 kHz	250/f	5	6,25	-
3 – 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 – 1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1 – 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 – 2.000 MHz	$1,375 \cdot f^{1/2}$	$0,003 \cdot f^{1/2}$	$0,0046 \cdot f^{1/2}$	$f/200$
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

1. f come indicato nella colonna relativa all'intervallo di frequenza.
2. Se i limiti di base sono rispettati e possono essere esclusi effetti avversi indiretti, i valori di intensità di campo possono essere superati.
3. Per frequenze comprese tra 100 kHz e 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 e B^2 devono essere mediati su qualsiasi intervallo di 6 minuti.
4. Tra 100 kHz e 10 MHz, i valori di picco per le intensità di campo sono ottenuti per mezzo di un fattore moltiplicativo ricavato per interpolazione dal fattore 1,5 a 100 kHz al fattore 32 a 10 MHz. Per frequenze superiori a 10 MHz si suggerisce che il valore di picco della densità di potenza dell'onda piana equivalente, mediato sulla durata dell'impulso, non ecceda più di 1.000 volte i limiti in S_{eq} , o che l'intensità di campo non ecceda più di 32 GHz, effetti di tipo uditivo attraverso espansione termoelettrica sono limitati da questa procedura.
5. Per frequenze superiori a 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 e B^2 devono essere mediati su qualsiasi intervallo temporale pari a $68/f^{1,05}$ minuti (f in GHz).
6. Nessun valore del campo elettrico è indicato per frequenze < 1 Hz, trattandosi praticamente di campi elettrici statici. Per la maggior parte delle persone la fastidiosa percezione di cariche elettriche superficiali non si verifica ad intensità del campo inferiori a 25 kV/m. Scintille in grado di provocare stress o fastidio dovrebbero essere evitate.

assumendo condizioni di massimo accoppiamento del campo con gli individui esposti, in modo da fornire il massimo grado di protezione.

Questo documento è stato scelto come riferimento principale del documento congiunto ISPESL-ISS ed esplicitamente adottato in alcuni progetti di norme della Commissione Europea.

2.1.2. Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea

Il Consiglio dell'Unione Europea [3] ha emanato il 12 luglio 1999 una raccomandazione agli Stati membri per l'adozione di un quadro comune di normative, sulla base di varie considerazioni, tra cui il fatto che:

- tutti i cittadini dell'Unione hanno diritto allo stesso livello di protezione;
- l'esistenza di normative diverse nei vari stati crea nei cittadini confusione e sfiducia verso la scienza e verso le autorità sanitarie.

Il Consiglio raccomanda in particolare che le normative comuni:

- siano basate sui migliori dati scientifici disponibili;

- prevedano limiti di base e livelli di riferimento;
- siano conformi alle raccomandazioni dell'ICNIRP. [3]

La raccomandazione è stata approvata dai Paesi dell'Unione quasi unanimemente, con il solo voto contrario dell'Italia. Nel nostro paese infatti è stata adottata una politica di precauzione basata su un approccio completamente diverso, che non prevede limiti di base. Le norme italiane già approvate e in via di definizione non contemplano affatto le grandezze dosimetriche, ma soltanto quelle radiometriche per le quali vengono fissati tre distinti livelli, di cui si trova definizione nella legge quadro n. 36 del 22 febbraio 2001.

2.2. La legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico

La "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" n. 36 del 22 febbraio 2001 è composta da 17 articoli. La finalità della legge è quella di dettare i principi fondamentali diretti ad assicurare la tutela della salute dei lavoratori e della popolazione dall'esposizione a campi elettroma-

Tabella 6 – Livelli di riferimento per l'esposizione della popolazione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (valori efficaci dei campi non perturbati) (ICNIRP, 1998)

gnetici generati da qualsiasi tipo di impianto che operi con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz nonché la tutela dell'ambiente e del paesaggio. Le definizioni riportate nella legge sono le seguenti:

- *Limite di esposizione*: valore che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela della salute dagli effetti acuti.
- *Valore di attenzione*: valore che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine.
- *Obiettivi di qualità*: sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, che hanno il fine di consentire la minimizzazione progressiva dell'intensità e degli effetti.

La legge attribuisce competenze allo Stato, alle Regioni, alle Province e ai Comuni. In particolare, lo Stato ha il compito:

- di fissare limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità;
- di promuovere attività di ricerca e di sperimentazione;
- di coordinare la raccolta e la diffusione dei dati;
- di istituire il catasto nazionale delle sorgenti fisse e delle aree interessate dall'emissione delle stesse;
- di stabilire i criteri per l'attuazione dei piani di risanamento indicando tempi e priorità;
- di stabilire le metodologie di misurazione;
- di attivare accordi di programma con i titolari dei vari impianti al fine di sviluppare le migliori tecnologie possibili per minimizzare gli impatti sanitari e ambientali;
- di definire i tracciati degli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e determinare delle fasce di rispetto per tali infrastrutture che rappresentano un vincolo per eventuali sviluppi urbanistici;

- di stabilire una disciplina apposita per le autorizzazioni e l'esercizio di elettrodotti con tensione superiore a 150 kV;
- di istituire un Comitato interministeriale per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico che ha il compito di monitorare sugli adempimenti previsti dalla legge.

Pertanto è prevista l'emanazione di tutta una serie di decreti attuativi per la definizione dei suddetti contenuti.

A Regioni, Province e Comuni competono i seguenti obblighi:

- la localizzazione dell'emittenza radiotelevisiva;
- la fissazione di criteri per l'installazione degli impianti per la telefonia cellulare che tengano conto, oltre che della tutela della salute, anche della salvaguardia dell'ambiente e del paesaggio;
- la definizione dei tracciati degli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV e la determinazione delle relative fasce di rispetto;
- la fissazione di criteri per il rilascio delle autorizzazioni alla installazione degli impianti di competenza regionale;
- la realizzazione del catasto regionale in stretto coordinamento con quello nazionale;
- l'individuazione di strumenti e di azioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità;
- il concorso all'approfondimento delle conoscenze scientifiche relative agli effetti sulla salute, in particolare quelli a lungo termine, derivanti dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

Le Regioni stabiliscono, inoltre, le competenze delle Province e dei Comuni e pertanto devono provvedere alla emanazione di leggi regionali di recepimento della legge quadro.

Con la legge, pertanto, vengono quindi definiti o individuati tutti gli strumenti che possono consentire la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico negli ambienti

di vita: da quelli normativi, agli atti di pianificazione, dagli strumenti economici, allo sviluppo di tecnologie, fino alle forme di educazione del cittadino.

La legge, comunque, avvia un processo che sarà possibile chiudere soltanto quando saranno completati tutti gli atti di recepimento, siano essi decreti dello stato che leggi regionali, che regolamenti comunali.

2.2.1. I decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003

Il DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”, detta disposizioni per la tutela della popolazione dalle emissioni prodotte dagli elettrodotti e dalle relative stazioni e cabine elettriche. Il decreto fissa i limiti massimi di esposizione, quali valori da non superare in alcuna condizione; i valori di attenzione, da non superare nelle aree gioco per l’infanzia, in ambienti scolastici e comunque in tutti i luoghi adibiti a permanenza superiore alle 4 ore; gli obiettivi di qualità, da non superare nella progettazione dei nuovi elettrodotti in corrispondenza di: ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza non inferiore alle quattro ore, nonché nella progettazione di nuovi insediamenti in prossimità di linee elettriche (tab. 7).

Per le altre sorgenti con frequenza compresa tra 0 Hz a 100 kHz il decreto rimanda alle disposizioni contenute nella Raccomandazione del Consiglio dell’Unione Europea del 12 luglio 1999.

Il decreto definisce anche le fasce di rispetto, ovvero quella parte del territorio dove non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, con uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore, le cui modalità di individuazione saranno comunque oggetto di un successivo provvedimento.

Il DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei li-

miti 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”, in particolare il campo di applicazione riguarda gli impianti di telecomunicazione e quelli radiotelevisivi. Il decreto non si applica a impianti radar ed agli impianti con emissioni pulsate, nonché agli impianti delle forze armate e delle forze di polizia, per i quali è previsto un successivo decreto, mentre per le sorgenti non riconducibili ai sistemi di radiotelecomunicazioni si applicano le restrizioni di cui alla Raccomandazione del Consiglio dell’Unione Europea del 12/7/1999. Il DPCM fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, rispettivamente nelle tabelle 8, 9 e 10.

I valori di attenzione sono individuati nella norma nazionale, come già detto, per la protezione dai possibili effetti a lungo termine e vengono applicati all’interno di edifici adibiti a permanenza superiore alle quattro ore, nelle pertinenze esterne di essi (balconi, terrazzi e cortili) ad esclusione dei esclusi i lastrici solari.

Grandezza	Induzione magnetica	Campo elettrico
Limiti di esposizione	100 μ T	5 kV/m
Valori di attenzione	*10 μ T	
Obiettivi di qualità	*3 μ T	...

* Tali valori sono da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Tabella 7 – Valori limite fissati dal DPCM 8 luglio 2003

Frequenza	0,1 – 3 MHz	3 MHz – 3.000 MHz	3.000 MHz – 300 GHz
Campo elettrico	60 V/m	20 V/m	40 V/m
Campo magnetico	0,2 A/m	0,05 A/m	0,1 A/m
Densità di potenza	//	1 W/m ²	4 W/m ²

Tabella 8 – Limiti di esposizione

Frequenza	0,1 MHz – 300GHz
Campo elettrico	6 V/m
Campo magnetico	0,016 A/m
Densità di potenza	0,1 Wm ²

Tabella 9 – Valori di attenzione

Frequenza	0,1 MHz – 300GHz
Campo elettrico	6 V/m
Campo magnetico	0,016 A/m
Densità di potenza	0,1 Wm ²

Tabella 10 – Obiettivi di qualità

Gli obiettivi di qualità, individuati per garantire la progressiva minimizzazione dell'esposizione, rappresentano i valori di immissione del campo elettromagnetico che non devono essere superati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, intese anche come superfici edificate ovvero attrezzate permanentemente per il soddisfacimento di bisogni sociali, sanitari e ricreativi.

2.2.3. La legge di recepimento della Regione Umbria

Con il Regolamento regionale della Regione Umbria n. 9 del 14 giugno 2002 "Tutela sanitaria e ambientale dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", viene recepita e adattata al territorio la legge quadro n. 36/2001.

La Regione Umbria, con il suddetto regolamento, disciplina tutte le tipologie di impianti suscettibili di produrre emissioni elettromagnetiche con il fine di tutelare la salute della popolazione e di salvaguardare il paesaggio.

Nell'ottica di tutela dell'ambiente e del paesaggio, vengono definite le "aree sensibili" come quelle zone dove sono rispettati gli obiettivi di qualità ovvero dove le Amministrazioni possono imporre delle prescrizioni o interventi sugli impianti. Le aree sono individuate dai Comuni, d'intesa con le Province, in funzione della densità abitativa e della presenza di strutture di tipo scolastico o sanitario.

La legge regionale dell'Umbria stabilisce:

- modalità di presentazione dei programmi di sviluppo, modalità per il rilascio delle autorizzazioni, criteri per elaborazione ed attuazione dei piani di risanamento degli impianti di radiotelecomunicazione, criteri per la realizzazione del catasto, criteri per l'informazione alla popolazione, presentazione di una proposta di piano di risanamento per linee elettriche con tensione superiore a 150 kV in caso di inadempienza dei gestori, tipologie di impianti da sottoporre a VIA;
- alle Province: approvazione dei piani

di risanamento degli elettrodotti con tensione fino a 150 kV, definizione dei tracciati degli elettrodotti con tensione fino a 150 kV e delle relative fasce di rispetto, attività di controllo e vigilanza);

- ai Comuni: rilascio delle autorizzazioni e approvazione dei piani di risanamento degli impianti di radiotelecomunicazione, individuazione dei siti, attività di controllo e vigilanza per le funzioni ad essi trasferite;
- all'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente: supporto tecnico-scientifico e consulenza a Regione, Province e Comuni, attività di vigilanza ambientale, realizzazione e aggiornamento del catasto.

La legge attribuisce alle Unità sanitarie locali le funzioni di approfondimento e sviluppo delle conoscenze scientifiche in materia di rischi associati all'esposizione ai campi elettromagnetici nonché i compiti di informazione ed educazione del cittadino. Con legge viene altresì istituito il catasto regionale delle sorgenti, e un Comitato tecnico-scientifico con funzioni di supporto alla Regione composto da otto persone provenienti da amministrazioni diverse.

La legge regionale chiarisce l'obbligo di sottoporre a procedura di verifica oppure a procedura di valutazione di impatto ambientale, a seconda dei casi, gli impianti di telefonia mobile, rimandando ai disposti della legge regionale specifica in materia di VIA. Alla stessa procedura sono sottoposti gli elettrodotti con tensione superiore a 100 kV. In materia di sanzioni amministrative, la legge rimanda alla legge 36/2001 entrando nel merito limitatamente ai soggetti cui compete l'irrogazione delle stesse.

Infine, la Giunta Regionale si fa carico di stabilire, in attesa dei decreti di competenza dello Stato ed entro 4 mesi, le disposizioni di prima attuazione della legge regionale.

2.3. Considerazioni

La legge, i relativi decreti attuativi e il recepimento a livello locale chiudono la

parte essenziale di un percorso che è di fatto iniziato da qualche tempo. La fissazione di limiti, le condizioni per il rispetto degli stessi, i tempi e le modalità per il risanamento delle situazioni non conformi, i criteri per la realizzazione di nuovi impianti compatibili con i limiti di legge, ma anche con l'ambiente e il paesaggio, gli strumenti sanzionatori e gli interventi repressivi forti, vengono a costituire un quadro completo per un approccio deciso alla riduzione dei livelli di campo elettromagnetico nell'ambiente.

Gli operatori del settore, siano essi gestori che soggetti deputati al controllo, hanno finalmente la possibilità di confrontarsi su un quadro normativo chiaro e definito nel quale anche gli amministratori locali hanno gli strumenti per andare incontro alle richieste di trasparenza e di attenzione della popolazione, ma anche per consentire la giusta e indispensabile crescita di settori importanti per l'economia e per lo sviluppo del Paese, nel rispetto comunque della salute, dell'am-

biente e dell'architettura urbanistica dei nostri pregevoli centri cittadini.

È da sottolineare che l'attività di controllo è uno di questi strumenti ma non l'unico: è indispensabile mantenere una piena capacità operativa, ma è anche importante impegnare le istituzioni, a tutti i livelli, in una credibile e autorevole attività di informazione del pubblico.

Attraverso le recenti iniziative normative, l'Italia è uno dei primi Paesi al mondo ad avere interpretato in materia di protezione dai possibili effetti a lungo termine dei campi elettromagnetici il Principio di precauzione, traducendolo in valori limite più restrittivi. Dall'esame della tabella 8, in cui si riporta un confronto tra i limiti per le frequenze tipiche della telefonia cellulare fissati dalle diverse normative nazionali ed internazionali, si nota come l'Italia non solo abbia adottato valori più bassi rispetto agli altri Paesi, ma sia anche l'unico stato in cui sono stati fissati dei valori di cautela per esposizioni prolungate.

	Limiti di campo elettrico E (V/m)		Limiti di campo magnetico H (A/m)		Limiti di densità di potenza (W/m ²)	
	900 MHz	1.800 MHz	900 MHz	1.800 MHz	900 MHz	1.800 MHz
ICNIRP	41,255	58,3	0,11	0,15	4,5	9
CENELEC	41,1	58,1	0,10	0,15	4,5	9
DIN/VDE (Germania)	41,1	58,1	0,10	0,15	4,5	9
ANSI (USA)	-	-	-	-	6	12
NRPB (Regno Unito)	112,5	194	0,29	0,52	33	100
Italia - limite generale	20	20	0,05	0,05	1	1
Italia - luoghi con permanenza di 4 o più ore	6	6	0,016	0,016	0,1	0,1

Tabella 11 – Confronto tra i limiti nazionali ed internazionali per le frequenze tipiche della telefonia mobile

3. Attività di controllo e monitoraggio di ARPA Umbria

3.1. Attività di controllo

L'uso sempre crescente delle nuove tecnologie ha portato negli ultimi decenni ad un aumento nel territorio regionale della presenza di sorgenti di campo elettrico, campo magnetico e campo elettromagnetico rendendo attuale la problematica dell'esposizione dell'uomo alle radiazioni non ionizzanti. Nel marzo 2001 è diventata operativa la "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" mentre nel giugno del 2002 è entrata in vigore la legge regionale n. 9 "Tutela sanitaria e ambientale dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". Entrambe le leggi ribadiscono il ruolo dell'Agenzia per l'ambiente quale struttura designata al controllo e alla vigilanza sanitaria ed ambientale.

Le attività di ARPA nel campo delle radiazioni non ionizzanti si svolgono nel campo delle basse e delle alte frequenze e comprendono:

- *Controlli preventivi* - sono d'ausilio in fase previsionale, in quanto permettono di determinare il clima elettromagnetico presente sul territorio prima della realizzazione di altri impianti, permettendo una valutazione più affidabile e cautelativa dell'impatto risultante dalla presenza di nuove sorgenti. Sulla base delle valutazioni previsionali, l'Agenzia emette un parere tecnico in merito al rispetto dei limiti nelle zone circostanti l'impianto dopo l'avvenuta installazione dell'impianto proposto. I valori di riferimento per il parere stabiliti dalla normativa vigente, DPCM 8 luglio 2003, fanno riferimento a limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità; il riferimento a tali limiti è dipendente dalle caratteristiche abitative della zona circostante l'impianto e dall'utilizzo dell'ambiente stesso. Nell'esprimere il proprio parere, ARPA non solo fa riferimento a tali valori verificandone il rispetto da parte dell'impianto in oggetto ma, se necessario, effettua valutazioni tenendo conto dell'esistenza di altri impianti nelle immediate vicinanze.
- *Controlli ad impianto attivo* - rappresentano un momento di supervisione del territorio per considerare la situazione pregressa, ove non sia stata effettuata nessuna valutazione o pianificazione preventiva, ma anche per verificare il rispetto degli impianti alle direttive progettuali, sia al momento della prima attivazione che nel loro successivo funzionamento. Le misurazioni vengono condotte con tutta la strumentazione necessaria: misuratori a banda larga per sorgenti RF ed ELF, catena strumentale a banda stretta per le misure nei pressi di siti di impianti RF molto complessi.
- *Controlli di monitoraggio* - completano la valutazione strumentale mediante monitoraggio in continuo di sorgenti. Il controllo in continuo viene eseguito in modo differente per sorgenti a bassa ed alta frequenza. Il monitoraggio in continuo nei pressi di elettrodotti (linee elettriche e cabine di trasformazione), cioè sorgenti ELF, viene effettuato quale con-

trollo sulle emissioni a completamento delle misure di controllo istantanee mediante l'uso di misuratori in continuo di campo magnetico collocabili all'interno e all'esterno di edifici.

