

## **SESSIONE TEMATICA: AGENTI FISICI**

Presiede Paolo Cadrobbi  
*Direttore ARPA Veneto*

# Quadro delle attività svolte dal CTN\_AGF nel 2000 e programmi 2001

**Pierluigi Mozzo<sup>(\*)</sup>, Maria Belli<sup>(\*\*)</sup>, Salvatore Curcuruto<sup>(\*\*)</sup>**

<sup>(\*)</sup> Responsabile del CTN\_AGF, ARPA Veneto

<sup>(\*\*)</sup> Responsabile ANPA del CTN\_AGF

## Sommario

Nel presente rapporto vengono illustrate le principali attività sviluppate nel corso del 2000 e quelle programmate per il 2001 nell'ambito della rete SINAnet in relazione alla costruzione di un organico sistema conoscitivo in materia di inquinamento ambientale da agenti fisici. Se per la radioattività ambientale l'attività consiste essenzialmente nel finalizzare maggiormente la produzione di dati dei vari soggetti coinvolti verso un set significativo di indicatori, per gli altri due temi, rumore e campi elettromagnetici, il lavoro è incentrato prevalentemente sullo sviluppo *ex novo* di sintetici indicatori di stato e di metodologie di controllo orientate al popolamento degli stessi.

## Summary

In this report the main activities developed during 2000 and planned for 2001 by SINAnet are presented with particular regard to the construction of an organic system of knowledge about environmental pollution by physical agents. In radioactivity concern the activity essentially consists in directing data collection carried out by various subjects in order to achieve a significant set of indicators; about noise and electromagnetic fields the efforts are mostly focussed on development *ex novo* of synthetic state indicators and of monitoring methodologies oriented to data collection for these indicators.

## I. INTRODUZIONE

Le fonti della domanda di informazione che occorre considerare nel momento in cui si pianificano le attività conoscitive sono essenzialmente le seguenti:

- le politiche di risposta (strumenti di "misura" dello stato dell'ambiente e dell'efficacia degli interventi);
- l'adeguamento agli standard europei;
- i nuovi modi di comunicazione col pubblico;
- la base conoscitiva per l'epidemiologia ambientale;
- la base conoscitiva del sistema di protezione fondato sulla tutela collettiva;
- la razionalizzazione della "domanda" di controlli.

Si può assumere che la disponibilità tematica delle informazioni necessarie per soddisfare tale domanda sia caratterizzata dal grado di "maturità" del tema, dalle conoscenze acquisite in merito ai meccanismi di propagazione dell'inquinante e dalla domanda di controlli puntuali. Tali fattori influenzano positivamente la disponibilità di dati per la radioattività e negativamente (anche se in misura diversa) quella per i campi elettromagnetici e il rumore.

## 2. ATTIVITÀ 2000 E PROGRAMMI 2001

Coerentemente a quanto premesso, per la radioattività l'obiettivo delle azioni SINAnet è quello di aggiornare gli standard conoscitivi della rete nazionale di monitoraggio per adeguarli

alle recenti indicazioni fornite dalla Raccomandazione 2000/471/EURATOM della Commissione Europea e alle esigenze poste dallo sviluppo di nuovi indicatori proposti nell'ambito del Centro Tematico Agenti Fisici, oltre all'apertura di nuovi fronti conoscitivi. Per gli altri due temi, rumore e campi elettromagnetici, l'obiettivo principale è invece quello di sviluppare e promuovere nuove metodologie di controllo orientate alla costruzione di indicatori sintetici di stato dell'ambiente.

Sul fronte del *reporting* nel 2000 è stata realizzata la prima raccolta sistematica di dati ambientali condotta dall'ANPA e dal CTN\_AGF tramite i referenti regionali (Agenzie Ambientali, Uffici Regionali, ecc.) che si è concretizzata nel contributo al 1° Annuario nazionale dei dati ambientali.

Nel 2001 riprenderà l'attività intertematica per la garanzia della qualità dei dati, già avviata nel primo periodo e sospesa nel secondo. Altre attività intertematiche costantemente condotte negli anni scorsi e previste anche per il prossimo riguardano l'aggiornamento dell'Osservatorio della Domanda di informazione (ODN), del Catalogo delle fonti di dati (CDS), degli indicatori ambientali e degli indicatori di *performance* dei controlli ambientali.

## 2.1 Radioattività

Nel 2000 sono stati sviluppati i supporti informativi di base per la realizzazione della banca dati delle misure di radioattività ambientale e un aggiornamento delle procedure di campionamento e misura derivanti dall'adeguamento dei relativi insiemi di dati; nel corso del 2001 è previsto il completamento della revisione della rete nazionale di monitoraggio con lo sviluppo della banca dati vera e propria. Oltre a questo è iniziata un'attività di ricognizione, che proseguirà nel 2001, sulle attività lavorative con uso o produzione di materiali con elevato contenuto di radionuclidi naturali (NORM-*Naturally Occuring Radioactive Materials*): in particolare sono stati sviluppati i criteri per la realizzazione della banca dati delle fonti di pressione ambientale relative ai NORM ed è stato avviato il censimento delle lavorazioni. Nel 2001 questa linea di attività si estenderà alla valutazione di impatto ambientale delle attività con NORM.

Una nuova linea di lavoro programmata per il 2001 riguarda la produzione di dati e lo sviluppo di criteri per l'identificazione delle "radon-prone areas".

Nell'ambito della rete SINAnet nel corso del 2000 sono stati complessivamente elaborati i seguenti prodotti:

- standard informativi della banca dati della radioattività ambientale e revisione dei protocolli di campionamento e misura;
- censimento delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale;
- standard informativi e raccolta preliminare di dati sui NORM;
- sperimentazione dell'indicatore PERS in due aree pilota;
- campagne regionali di mappatura del radon (Veneto, Toscana, Provincia di Bolzano);
- intercalibrazione con matrici dense.

Gli sviluppi delle attività SINAnet per il 2001 possono essere così sintetizzati:

- revisione delle reti nazionali di monitoraggio della radioattività ambientale;
- popolamento della banca dati sui NORM e valutazioni preliminari di impatto ambientale;
- supporto informativo per lo sviluppo di criteri per l'individuazione delle "radon-prone areas";
- interconfronto sulle matrici particolato atmosferico e *fall-out*.

## 2.2 Campi elettromagnetici

Al fine della costruzione di indicatori sintetici di stato dell'ambiente per l'inquinamento elettromagnetico è stato individuato un percorso che, a partire dalla costruzione degli inventari georeferenziati delle sorgenti, permetta, attraverso l'uso di modelli, di prevedere la distribuzione territoriale dei campi elettromagnetici prodotti da tali sorgenti e di "incrociare" i valori di campo con gli edifici e la popolazione presenti sul territorio. Si intendono in questo modo popolare l'indicatore del numero di edifici presenti nelle fasce con superamento di un dato valore di campo (per le linee elettriche) e quello della distribuzione percentuale della popolazione rispetto ai valori di campo (per gli impianti di telecomunicazione). Sono già stati definiti gli standard informativi degli inventari e la modellistica adatta allo scopo. Nel corso del 2001 si prevede di affinare i modelli e di sperimentare la metodologia in alcune situazioni pilota, con il conforto di valutazioni sperimentali.

Oltre allo sviluppo di metodologie per la costruzione di indicatori di esposizione, un'altra linea di attività avviata nel 2000 e che proseguirà anche nel 2001 è l'istituzione dell'Osservatorio dei controlli sui campi elettromagnetici attraverso la ricognizione sistematica e organica dei dati puntuali sulle varie attività di controllo svolte dalle Agenzie ambientali o, ove non sussistenti, da strutture equivalenti (PMP).

In sintesi, i prodotti SINAnet del 2000 sui campi elettromagnetici sono:

- raccolta dati sulle attività di controllo;
- standard informativi degli inventari delle sorgenti (RF, ELF);
- bozza di metodologia per la costruzione di indicatori di esposizione;
- assistenza all'ANPA per la progettazione di reti nazionali di monitoraggio;
- guida tecnica sulla misura dei campi elettromagnetici RF;
- progetto di interconfronto sui modelli previsionali per sorgenti di campi elettromagnetici RF;
- modello per la previsione dei campi elettromagnetici prodotti dagli elettrodomestici.

Infine, nel 2001 sono state programmate le seguenti azioni:

- aggiornamento dell'osservatorio dei controlli;
- sviluppo della banca dati degli impianti di telecomunicazione;
- consolidamento della modellistica per la costruzione dell'indicatore di esposizione ai campi elettromagnetici RF;
- costruzione pilota dell'indicatore per campi elettromagnetici RF con verifica sperimentale;
- verifica di fattibilità per la costruzione dell'indicatore di esposizione ai campi elettromagnetici ELF;
- criteri per la progettazione di reti di monitoraggio;
- rassegna delle esperienze e delle attività conoscitive in materia di monitoraggio UV.

## 2.3 Rumore

Per il rumore è stato organizzato un osservatorio sul clima acustico delle città italiane che riguarda lo stato di avanzamento delle classificazioni acustiche comunali e delle relazioni biennali sul clima acustico dei Comuni con popolazione superiore ai 50.000 abitanti. Inoltre, è stato prodotto un primo rapporto orientativo sulle metodologie che sono state individuate per la costruzione di un indicatore di esposizione della popolazione al rumore generato dalle infrastrutture di trasporto. Tali metodologie prevedono l'uso di simulazioni modellistiche per le strutture viarie extra-urbane e di campagne di misura con campionamento statistico per il traffico urbano. Il prodotto costituisce anche la base di una linea guida per i Comuni per la stesura delle relazioni sul clima acustico e potrebbe diventare la base di partenza per lo sviluppo di uno standard nazionale per la mappatura del rumore da traffico ur-

bano, secondo le indicazioni contenute nella proposta di direttiva europea sul rumore ambientale.