Le sorgenti radiotelevisive e per telefonia mobile, sorgenti RF, vengono inoltre monitorate attraverso la realizzazione di una rete regionale costituita da centraline posizionate in luogo aperto nei pressi di impianti per il controllo in continuo delle emissioni. Tali sistemi acquisiscono i dati in continuo e li trasferiscono in remoto a computer localizzati presso ARPA con la finalità di uno screening ambientale sulle emissioni di campo elettromagnetico.

Le indagini sono svolte in risposta ad esigenze specifiche quali la necessità di conoscere l'entità dei campi elettromagnetici in prossimità di una data sorgente e per valutare la situazione espositiva in un dato territorio.

L'importanza di questa attività è data dal numero crescente di interventi di misura fatti da ARPA a seguito di richiesta di privati su tutto il territorio regionale.

Di pari passo crescono le richieste di pareri tecnici da parte dei gestori delle reti di telefonia mobile sull'installazione di nuovi apparati.

Nella figura 9 sono riportati i controlli previsionali effettuati da ARPA Umbria dal 2000 al 2003, suddivisi per tipologia di

impianti (RTV: radiotelevisivi; SRB: stazioni radio base per la telefonia mobile; ELF: impianti a frequenze estremamente basse).

Nella figura 10 sono riportati il numero totale di interventi ad impianto attivo, divisi per tipologia, effettuati in Umbria negli anni 2000-2003, utilizzando sistemi di misura istantanei (a banda larga e stretta), mentre in figura 11 sono riportati i controlli di monitoraggio in continuo effettuati dal 2001 al 2003 sempre suddivisi per tipologia di sorgente.

Questi dati non tengono conto dei controlli, sia istantanei che in continuo, effettuati nell'ambito di quei progetti attivati da ARPA Umbria in collaborazione con enti locali ed istituti di ricerca descritti al capitolo 4.

I dati testimoniano un'intensa azione di controllo. Come si può notare, l'attività è stata prevalentemente concentrata sulle stazioni radio base per la telefonia mobile; ciò è dovuto da una parte alla espansione di tali impianti in quanto relativi ad una tipologia di servizio nuova e che necessita di una copertura del territorio molto capillare e dall'altra da una crescita della sensibilità delle autorità locali e dei singoli cittadini rispetto a problematiche legate ai campi elettromagnetici.

Va sottolineato che nell'ultimo anno l'atti-

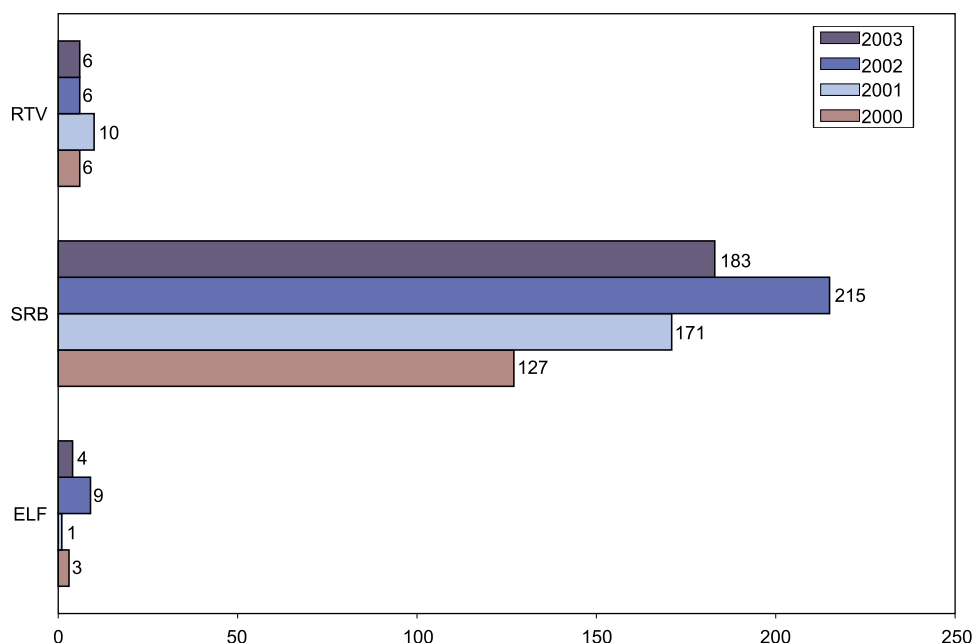


Figura 9 – Controlli preventivi sui CEM dal 2000 al 2003

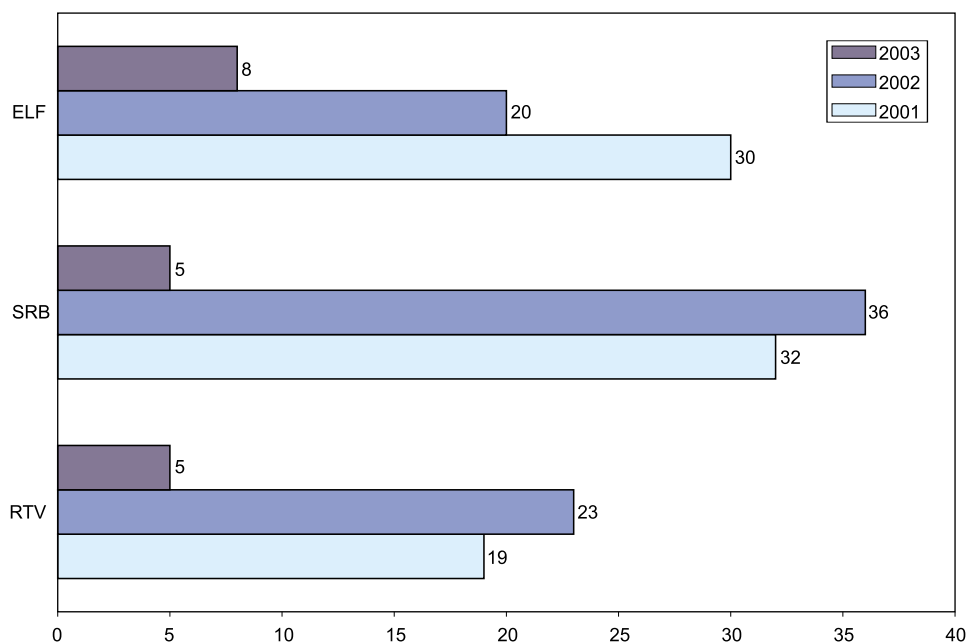


Figura 10 – Controlli ad impianto attivo sui CEM dal 2000 al 2003

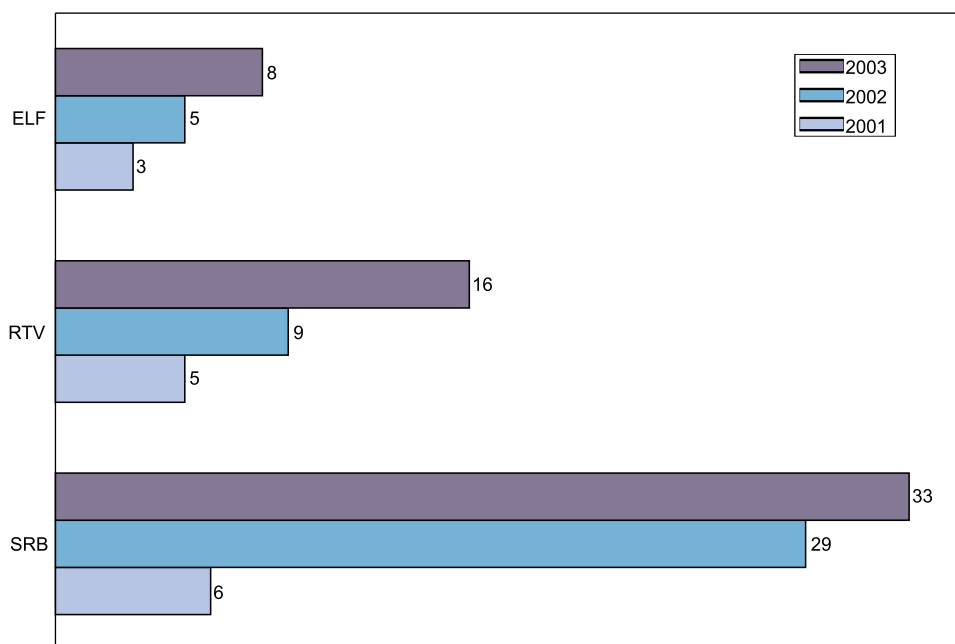


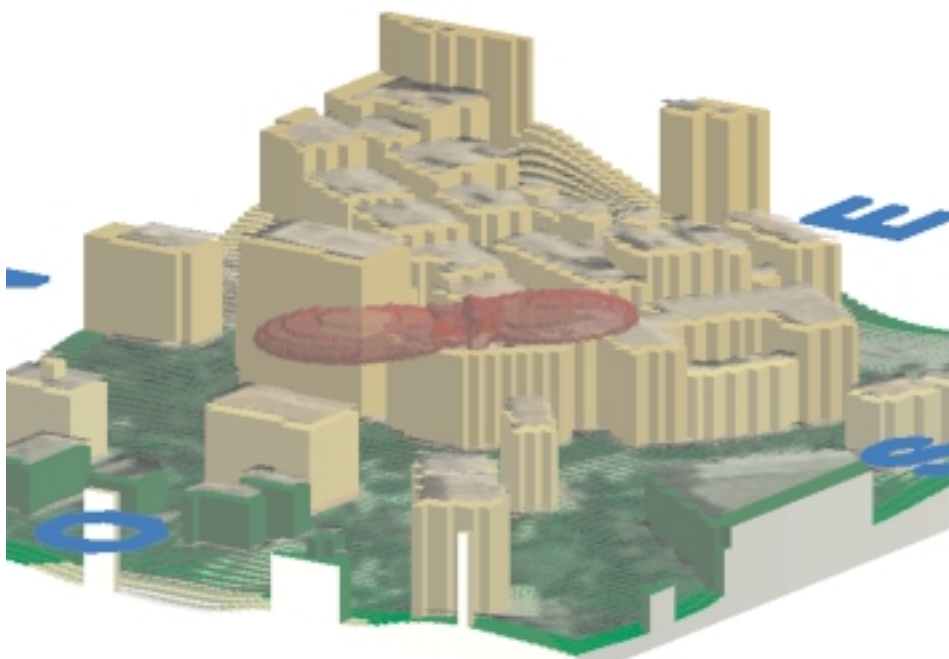
Figura 11 – Controlli di monitoraggio sui CEM dal 2001 al 2003

attività di controllo sugli impianti si è incentrata sul monitoraggio in continuo che, effettuando misure per tempi prolungati, permette una conoscenza delle emissioni distribuita nel tempo valutando, quindi, anche le variazioni dovute al funzionamento non omogeneo degli impianti. Questo ha permesso una migliore determinazione del clima elettromagnetico nell'ambiente circostante i singoli siti.

Gran parte delle attività di verifica preventiva sono condotte con l'ausilio di modelli di calcolo basati sugli indirizzi della normativa nazionale ed internazionale che ne

stabiliscono i criteri di utilizzo. Per quanto riguarda impianti di futura installazione, il controllo viene eseguito a partire dalla documentazione tecnica fornita dal gestore richiedente, completa di tutte le informazioni tecniche e geografiche, così come riportato nella normativa nazionale e regionale. Tale documentazione è verificata con sistemi di calcolo che permettono di stimare in modo sufficientemente accurato e cautelativo i valori di campo elettromagnetico prodotti dal nuovo impianto sull'ambiente circostante. L'Agenzia oggi utilizza il sistema di calcolo Vicrem della ditta

Figura 12 – Esempio di calcolo previsionale per Stazione Radio Base per la telefonia mobile



WinEDT che permette, in modo semplice ed immediato, verifiche in spazio libero sia bidimensionali (2D) che tridimensionali (3D), tutte georiferite e riportate su foto digitalizzate 2D e, ove disponibile, in 3D. Un esempio di tale calcolo in 3D per una SRB è riportato nella figura 12. Accanto alle simulazioni, ove necessario, sono effettuati sopralluoghi di verifica prima dell'installazione.

3.2. Il catasto delle sorgenti NIR

L'attività istituzionale di ARPA Umbria comprende la realizzazione del catasto delle sorgenti NIR. In base a quanto indicato dalla legge regionale, spetta ad ARPA organizzare ed aggiornare, con il concorso del Servizio informativo territoriale della Regione - SITER, il catasto regionale degli elettrodotti e degli impianti radioelettrici, di telefonia mobile e di radiodiffusione.

L'Agenzia, in collaborazione con il SITER, ha già realizzato un catasto delle sorgenti ad alta frequenza (RF) realizzato mediante una banca dati informatizzata

Il data base è studiato per inserire dati relativi alle sorgenti ad alta frequenza, sia telefonia mobile che radiotelevisione, differenziandole tra di loro. La struttura a cascata parte dalla definizione del sito di

emissione. Questo è inteso come il luogo stabilito dalla identificazione di tutte le caratteristiche geografiche (provincia, comune, località, indirizzo, quota sul livello del mare, coordinate) ove sorgono uno o più impianti. Dal sito sono poi identificabili gli impianti presenti con le caratteristiche tecniche dei sistemi radianti (gestore, numero antenne, ecc.) ed è possibile accedere alle misure di controllo e vigilanza effettuate dall'Agenzia.

Tutte le informazioni sono georeferenziate e per la loro visualizzazione e consultazione è stato costruito all'interno del Sistema informativo territoriale dell'Agenzia un sistema distribuito che permette agli utenti interessati di esaminare in ogni momento la situazione del catasto delle sorgenti.

Il sistema prevede più tipi d'interrogazione (figura 13):

- per la localizzazione, con filtri per comune, per codice punto, per tipo punto, per Carta Tematica Regionale 1:10.000;
- per conoscere le informazioni alfanumeriche presenti nel database e quindi selezionare tutti i dati di una certa area, o distanza.

Il catasto è disponibile per la consultazione in intranet per gli utenti dell'agenzia; inoltre, parte delle informazioni, quelle divulgabili in base alla normativa sulla pri-

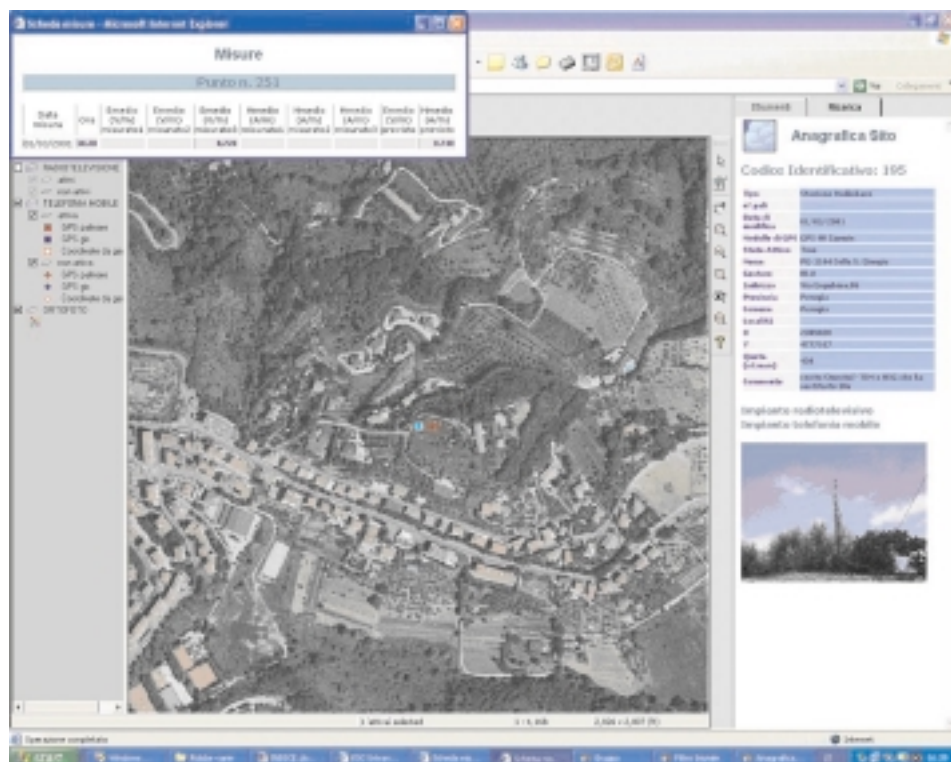


Figura 13 – Catasto delle sorgenti NIR ad alta frequenza

vativa industriale e sulla privacy, sono accessibili sul sito internet dell'Agenzia: www.arpa.umbria.it.

Le informazioni all'interno del catasto sono aggiornate quotidianamente, oggi la banca dati contiene oltre 4.000 sistemi trasmissivi suddivisi in circa 900 siti, sia radio-televisivi che stazioni radio base per la telefonia mobile, distribuiti su tutto il territorio regionale.

La parte relativa alle sorgenti a bassa frequenza è in fase di realizzazione. L'Agenzia sta già effettuando la raccolta dati coinvolgendo, ove possibile, i gestori della rete elettrica. Le informazioni raccolte saranno poi strutturate in una banca dati in formato elettronico. Il data base è già in fase di realizzazione e se ne prevede una prima strutturazione per la fine del 2004.

3.3. Controlli presso sorgenti a frequenze estremamente basse (ELF)

L'attività di monitoraggio e controllo, svolta dalle due sedi provinciali di ARPA Umbria, dei campi elettromagnetici dovuti alla produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica nell'Umbria, relativamente, cioè, all'insieme delle linee elet-

triche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione, è riassunta nel grafico di figura 14, dove sono evidenziati il numero di controlli dal 2000 al 2003; per la provincia di Perugia vengono separati i controlli istantanei da quelli di monitoraggio eseguiti con misuratori di campo magnetico in continuo che vengono utilizzati sia ad integrazione che in sostituzione delle misure istantanee.

Nella figura 15 vengono evidenziati, in percentuale, i valori di induzione magnetica riscontrati nei punti di misura studiati dal 2000 sino al 31 dicembre 2003 su tutto il territorio regionale, suddivisi per provincia. I dati rappresentano le valutazioni in percentuale anno per anno delle misure eseguite in punti nei pressi di sorgenti differenti unendo insieme sia valori ottenuti con misure istantanee che in continuo.

Nella figura 16 riportiamo, invece, sempre suddivise per provincia, la valutazione in percentuale dei risultati delle misure di campo magnetico per il totale di misure eseguite da gennaio 2000 a dicembre 2001.

Le valutazioni riportate di seguito non tengono conto delle misure eseguite nell'am-

Figura 14 – Numero di controlli per provincia

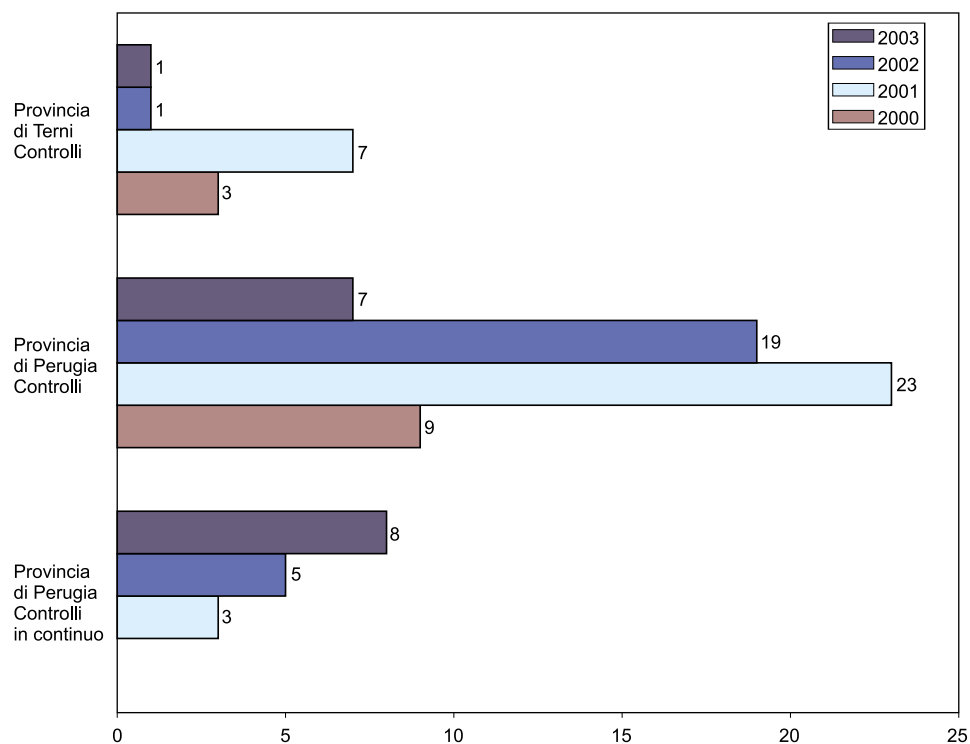
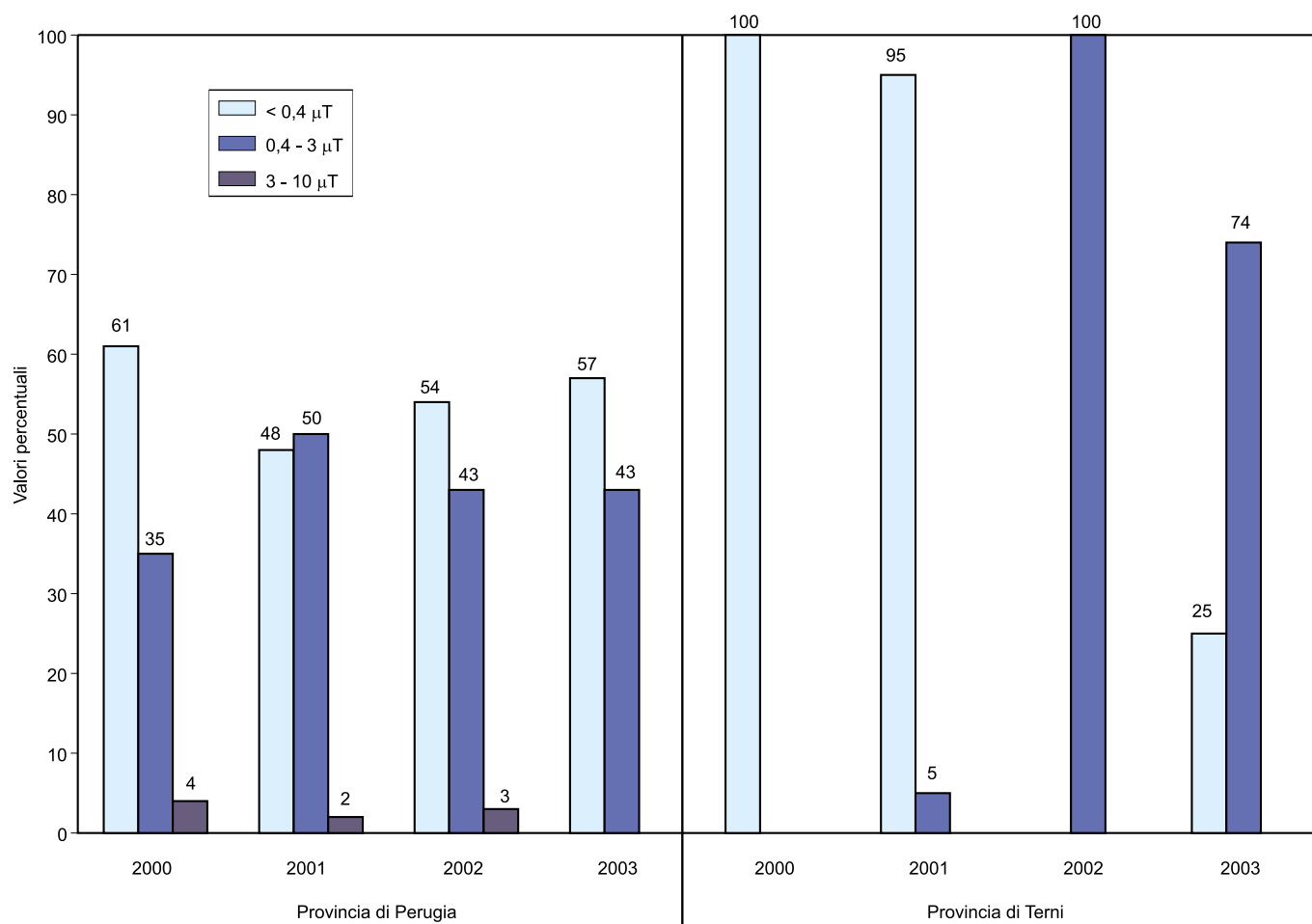


Figura 15 – Distribuzione in percentuale delle misure di induzione magnetica dal 2000 al 2003 suddivise per i diversi anni



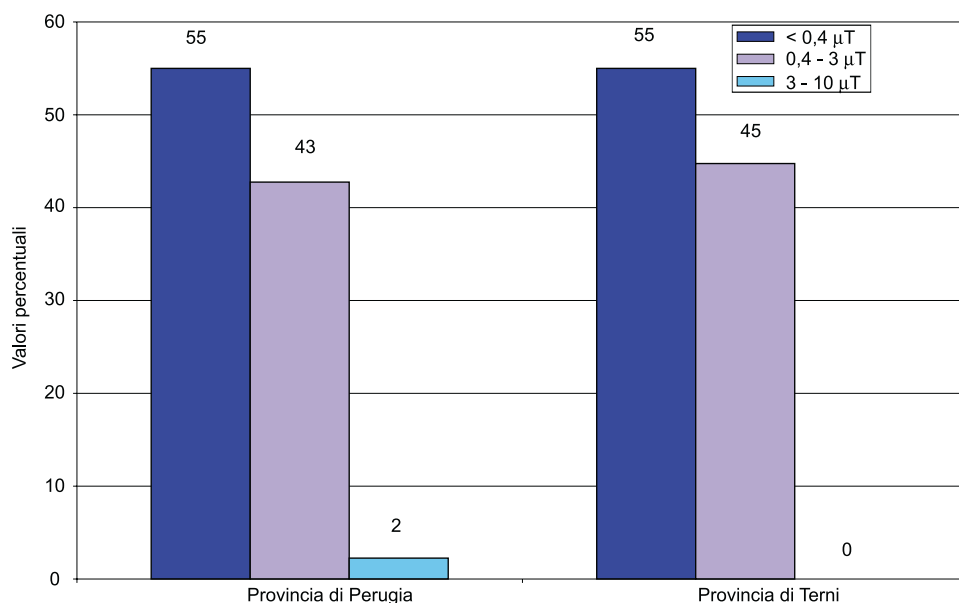


Figura 16 – Distribuzione in percentuale delle misure di induzione magnetica dal 2000 al 2003

bito di progetti speciali effettuati, quali studi di approfondimento e di sperimentazione di sistemi innovativi in porzioni del territorio regionale, che sono riportati in maniera più dettagliata nel capitolo 5.

Gli interventi di misura sono stati effettuati in prossimità di linee e cabine di trasformazione ad alta e media tensione. In nessun caso si è verificato il superamento di 10 μT, ovvero del valore di attenzione stabilito dal DPCM 8 luglio 2003 (par. 2.2.1.). Solo in una percentuale molto bassa (circa 2%) è invece stato superato il valore di 3 μT, in base al decreto di cui sopra, corrisponde all'obiettivo di qualità.

3.4. Controlli presso sorgenti a radiofrequenze (RF)

L'attività di monitoraggio e controllo dei campi elettromagnetici ad alta frequenza viene svolta dalle due sedi provinciali nel loro territorio di competenza ed è principalmente costituita dalle verifiche di conformità alla normativa, prima il DM 381/98 ora il DPCM 8 luglio 2003, su stazioni radio base e siti radiotelevisivi.

Nelle figure 17 e 18 sono specificati per ogni provincia il numero di controlli di misura su impianti attivi effettuati per le varie tipologie di sorgenti (radiotelevisivi - RTU e stazioni radio base per la telefonia mobile - SRB).

Il 61% dei sopralluoghi di misura dal 2000 a tutto il 2003 riguarda interventi sulle stazioni radio base e il 39% sui siti radiotelevisivi (fig. 19).

La prevalenza dei controlli nei pressi di stazioni radio base per la telefonia mobile (SRB) rispetto a quelli radiotelevisivi (RTV) è attribuibile al maggior numero di siti per telefonia rispetto agli altri. A dicembre 2003 risultano presenti sul territorio della regione circa 190 impianti radiotelevisivi contro i circa 580 per telefonia mobile. Oltre a ciò va considerato il fatto che in prevalenza le SRB vengono realizzate nei pressi di zone densamente abitate, questo per il tipo di tecnologia che viene applicata al fine di fornire il servizio, con una conseguente maggiore attenzione da parte degli enti e della popolazione sul controllo delle emissioni prodotte. Analizzando le misure di campo e considerando la situazione espositiva dovuta alle emissioni prodotte dagli impianti a radiofrequenza, si osserva una differenza sostanziale sui valori verificati nell'ambiente circostante i diversi impianti quando confrontiamo impianti radiotelevisivi ed impianti per telefonia mobile. Per ogni sopralluogo vengono effettuate diverse misure selezionando i punti più significativi (per esposizione e per presenza di popolazione).

Nel grafico di figura 20 è mostrata la di-

Figura 17 – Controlli strumentali su Stazioni Radio Base per la telefonia mobile

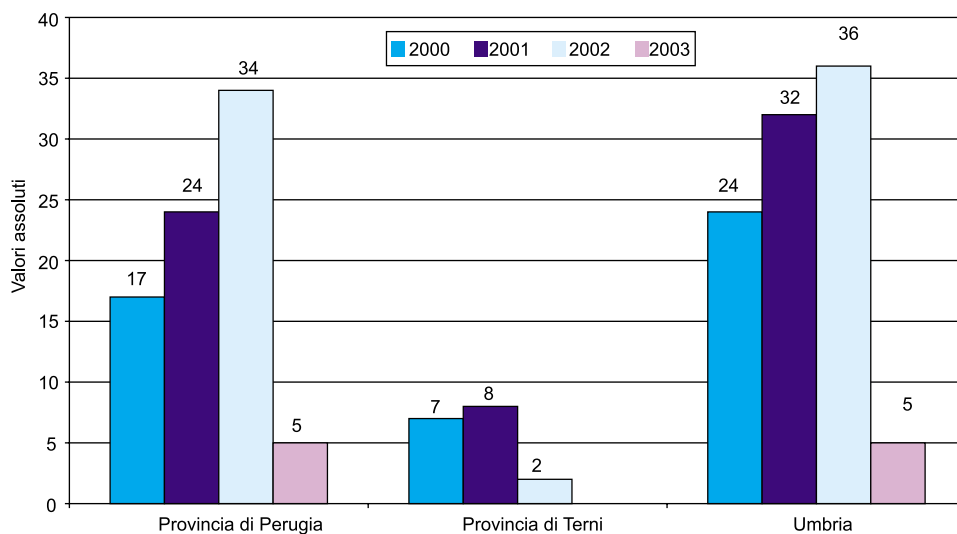


Figura 18 – Controlli strumentali su impianti radiotelevisivi

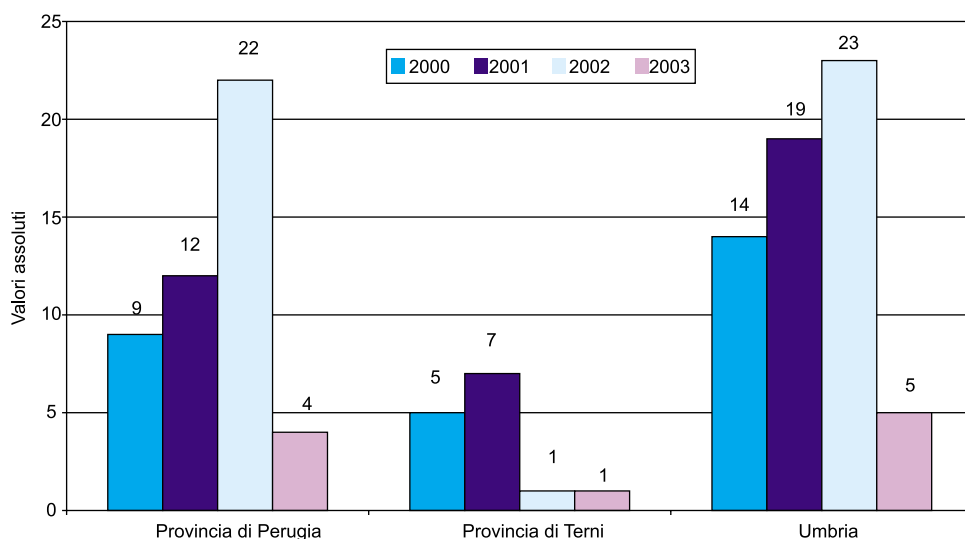
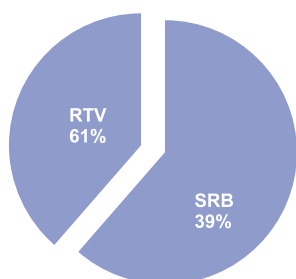


Figura 19 – Distribuzione delle misure per tipo di sorgenti a radiofrequenza



stribuzione dei valori di campo elettrico riscontrati con misure effettuate attraverso una strumentazione a banda larga nei pressi di SRB, suddivisa anno per anno; mentre in figura 22 sono riportati suddivisi per provincia le percentuali del totale dei valori misurati a banda larga dal 2000 al dicembre 2003.

La maggior parte dei siti indagati (96%) mostrano valori di campo elettrico al di sotto del 50% dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità stabiliti dal DPCM 8 luglio 2003 (6 V/m).

Una piccola percentuale dei siti mostra un valore di campo compreso tra 3 e 6 V/m; in questi casi è stato superato il 50% del valore di attenzione (3 V/m) e le norme di buona tecnica consigliano di eseguire un'analisi in banda stretta dei segnali pre-

senti, analisi che diventa assolutamente necessaria nel caso in cui sia superato il 75% di tale limite (4,5 V/m). Le misure selettive consentono:

- di conoscere la composizione spettrale dei segnali che contribuiscono al livello di campo elettrico misurato;
- una migliore caratterizzazione dei livelli di campo elettrico per le sorgenti che non emettono in modo continuo (ad esempio le SRB dei sistemi cellulari);
- di stabilire, in caso di superamento dei limiti o dei valori di attenzione, quali sono le emittenti che contribuiscono al superamento.

Nei casi specifici sono state effettuate anche misure in banda stretta per i siti controllati nel 2003 in quanto siti complessi con presenza di più sorgenti sia di telefo-

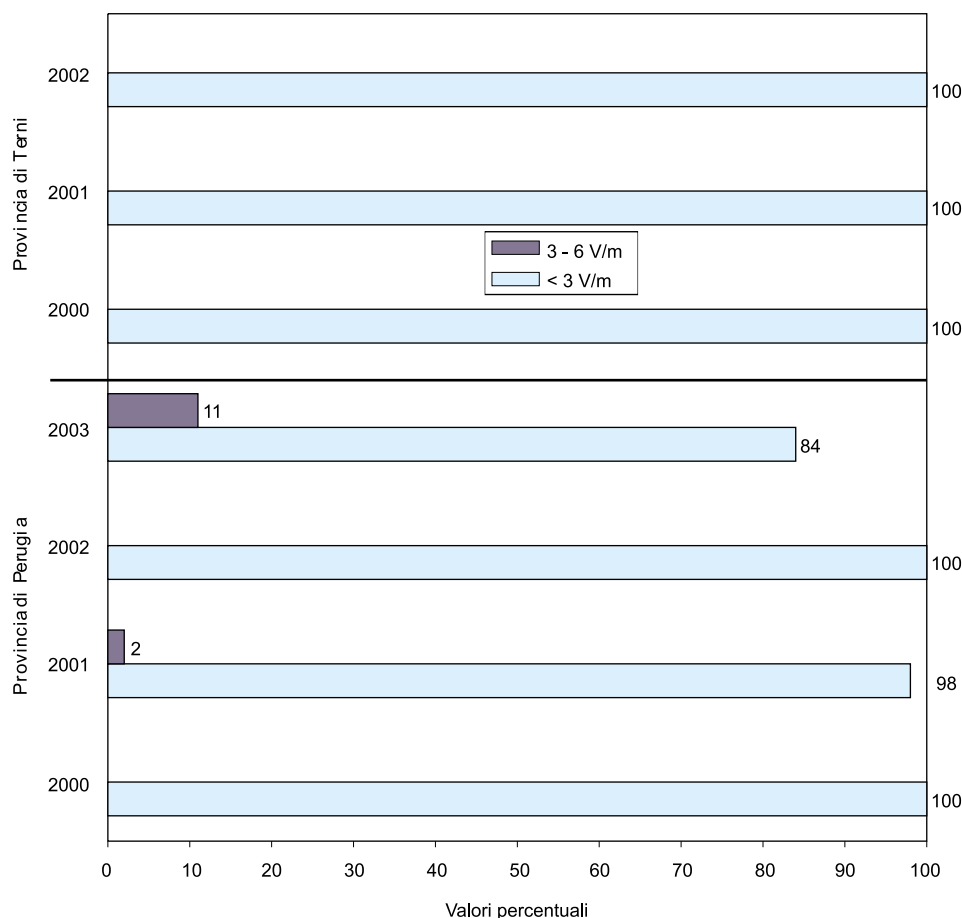


Figura 20 – Distribuzione dei livelli di campo elettrico emessi da ripetitori di telefonia mobile suddivisi per anno per le due province

nia mobile che radiotelevisive; tali misurazioni hanno confermato il rispetto dei limiti di esposizione previsti dalla normativa vigente.