Infine, è stato avviato il lavoro di ricognizione delle reti di monitoraggio del rumore aeroportuale che proseguirà nel 2001.

I prodotti SINAnet relativi al rumore realizzati nel 2000 sono dunque i seguenti:

- indagine nazionale sulle zonizzazioni acustiche e sulle relazioni sullo stato acustico comunale;
- bozza di metodologia per la costruzione dell'indicatore di esposizione al rumore generato dalle infrastrutture di trasporto;
- linea guida per la progettazione di reti di monitoraggio;
- progettazione di interconfronti dei modelli;
- censimento delle reti di monitoraggio del rumore aeroportuale.

Le attività di sviluppo previste per il 2001 sono:

- aggiornamento dell'osservatorio sul clima acustico delle città italiane;
- manuale per la costruzione dell'indicatore di esposizione al rumore generato da sistemi di trasporto in ambito urbano ed extraurbano;
- costruzione pilota dell'indicatore di esposizione con verifica sperimentale in ambito urbano;
- definizione dei fattori di emissione per infrastrutture stradali in ambito extraurbano;
- raccolta dati sul rumore aeroportuale.

# Indicatori individuati per l'Annuario dei dati ambientali

**Giovanni Agnesod<sup>(\*)</sup>, Pierluigi Mozzo<sup>(\*\*)</sup>, Flavio Trotti<sup>(\*\*)</sup>**

<sup>(\*)</sup> ARPA Valle d'Aosta

<sup>(\*\*)</sup> ARPA Veneto

## Sommario

La selezione degli indicatori riguardanti i temi del Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici (CTN\_AGF) per l'inserimento nell'“Annuario 2000 dei dati ambientali” fornisce materia per alcune considerazioni generali sullo stato del sistema informativo e delle azioni conoscitive in queste aree tematiche. A tal fine vengono analizzati brevemente i criteri di scelta degli indicatori, la loro distribuzione nelle categorie di informazione DPSIR, la provenienza delle informazioni concernenti i diversi indicatori, il loro grado di copertura territoriale e di aggiornamento. Per i contenuti informativi specifici di ogni indicatore si rimanda all'Annuario, limitandosi in questa sede a un cenno sull'organizzazione dell'informazione nelle varie schede – indicatore.

## Summary

The indicator set, concerning the issues of National Topic Centre Physical Agents (CTN\_AGF) for the editing of the “Annuario 2000 dei dati ambientali”, provides a subject for some general considerations about the informative system and the correlated actions in these topic areas. For this purpose the standards of choice of indicators have been shortly analysed, with their distribution in the DPSIR categories, and thus the source of data concerning different indicators, their grade of territorial covering and updating. It's given a short note about the informative content in the various indicator's forms; for more detailed information it's suggested to refer to “Annuario”.

## 1. INTRODUZIONE

Con l'“Annuario 2000 dei dati ambientali” prende avvio la diffusione periodica, da parte dell'ANPA, dei dati sull'ambiente raccolti attraverso la rete SINAnet. Tutti i Centri Tematici Nazionali (CTN) hanno avuto un ruolo operativo preminente nel reperimento e nell'elaborazione dell'informazione contenuta in questa prima edizione dell'Annuario. Essa è organizzata per indicatori, a ciascuno dei quali è dedicata una scheda, contenente i dati, variamente aggregati, concernenti l'indicatore medesimo. Gli indicatori sono suddivisi per aree tematiche.

## 2. INDICATORI INDIVIDUATI DAL CENTRO TEMATICO NAZIONALE AGENTI FISICI (CTN\_AGF) PER L'ANNUARIO 2000 DEI DATI AMBIENTALI

### 2.1 Elenco e classificazione degli indicatori

Le aree tematiche dell'Annuario riferite ai campi di attività del Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici sono due: “Radiazioni Ionizzanti” e “Rumore e Radiazioni non Ionizzanti”. In esse rientrano i tre Temi di specifica competenza del CTN\_AGF: Inquinamento acustico e da vibrazioni (T22), Inquinamento elettromagnetico (T23), Radionuclidi artificiali e naturali nella biosfera: modelli relativi alla variabilità spaziale e temporale e metodologie di controllo (T24). Gli indicatori presenti nell'Annuario per le due aree tematiche sono in tutto 19. Essi sono qui di seguito



elencati, suddivisi per Area Tematica del rapporto e per Tema di competenza CTN\_AGF. Per l'illustrazione della nozione generale di *indicatore dello stato dell'ambiente* si rimanda alla bibliografia (1). Ogni indicatore è accompagnato dalla sua classificazione secondo le categorie di riferimento DPSIR per l'organizzazione dell'informazione ambientale.

#### AREA TEMATICA: RUMORE E RADIAZIONI NON IONIZZANTI

##### - Tema: Inquinamento acustico e da vibrazioni (T22)

Impatto acustico del traffico veicolare sulla popolazione	I
Stato di attuazione delle relazioni sullo stato acustico comunale	R
Stato di attuazione del piano di zonizzazione acustica comunale	R

##### - Tema: Inquinamento elettromagnetico (T23)

Interventi di controllo e monitoraggio e pareri preventivi per impianti sorgenti ELF	R
Interventi di controllo e monitoraggio e pareri preventivi per impianti emettitori di RF	R
Impianti per teleradiocomunicazioni sul territorio nazionale	D
Sviluppo delle linee elettriche (>40 kV) in rapporto alla superficie territoriale	D
Superamenti dei limiti e dei valori di cautela, controlli e risanamenti per i campi elettromagnetici a RF	I
Censimento "siti sensibili" (scuole, asili nido e parchi) in riferimento all'esposizione ai campi ELF	S (I)

##### - Non direttamente riferibile agli attuali temi CTN\_AGF

Inquinamento luminoso	S
-----------------------	---

#### AREA TEMATICA: RADIAZIONI IONIZZANTI

##### - Tema: Radionuclidi artificiali e naturali nella biosfera ... (T24)

Concentrazione di attività di radioisotopi nel particolato atmosferico	S
Concentrazione di attività di radioisotopi nelle deposizioni umide e secche	S
Concentrazione di attività di radioisotopi in briofite/muschi	S
Concentrazione di attività di radioisotopi nell'acqua di mare	S
Concentrazione di attività di radioisotopi nel latte	S
Concentrazione di attività di radioisotopi nella dieta mista	I
Concentrazione di attività di radon indoor	S
Quantità di rifiuti radioattivi	P
Attività lavorative con uso di materiali contenenti radionuclidi naturali (NORM)	D

## 2.2 Criteri di scelta degli indicatori

La maggior parte degli indicatori (14 su 19) scelti per l'Annuario provengono dall'insieme degli *indicatori prioritari* per il rumore, le radiazioni non ionizzanti e la radioattività ambientale (2, cap. 3). Dei rimanenti, la "Quantità di rifiuti radioattivi" appartiene all'insieme generale degli indica-

tori AGF (2, cap. 2) ed è stato inserito nell'Annuario per la disponibilità di dati ANPA. Altri tre indicatori ("Impatto acustico del traffico veicolare sulla popolazione", "Stato di attuazione delle relazioni sullo stato acustico comunale", "Censimento siti sensibili in riferimento all'esposizione ai campi ELF") sono caratterizzazioni parziali di indicatori presenti nell'elenco generale o nell'insieme degli *indicatori prioritari* (ad esempio, il "Censimento dei siti sensibili in riferimento ai campi ELF" è riferibile all'indicatore "N. edifici a distanze inferiori a quelle di rispetto dalle linee ad alta tensione"). Essi sono stati scelti per l'Annuario in quanto oggetto di campagne specifiche di acquisizione di informazioni condotte nell'anno 2000 dall'ANPA e dal CTN\_AGF. Un ultimo indicatore, infine, ("Inquinamento luminoso") è relativo a informazioni reperite in letteratura scientifica riferite in modo omogeneo e completo all'intero territorio nazionale. E' dunque evidente la preponderanza che ha assunto, nella scelta degli indicatori per l'Annuario, il criterio della disponibilità di informazione per una copertura significativa del territorio nazionale. A sua volta, la disponibilità di dati recenti provenienti da campagne nazionali di raccolta informazioni, come nel caso del censimento dei siti sensibili per esposizione a campi ELF (aree dedicate alla prima infanzia), o della riduzione di rumore conseguente alla giornata "in città senz'auto" costituisce un segnale della particolare sensibilità presente oggi in Italia sui temi dell'inquinamento elettromagnetico e del traffico urbano (di cui la rumorosità indotta in ambiente è un aspetto).