La situazione espositiva per quanto riguarda i siti radiotelevisivi è riportata nell'istogramma di figura 22 che mostra la distribuzione degli interventi sulle stazioni radiotelevisive in relazione ai valori di campo elettrico riscontrati, suddivisi per anno e per provincia, mentre in figura 24 riportiamo le percentuali totali dei valori misurati sempre suddivisi per provincia. Analizzando la distribuzione delle misurazioni nei diversi anni i siti RTV monitorati hanno valori di campo elettrico inferiore a 3 V/m per la maggior parte dei casi (oltre il 50%), ma presentano una elevata percentuale di misure con valori di campo compresi tra 3 e 6 V/m (26%) e numerosi casi di valori superiori ai 6 V/m (42%). Di questi solo una parte è interessata dalla presenza per periodi prolungati (non inferiore alle quattro ore giornaliere) di

popolazione e pertanto non sono applicabili il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità (pari a 6 V/m), mentre per gli altri casi sono già in corso le procedure di risanamento.

Dall'analisi di questi risultati si evince che i siti più critici dal punto di vista espositivo sono quelli radiotelevisivi in quanto utilizzano potenze in antenna di decine di kW o MW contro i 50÷100 W delle stazioni radio base. Di contro tali siti, che sono in genere complessi, ovvero vi sono installate numerose antenne radiofoniche e televisive e a volte anche radiobase e radioamatoriali, nella maggior parte dei casi si trovano sulla cima di colline o montagne in zone non abitate o scarsamente abitate,

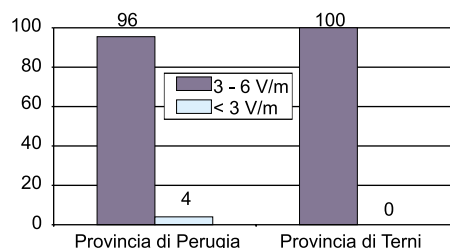


Figura 21 – Distribuzione dei livelli di campo elettrico emessi da ripetitori di telefonia mobile suddivisi per le due province

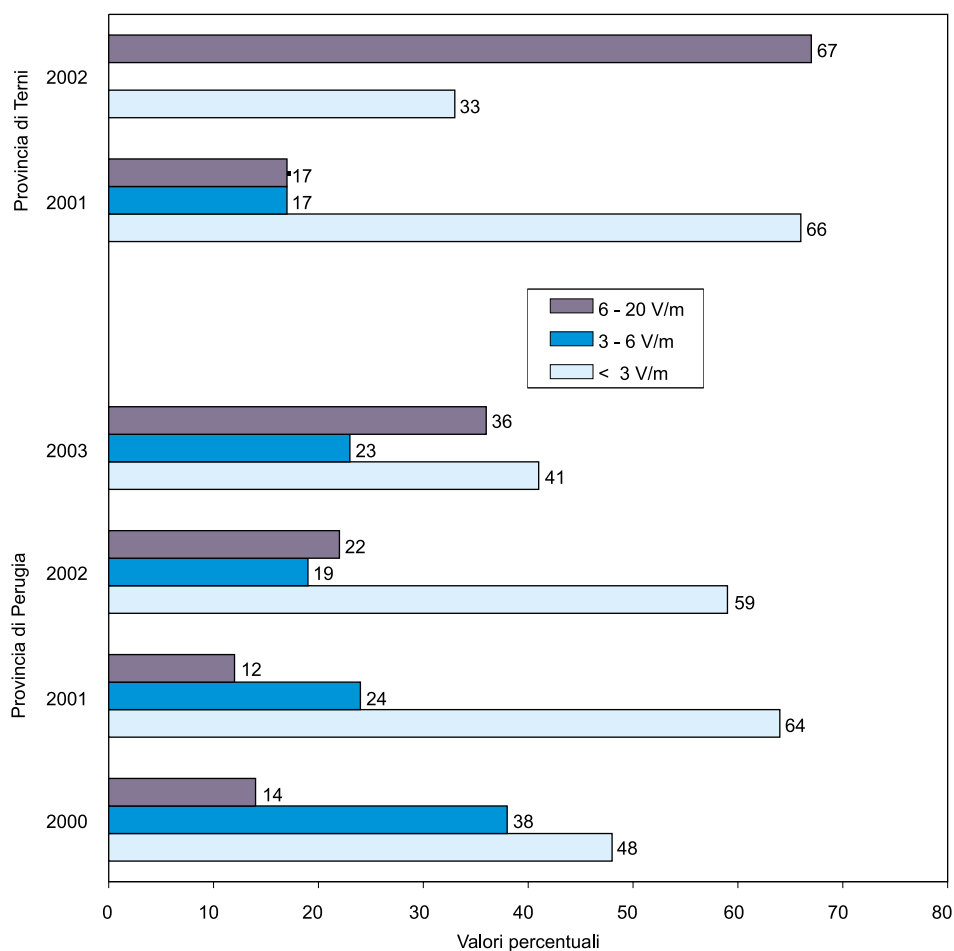


Figura 22 – Distribuzione dei livelli di campo elettrico emessi da ripetitori radiotelevisivi suddivisi per anno per le due province

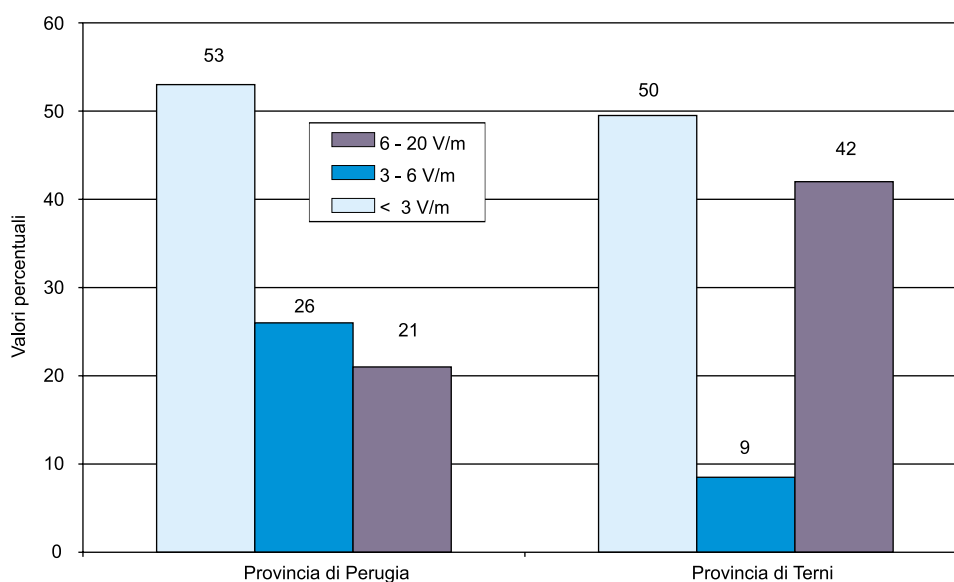


Figura 23 – Distribuzione dei livelli di campo elettrico emessi da ripetitori radiotelevisivi suddivisi per le due province

comportando un minore rischio di esposizione per la popolazione.

Oltre all'attività di controllo su impianti già esistenti le sedi provinciali partecipano alle misure di post attivazione dei nuovi impianti. Tale attività si basa sulle direttive della delibera di Giunta Regionale n. 964/00 in base alla quale i gestori dei sistemi di telecomunicazione hanno l'ob-

bligo di eseguire misure intorno all'impianto una volta che questo è stato realizzato ed attivato. Le misure sono generalmente eseguite in presenza di personale ARPA che ne verifica la corretta esecuzione, garantendo anche che la selezione dei punti di misura sia la più cautelativa possibile. Una volta realizzato il sopralluogo il gestore fornisce, ad ARPA e all'ente che

ne ha autorizzato la realizzazione, una relazione contenente le misure e i dati tecnici di attivazione dell'impianto stesso; tale documento viene valutato al fine di verificare la rispondenza delle emissioni ai valori valutati nella previsione e la conformità ai limiti stabiliti dalla normativa. I dati sono poi inseriti nel catasto delle sorgenti NIR al fine di avere un quadro aggiornato delle sorgenti e delle loro emissioni sul territorio regionale. In figura 24 è riportato il numero di sopralluoghi per le misure di post-attivazione di stazioni radio base per telefonia mobile effettuate sul territorio regionale dal 2001 al 2003.

3.5. Rete di Monitoraggio in continuo RF

La rilevazione dei campi elettromagnetici nell'ambiente e la conseguente verifica del rispetto dei limiti imposti dalle recenti norme di settore, è oggetto di una costante attività di controllo da parte dell'Agenzia per l'ambiente. L'attività di controllo è stata negli ultimi anni integrata con un nuovo e diverso strumento di conoscenza dell'ambiente rappresentato dalla rete di monitoraggio dei campi elettromagnetici ad alta frequenza. La finalità è essenzialmente quella di contribuire alla conoscenza del clima elettromagnetico nell'ambiente, sia esso urbano che rurale, ma interessato da sorgenti di emissione importanti, o altro. Il monitoraggio in continuo per periodi prolungati, garantito dalla rete di centraline di misura, fornisce anche elementi di trasparenza utili per l'uso a fini informativi e comunicativi.

Altre ricadute utili derivanti dalla disponibilità e dall'esercizio di una rete estesa di monitoraggio riguardano:

- l'aiuto che essa fornisce, attraverso i dati e le informazioni che ne possono derivare, all'amministratore locale che deve autorizzare le nuove installazioni o pianificarne, in accordo con gli operatori, il loro inserimento nel territorio comunale. È chiaro che ciò favorisce

anche le condizioni per uno sviluppo compatibile con l'ambiente e con le esigenze dell'individuo in senso generale, ottimizzando tra l'altro le azioni degli enti di controllo;

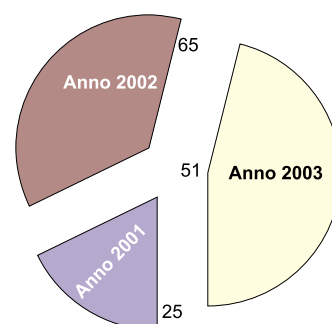
- la possibilità di disporre in maniera organica di informazioni temporali e spaziali riguardo alla distribuzione dei livelli di campo elettromagnetico nell'ambiente correlabili alla presenza di impianti operanti a radiofrequenza sono utili anche al mondo scientifico per valutazioni di maggiore accuratezza.

Con Decreto del 4 maggio 2001 il Ministero delle Comunicazioni ha incaricato la Fondazione Ugo Bordoni (FUB) di realizzare la rete di monitoraggio nazionale delle sorgenti a radiofrequenza. Per il raggiungimento degli obiettivi che tale rete di monitoraggio persegue, a partire dal 2002 la Fondazione ha promosso sperimentazioni in ambito locale dalle quali trarre indicazioni ed orientamenti per la realizzazione della rete.

ARPA Umbria, già a partire dalla fine del 2001, aveva avviato il monitoraggio in continuo mediante tre centraline distribuite sul territorio regionale; pertanto, utilizzando tale strumentazione, ha preso parte alla fase di sperimentazione per un periodo di 6 mesi, dall'agosto 2002 a gennaio 2003, studiando l'effetto di attenuazione che il campo elettrico prodotto da impianti per telecomunicazioni (Radio, TV, SRB, ecc.) subisce in presenza di schermi quali i muri degli edifici. Per valutare tale effetto schermante, sono state eseguite valutazioni strumentali effettuando un confronto tra le misure eseguite in esterno e quelle eseguite in interno in corrispondenza dello stesso luogo abitativo. Le misure sono state eseguite tramite centralina di monitoraggio in continuo posizionata per un periodo di circa sette giorni in esterno (terrazzo, cortile, ecc.) e per lo stesso intervallo di tempo nei corrispondenti ambienti interni. Inoltre è stata effettuata una verifica attraverso misure con mezzo mobile.

I luoghi per la sperimentazione sono stati

Figura 24 – Numero di sopralluoghi di misura di post – attivazione effettuati in Umbria negli anni dal 2001 al 2003



individuati in una porzione del centro delle città di Perugia e Terni; la selezione è stata effettuata in base alla presenza di impianti e alla densità di edifici adibiti ad abitazione o uffici (aree a permanenza prolungata).

I risultati della sperimentazione sono riassunti nella tabella 12.

Terminata la fase sperimentale, la rete è stata integrata con altre centraline fornite dalla FUB (attualmente 5), ora si sta passando alla fase di realizzazione definitiva attraverso la stesura di un nuovo Protocollo di Intesa tra FUB ed ARPA. Nella fase definitiva è previsto che la Fondazione consegna ad ARPA Umbria un totale di 18 centraline.

L'attività della rete di monitoraggio, nelle sue diverse fasi di realizzazione, ha permesso all'Agenzia di svolgere i propri compiti di controllo e vigilanza monitorando in modo continuativo numerosi impianti sia per telefonia mobile che radiotelevisivi. In allegato riportiamo con dettaglio la descrizione e i risultati del monitoraggio in continuo nel periodo gennaio 2001-dicembre 2003, distinti per anno e per il singolo punto di monitoraggio.

A titolo di esempio riportiamo il grafico relativo a due diversi monitoraggi: il primo eseguito nei pressi di un impianto per

telefonia mobile (fig. 25), il secondo nei pressi di un sito con numerosi impianti radiotelevisivi (fig. 26).

Come si può notare, l'andamento è molto variabile nel tempo per entrambe le situazioni, ma con valori che in media sono inferiori a 0,5 V/m per la SRB ed intorno ai 4 V/m per il sito radiotelevisivo. Il monitoraggio permette, come valore aggiunto, di verificare che i valori non superino mai i limiti stabiliti dalla norma in nessun momento della giornata, né sul lungo periodo.

La valutazione percentuale dei valori di campo elettrico valutato nei singoli punti di misura suddiviso per anno è riportato in figura 27. L'andamento delle misure con monitoraggio conferma quanto già riscontrato con le misure con strumentazione istantanea: nei controlli presso stazioni radio base per la telefonia mobile, i valori misurati di campo elettrico risultano per la maggior parte dei casi (oltre il 97%) inferiori alla metà dei valori di cautela e degli obiettivi di qualità, negli altri casi inferiori a tali valori; nel caso di impianti radiotelevisivi, i valori di campo elettrico, pur rimanendo nella maggior parte dei casi entro la metà del limite (75%), evidenziano una piccola percentuale (13%) superiore al valore di cautela, prossima al limite di esposizione.

Indirizzo	Impianti presenti	Periodo di misura	Sito di misura	E_{med} (V/m)	E_{max} (V/m)
Città di Perugia					
Piazza Morlacchi	SRB + Radio	dal 06/08/02 al 13/08/02	Ufficio (esterno)	0,72	0,9
		dal 13/08/02 al 21/08/02	Ufficio (interno)	0,72	0,9
Via Baglioni	SRB + Radio	dal 21/08/02 al 29/08/02	Ufficio (esterno)	1,94	2,5
		dal 29/08/02 al 12/09/02	Ufficio (interno)	0,72	0,9
Piazza Matteotti	SRB + Radio	dal 15/10/02 al 24/10/02	Ufficio (esterno)	0,72	0,9
		dal 24/10/02 al 31/10/02	Ufficio (interno)	0,93	1,2
Località San Martino in Campo	Radio Onde Medie	dal 31/10/02 al 14/11/02	Abitazione (esterno)	3,72	3,3
		dal 14/11/02 al 24/11/02	Abitazione (interno)	0,72	0,9
Piazza Michelotti	SRB + Radio	dal 10/12/02 al 07/01/03	Abitazione (esterno)	0,74	2,9
Città di Terni					
Largo Villa Glori	SRB	dal 11/07/02 al 18/07/02	Abitazione (esterno)	0,72	1,2
		dal 18/07/02 al 29/07/02	Abitazione (interno)	0,72	1,2
Via Petrucci	SRB	dal 23/09/02 al 03/10/02	Abitazione (esterno)	0,73	1,2
		dal 17/09/02 al 23/09/02	Abitazione (interno)	0,72	1,2
Via Petrucci	SRB	dal 02/12/02 al 10/12/02	Abitazione (esterno)	0,73	1,2
		dal 22/11/02 al 02/12/02	Abitazione (interno)	0,72	1,2

Tabella 12 – Risultati della sperimentazione ARPA Umbria Fondazione Ugo Bordoni per la realizzazione della rete di monitoraggio ad alta frequenza

Nota: I valori di campo si riferiscono a:

- valore medio = media sull'intero periodo di monitoraggio delle medie di 6 minuti;
- valore massimo = massimo nel periodo di monitoraggio relativo alle medie su 6 minuti.