### 2.3 Considerazioni sulle categorie di appartenenza degli indicatori contenuti nell'Annuario

In Tabella n. I si analizza la ripartizione dei vari indicatori per tema e per classificazione DPSIR. La classificazione degli indicatori secondo lo schema DPSIR è stata effettuata secondo le categorie utilizzate nei documenti ufficiali dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (1 cap. 3; 2 cap. I), che qui brevemente si ricapitolano:

- D** Informazione sulle sorgenti (settori economici, attività umane).
- P** Informazione su quanto passa attraverso l'interfaccia sorgenti/ambiente (dunque sulle emissioni delle sorgenti, ma anche sul consumo di risorse richiesto dalle sorgenti).
- S** Distribuzione territoriale sinottica di variabili (per lo più, per quanto riguarda i temi AGF, di tipo concentrazione o intensità) rappresentative della qualità attuale dell'ambiente e delle tendenze in atto.
- I** Effetti sulla salute umana e sull'ecosistema, tradotti per lo più nel confronto con valori di riferimento connessi più o meno direttamente con la salute e il benessere in senso lato (in quanto l'effetto sull'organismo viene ricondotto, in modo semplificato, al confronto con un valore soglia), ovvero connessi con l'allontanamento dell'ambiente dalle condizioni di naturalità (in questo caso l'impatto è sull'ambiente).
- R** Misure prese dalla società per migliorare lo stato dell'ambiente (attività di controllo e monitoraggio, azioni normative, ricerca scientifica e innovazione tecnologica, azioni di bonifica, ecc.).

**Tabella n. I: Indicatori suddivisi per tema ambientale e per categoria DPSIR**

CATEGORIA TEMI	D	P	S	I	R	Totale per temi
Inquinamento acustico	–	–	–	I	2	3
Inquinamento elettromagnetico	2	–	I	I	2	6
Radionuclidi artificiali/ naturali nella biosfera	I	I	6	I	–	9
Inquinamento luminoso	–	–	I	–	–	I
Totale per categoria	3	I	8	3	4	



Si osserva che il maggior numero di indicatori appartiene al tema “Radionuclidi artificiali e naturali nella biosfera”. Essi, a larga maggioranza, appartengono alla categoria degli indicatori di stato, determinandone la predominanza numerica complessiva rispetto agli indicatori delle altre categorie. Questo fatto sembra riflettere un’organizzazione delle azioni territoriali in materia di radioattività ambientale indirizzata prevalentemente nel senso del tenere sotto controllo stato e tendenze in atto attraverso il monitoraggio delle diverse matrici del sistema ambiente e, apparentemente, un po’ meno pronta a recepire le esigenze di quantificazione degli impatti (dalle concentrazioni alle dosi) e a predisporre eventuali azioni migliorative.

Fatto salvo l’inquinamento luminoso, che è un argomento nuovo, al tema rumore ambientale è attinente nell’Annuario 2000 il minor numero di indicatori: solo tre. Di essi, tuttavia, due sono indicatori di risposta, pari alla metà del numero totale degli indicatori di questa categoria. Questo rispecchia il movimento sul piano degli adempimenti indotto, o quantomeno richiesto, dall’entrata in vigore della legge quadro sull’inquinamento acustico (L. 447/95), a fronte di un’operatività sul piano delle azioni di monitoraggio che richiede coordinamento e linee guida per assicurare la confrontabilità dei dati e produrre informazione su scala nazionale.

Il tema Radiazioni non Ionizzanti è il più equilibrato nella distribuzione degli indicatori tra le varie categorie dello schema DPSIR. Questo sembrerebbe indicare un’operatività più armonica in questo campo tra informazione sulle sorgenti, conoscenza dei livelli di inquinamento ambientale e dei relativi impatti, e adozione di politiche e strategie di rimedio.

## 2.4 Provenienza delle informazioni sugli indicatori dell’Annuario

In Tabella n. 2 è analizzata la provenienza delle informazioni che hanno reso possibile il popolamento dei vari indicatori.

**Tabella II: Fonti dei dati relativi ai vari indicatori, suddivisi per tema ambientale**

<b>FONTE DATI</b>	<b>CENSIMENTO CTN_AGF</b>	<b>ANPA</b>	<b>ENTI GESTORI</b>	<b>ARTICOLI SCIENTIFICI</b>
<b>TEMI</b>				
Inquinamento acustico	3	—	—	—
Inquinamento elettromagnetico	3	1	2	—
Radionuclidi artificiali/naturali nella biosfera	2	6	—	1
Inquinamento luminoso	—	—	—	1
Totale	8	7	2	2

Buona parte dell’informazione, soprattutto per quanto riguarda i temi rumore ambientale e radiazioni non ionizzanti, è stata acquisita direttamente dal CTN\_AGF, con censimenti condotti presso le varie regioni utilizzando questionari appositamente predisposti. Il risultato perseguito, e di fatto ottenuto, con queste azioni ha avuto una doppia valenza: la raccolta delle informazioni oggetto del questionario e l’attivazione dei canali per la raccolta delle informazioni medesime. Questi ultimi sono consistiti nell’individuazione di referenti informativi presso le varie amministrazioni locali, necessari nell’attuale fase in cui non è ancora istituzionalizzata la rete dei Punti Focali Regionali del sistema SINAnet.

fico) delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale. Una fonte importante per assicurare la rappresentatività territoriale dei dati radiometrici è costituita dalla rete dei Centri di Riferimento Regionali per il controllo della radioattività ambientale (CRR), che sono stati anche fonte per la raccolta dati a cura del CTN\_AGF riguardante la radioattività artificiale nei muschi. L'ANPA ha inoltre fornito i dati in proprio possesso concernenti i rifiuti radioattivi, e si è fatta promotrice del censimento dei siti sensibili dedicati alla prima infanzia posti in prossimità di elettrodotti ad alta tensione. Molto importante è risultata infine la collaborazione con i gestori degli impianti (ENEL, gestori reti di radiotelecomunicazioni) per il popolamento degli indicatori di cause primarie (D) del tema radiazioni non ionizzanti.

## **2.5 Copertura territoriale e aggiornamento temporale degli indicatori contenuti nell'Annuario**

L'estensione territoriale a cui si riferisce l'informazione e lo stato di aggiornamento concernente i diversi indicatori sono riassunti in Tabella n. 3.

La copertura territoriale dell'indicatore è un meta-dato concernente l'indicatore, concorrente a definirne la significatività dell'informazione apportata. Essa non coincide con l'informazione oggetto dell'indicatore medesimo. Questa precisazione è utile nei casi in cui il contenuto informativo dell'indicatore ha esso stesso valenza territoriale, come, ad esempio, per i due indicatori di "stato di attuazione" (della relazione sullo stato acustico comunale e della zonizzazione acustica comunale). In questi casi la percentuale indicata di copertura del territorio nazionale si riferisce alla conoscenza dello stato di attuazione, e non all'attuazione dell'adempimento medesimo, che è molto più bassa (ed è, beninteso, riportata in modo analitico nella scheda indicatore, costituendone l'oggetto). In questi, come in tutti gli altri casi (vedi le statistiche sugli interventi di controllo effettuati) in cui il grado di copertura territoriale meta-informa su uno stato di fatto censibile, la distanza da un livello di copertura territoriale del 100%, univocamente definibile e praticamente ottenibile, esprime il cammino ancora da compiere nella direzione di un collaudato assestamento dei canali informativi rispetto alle amministrazioni e alle realtà locali, a prescindere da ogni successiva considerazione sulla situazione emergente dalle informazioni acquisite. Differente è il commento per gli indicatori che presuppongono azioni conoscitive specifiche. E' il caso degli indicatori del genere "concentrazione di attività di radioisotopi" in varie matrici ambientali, ma anche dell'indicatore "impatto acustico del traffico veicolare sulla popolazione". Per questi indicatori, la definizione del grado di copertura territoriale non può prescindere da valutazioni generali sull'organizzazione dei controlli, in relazione alla scala spazio-temporale che si ritiene necessario padroneggiare nel monitoraggio dei fenomeni. Dunque, è necessario un progetto di rete, e ad esso andrà riferito il grado di copertura territoriale. In attesa della revisione delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale, e di una organizzazione dell'attività di acquisizione di informazione territoriale per quanto riguarda i temi dell'inquinamento acustico e dell'inquinamento elettromagnetico, si è provvisoriamente valutata la copertura territoriale su base regionale. In questi casi, la distanza dal 100% non esprime problemi a livello di canali informativi, ma a livello di operatività dell'attuale organizzazione del monitoraggio a livello nazionale, ferma restando l'esigenza preliminare di definire che tipo di organizzazione risponda all'istanza di conoscenza territoriale soddisfacente.

Per quanto riguarda il grado di aggiornamento dell'informazione, esso è in generale molto buono, e riflette il grande sforzo in atto per la costruzione del Sistema informativo ambientale nazionale. L'informazione contenuta nell'Annuario riflette di fatto una situazione di vero e proprio *work in progress*, che deve poter proseguire. Si può notare che i dati (relativamente) meno aggiornati sono quelli di indicatori popolati grazie al risultato di campagne specifiche

promosse a livello nazionale coinvolgenti risorse tecniche e operative non consuete, come la campagna nazionale radon indoor e le esperienze dell'uso dei muschi come bioindicatori delle ricadute radioattive.

**Tabella n. 3: Copertura territoriale e aggiornamento degli indicatori AGF dell'Annuario**

INDICATORE	COPERTURA TERRITORIALE	ANNO DI AGGIORNAMENTO
Impatto acustico del traffico veicolare sulla popolazione	Frammentaria e limitata al centro - nord	2000
Stato di attuazione delle relazioni sullo stato acustico comunale	81% dei 140 comuni interessati (info da)	2000
Stato di attuazione del piano di zonizzazione acustica comunale	61 % di tutti i comuni italiani (info da)	1999
Interventi di controllo e monitoraggio e pareri preventivi per impianti sorgenti ELF	Dati completi da 14 regioni/prov.aut. su 21	2000
Interventi di controllo e monitoraggio e pareri preventivi per impianti emettitori di RF	Dati completi da 14 regioni/prov.aut. su 21	2000
Impianti per teleradiocomunicazioni sul territorio nazionale	RTV: 12 regioni/pr.aut. SRB: 100 %	2000
Sviluppo delle linee elettriche (>40 kV) in rapporto alla superficie territoriale	100 %	1999
Superamenti dei limiti e dei valori di cautela, controlli e risanamenti per i campi elettromagnetici a RF	Dati completi da 14 regioni/prov.aut. su 21	2000
Censimento "siti sensibili" (scuole, asili nido e parchi) in riferimento all'esposizione ai campi ELF	34 % di tutti i comuni italiani (info da)	2000
Inquinamento luminoso	100 %	1998
Concentrazione di attività di radioisotopi nel particolato atmosferico	15 regioni /prov. aut. su 21	1998
Concentrazione di attività di radioisotopi nelle deposizioni umide e secche	11 regioni/prov.aut. su 21, tutte nel centro-nord	1998
Concentrazione di attività di radioisotopi in briofite/muschi	17 regioni/prov.aut. su 21	1995
Concentrazione di attività di radioisotopi nell'acqua di mare	4 mari su 5 1 - 2 p.ti misura/mare	1998
Concentrazione di attività di radioisotopi nel latte	Dati da tutte le regioni/prov.aut.	1998
Concentrazione di attività di radioisotopi nella dieta mista	Dati da tutte le regioni/prov.aut.	1998
Concentrazione di attività di radon indoor	Dati da tutte le regioni/prov.aut.	1994
Quantità di rifiuti radioattivi	100 % siti	2000
Attività lavorative con uso di materiali contenenti radionuclidi naturali (NORM)	Inchiesta sul 100 % territorio nazionale. In corso verifica	2000

### 3. ORGANIZZAZIONE DELL'INFORMAZIONE SUI SINGOLI INDICATORI

Nell'Annuario a ogni indicatore è dedicata una scheda. Ogni indicatore si presta in maggiore o minore misura a una declinazione interna dell'informazione, che ne precisa e arricchisce il contenuto. Ad esempio, gli indicatori concernenti l'area tematica "Rumore e Radiazioni non ionizzanti" vengono presentati in genere con i dati disaggregati regione per regione. Tra questi indicatori, quelli descriventi le attività di controllo effettuate sono accompagnati anche da

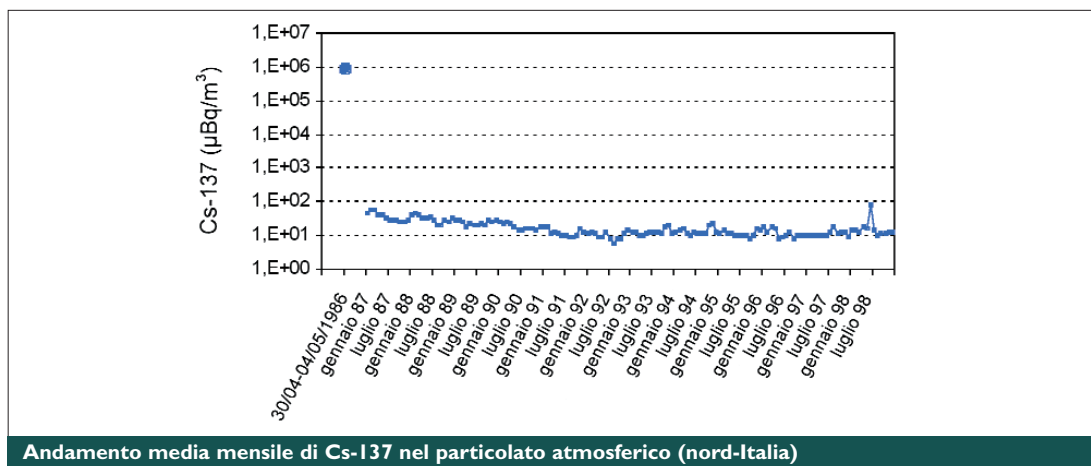
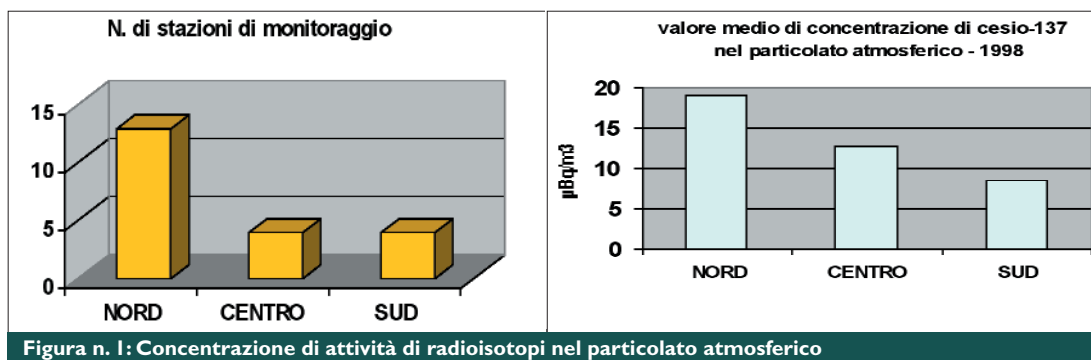
informazione sintetica sul confronto tra gli ultimi due anni di informazioni disponibili (1999 e 2000). La prospettiva temporale è molto più accentuata per gli indicatori dell'area tematica "Radiazioni ionizzanti", in particolare per il gruppo di indicatori di concentrazione di attività di radioisotopi in diverse matrici. Essa si esplica sia alla scala temporale mensile, all'interno dell'anno di riferimento (che è il 1998), sia a medio termine, attraverso il confronto dei valori di radiocontaminazione attuali con quelli immediatamente successivi all'incidente di Chernobyl. Per questi indicatori il livello di disaggregazione spaziale è per lo più quello macro-regionale (macroregioni Nord - Centro - Sud definite dalla Raccomandazione UE 8/6/2000 riguardante il controllo della radioattività ambientale al fine di determinare l'esposizione dell'insieme della popolazione). Per quanto riguarda, infine, inquinamento luminoso, radon indoor, radioattività nei muschi e quantità di rifiuti radioattivi, la copertura del territorio nazionale è totale, e ha così permesso la restituzione dell'informazione in forma della fatidica icona dell'*Italiotta*, sogno proibito, talvolta insano, di ogni compilatore di Annuari di informazione ambientale.

Per il contenuto delle singole schede si rimanda all'Annuario. A titolo di esempio, si riporta in Figura n. I il contenuto della scheda – indicatore "Concentrazione di attività di radioisotopi nel particolato atmosferico", rielaborato graficamente come da presentazione alla 2ª Conferenza Nazionale SINAnet.

## BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

AA.VV. "Il monitoraggio dello stato dell'ambiente in Italia – esigenze e disponibilità di elementi conoscitivi", ANPA, Serie Stato dell'Ambiente 7/2000.

Anglesio, D'Amore, Maggiolo, Menini, Rebeschini, Sogni "Rassegna di indicatori e indici per il rumore, le radiazioni non ionizzanti e la radioattività ambientale", ANPA – CTN\_AGF, RTI CTN\_AGF 4/2000.





## Censimento delle sorgenti “NORM”

**Flavio Trotti<sup>(\*)</sup>, Silvia Bucci<sup>(\*\*)</sup>, Giulia Svegliado<sup>(\*)</sup>**

<sup>(\*)</sup> ARPA Veneto

<sup>(\*\*)</sup> ARPA Toscana

### Sommario

Il decreto legislativo 26 maggio 2000, n. 241, modificando il decreto legislativo 230/1995, ha introdotto disposizioni specifiche per le attività lavorative implicanti l'uso, lo stoccaggio o la produzione di materiali con elevato contenuto di radioattività naturale (NORM). Il Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici (ANPA) ha avviato nel 2000 un progetto finalizzato alla valutazione dell'impatto radiologico sull'ambiente causato da dette attività lavorative sul territorio nazionale. Al momento sono stati definiti i criteri per la raccolta dati (standard informativi) ed è stata effettuata una prima ricognizione sul numero e localizzazione delle imprese coinvolte. Si prevede nel 2001 di completare la raccolta dati e di procedere con l'applicazione della modellistica previsionale per la valutazione degli impatti.

### Summary

The legislative decree n° 241 of 26 may 2000, by modifying the decree 230/95, introduces specific dispositions about work places processing materials with enhanced levels of naturally occurring radionuclides (NORM). At the beginning of 2000 CTN\_AGF/ANPA started a project finalized to assess radiological impact on the environment induced by these work activities. Till now standards for the data collecting have been defined and a first investigation about number and location of industries realized. For the next year CTN\_AGF foresees to complete data collection and to achieve a preliminary assessment of doses through modelling.

## I. INTRODUZIONE

Una componente della radioattività naturale, quella di origine terrestre, è dovuta ai radionuclidi, cosiddetti primordiali, presenti in varie concentrazioni nei materiali inorganici della crosta terrestre (rocce, minerali) fin dalla sua formazione. Essi appartengono per lo più alle serie di decadimento del  $^{232}\text{Th}$ , del  $^{238}\text{U}$  e del  $^{235}\text{U}$ .