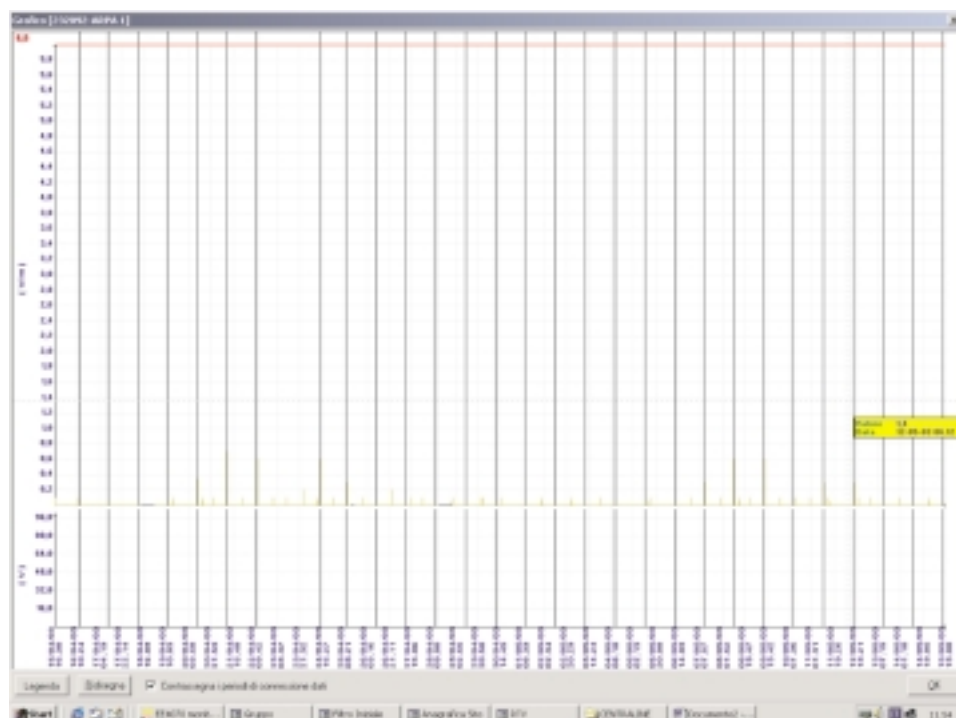
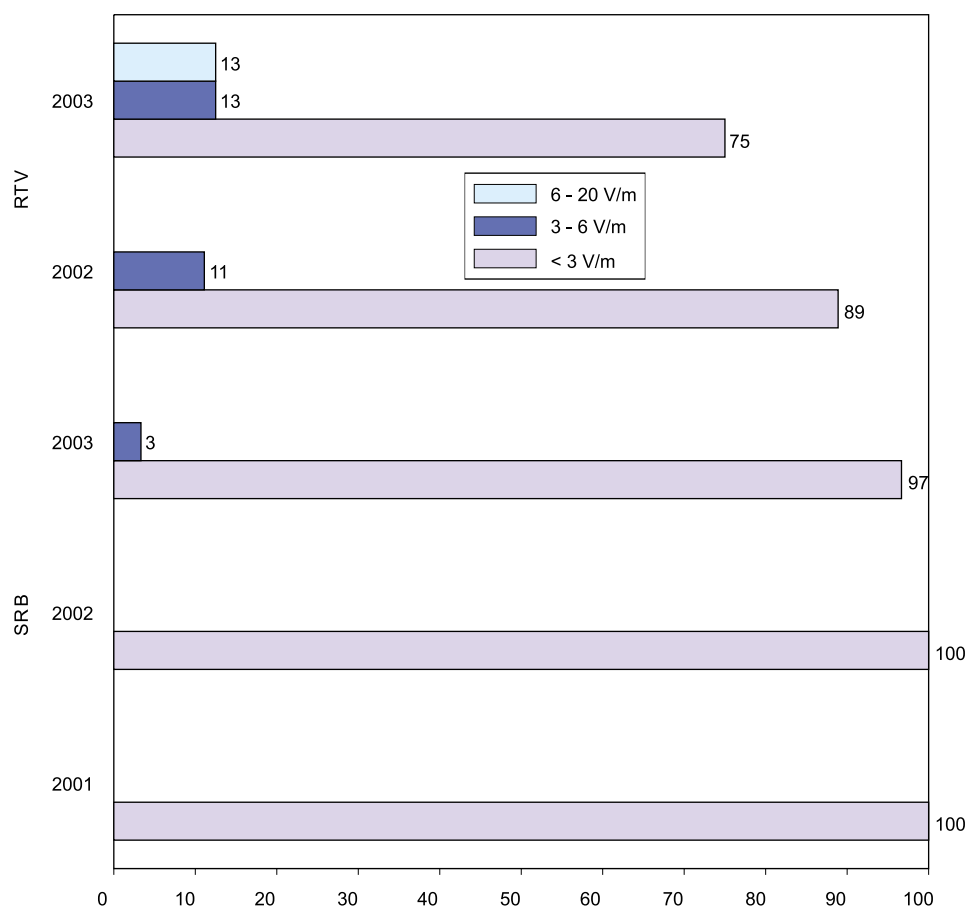


Figura 25 – Monitoraggio eseguito nei pressi di un impianto per telefonia mobile



Figura 26 – Monitoraggio eseguito nei pressi di un sito con numerosi impianti radio TV

Figura 27 – Distribuzione
dei livelli di campo elettrico
di monitoraggio



4. Attività di studio

ARPA elabora numerosi progetti, spesso proprio su richiesta di enti locali. Questi studi hanno lo scopo di sperimentare sul territorio, in collaborazione con università ed enti di ricerca, nuove metodologie. Data la grande sensibilità degli enti e dei cittadini alle emissioni prodotte da sorgenti NIR, negli anni 2001-2003 sono stati realizzati alcuni studi su vaste aree del territorio regionale sia in merito a sorgenti ELF che a sorgenti RF.

4.1. Progetto ELF - Sorgenti con frequenza estremamente bassa nel comune di Foligno

ARPA Umbria in collaborazione con il Comune di Foligno ha avviato, a partire da novembre 2002, un progetto di “Stima dei livelli di campo elettrico e di campo magnetico generato da linee aeree ad alta tensione”. Il progetto interessa diverse zone della città di Foligno, in particolare:

- Sant'Eraclio;
- Sportella Marini;
- San Giovanni Profiamma;
- Via Piave ampliata poi sino a San Bartolomeo.

Il progetto, articolato in due fasi, è partito dall'indagine sulle caratteristiche urbanistiche delle zone selezionate e la relativa collocazione delle linee aeree ed è proseguito con controlli strumentali a maglie strette selezionando gli edifici più prossimi alle linee ad alta tensione, più esposti e rappresentativi degli edifici circostanti.

Lo studio è stato realizzato attraverso una campagna di indagine effettuata con due diverse tipologie di strumentazione porta-

tile: un modello in grado di fare misure immediate di campo elettrico e campo di induzione magnetica (o campo magnetico) ed uno per misure in continuo di campo di induzione magnetica. Per le misure in continuo il periodo di monitoraggio è stato scelto pari ad una settimana, comprendendo sia giorni lavorativi che festivi, così da valutare i campi con i diversi regimi di funzionamento delle linee elettriche. La strumentazione è in grado di fornire valori di campo magnetico prodotto dalle sorgenti in maniera continuativa registrando un valore ogni 5 minuti. I valori di campo magnetico sono proporzionali alla corrente che attraversa la linea nel momento in cui si effettuano le misure. Per meglio collegare i dati di monitoraggio con il funzionamento degli elettrodotti, per ogni sopralluogo sono stati richiesti i dati di funzionamento delle linee stesse durante le fasi di misura e i valori di tensione e corrente di esercizio così da verificare che durante i monitoraggi le linee fossero in funzione nelle normali condizioni di esercizio.

I risultati dello studio sono riassunti nel grafico di figura 28, dove si riportano i valori di campo magnetico rilevati nei vari punti di controllo quali valori medi di tutti i dati registrati durante ogni singolo monitoraggio in continuo nelle diverse abitazioni, suddivisi per le aree di studio e confrontati con il valore di attenzione di 10 μ T. Come si può osservare un solo punto risulta con valori confrontabili con l'obiettivo di qualità stabilito dalla normativa (3 μ T), mentre gli altri valori misurati sono risultati tutti al di sotto di tale limite.

Tutti gli edifici selezionati per effettuare le misure sono stati georeferenziati e riportati su cartografia (figg. 31-33).

A titolo di esempio riportiamo il controllo effettuato in uno dei punti che dall’analisi finale è risultato tra i più esposti delle aree oggetto dello studio: quello di via Parigi, 25 (punto 2).

In località Sant’Eraclio di Foligno le misure di campo elettrico e magnetico sono state effettuate all’interno di numerose abitazioni di un complesso a schiera che si trova quasi parallelo alle linee elettriche.

Le misure sono state eseguite il 19 novembre 2002. Dopo aver preso visione del sito è stata individuata l’area all’interno dell’abitazione in oggetto maggiormente esposta; in tale area, sono stati selezionati alcuni punti e rilevati i valori di campo elettrico e magnetico massimi con strumentazione palma-

re. I risultati delle misure sono riportati in tabella 13, dove i valori di campo elettrico e magnetico sono quelli massimi misurati.

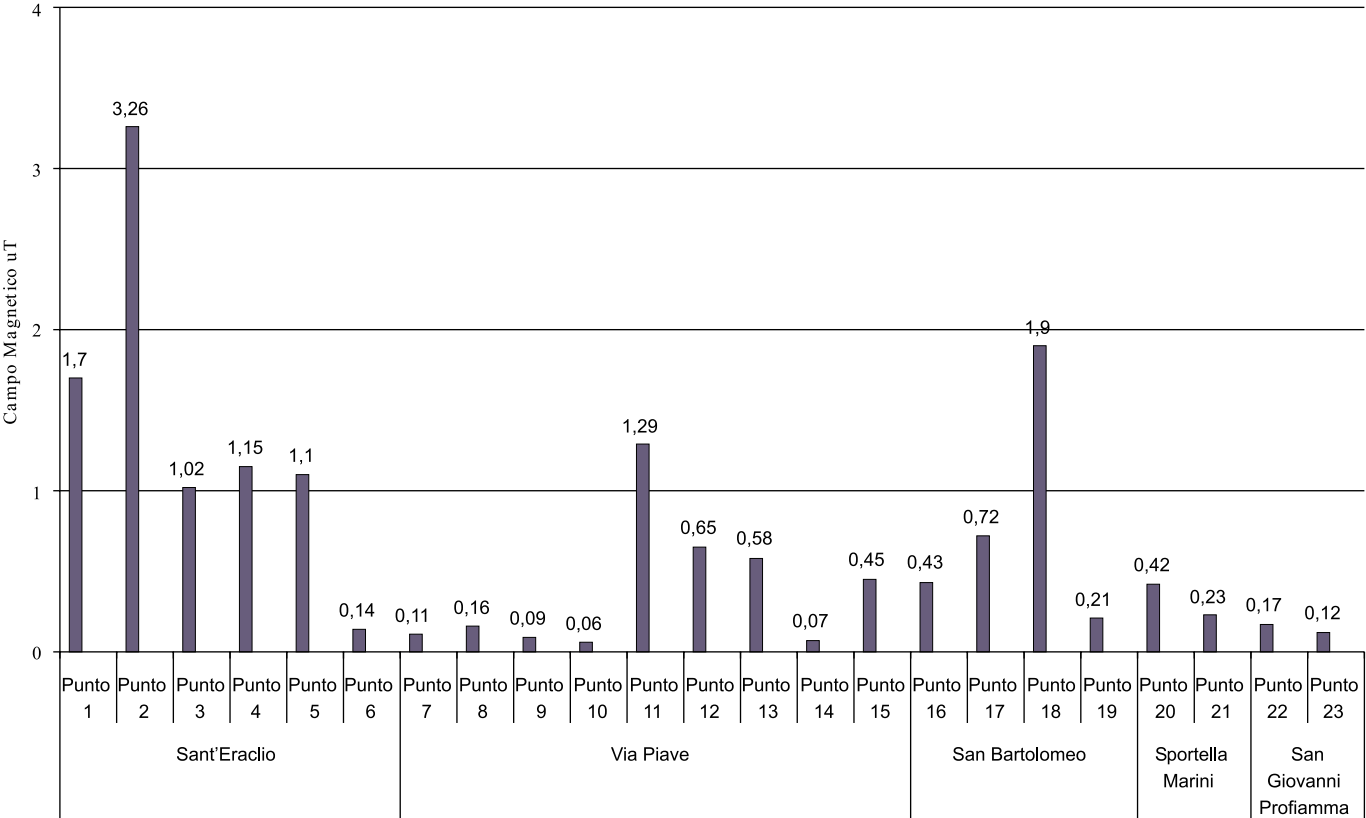
Il monitoraggio è stato eseguito per il periodo che va dalle ore 16.00 dell’11 novembre 2002 alle ore 15.00 del 18 novembre 2002. Il misuratore in continuo è stato posizionato all’interno della mansarda. I risultati del monitoraggio del Campo magnetico hanno dato un valore medio pari a 3,26 μ T, una mediana di 3,2, un valore massimo di 3,31 e un valore minimo di 2,32 (fig. 30).

Lo studio eseguito sul territorio della città di Foligno ha permesso di verificare la presenza di campo magnetico ELF nei pressi di tutte le zone ad alta densità di popolazioni situate nei pressi di elettrodotti. Le misurazioni, sia istantanee che in continuo, mostrano per la totalità dei punti il rispetto dei

Tabella 13 – Controllo con misure istantanee di campo elettrico e magnetico in via Parigi, 25 (Foligno)

Descrizione	Distanza dal piano di calpestio (m)	Ora	Filtro	E (V/m)	B (μ T)
Esterno - giardino al di sotto delle linee	1	16,00	5 Hz ÷ 2 kHz	287,7	4,20
			50 Hz	281,7	3,20
Esterno - terrazzo	4,4	16,45	5 Hz ÷ 2 kHz	271,4	4,17
			50 Hz	210,4	3,20
Interno - camera	4,4	16,55	5 Hz ÷ 32 kHz	19,31	2,55
Interno - mansarda	7,6	17,00	5 Hz ÷ 2 kHz	-	2,97
			50 Hz	-	2,39

Figura 28 – Risultati dei monitoraggi in continuo nei singoli punti studiati



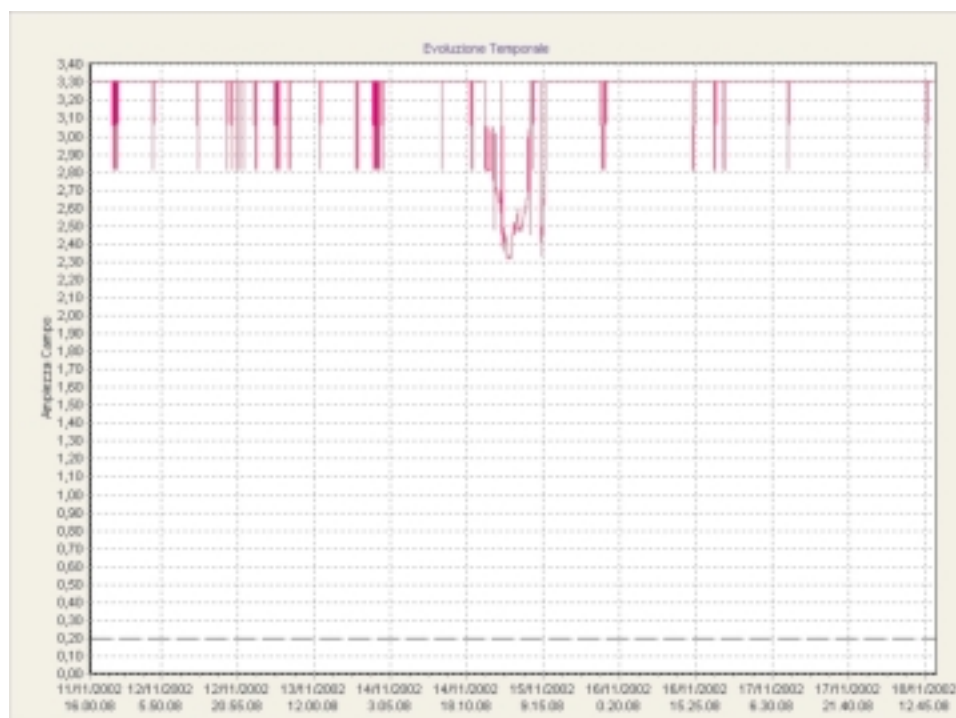


Figura 29 – Abitazioni a schiera di via Parigi (Foligno)

Figura 30 – Dati del controllo in continuo con le registrazioni di tutto il periodo di controllo

Figura 31 – Localizzazione dei punti di misura in località Sant'Eraclio





valori di attenzione stabiliti dalla normativa; solo una piccola percentuale (circa il 9%) si avvicina al valore corrispondente all'obiettivo di qualità e un solo punto lo supera. Va ricordato che i valori di attenzione rappresentano una misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete mentre gli obiettivi di qualità sono individuati ai fini della progressiva minimizzazione. Pertanto, l'analisi dei risultati dello studio ci permettono di poter considerare rassicurante la situazione di esposizione della popolazione ai campi magnetici prodotti da elettrodotti in una vasta area del territorio del comune di Foligno.

4.2. Progetto RIE - Riduzione Inquinamento Elettromagnetico

Lo studio è stato realizzato in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Elettronica e dell'Informazione (DIEI) dell'Università di Perugia all'interno del programma CNR - Agenzia 2000.

La finalità del progetto era di sviluppare un sistema per il calcolo dei livelli di campo elettromagnetico (EM) basato su modelli previsionali: in tale modo è possibile effettuare stime numeriche accurate atte a valutare preventivamente sia l'impatto elettromagnetico prodotto dagli impianti di telefonia mobile di futura installazione sia quello generato dagli impianti già esistenti. Inoltre, tramite uno strumento di previsione, si può ottimizzare il dimensionamento degli impianti ed il loro posizionamento riducendo nel contempo i campi elettromagnetici prodotti dagli impianti stessi, secondo una corretta pianificazione del territorio. Il sistema, che opera su piattaforma GIS (Sistema Informativo Geografico), permette una immediata visualizzazione del territorio e, negli sviluppi futuri, offre anche una interfaccia diretta con un simulatore di campo elettromagnetico a tale scopo implementato. Il progetto è stato esteso ed i modelli sono stati applicati a casi reali con una sperimentazione che ha interessato i comuni di

Foligno, Orvieto e Todi. In particolare sono state analizzate le emissioni di tutte le stazioni radio base (SRB) per la telefonia mobile presenti sul territorio cittadino secondo lo schema di seguito riportato:

- sono stati acquisiti i dati tecnici delle SRB presenti sul territorio da analizzare;
- sono stati acquisiti i dati urbanistici e territoriali;
- è stato realizzato un archivio dei valori di campo elettromagnetico di fondo mediante misure *in-loco*;
- è stata effettuata una valutazione del campo elettromagnetico prodotto da tutti gli impianti sul territorio mediante l'utilizzo dei modelli previsionali; i calcoli numerici sono stati effettuati in modo da tenere in considerazione la conformazione urbanistica e orografica reale;
- sono stati effettuati il progetto e lo sviluppo di ottimizzatori basati su metodi numerici euristici allo scopo di dimensionare in potenza e riposizionare le SRB per la telefonia mobile, minimizzando il campo elettromagnetico prodotto e garantendo al contempo una buona qualità della comunicazione.

Il sistema realizzato è strutturato secondo lo schema a blocchi riportato in figura 34 ed è costituito dai seguenti moduli fondamentali:

- il GIS/DBMS che è l'infrastruttura globale, composta da un ambiente GIS e un database in cui sono memorizzati tutte le caratteristiche elettromagnetiche (EM) delle sorgenti artificiali
- EMP (ElectroMagnetic Predictioning) è il blocco che racchiude tutti i modelli di radiopropagazione
- OP (Optimum Planning) è il modulo contenente i codici di ottimizzazione.