L'utilizzo di materiali dal contenuto elevato di suddetti radionuclidi, all'interno dei cicli produttivi, comporta la concentrazione dei radionuclidi nei residui (per es. i fosfogessi da lavorazione dei minerali fosfatici o le ceneri prodotte nelle centrali a carbone) o nei prodotti finali (per es. fertilizzanti, particolari mattonelle). E' dunque ipotizzabile un impatto sull'ambiente connesso all'esercizio di dette attività.

Il CTN\_AGF ha avviato un censimento delle potenziali lavorazioni critiche teso a cercare di quantificare la pressione sull'ambiente. Le lavorazioni con NORM sono anche state di recente oggetto di interesse normativo.

### I.1 Aspetti normativi

Con il decreto legislativo 26 maggio 2000, n. 241, che modifica il decreto legislativo 230/1995 e dà attuazione alla direttiva 96/29/EURATOM, vengono introdotte disposizioni specifiche per



le attività lavorative implicanti l'uso, lo stoccaggio o la produzione di materiali con elevato contenuto di radioattività naturale (NORM, *Naturally Occurring Radioactive Materials*).

Nello specifico, il Capo III-bis del D.lgs n. 230/95 (introdotto dal D.lgs n. 241/2000 all'art. 5) è dedicato alle: "Esposizioni da attività lavorative con particolari sorgenti naturali di radiazioni". All'art. 10 bis, comma 1, lettere c) e d) sono menzionate le: *"attività lavorative implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali o la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori e, eventualmente, di persone del pubblico"*. L'elenco delle tipologie di attività interessate è riportato nell'allegato I-bis del D.lgs n. 241/2000 (richiamato dall'art. 10 ter del D.lgs n. 230/95):

- industria che utilizza minerali fosfatici e depositi per il commercio all'ingrosso dei fertilizzanti;
- lavorazione di minerali nella estrazione di stagno, ferro-niobio da pirocloro e alluminio da bauxite;
- lavorazione di sabbie zirconifere e produzione di materiali refrattari;
- lavorazione di terre rare;
- lavorazione ed impiego di composti del torio (elettrodi per saldatura, produzione di lenti, reticelle per lampade a gas);
- produzione di pigmento al biossido di titanio;
- estrazione e raffinazione di petrolio e estrazione di gas.

Secondo quanto disposto nel decreto, l'esercente entro 24 mesi dall'inizio delle attività, avvalendosi dell'esperto qualificato, deve effettuare una valutazione preliminare di dose, sulla base di misurazioni, che deve essere confrontata con il *livello di azione*; l'esperto qualificato redige una relazione scritta conseguente alla ricognizione svolta. Nel caso di rispetto dei limiti della legge è prevista una procedura di verifica periodica; in caso contrario l'esercente deve provvedere all'invio della relazione dell'esperto qualificato all'ARPA (o APPA), al Servizio Sanitario Nazionale e alla Direzione generale del lavoro; quindi, deve porre in essere interventi per la riduzione delle grandezze misurate al di sotto del livello di azione con successive verifiche. In caso di persistenza dei superamenti, nonostante le azioni adottate, si ricorre all'applicazione del sistema di radioprotezione.

Il livello di azione è definito come "valore di dose efficace" e corrisponde a 1 mSv/anno per i lavoratori e 0,3 mSv/anno per le persone del pubblico.

E' da evidenziare, inoltre, che il D.lgs n. 230/95 ha introdotto dei criteri di non rilevanza radiologica delle pratiche, per cui sono esentate dalle disposizioni del decreto tutte le pratiche che soddisfano alle due seguenti condizioni:

- dose efficace individuale  $\leq 10 \mu\text{Sv/anno}$ ;
- dose collettiva efficace impegnata in un anno  $\leq 1 \text{ Sv} \cdot \text{persona}$ .

Sembra importante citare questa disposizione perché potrebbe costituire una soglia per caratterizzare la significatività radiologica anche per le tipologie di lavorazioni con NORM.

## 1.2 Il progetto del Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici (CTN\_AGF)

Il CTN\_AGF ha avviato un progetto finalizzato alla valutazione dell'impatto radiologico sull'ambiente causato dalle attività lavorative con presenza di NORM sul territorio nazionale. Il progetto si basa sulla creazione della banca dati delle lavorazioni interessate che preveda le informazioni necessarie alla caratterizzazione della pressione sull'ambiente delle singole attività da realizzare tipicamente con applicazione della modellistica previsionale per la valutazione degli impatti.

Nel 2000 è stata affrontata una prima fase dello studio, consistente nell'approfondimento bi-

biografico del ciclo produttivo delle attività lavorative selezionate e nello sviluppo dei criteri per la realizzazione della banca dati (definizione degli “standard informativi”).

Parallelamente è stata effettuata una raccolta preliminare di dati sul numero e sulla localizzazione delle lavorazioni interessate attraverso l'analisi delle fonti ufficiali di informazione (rapporti ambientali, il registro delle imprese, le pubblicazioni ISTAT, il Modello Unico di Dichiarazione per i rifiuti – MUD) e attraverso rapporti di collaborazione avviati con referenti di associazioni di categoria, di società o singole aziende.

Il gruppo di lavoro che ha operato sull'argomento è costituito da rappresentanti di ARPA Veneto, ARPA Toscana, ARPA Piemonte, AGIP e ISPESL.

Entrando nel merito del lavoro svolto si elencano le tipologie di attività/impianti selezionati e si sintetizzano i potenziali aspetti critici in tema di presenza di NORM:

- impianti di estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas (formazione di incrostazioni in parti dell'impianto con potenziale presenza di  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ; eliminazione di acque di formazione con potenziale presenza di  $^{226}\text{Ra}$ );
- miniere di uranio dismesse (problemi per l'eventuale accesso della popolazione e per il suo eventuale riutilizzo);
- impianti con lavorazione/impiego di sabbie zirconifere e di materiali refrattari (possibili problemi legati alla dispersione delle polveri e all'irradiazione nelle fasi di trasporto e stoccaggio, aspetti da valutare circa la gestione dei rifiuti, possibilità di parziale rilascio in atmosfera di  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  nelle operazioni che prevedono il trattamento termico dei materiali);
- acciaierie a ciclo integrale (possibilità di parziale rilascio in atmosfera di  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  nella sinterizzazione dei minerali e nella fusione nell'altoforno, eventuali problemi per lo smaltimento e il riciclaggio dei residui);
- centrali termoelettriche a carbone (possibilità di parziale rilascio in atmosfera di radionuclidi naturali – specificamente  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  –, eventuali problemi per lo smaltimento e il riciclaggio delle ceneri – specificamente di quelle leggere in edilizia);
- industria che utilizza minerali fosfatici, produzione e grande distribuzione di fertilizzanti (rinvenimento di elevati contenuti di  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  nei residui del processo di produzione a umido dell'acido fosforico – fosfogessi –, parziale rilascio in atmosfera di  $^{210}\text{Pb}$  e  $^{210}\text{Po}$  nel processo termico di estrazione del fosforo dai minerali, eventuale occorrenza di livelli non trascurabili di radionuclidi nei fertilizzanti).

In appendice si riporta lo standard informativo, in una versione ancora non definitiva, relativo alle acciaierie a ciclo integrale.

Attualmente gli standard elaborati sono in fase di revisione per una verifica da parte degli esperti del settore di attività; una volta avallati saranno inviati alle aziende per la raccolta dei dati finalizzata alla creazione di una banca dati informatizzata. Per il 2001 si prevede inoltre di avviare la fase di valutazione delle pressioni esercitate dalle lavorazioni in esame, attraverso l'uso della modellistica.

Nel corso del 2000 è stata realizzata una raccolta di dati preliminare che ha portato all'identificazione degli stabilimenti per alcune tipologie di attività lavorative (acciaierie, centrali a carbone, pozzi di estrazione AGIP) e a dati aggregati per le altre. Per ogni tipologia si presentano in Tabella n. 1 il numero di attività/impianti nel territorio nazionale risultanti da questa raccolta preliminare, le fonti e la data di aggiornamento delle informazioni e il grado di disaggregazione dei dati a disposizione del CTN\_AGF. Nel caso delle centrali termoelettriche a carbone si riportano in Tabella n. 2 anche alcuni dati di dettaglio (energia prodotta e carbone utilizzato per ogni centrale), utili come input per la quantificazione delle pressioni.