L'area geografica può essere descritta per mezzo del modulo GIS/DBMS così come anche tutte le sorgenti EM esistenti tipicamente eterogenee (si tiene così conto di tutte le sorgenti artificiali in modo da considerare anche le possibili interazioni tra di esse).

pagina precedente:

Figura 32 – Localizzazione dei punti di misura in località Sportella Marini e San Giovanni Profiamma

Figura 33 – Localizzazione dei punti di misura in via Piave e località San Bartolomeo

L'utilizzo dei modelli di radiopropagazione in EMP consente di effettuare la stima del campo EM in tutte le regioni opportunamente suddivise in griglie di punti. Il campo elettrico locale è considerato come ingresso al modulo di ottimizzazione OP che secondo una opportuna funzione costo modifica i livelli di potenza, il tilt e la posizione delle SRB in oggetto in modo che la successiva stima con EMP sia migliore. L'utilizzo iterativo di OP e EMP termina quando sono raggiunti opportuni criteri di convergenza.

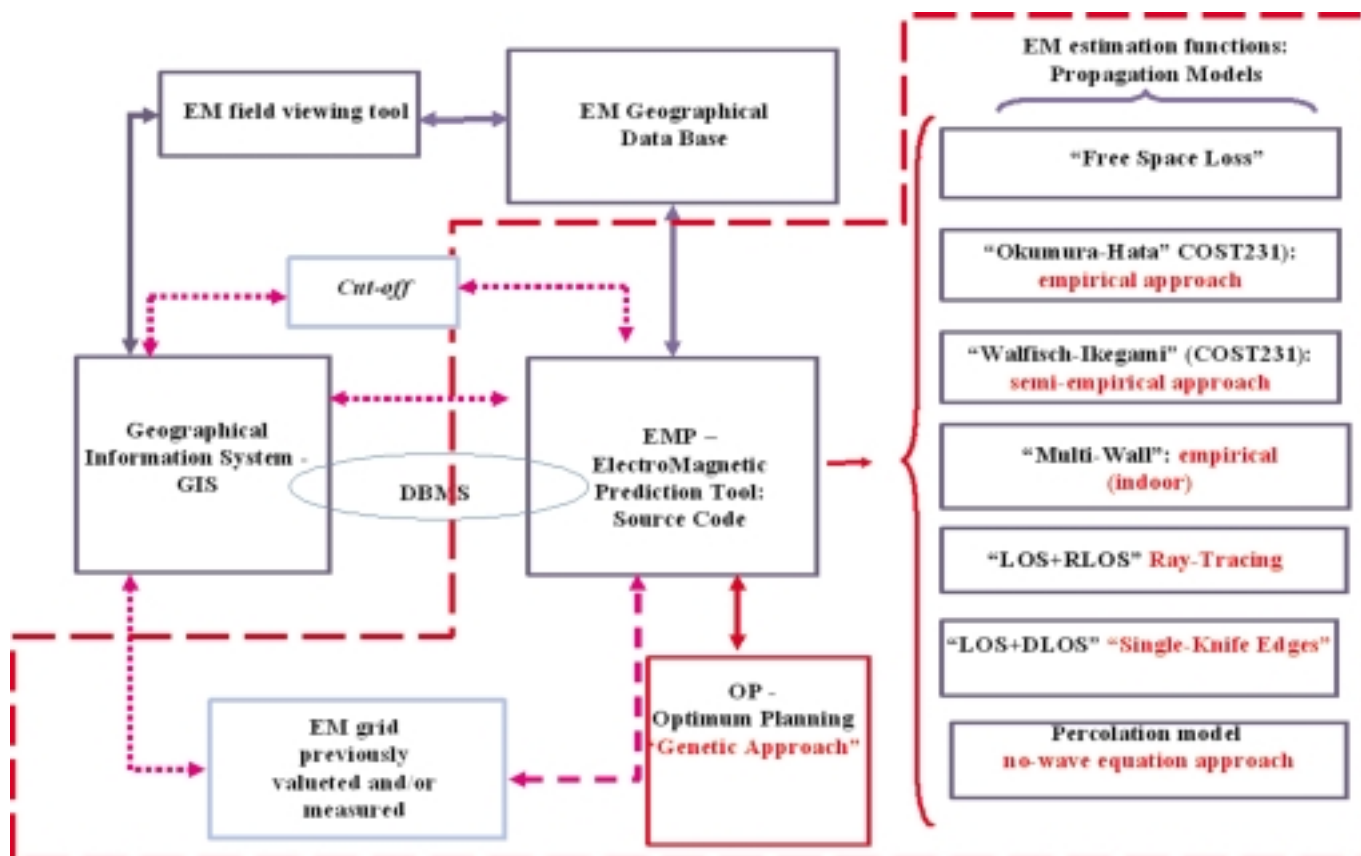
L'implementazione di un'ampia gamma di modelli di radiopropagazione consente di ottenere il giusto compromesso tra accuratezza e bontà della soluzione. Il confronto fra i risultati ottenuti utilizzando il modello di spazio libero e i modelli di Okumura-Hata e di Walfisch-Ikegami mette in risalto una discrepanza massima di 65 dBmV/m; da quest'ultima considerazione risulta dunque evidente quanto sia importante effettuare accuratamente la scelta dei modelli.

In letteratura [6] il problema della propa-

gazione in ambiente urbano è stato ampiamente affrontato e risolto; sono infatti numerosi i modelli con cui è possibile valutare numericamente l'interazione con l'ambiente esterno nella stima dei livelli di campo elettromagnetico. Nello studio sono stati scelti i seguenti approcci:

- *Modelli in Spazio Libero (FSL)*: implementazione della formula di Friis in spazio libero, caratterizzato però da un notevole grado di approssimazione, in cui sorgente e ricevitore sono in visibilità e non vengono considerate ostacoli interposti.
- *Modelli Empirici*: tra i modelli empirici è stato scelto il modello di Okumura-Hata trattato e ampliato nel progetto COST 231 [2]. Tale tipo di approccio fornisce stime di campo elettromagnetico sufficientemente realistiche, pur rimanendo valido sotto ipotesi restrittive sulla sorgente.
- *Modelli Semi Empirici*: è stato adottato il modello di Walfisch-Ikegami presentato nel progetto COST 231 [2-6] nel quale sono presi in considerazione

Figura 34 – Architettura di sistema. Il diagramma a blocchi rappresenta i tre moduli principali e i reciproci collegamenti, con cui è stato realizzato il Progetto RIE



sia l'effetto guidante causato dalla presenza delle vie tra gli edifici, sia le diffrazioni multiple prodotte dagli edifici stessi.

La pianificazione ottimale di una rete radio mobile e, in particolare la definizione dei suoi parametri fondamentali è un problema complicato a causa sia della intrinseca complessità numerica, sia dei vincoli topologici. L'approccio combinatorio all'ottimizzazione, mediante algoritmi euristici è stato sperimentato con successo in molteplici campi di applicazione. Tra tutti i possibili approcci, gli algoritmi genetici (GA) costituiscono una soluzione appropriata al problema in esame grazie alla elevata flessibilità e semplicità della teoria dei GA nonché alla naturale semplicità con cui l'implementazione può estendersi al supercalcolo; questa ultima proprietà costituisce infatti la maggiore attrattiva nell'utilizzo delle suddette tecniche.

L'applicazione del sistema realizzato sui tre Comuni umbri (Todi, Orvieto e Foligno), ne dimostra la realizzabilità e la robustezza: si riscontrano infatti sia riduzioni del livello di potenza totale sia miglioramenti

della copertura radio nonché della qualità del servizio stesso.

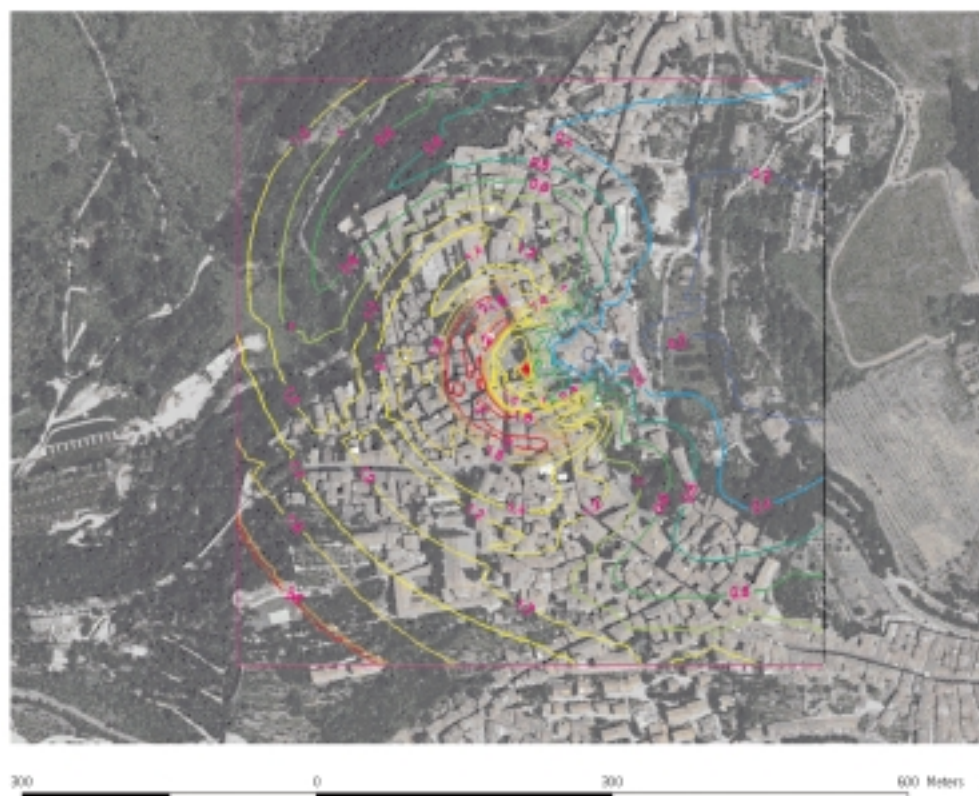
Di seguito riportiamo in modo sintetico i risultati ottenuti.

Todi

Il Comune di Todi ha preso parte al Progetto RIE con richieste specifiche affinché fossero eseguite valutazioni preventive su aree variamente dislocate nel territorio comunale; in particolare sono stati analizzati i sistemi GSM, DCS e UMTS:

- 4 impianti per telefonia mobile in progetto nel centro storico della città su un'area quadrata di 600 m di lato (Centro Storico);
- 3 impianti situati alla periferia della città sia già attivi che in fase di progetto su un'area quadrata di 4 km di lato. In tale zona la morfologia del territorio ha reso necessario effettuare le stime tenendo conto del dislivello fra i centri elettrici delle SRB (zona Porta Romana);
- 2 impianti attivi in zona collinare di periferia su un'area di 4 km di lato (Località Canonica).

Figura 35 – Distribuzione di campo elettrico georeferenziato su foto aerea ortogonizzata del centro storico della città di Todi (valori espressi in V/m e spazio libero a $1,5\text{ m}$ dal suolo)



Campo Elettrico (V/m)

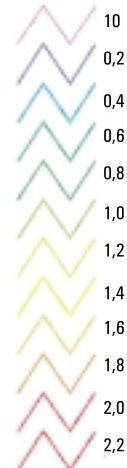


Figura 36 – Distribuzione di campo elettrico georeferenziato su foto area ortogonizzata della zona di Porta Romana (330 m s.l.m.) e della località Canonica (330 m s.l.m.) della città di Todi (valori espressi in V/m e spazio libero a 1,5 m dal suolo)

Sono anche state effettuate misure con strumento a banda larga per rilevare il campo elettromagnetico di fondo; i risultati ottenuti, su un totale di 9 punti di misura nelle aree intorno agli impianti attivi, sono tutti al di sotto di 1V/m. I sopralluoghi di misura hanno evidenziato la presenza di 1 impianto radio nel centro storico e 1 impianto televisivo in zona Porta Romana i cui contributi sono considerati nelle misure a banda larga eseguite.

Orvieto

Sono state prodotte le mappe di isointensità di campo elettrico considerando 6 impianti situati nella città di Orvieto (2 in cosito) di cui 4 attivi e 2 in fase di progetto per i sistemi TACS, GSM, DCS e UMTS. Le stime sono state effettuate in un'area di 3 km x 3 km.

Contestualmente alle valutazioni è stata effettuata una campagna di misure con strumento a banda larga per rilevare il campo elettromagnetico di fondo. I risultati ottenuti su un totale di 10 punti di misura distribuiti nell'intorno dei 4 impianti attivi sono risultate al di sotto della soglia di rilevabilità dello strumento.

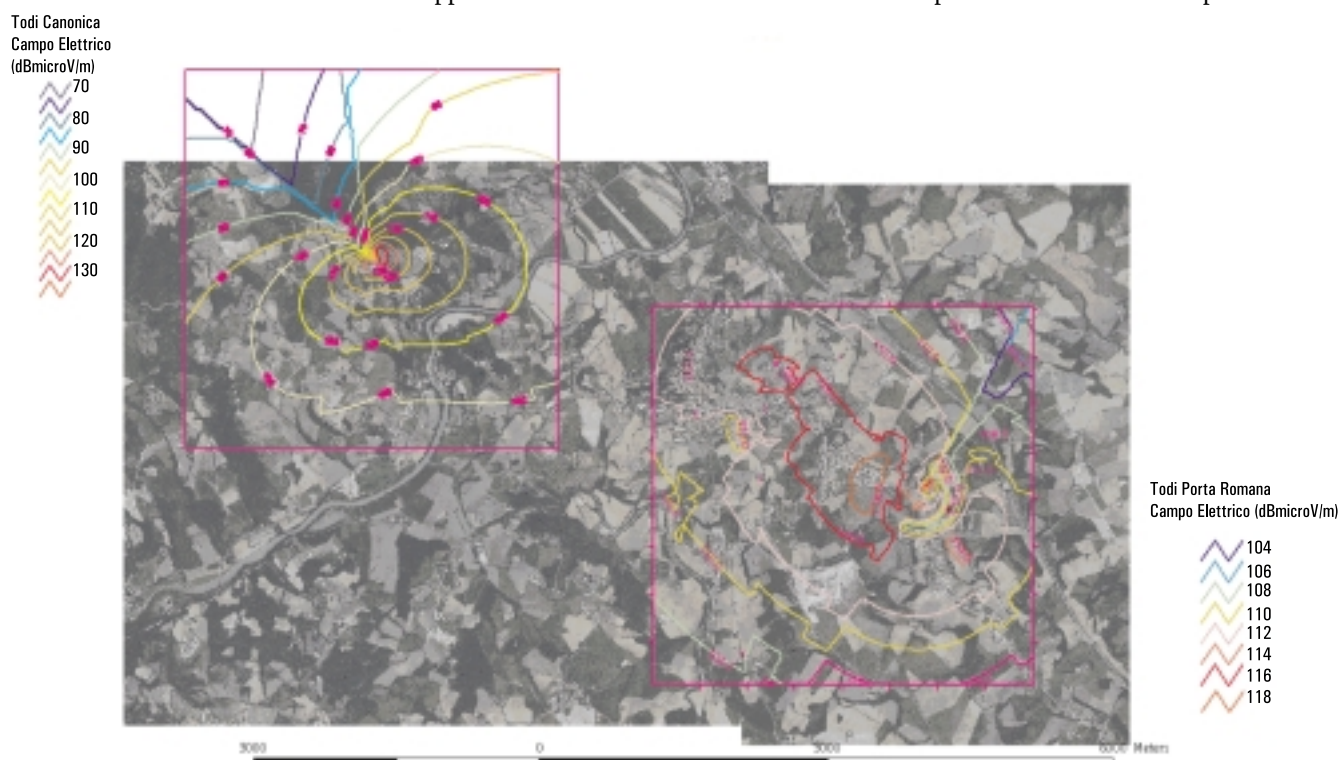
L'applicazione di un criterio di ottimiz-

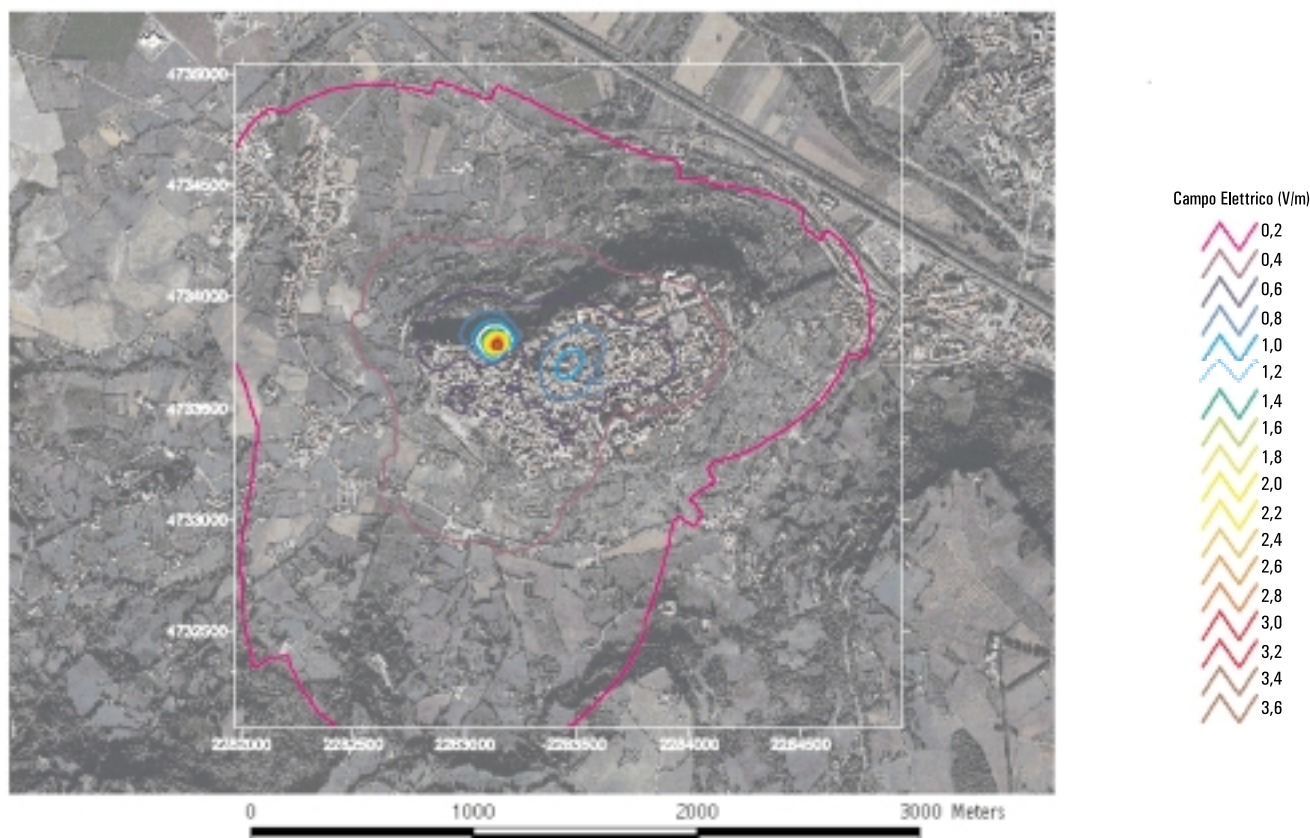
zazione è possibile generalmente per una sotto rete di almeno tre SRB appartenenti allo stesso gestore. Come è emerso dallo studio sul territorio della città di Orvieto tale condizione non è soddisfatta. Nello stesso tempo le misure non hanno evidenziato particolari situazioni di superamento rilevando valori di campo elettrico molto inferiori ai limiti stabiliti dalla normativa. Pertanto non è stato applicato il metodo di posizionamento e dimensionamento ottimo delle stazioni radio base esistenti.