**Tabella n. 1: Attività lavorative con uso e/o produzione di NORM (ricognizione del CTN\_AGF del 2000)**

Tipologia attività (impianto)	N° attività	Fonti dati	Disponibilità/aggiornamento dati
Acciaierie a ciclo integrale	4 stabilimenti	Federacciai	Singola attività/1997
Produzione di silicati di zirconio macinati	6 unità locali	Comunicazione produttori	2000
Produzione di materiali refrattari	172 unità locali	Censimento intermedio dell'industria (ISTAT)	Comunale/1996
Lavorazione dei minerali fosfatici	3 stabilimenti	Comunicazione Federfertilizzanti	Singola attività/2000
Discariche di fosfogessi	4 siti	Comunicazione AGIP	2000
Estrazione gas e petrolio (AGIP)	7619 pozzi 34 campi a terra 38 piattaforme 53 centrali	Comunicazione AGIP	Singola attività/1999
Raffinerie di petrolio	18 stabilimenti	Ministero Ambiente	Singolo stabilimento/1999
Centrali termoelettriche a carbone (gruppo ENEL)	13 stabilimenti	Comunicazione ENEL SpA (Affari Istit. ed Internaz./Amb.)	Singola attività/1999
Miniere di uranio	2 siti	ANPA	2000

**Tabella n. 2: Centrali termoelettriche a carbone del Gruppo ENEL (aggiornamento al 1999)**

Denominazione Centrale	Comune	Produzione lorda di energia elettrica da carbone (MWh)	Consumo di carbone (tonnellate)
Bastardo	Gualdo cattaneo (PG)	996045	376436
Brindisi	Brindisi (BR)	0	0
Brindisi sud	Cerano (BR)	5559528	2005271
Fusina	Malcontenta (VE)	4078509	1411918
Genova	Genova (GE)	2057476	812332
La Spezia	La spezia (SP)	2936909	999107
Monfalcone	Monfalcone (GO)	2115217	714234
Pietrafitta	Panicle (PG)	0	0
Porto Marghera	Venezia (VE)	781066	326115
Santa Barbara	Cavriglia (AR)	0	0
Santa gilla	Cagliari (CA)	0	0
Sulcis	Portoscuso (CA)	1102875	403161
Vado Ligure	Valleggia di quiliano (SV)	3712831	1347129
Totale		23340456	8395703

*I dati sono stati forniti da Enel SpA/Affari Istituzionali e Internazionali*

## APPENDICE

### Esempio di standard informativo. Caso delle acciaierie a ciclo integrale.

Le acciaierie a ciclo integrale, a differenza di quelle elettriche che utilizzano rottami di ferro, partono da materie prime costituite principalmente da minerali di ferro e carbon fossile. Si presentano 4 moduli: il primo sui dati anagrafici, il secondo relativo al processo di fusione nell'altoforno, il terzo sulla produzione di coke (il cui impianto è sempre presente all'interno degli stabilimenti) e l'ultimo sulla gestione delle emissioni e dei rifiuti. Non viene affrontato il processo di sinterizzazione dei minerali, nonostante sia documentata la rilevanza radiologica, in quanto da una prima ricognizione risulta che l'Italia importi il minerale preventivamente preparato.

#### MODULO n. 1: ANAGRAFICA E DATI GENERALI

Dati compilatore  
 Data di compilazione  
 Indirizzo sede unità locale  
 Indirizzo sede legale  
 Numero iscrizione Repertorio Notizie Economiche e Amministrative (REA)  
 Codice ISTAT attività prevalente  
 Oggetto sociale  
 Totale addetti unità locale  
 In esercizio (S/N)  
 Data di apertura  
 Data di cessazione  
 Superficie totale stabilimento (m<sup>2</sup>)  
 Destinazione d'uso dell'area (prevalentemente residenziale, di tipo misto, prevalentemente industriale, esclusivamente industriale)  
 Produzione di ghisa (Mt/anno)  
 Produzione di acciaio (Mt/anno)  
 N° impianti di preparazione dei minerali  
 N° impianti di pellettizzazione  
 N° impianti di sinterizzazione  
 N° impianti di produzione coke  
 N° impianti di trattamento scorie  
 N° impianti di trattamento fanghi (stabilizzazione chimica, digestione aerobica/anaerobica, ispessimento, disidratazione, altro)

#### MODULO n. 2: DATI TECNICI SISTEMA ALTOFORNO

Altezza totale (m)  
 Diametro crogiolo (m)  
**Stoccaggio minerale**  
 superficie impegnata (m<sup>2</sup>)  
 distanza dal perimetro dello stabilimento (m)  
 sistema di stoccaggio (all'aperto, silos, capannone, ecc.)  
 quantitativo medio stoccato (m<sup>3</sup>)  
 stima polveri disperse (g/ t di ghisa)  
 sistemi per contenimento polveri  
**Preparazione del carico**  
 superficie impegnata (m<sup>2</sup>)  
 stima polveri disperse (g/ t di ghisa)  
 sistemi per contenimento polveri

continua

**segue**

**Materiali di input (sinter, pellets, coke, carbone, calcare, rottame, altro)**

quantità (Mt/anno), (t/t di ghisa)

provenienza

concentrazione radionuclidi

**Ghisa greggia**

quantità (Mt/anno), (kg/ora)

destinazione (convertitore, fonderia)

**Sistemi di abbattimento fumi (BF gas, Blast Furnace gas)**

tipologia

efficienza

efficienza trattamento complessivo

**Rifiuti solidi derivanti dal trattamento dei fumi (polveri fini, grossolane, fanghi)**

quantità (t/anno), (kg/t di ghisa)

concentrazione radionuclidi

coordinate geografiche ciminiera rilascio BF gas

**BF gas all'uscita dal camino (a valle del processo di depurazione)**

quantità (Nm<sup>3</sup>/t di ghisa)

portata (Nm<sup>3</sup>/h) (valore medio giornaliero)

polveri totali (mg/Nm<sup>3</sup>) (valore medio giornaliero)

temperatura (°C)

**Acque di scarico**

quantità (m<sup>3</sup>/t ghisa)

trattamento (S/N)

portata media dello scarico (m<sup>3</sup>/h)

corpo ricettore (pubblica fognatura, corpo idrico, mare)

concentrazione radionuclidi

**Fanghi di depurazione delle acque (destinati a smaltimento finale)**

quantità (t/a)

concentrazione radionuclidi

**Loppe**

quantità (t/a), (t/t di ghisa)

composizione chimica

concentrazione radionuclidi

**MODULO n.3: DATI TECNICI IMPIANTO DI PRODUZIONE COKE**

Capacità dell'impianto (t/a)

Età dell'impianto (a)

Tempo di funzionamento dell'impianto (ore/a)

**Stoccaggio carbone**

superficie impegnata (m<sup>2</sup>)

distanza dal perimetro dello stabilimento

sistema di stoccaggio (all'aperto, silos, capannone, ecc.)

quantitativo medio stoccato (m<sup>3</sup>)

stima polveri disperse (g/ t di ghisa)

sistemi per contenimento polveri

**Preparazione carbone**

superficie impegnata (m<sup>2</sup>)

**segue**

stima polveri disperse (g/ t di ghisa)

sistemi per contenimento polveri

**Forni (coke oven battery)**

numero

dimensioni

capienza (t di carbone)

**Carbone (materiale di input)**

quantità (t/a), (t/t di coke)

provenienza

concentrazione radionuclidi

**Coke di petrolio (materiale di input)**

quantità (t/ t di coke)

**Coke prodotto**

quantità (t/a)

tipo (semimetallurgico, metallurgico,...)

concentrazione radionuclidi

**Sistemi di abbattimento fumi (Coke Oven Gas, COG)**

tipologia

efficienza

**Rifiuti solidi derivanti dal trattamento dei fumi (polveri fini, grossolane, fanghi o da trattamento fumi)**

quantità (t/a), (kg/t di coke)

concentrazione radionuclidi

Coordinate geografiche ciminiera rilascio COG

**COG all'uscita del camino (a valle del processo di depurazione)**

quantità (Nm<sup>3</sup>/t di ghisa)

portata (Nm<sup>3</sup>/h) (valore medio giornaliero)

polveri totali (mg/Nm<sup>3</sup>) (valore medio giornaliero)

temperatura (°C)

fuoriuscita di gas da porte e da fessure

stima quantità (m<sup>3</sup>/kg di coke)

stima contenuto di polveri (mg/m<sup>3</sup>)

stima contenuto di polveri emesse durante fase di *pusching* (mg/kg di coke)

stima contenuto di polveri emesse durante fase di *quenching* (mg/kg di coke)

**Acque di scarico**

quantità (m<sup>3</sup>/t ghisa)

trattamento (S/N)

portata media dello scarico (m<sup>3</sup>/h)

corpo ricettore (pubblica fognatura, corpo idrico, mare)

concentrazione radionuclidi nelle acque

**Fanghi di depurazione delle acque (destinati a smaltimento finale)**

quantità (t/a)

concentrazione radionuclidi

**Catrame (residui)**

quantità (t/a), (t/t di coke)

concentrazione radionuclidi



**MODULO n.4: GESTIONE RIFIUTI / SOTTOPRODOTTI**

**Loppe**

% loppe trattate all'interno dello stabilimento  
 sistema di trattamento  
 rifiuti prodotti  
 destinazione dopo trattamento  
 % avviata ad impianti di trattamento  
 tipo di trattamento  
 nome, indirizzo impianto  
 impresa titolare impianto (nome, indirizzo)  
 % vendita (tal quale)  
 destinatario (nome, indirizzo ditta)  
 tipo di utilizzazione  
 % avviata a impianti di smaltimento (senza trattamento)  
 tipologia impianto (inceneritore, discarica,...)  
 categoria (I, IIa, IIb, IIC, tipo di inceneritore, ...)  
 nome, indirizzo impianto  
 impresa titolare impianto (nome, indirizzo)

**Polveri fini e polveri grossolane (da abbattimento fumi)**

% vendita  
 destinatario (nome, indirizzo ditta)  
 tipo di utilizzo  
 % destinata a riciclaggio all'interno stabilimento  
 tipo di utilizzazione  
 % avviata ad impianti di smaltimento  
 tipologia impianto (inceneritore, discarica)  
 categoria (I, IIa, IIb, IIC, tipo di inceneritore, ...)  
 nome, indirizzo impianto  
 impresa titolare impianto (nome, indirizzo)

**Fanghi da trattamento fumi**

trattamento (S/N e tipologia)  
 tipologia impianto (inceneritore, discarica)  
 categoria (I, IIa, IIb, IIC, tipo di inceneritore, ...)  
 nome, indirizzo impianto  
 impresa titolare impianto (nome, indirizzo)

**Catrame**

destinatario (nome, indirizzo ditta)

# Linee guida per la misura di CEM ad alta frequenza

**Giovanni d'Amore<sup>(\*)</sup>, Laura Anglesio<sup>(\*)</sup>, Gaetano Licitra<sup>(\*\*)</sup>**

<sup>(\*)</sup> ARPA Piemonte - Dipartimento d'Ivrea

<sup>(\*\*)</sup> ARPA Toscana - Dipartimento di Livorno

## Sommario

Nel presente rapporto vengono descritte le procedure e i metodi da adottare per la misura dei campi elettromagnetici emessi da impianti per telecomunicazione. In particolare vengono descritte le caratteristiche dei sistemi di misura sia a banda larga che a banda stretta e il loro utilizzo in funzione della tipologia del segnale elettromagnetico da misurare.

La guida tecnica, presentata in questo rapporto, è il risultato del lavoro effettuato dal Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici per armonizzare i metodi adottati sul territorio nazionale e uniformare le procedure di misura e di valutazione dell'esposizione umana sul territorio nazionale.

## Summary

In this report, procedures and methods for measurements of electromagnetic field emissions from telecommunication broadcasting antennas are presented. Particularly, measurement systems are described together with their proper use as a function of the type of electromagnetic signal which has to be measured.

The technical guide presented in this report results from the standardisation of experimental methods carried out by the National Topic Centre - Physical Agents to obtain uniform procedure for measurements and human exposure evaluation on all Italian country.

## I. INTRODUZIONE

La definizione di una procedura di misura e di valutazione dell'esposizione è necessaria al fine di ottenere dati sperimentali confrontabili. Tale problema risulta particolarmente critico per le misure ambientali, dove vi è una grande variabilità dei parametri che intervengono nella rilevazione del dato e nella sua analisi finalizzata alla stima dell'esposizione umana.

Il tipo di catena strumentale da utilizzare, l'influenza di fattori ambientali sui parametri di misura, la scelta dei punti di misura caratterizzanti un dato ambiente sono tutti elementi che influenzano il valore del parametro oggetto dell'indagine.

Per quanto riguarda la rilevazione ambientale dell'intensità del campo elettromagnetico a radiofrequenza, finalizzata alla valutazione dell'esposizione umana, non esistono protocolli definiti da riferimenti normativi nazionali, ma solamente riferimenti tecnici sia nazionali che, soprattutto, internazionali emanati da gruppi di lavoro e associazioni tecnico scientifiche. Tra i riferimenti esistenti citiamo quelli che riteniamo più significativi: protocollo Network Italiani - ISPESL "Modalità e strumenti di misura", linee guida interministeriali e ANPA-ARPA per l'applicazione del D.M. 381, norma tecnica IEC 61566 "Measurement of exposure to radiofrequency electromagnetic field strength in the frequency range 100 kHz-1 GHz"; standard IEEE-ANSI C95.3 "Recommended practice for the measurement of potentially hazardous electromagnetic fields - RF and microwave"; raccomandazioni ITU-R SM 326-7 "Determination and measurement of the power of amplitude-modulated radio transmitters e 378-6 Field strength measurements at monitoring stations".

Tutti i documenti tecnici sopra citati, pur contenendo importanti indicazioni su alcuni aspetti delle procedure di misura, risultano incompleti e non possono costituire una guida esaustiva per l'effettuazione delle misure. In particolare alcuni documenti sono non adeguati perché le metodiche descritte si riferiscono esclusivamente alle misure non selettive in frequenza (banda larga); o non vi sono indicazioni sulla dipendenza della risposta dei sensori a banda larga da particolari tipologie di segnali, quali quelli modulati in ampiezza e fase e quelli multifrequenza; o ancora la trattazione delle procedure rimane a un livello generico e non affronta dettagli operativi sulle metodiche da adottare in campo in funzione del tipo di sorgente; le procedure relative alle misure selettive in frequenza (banda stretta) non vengono descritte in modo dettagliato in funzione del tipo di segnale da analizzare. Questo aspetto può essere particolarmente critico laddove le diverse impostazioni strumentali influenzano in modo significativo il valore rilevato.

Questa situazione di carenza di riferimenti certi e condivisi è stata avvertita in particolar modo dai tecnici operanti all'interno del Sistema delle Agenzie ambientali, dove è indispensabile l'adozione di procedure dettagliate e uniformi che consentano la produzione di dati confrontabili per la valutazione dello stato dell'ambiente. Procedure omogenee e condivise dalle strutture tecniche di controllo su tutto il territorio nazionale rappresentano inoltre un importante riferimento per un corretto approccio radioprotezionistico nella valutazione dell'esposizione.

Per i motivi fin qui esposti, il gruppo di lavoro ANPA-ARPA sulle Radiazioni Non Ionizzanti, istituito nel maggio 1997 dal Consiglio delle Agenzie Regionali, ha promosso l'iniziativa di redigere una guida tecnica che affrontasse le problematiche di misura delle radiazioni elettromagnetiche a radiofrequenza generate da impianti per telecomunicazione. L'entrata in vigore del D.M. 381/98 sulla regolamentazione delle emissioni da impianti per telecomunicazione, ha reso tale guida un documento tecnico necessario per tutti gli operatori impegnati nella valutazione del rispetto dei limiti di esposizione.

La riorganizzazione del Sistema delle Agenzie con l'istituzione dei Centri Tematici Nazionali, ha portato, infine, a svolgere il lavoro di messa a punto della guida tecnica all'interno del Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici.

L'impostazione della guida tecnica consiste in un nucleo centrale in cui vengono descritte le modalità di misura, con metodiche a banda larga e a banda stretta, riferite alle sorgenti ritenute più significative per la diffusione sul territorio e l'impatto sull'esposizione della popolazione. In particolare, si farà riferimento alle seguenti categorie di sorgenti: stazioni radiobase per la telefonia cellulare (900 MHz e 1800 MHz circa), emittenti televisive in banda UHF (da 450 a 900 MHz circa), stazioni radio FM-VHF (da 87.5 a 108 MHz) e AM-onde medie (da 500 a 1600 kHz circa).

Oltre al nucleo centrale, costituito dal cap. 5 relativo alle procedure di misura a banda larga e a banda stretta e alla valutazione dei risultati, sono riportate informazioni generali, con minore contenuto operativo ma di importanza fondamentale per la corretta esecuzione delle misure, riguardanti:

- Cap. 2 definizioni;
- Cap. 3 caratteristiche delle sorgenti e dei segnali da esse emessi;
- Cap. 4 caratteristiche degli strumenti per misure a banda larga e a banda stretta.

Sono inoltre presenti le seguenti appendici:

- Appendice 1                      Caratteristiche della modulazione AM e FM
- Appendice 2                      Esempi di sorgenti radar
- Appendice 3                      Procedure per il calcolo di  $n_{eq}$
- Appendice 4                      Taratura dei misuratori di campo
- Appendice 5                      GTEM

## 2. MODALITÀ DI MISURA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI EMESSI DA IMPIANTI DI TELERADIODIFFUSIONE E DA STAZIONI RADIO BASE PER TELEFONIA MOBILE

Il presente protocollo è mirato a fissare le modalità di misura del campo elettromagnetico emesso dalle sopraccitate sorgenti fisse per teleradiocomunicazione nell'intervallo di frequenza 100 kHz - 3 GHz.

Tutti gli strumenti per la misura di campi EM a scopo protezionistico misurano o l'intensità del campo elettrico o quella del campo magnetico, nel senso che sono dotati di sensori che rispondono all'uno o all'altro di questi agenti fisici; il fatto che esistano strumenti che combinano i sensori dei due tipi per fornire una misura contemporanea di entrambi i campi non altera la sostanza di questo stato di cose. Pressoché nessuno strumento, invece, misura direttamente la densità di potenza della radiazione. Il fatto che talvolta l'indicazione dello strumento sia espressa proprio in termini di densità di potenza (cioè sia espressa in  $W/m^2$  o  $mW/cm^2$ ) può essere considerato una sorta di retaggio storico; in questi strumenti, infatti, l'effettiva grandezza misurata dal sensore (intensità del campo elettrico o del campo magnetico) viene convertita al momento della visualizzazione in una "densità di potenza di onda piana equivalente" per mezzo delle note formule.

Poiché le norme di riferimento (compreso il D.M. 381/98) specificano sempre i valori massimi sia del campo elettrico sia del campo magnetico e, quando specificano anche la densità di potenza (per frequenze oltre 3 MHz, nel caso del D.M. 381/98), questa è semplicemente il prodotto delle altre due grandezze, si può concludere che la determinazione della densità di potenza non ha particolare significato dal punto di vista della misura e che quelle che invece devono essere valutate sono le intensità del campo elettrico e del campo magnetico.