Foligno

L'applicazione del progetto RIE alla città di Foligno ha interessato una porzione di territorio di 5 km x 5 km al cui interno si trovano 7 SRB di cui 6 attive nei sistemi TACS, GSM e DCS e 1 in progetto per la rete UMTS. Sono state effettuate misure con strumentazione a banda larga nei punti più esposti; è stato inoltre rilevato il contributo di impianti radio FM non tenuto in conto nelle stime predittive.

In figura 38 sono riportati i dati rilevati (terza spezzata dal basso). Ricordando che la maggior parte dei punti di misura si trovava in posizione di visibilità con le antenne, non stupisce il fatto che i valori più attendibili





siano quelli ottenuti con FSL (quarta spezzata dal basso). I valori ricavati con il modello COST231-Okumura-Hata (prima spezzata dal basso), nel range di validità del metodo, forniscono una sottostima per la natura intrinseca del modello empirico. Utilizzando l'approccio COST231-Walfisch-Ikegami (seconda spezzata dal basso), la non-omogeneità topologica della zona considerata porta comunque ad una discrepanza rispetto alle misurazioni. È opportuno notare che nei punti 34 e 35 (cerchiati) le simulazioni in FSL hanno riportato valori inferiori a quelli misurati: ciò è dovuto al fatto che in quella zona è presente un forte contributo dovuto ad una radio FM che non è stato tenuto in conto nelle stime.

L'algoritmo di ottimizzazione è stato applicato alle SRB del gestore con il maggior numero di impianti (4) considerando che il contributo globale di tutti i gestori doveva mantenersi al di sotto del limite di legge. Mediante l'algoritmo di ottimizzazione si è riscontrato che riposizionando adeguatamente (nel raggio di 500 m) ogni SRB appartenente ad un unico gestore e dimensionando opportunamente (sia au-

mentando che diminuendo) la massima potenza emessa da ciascuna antenna trasmittente, non solo il livello di campo elettrico risultante dal contributo totale di tutti gli impianti installati diminuisce, ma si riesce a migliorare il grado di copertura del singolo gestore.

I risultati sono riportati nella figura 39 dove nell'immagine centrale sono rappresentati i valori ottenuti non applicando l'ottimizzatore e nelle immagini al contorno rappresentano invece i valori ottenuti dall'applicazione dei differenti criteri di pianificazione ottima.

Il monitoraggio di una vasta zona urbana dimostra dunque che l'utilizzo di sistemi automatici per la valutazione predittiva dei livelli di campo fornisce buoni risultati; in una città di medie dimensioni, come quella in oggetto, utilizzare il modello in spazio libero, comunemente utilizzato per le valutazioni di nuovi impianti, è sufficiente ai fini protezionistici in quanto il campo elettromagnetico viene addirittura sovrastimato. I modelli più accurati, a causa dei limiti d'applicabilità, forniscono risultati che in alcune condizioni potrebbero invece

Figura 37 – Distribuzione di campo elettrico georeferenziato su foto aerea ortogonizzata della città di Orvieto (valori espressi in V/m e spazio libero a 1,5 m dal suolo)

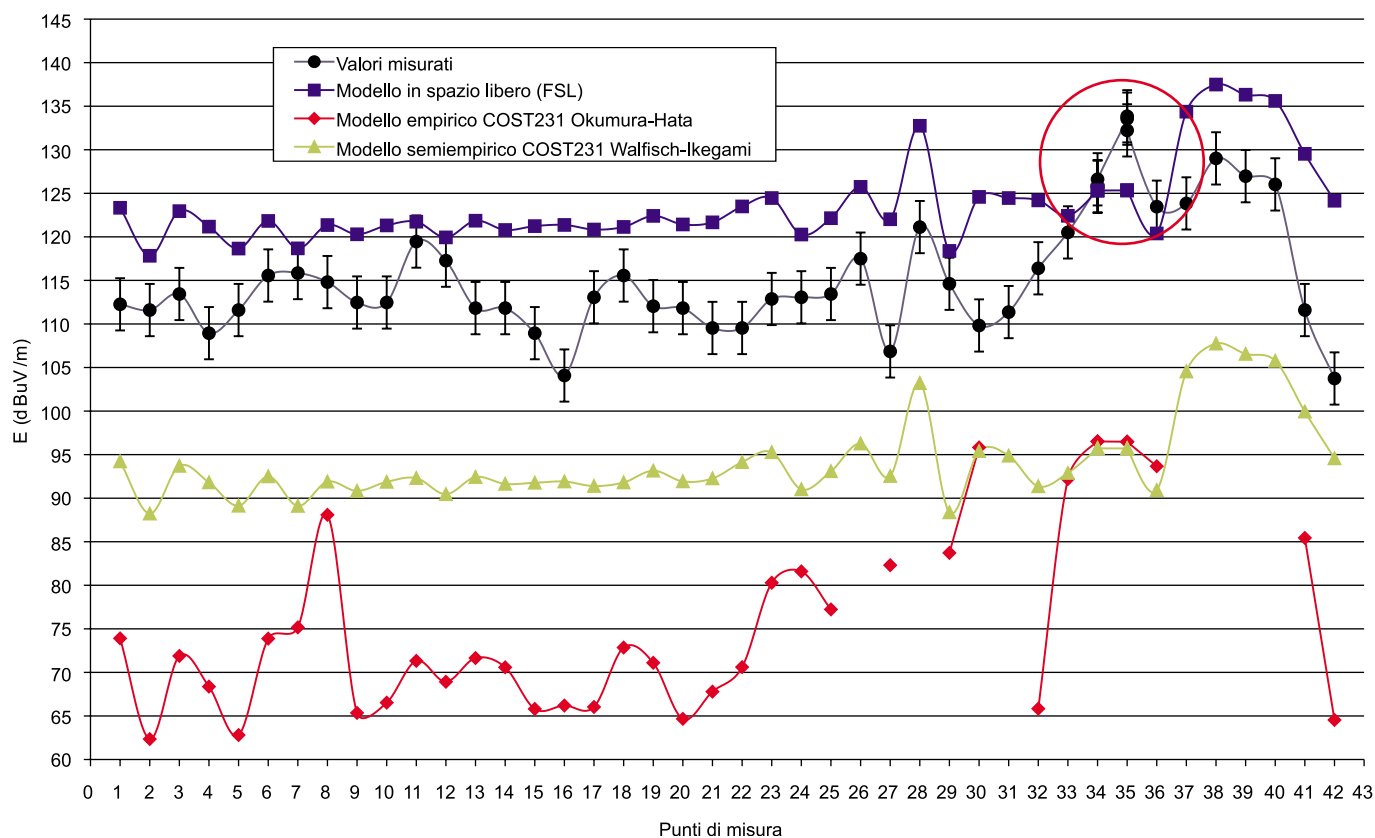


Figura 38 – Confronto fra le misure effettuate e le simulazioni ottenute utilizzando i vari modelli di radiopropagazione

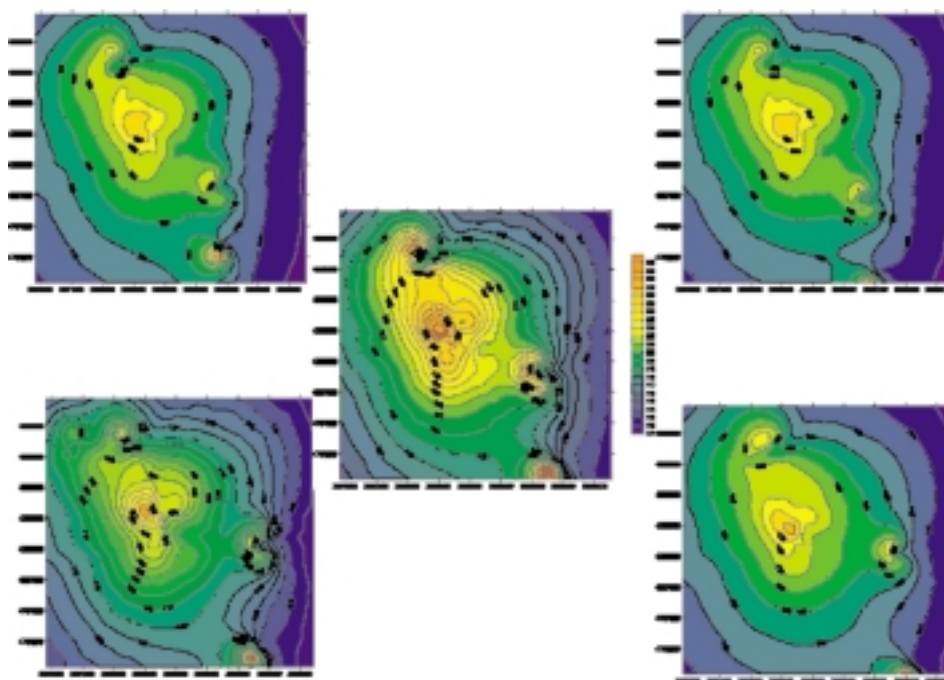
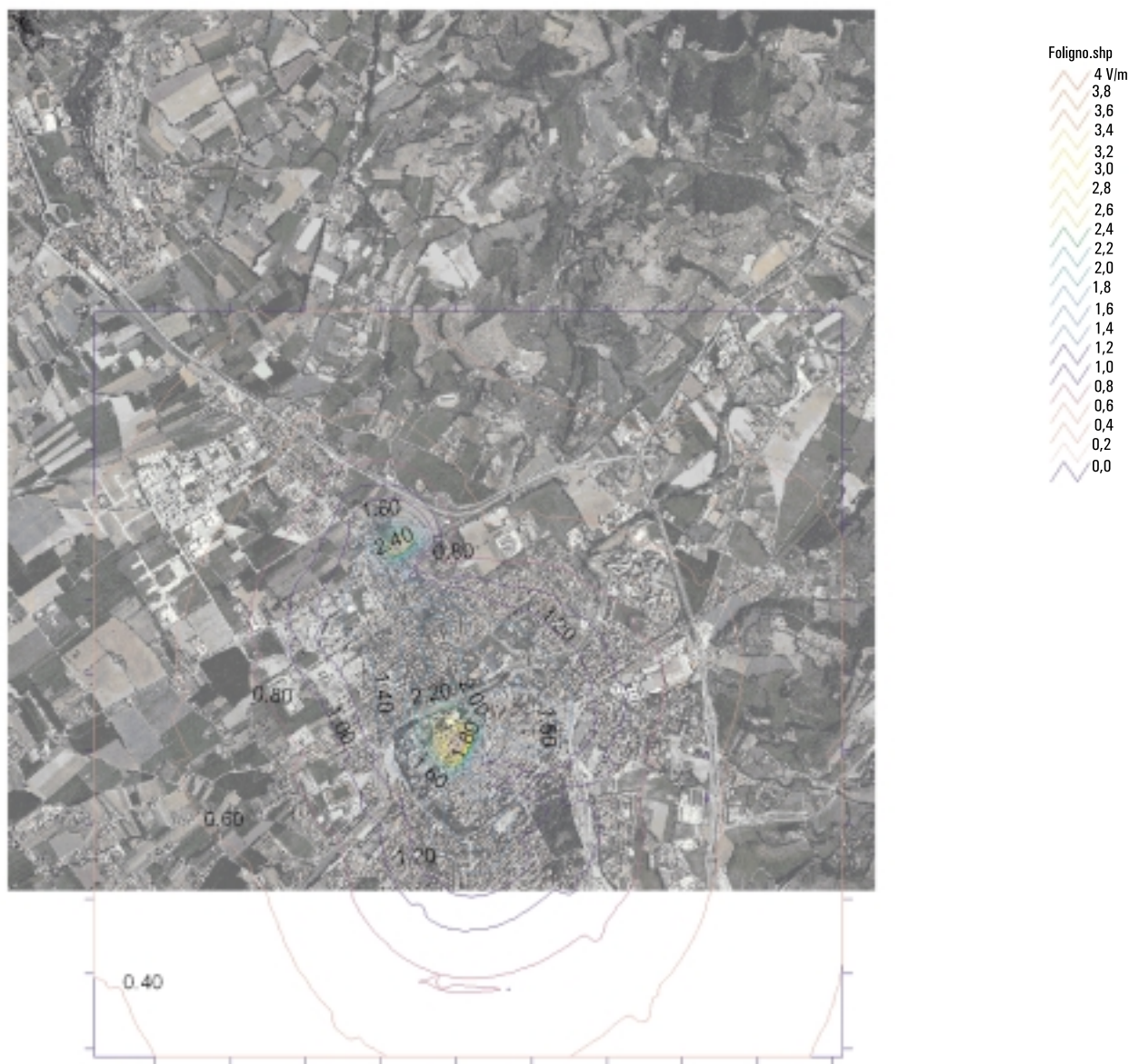


Figura 39 – Distribuzione del campo elettrico prodotto dalle SRB presenti nella città di Foligno

sottostimare i valori reali ma che, se confrontati e rapportati con i valori in spazio libero, possono dare un quadro più realistico del campo atteso in ambiente urbano in particolare in quei punti non in visibilità con la sorgente. Inoltre l'esigenza di attuare il principio di minimizzazione delle esposizioni indebite della popolazione ed in generale

di ottimizzare l'inserimento dei sistemi nell'ambiente porta all'applicazione di strumenti quali gli algoritmi di ottimizzazione; si possono in tal modo conseguire gli "obiettivi di qualità" garantendo comunque un servizio radiomobile efficiente e di buona qualità.

Ai 3 comuni, dal mese di dicembre 2003 si



è aggiunto il comune di Bastia Umbra la cui Amministrazione ha dimostrato interesse all'ottimizzazione della rete di telefonia mobile per minimizzare l'esposizione della popolazione. Il progetto oltre alle fasi già illustrate prevede anche il monitoraggio per circa 12 mesi delle sorgenti attive su tutto il territorio comunale.

4.3. Progetto SEVIC - Sorgenti Elettromagnetiche Valutazione Inquinamento e Catasto

Il progetto nasce da una collaborazione tra ARPA Umbria, il Comune e la Provincia di Terni le cui amministrazioni si sono dimostrate particolarmente sensibili alle problematiche legate all'elettromagnetismo, sia

per quanto riguarda le sorgenti a radio frequenze, come ad esempio le stazioni radio base per la telefonia mobile o gli impianti radiotelevisivi, che per quanto attiene alle sorgenti a basse frequenze, in particolare le linee elettriche ad alta tensione. Lo studio ha l'obiettivo di fornire all'Amministrazione comunale uno strumento in grado di garantire una corretta pianificazione del territorio, sia in relazione all'installazione dei nuovi impianti che nella predisposizione di future aree residenziali, soprattutto in vista degli obiettivi di qualità introdotti dalla legge quadro n. 36/2001.

Il Progetto SEVIC prevede diversi fasi di studio. In particolare:

- georeferenziazione, mediante sistemi GPS - GIS, delle sorgenti ELF (linee AT,

Figura 40 – Distribuzione di campo elettrico georeferenziato su foto aerea ortogonizzata della città di Foligno (valori espressi in V/m e in spazio libero a 1,5 m dal suolo)

- cabine primarie di trasformazione) e delle sorgenti a RF e MO (SRB per telefonia cellulare, ripetitori radiotelevisivi ecc.) presenti sul territorio comunale;
- definizione di mappe di rischio, tramite valutazione teorica dei livelli di campo realizzabile attraverso simulazioni modellistiche, finalizzata all'individuazione dei siti critici da monitorare strumentalmente;
- esecuzione di rilievi puntuali nei siti critici selezionati al punto precedente (zone residenziali adiacenti agli impianti), nonché in prossimità di ricettori particolarmente sensibili quali scuole o case di cura) individuati dallo stesso Comune;
- supporto tecnico, nei confronti dell'Amministrazione comunale, nella predisposizione di strumenti urbanistici finalizzati ad una corretta pianificazione del territorio, relativamente all'installazione dei nuovi impianti ed alla predisposizione delle future aree residenziali, anche e soprattutto secondo gli obiettivi di prevenzione dettati dai nuovi limiti di legge (misure di cautela ed obiettivi di qualità) proposti per gli elettrodotti;
- diffusione dell'informazione e campagne di educazione nei riguardi della cittadinanza.

Il Progetto SEVIC, ha preso il via all'inizio del 2002 con una prima analisi degli impianti ad alta frequenza presenti sul territorio del comune di Terni.

Da un'analisi preliminare, si è ritenuto necessario delineare lo sviluppo del progetto partendo dalla puntuale identificazione sul territorio delle Stazioni Radio Base esistenti perché presenti in numero preponderante rispetto agli altri tipi di impianti ed in più soggette a continue implementazioni dettate dall'introduzione di sistemi tecnologici innovativi, come ad esempio l'UMTS per la nuova generazione di telefonia mobile.

Tutto questo è sfociato nella realizzazione di un archivio informatico in grado di costituire una banca dati che consenta un rapido accesso al maggior numero di informazioni sugli impianti e che inoltre garan-

tisca la connessione con i sistemi GIS, in modo da visualizzare direttamente sulla cartografia gli impianti presenti, distinguendoli per tipologia.

Il lavoro di censimento si è svolto realizzando una scheda tecnica informativa per ogni impianto contenente:

- il tipo di impianto;
- il numero identificativo con cui viene contraddistinto all'interno della banca dati creata;
- il gestore;
- l'individuazione di possibili situazioni di co-sito;
- l'indirizzo;
- l'indicazione di impianto attivo ed eventuale data di attivazione;
- le coordinate di posizionamento;
- l'ortofoto riportante il numero identificativo corrispondente all'impianto visualizzato;
- la foto dell'impianto.

Nel comune di Terni sono stati censiti 61 impianti di telefonia mobile, di cui 22 risultano non attivi in quanto mai realizzati, realizzati solo in parte (in fase di implementazione) o in fase di realizzazione, ma non ancora attivati. Dei 39 impianti attivi, 12 sono situazioni di cosito ovvero con la presenza di più gestori nello stesso punto.

Per ogni impianto, ad eccezione di quelli non ancora realizzati oppure situati in aree rurali nelle quali si può escludere la presenza di insediamenti abitativi, sono state effettuate misure strumentali.

I controlli sono stati eseguiti sia con strumento palmare in grado di effettuare misure istantanee di campo elettrico che con centralina di monitoraggio in continuo.

Complessivamente sono stati effettuati 101 sopralluoghi di misura che comprendono controlli svolti nell'ambito della normale attività di vigilanza, misure eseguite in seguito ad esplicita richiesta dei cittadini, controlli di monitoraggio in continuo e misure di post attivazione dell'impianto (fig. 41).

I risultati delle singole misure effettuate intorno ad ogni installazione si estendono su un intervallo di valori compreso tra un valo-

re minimo pari alla soglia di sensibilità degli strumenti (0,05 V/m) ed un valore massimo pari a 2,4 V/m; tutti i dati riscontrati risultano quindi conformi all'obiettivo di qualità stabilito dalla legge quadro n. 36/2001 con relativo decreto di attuazione (DPCM 8 luglio 2003). I risultati sono illustrati in figura 42, dove si riporta la distribuzione percentuale delle medie di tutte le misure effettuate nei pressi di ogni impianto.

Questa prima fase del progetto è in grado di fornire una visione d'insieme dello stato dell'ambiente dal punto di vista dei livelli di campo elettromagnetico prodotti dagli impianti ad alta frequenza presenti nella città di Terni, impianti per la maggior parte costituiti dalle stazioni radio base per telefonia mobile. Gli impianti radiotelevisivi, infatti, prevalentemente concentrati in località Miranda del comune di Terni, sono stati già censiti e sottoposti a monitoraggio e, in alcuni casi, è stato avviato un processo di risanamento i cui risultati saranno resi noti prossimamente. Il lavoro intrapreso sarà ora esteso a tutto il territorio di interesse, con particolare attenzione alle aree di maggiore criticità.

4.4. Progetto NIR Provincia di Perugia

ARPA Umbria sta sviluppando in collaborazione con la Provincia di Perugia un progetto della durata di 12 mesi finalizzato alla "identificazione e studio delle aree nei pressi di siti sensibili potenzialmente soggette a livelli di campo magnetico prodotto da linee ad alta tensione sul territorio provinciale".

Lo studio ha l'obiettivo di favorire la conoscenza della specifica problematica ambientale legata ai campi magnetici a bassa frequenza sul territorio della provincia di Perugia. Tale tipo di indagine si ricollega alle attività attualmente in corso a livello regionale e nazionale volte alla definizione del catasto nazionale delle sorgenti di campo elettromagnetico, in risposta a quanto previsto dalla legge quadro 36/01 e dalla legge regionale 9/2002.

Il progetto prevede più fasi di studio fina-

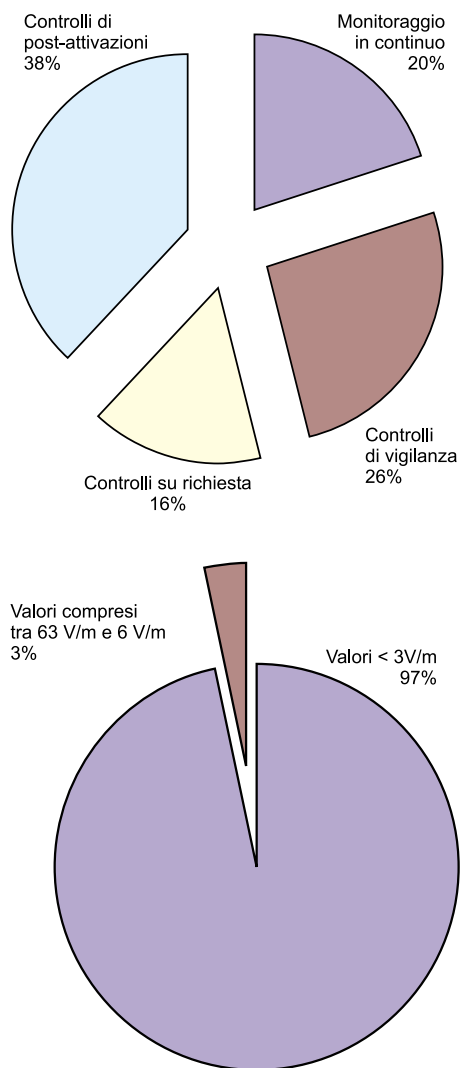


Figura 41 – Distribuzione in percentuale delle tipologia di sopralluogo

Figura 42 – Distribuzione percentuale delle medie delle misure effettuate nei pressi di ogni singolo impianto

lizzate alla localizzazione ed identificazione delle sorgenti, limitatamente alle linee elettriche ad alta tensione e alle cabine primarie di trasformazione, ed alla identificazione delle aree potenzialmente soggette a livelli di campo significativi. In particolare sono previsti:

- censimento delle installazioni presenti sul territorio della provincia e la loro esatta ubicazione fisica su una apposita cartografia cartacea ed informatizzata. Saranno oggetto di censimento:
 - elettrodotti ad alta tensione (con tensione compresa tra 60 kV e 150 kV);
 - cabine primarie;
- verifica, impianto per impianto, con la identificazione delle aree critiche limitrofe, con riferimento ai siti definiti sensibili, ovvero asili nido, scuole materne, scuole elementari, scuole medie inferio-

ri e superiori, parchi gioco e centri sportivi. L'identificazione verrà effettuata mediante rilevazioni di distanza delle aree più prossime agli impianti stessi;

- una mappatura dei campi magnetici presenti, dovuti alle specifiche sorgenti indagate, eseguita utilizzando tecni-

che modellistiche. Si procederà alla definizione delle aree di attenzione. Congiuntamente si eseguirà un'attività di monitoraggio a verifica delle valutazioni precedenti.

I risultati dello studio saranno disponibili nei primi mesi del 2005.

Come abbiamo già sottolineato in premessa, l'impulso all'attività di ARPA nel campo delle radiazioni non ionizzanti è venuto essenzialmente dalle richieste di intervento e di conoscenze espresse in questi ultimi anni dal territorio. I privati cittadini, le autorità locali, le aziende sanitarie, sull'onda di non sempre giustificate preoccupazioni della popolazione, hanno promosso la "domanda", alla quale è seguita una "risposta" da parte dell'ente di controllo, impegnativa in termini di risorse umane ed economiche. Con il duplice risultato di un notevole sviluppo della qualità e credibilità professionale dell'Agenzia, ma, soprattutto, di un accrescimento degli elementi di conoscenza dell'ambiente.

In questi anni, il grande numero di indagini effettuate, proprio perché conseguenza di richieste, non è stato equamente distribuito sul territorio regionale, e generalmente non ha tenuto necessariamente conto delle situazioni più "critiche" per l'esposizione della popolazione. Infatti, gran parte delle azioni di controllo ha riguardato l'ambiente o situazioni abitative intorno a stazioni radio base per la telefonia cellulare, ovvero impianti di piccola potenza con impatto ambientale estremamente contenuto. Invece, sono stati trascurati gli impianti per teleradiodiffusione nei dintorni dei quali, generalmente, i livelli di campo sono più elevati e, quindi, con più probabili elementi di criticità. Inoltre, gli interventi per la misura di campi elettromagnetici generati da impianti di radiofrequenze sono stati più numerosi di quelli per la misura di campi magnetici a frequenza industriale (linee elettriche, ca-

bine di trasformazione) nonostante che, anche in questo caso, una maggiore attenzione sarebbe dovuta alla seconda tipologia di emissioni, in particolare laddove tali impianti interferiscano con ambienti abitativi a permanenza prolungata.

La crescita culturale dell'Agenzia nel settore dei campi elettromagnetici e delle interazioni di questi con l'ambiente ha consentito comunque, nell'ultimo periodo, di recuperare questa situazione di squilibrio attraverso la programmazione e la successiva attuazione, come illustrato nel rapporto, di indagini mirate a situazioni di particolare significatività, quali recettori sensibili, ad esempio le scuole, oppure tipologie di impianti potenzialmente a rischio di superamento dei limiti di legge.

Infine, a corredo delle attività strumentali di controllo, ARPA sta completando la realizzazione della rete regionale di monitoraggio dei campi elettromagnetici. La rete consentirà di definire quella fase di conoscenza dello stato dell'ambiente funzionale alla scelta degli indirizzi programmatici e pianificatori che sono alla base di una crescita equilibrata e socialmente accettabile del sistema costituito dagli impianti di radiotelecomunicazioni, in un momento di particolare sviluppo del settore che, oltre alla telefonia cellulare, vede l'approssimarsi della TV digitale terrestre. L'esperienza di questi anni a livello regionale, come a livello nazionale, conferma che la possibilità di contenere il disagio della cittadinanza per la presenza nell'ambiente di impianti sorgenti di radiazioni elettromagnetiche e i timori per le possibi-

li conseguenze sull'uomo, passa attraverso l'integrazione di più azioni. Dall'attività di controllo strumentale, alla conoscenza puntuale delle sorgenti distribuite nel territorio e delle relative caratteristiche, alla informazione e comunicazione alla popolazione, sempre più continue e attente alle esigenze di conoscenza dei cittadini.

Proprio su questi obiettivi si è sviluppata l'attività dell'Agenzia, che ha infatti integrato la ricchezza degli interventi di controllo e delle campagne strumentali conoscitive con la realizzazione, la gestione ed il continuo aggiornamento del catasto delle sorgenti di radiazioni non ionizzanti, ma soprattutto con la messa a punto di un percorso divulgativo, comunicazionale che

ha riguardato anche gli ambiti scolastici. Il nuovo approccio per la gestione dell'ambiente, che punta alla promozione della conoscenza e dell'informazione, sicuramente consentirà di gestire meglio i vari problemi purché, parallelamente, il rapporto e il confronto tra cittadini, amministratori, enti di controllo e mondo scientifico sia all'insegna della trasparenza, del coinvolgimento, e della consapevolezza che la crescita della società passa anche dallo sviluppo di sistemi che generano campi elettromagnetici (sistemi di comunicazione, produzione e trasporto di energia elettrica, ecc.) e che tale sviluppo deve essere inquadrato con equilibrio e attenzione nella realtà di tutti i giorni.

Allegato

Rete Regionale di monitoraggio in continuo RF

I risultati dei monitoraggi sono riportati nelle tabelle, suddivisi per anno di realizzazione. Ovviamente non sono inclusi i monitoraggi della sperimentazione con la

Fondazione Ugo Bordoni. I valori di campo riportati sono valori medi pari alla media sull'intero periodo di monitoraggio delle medie di 6 minuti.

Provincia	Comune	Indirizzo	Impianti presenti	Periodo di misura	E _{med} (V/m)
Perugia	Gubbio	Località Monteluiano	RadioTV	16/10/01-18/10/01	3,2
		Via F. Da Montefeltro	SRB	15/10/01-16/10/01	0,55
	Città di Castello	Via Dante Alighieri	SRB	29/10/01-30/10/01	0,55
		Via G.B. Venturelli	SRB	18/10/01-25/10/01	0,85
	Foligno	Via A. Saffi	SRB	21/09/01-27/09/01	0,55
	Pietralunga	Via dei Crateagus	SRB cosito	26/10/01-29/10/01	0,55
	Gubbio	Via Fonte Avellana	SRB	11/10/01-15/10/01	0,55

Tabella A1 – Risultati
Monitoraggio ARPA anno 2001

Provincia	Comune	Indirizzo	Impianti presenti	Periodo di misura	E _{med} (V/m)
Perugia	Bevagna	Vocabolo Pilone	SRB	17/06/02-19/06/02	0,72
		Via San Francesco	Radioamatore	24/05/02-03/06/02	0,72
	Perugia	Via Castellini – Ponte San Giovanni	SRB	07/04/02-15/04/02	0,73
		Via Castellino – Ponte San Giovanni		15/04/02-18/04/02	0,73
		Ponte San Giovanni		18/05/02-24/05/02	0,72
	Città di Castello	Località Casalsole	SRB	12/09/02-24/09/02	0,72
Terni	Orvieto	Via Cerretti Bonaventura	SRB cosito	02/09/02-10/09/02	0,73
		Lato via C. Nebbia	SRB cosito	02/09/02-09/09/02	0,72
		Via Pecorelli	SRB	10/09/02-17/09/02	0,72
		Via F. Cavallotti	SRB cosito	16/09/02-23/09/02	0,72
		P.zza della Repubblica	SRB cosito	06/11/02-13/11/02	0,72
		Via Mentana	SRB	03/10/02-15/10/02	0,72
	Terni	Via Gabelletta	Radioamatore	17/10/02-23/10/02	0,72
		Via I Maggio	SRB	22/10/02-29/10/02	0,78
		Via Mentana	SRB	24/10/02-05/11/02	0,72
		Via Pacinotti	SRB	02/12/02-09/12/02	0,73
		Via Mentana	Radioamatore	10/12/02-18/12/02	0,72
		Via Cavour	SRB	18/12/02-02/01/03	0,73

Tabella A2 – Risultati
Monitoraggio ARPA anno 2002

Tabella A3 – Risultati
Monitoraggio ARPA anno 2003

Provincia	Comune	Indirizzo	Impianti presenti	Periodo di misura	E _{med} (V/m)
Perugia	Assisi	Località Rivotorto San Savino	SRB	15/04/03 - 15/05/03	< 0,5
		Località Rivotorto San Savino		15/05/03 - 30/05/03	< 0,5
	Città di Castello	Via Abetone, 10	SRB	23/04/03 - 29/04/03	0,73
		Via Sempione, 2		29/04/03 - 07/05/03	0,73
		Vocabolo C'a Fagge's, 2	SRB	07/05/03 - 15/05/03	0,72
		Località Casalsole		15/05/03 - 22/05/03	0,73
		Via Dante Alighieri	SRB	22/05/03 - 29/05/03	0,73
		Via Pierangeli, 6		29/05/03 - 05/06/03	0,73
		Via Dante – Alighieri	SRB	05/06/03 - 12/06/03	0,72
		Piazza Matteotti		13/06/03 - 24/06/03	0,72
	Assisi	Località Petrignano - via Baglioni, 14	SRB	30/05/03 - 13/06/03	< 0,5
		Scuola Materna di Petrignano		13/06/03 - 27/06/03	< 0,5
		Via Stradetta, 39		27/06/03 - 11/07/03	< 0,5
	Perugia	Località Lacugnano – strada Gualtarella, 7/u	Radio TV gestori vari + SRB	04/04/03 - 29/04/03	4,5
		Via Masi	SRB + Radio TV	29/04/03 - 27/05/03	2,5
		Via Eugubina, 86	SRB cosito	27/05/03 - 02/06/03	< 0,5
		Via Eugubina, 87		26/06/03 - 03/07/03	0,72
		Via Gregorovius, 53	SRB cosito	03/07/03 - 03/07/03	0,7
		Via Gregorovius, 72		16/07/03 - 06/08/03	0,72
		Via Gregorovius, 78		06/08/03 - 02/09/03	1,07
		Via delle Caravelle, 14/A		02/09/03 - 02/10/03	0,72
				13/10/03 - 17/10/06	0,73
					0,72
	Umbertide	Via dei Patrioti	SRB	31/03/03 - 09/04/03	0,72
		Via dei Patrioti, 65	SRB	9/04/03 - 23/04/03	0,72
	Castel Ritaldi	Zona industriale	SRB	28/08/03 - 15/10/03	0,7
	Montefalco	Loc. Camiano	TV	15/10/03 - 24/10/03	1,6
		Via C. Micheli	SRB	13/06/03 - 01/07/03	0,1
	Spoleto	Via dei Filosofi, 7	SRB	14/07/03 - 31/07/03	5,7
				31/07/03 - 28/08/03	1,8
Terni	Orvieto	Via Monte Terminillo, 3	Ponte Radio	29/04/03 - 06/05/03	0,72
		Località Colonnaletta	Radio TV	29/04/03 - 06/05/03	11,7
	Terni	Via I Maggio, 78	SRB cosito	17/03/03 - 25/03/03	0,73
		Via Vittorio Veneto, 35	SRB cosito	06/03/03 - 17/03/03	0,72
		Liceo – Via Fratti, 12	SRB cosito	04/03/03 - 17/03/03	0,73
	Lugnano in Teverina	Via Cavour, 40	SRB	03/01/03 - 17/01/03	0,72
	San Venanzo	Località Ospedaletto – Centro	Radio TV	28/10/03 - 09/11/03	0,72
		Località Poggio Spaccato		10/11/03 - 22/11/03	0,72
				10/11/03 - 24/11/03	0,93

www.arpa.umbria.it

www.icnirp.de

www.apat.it

www.iss.it

www.elettra2000.it

www.nrpb.org.uk

www.europa.eu.int

www.sinanet.apat.it

www.fub.it

www.who.int/en/

www.iarc.fr

[1] M. D'Amore: Esposizione umana ai campi elettromagnetici: sorgenti negli ambienti di vita e di lavoro, modalità di esposizione, metodologie di misura e valutazione; Atti del convegno "Esposizione ai campi elettromagnetici e rischi per la salute", Cremona, 26 maggio 2000.

[2] E. Damosso, "Digital Mobile Radio: COST 231 View on the evolution towards 3rd Generation Systems. Bruxelles: Final Report of the COST 231 Project", European Commission, 1998.

[3] M. Grandolfo: "La normativa internazionale per le esposizioni ai campi elettromagnetici"; Atti del seminario su ELF e RF "Le onde elettromagnetiche: rischi e certezze", San Marino, 28-30 marzo 2001.

[4] ICNIRP (International Commission on

Non Ionizing radiation Protection), Guidelines for Limiting to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz), Health Physics Journal, vol. 74, n. 4 (1998).

[5] M. Morselli, Sorgenti di campi elettromagnetici atti del Seminario di formazione per tecnici e funzionari sulla "Valutazione e misure dell'esposizione ai campi elettromagnetici", Sorrento, 24-26 ottobre 2000.

[6] J. Walfisch, H.L. Bertoni, "A Theoretical Model of UHF Propagation in Urban Environments", in IEEE Transaction on Antennas and Propagation, vol. 36, n. 12 Dec. 1988.

[7] www. Cellular Phone Antennas (Base Station) and Human Health di J. Moulder.