Con questa premessa, la specifica di quale grandezza effettivamente debba essere misurata (e cioè se solo il campo elettrico, solo il campo magnetico o entrambi) dipende dalle caratteristiche della sorgente, dalla frequenza e dalla distanza del punto di misura da essa. Infatti, la struttura stessa del campo elettromagnetico varia notevolmente in funzione della distanza dalla sorgente, rapportata alla lunghezza d'onda. A questo proposito, si è soliti distinguere tre regioni, con l'ovvia considerazione che non si tratta di zone separate da barriere precise, bensì che sfumano una nell'altra con continuità: la regione dei campi reattivi ( $r < \lambda/10$ ), la regione dei campi radiativi vicini (zona di Fresnel) e la regione dei campi radiativi lontani ( $r > D^2/\lambda$ ) (zona di Fraunhofer). La regione dei campi radiativi è stata definita in accordo con quanto indicato nel D.M. 381/98.

Nella regione dei campi reattivi occorre misurare indipendentemente sia il campo elettrico sia il campo magnetico, poiché essi non possono essere dedotti uno dall'altro. Per la misura, occorre utilizzare sensori dotati della necessaria risoluzione spaziale, cioè di dimensioni piccole rispetto sia alla lunghezza d'onda sia all'estensione dell'area da caratterizzare. Nel nostro caso questa situazione si può verificare unicamente in relazione ai trasmettitori a onde medie; già nella banda delle radio FM, infatti esposizioni nella regione dei campi reattivi possono riguardare tutt'al più il personale addetto alla manutenzione degli apparati.

Nella regione dei campi radiativi (vicini o lontani) è in genere sufficiente misurare o il solo campo elettrico o il solo campo magnetico, calcolando la grandezza non misurata in base alle note relazioni d'onda piana. Nella zona di campo radiato vicino, il campo elettrico e il campo magnetico sono correlati punto a punto ma con grosse variazioni spaziali dell'intensità. Nella regione dei campi radiativi vicini è necessario utilizzare sensori a risoluzione spaziale alta anche rispetto alla lunghezza d'onda, mentre nella zona lontana possono essere usate antenne estese (cioè paragonabili o grandi rispetto alla lunghezza d'onda), purché sufficientemente compatte nei confronti dell'estensione dell'area da caratterizzare.

In generale le misure di campo possono essere effettuate in banda larga se:

- è necessario individuare punti critici in una zona su cui insistono più impianti;
- il valore misurato non supera il 75% del limite (vedi linee guida applicative D.M. 381/98).

Viceversa è necessario effettuare la misura utilizzando una catena strumentale in banda stretta se:

- sono presenti più sorgenti che emettono in intervalli di frequenza su cui devono essere applicati differenti valori limite;
- mediante la misura in banda larga viene evidenziato un superamento del limite per cui si rende necessaria la riduzione a conformità, procedura che richiede di valutare i diversi contributi forniti singolarmente da ogni sorgente.

Ovviamente questo equivale a una prevalenza del dato ottenuto mediante misura in banda stretta sul dato ottenuto in banda larga. In altri termini se vi è discordanza tra i dati in banda larga e in banda stretta si acquisiscono questi ultimi.

Tutte le misure descritte nelle presenti procedure devono essere effettuate con strumenti tarati e riferibili secondo il D.L. 273/91. La periodicità della taratura deve essere almeno biennale per i sensori di campo a banda larga, per le antenne attive o dotate di balun e per i cavi coassiali, e almeno triennale per le antenne passive e non provviste di balun e per analizzatori di spettro o ricevitori.

### 3. MISURE IN BANDA LARGA

Se la misura non viene effettuata con sensore isotropo (costituito da tre dipoli elettrici o magnetici mutuamente ortogonali) ma con un sensore direzionale, questo deve essere orientato dall'operatore in tempi successivi secondo tre direzioni mutuamente ortogonali mantenendo il centro sempre nella stessa posizione. L'intensità del campo si ottiene effettuando la radice quadrata della somma dei quadrati delle tre componenti senza tenere conto di ciascuna fase. I conduttori di collegamento sensore-misuratore devono perturbare il campo il meno possibile. È opportuno, inoltre, cambiare la direzione dei cavi di collegamento tenendo la sonda fissa per controllare eventuali variazioni del segnale misurato dovuto ad accoppiamenti con il campo elettromagnetico.

Per non influenzare la misura del campo l'operatore deve porsi a una certa distanza dalla sonda di campo elettrico, generalmente almeno 3 o 4 metri, e questa deve essere fissata su cavalletto in materiale dielettrico per evitare riflessioni dovute allo stesso. La lettura dell'intensità del campo può essere effettuata tramite ripetitore collegato al lettore con fibra ottica o, in assenza di possibilità di tale collegamento, allontanandosi dal misuratore ed effettuando la stessa per mezzo di binocolo.

Effettuare una prima serie di misure scansionando l'area di interesse con un numero di punti adeguato alla lunghezza d'onda al fine di determinare il punto in cui l'intensità di campo elettrico o magnetico è massima. Tale scansione va effettuata posizionando il sensore su un supporto dielettrico a una medesima altezza dal piano di calpestio (1.5 m). Tale valutazione è valida se la sorgente di campo è sufficientemente costante nel periodo della misura. Se le misure vengono eseguite in campo vicino, verificare che il valore del campo non vari rapidamente spostando il sensore per brevi distanze; in questo caso considerare il punto relativo al valore massimo misurato.

I punti di misura devono essere lontani da oggetti metallici presenti occasionalmente (automobili, ecc.). La sonda deve essere mantenuta a una certa distanza (di norma circa 1 metro) <sup>(1)</sup>

<sup>1</sup> Per una sonda di dimensione massima pari a 10 cm si può contenere l'errore della risposta dovuto all'accoppiamento con un corpo conduttivo entro 1 dB se si rispettano le seguenti distanze minime: 25 cm per frequenze da 100 kHz a 3 MHz; 15 cm per frequenze da 3 MHz a 10 MHz; 10 cm per frequenze > 10 MHz. Ovviamente, a causa delle riflessioni, l'intensità del campo misurato potrà subire localmente variazioni cospicue rendendo poco riproducibile la misura.



da qualunque oggetto conduttivo, ivi compresa la sorgente, per minimizzare l'accoppiamento, che altererebbe la risposta della sonda. La sonda di campo elettrico o magnetico deve essere fissata su di un supporto o cavalletto dielettrico (nel caso di misure di campo elettrico disaccoppiando quando possibile la discesa resistiva dalla componente principale del campo in esame). I risultati delle misure devono essere forniti come valori efficaci di campo elettrico o magnetico mediati temporalmente su 6 minuti e mediati nello spazio su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano secondo quanto previsto dalle linee guida applicative del D.M. 381/98. A tal fine, devono essere effettuate per ogni punto tre misure con centro della sonda alle altezze di 1.1 m, 1.5 m e 1.9 m dal piano di calpestio.

Il valore di campo elettrico o magnetico misurato sarà pari rispettivamente a:

$$E_{\text{med}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 E_i^2}{3}} \quad [\text{V/m}] \quad H_{\text{med}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 H_i^2}{3}} \quad [\text{A/m}]$$

Ricordiamo che le medie temporale e spaziale devono essere effettuate sulla densità di potenza e quindi sul quadrato del valore di campo. Per ogni misura deve essere fornito il valore medio su 6 minuti. Non tutte le sonde hanno la possibilità di acquisire su 6 minuti e registrare il valore medio del quadrato del campo. In questo caso verificare che l'intensità del campo non vari nel tempo osservando il visore dello strumento e se ciò non succede, annotare alcune (per avere una statistica sufficiente, almeno 12) letture a intervalli di tempo regolari entro i 6 minuti e quindi calcolare la media temporale. Nel caso di misure su sorgenti di onde medie, in cui è presumibilmente necessario effettuare anche misure di campo magnetico, occorre verificare il fattore di reiezione al campo elettrico della sonda utilizzata. Non tenere conto di questo fattore è spesso causa di misure non corrette in quanto la risposta del misuratore è influenzata dal campo elettrico presente che, viste le caratteristiche delle sorgenti, può fornire il contributo maggiore al valore letto sullo strumento. Quando si eseguono misure di segnali modulati (es. modulazione digitale, modulazione in ampiezza) o di segnali multifrequenza (caso riconducibile alla modulazione in ampiezza) occorrerebbe conoscere la correzione da apportare alla risposta del sensore. Nel caso in cui la sorgente in esame sia una stazione radio base per telefonia mobile il risultato della misura in banda larga può essere correlato a una condizione di minimo traffico con un basso numero di portanti attive.

Per evitare sottostime del livello di campo misurato rispetto a quello presente in situazioni di maggiore carico, che potrebbero dare luogo a superamento del limite non evidenziato, è opportuno procedere alla valutazione in uno dei seguenti modi:

- 1) procedere alla misura in banda stretta che consente di determinare le condizioni di traffico presenti al momento della misura in modo da correggere il valore misurato rapportandolo al numero di portanti gestibili dall'impianto (questa procedura richiede tempi maggiori e non è sempre applicabile in quanto è necessaria la disponibilità di catene di misura in banda stretta);
- 2) chiedere al gestore la situazione del traffico al momento della misura e riportare il valore misurato in banda larga a quello possibile nelle condizioni di massimo traffico;
- 3) acquisito il valore misurato, stimare il valore massimo di campo prodotto dalla stazione radio base correggendolo per un fattore  $n_{\text{eq}}$  che, ipotizzando una situazione limite di misura effettuata con un'unica portante attiva da parte di tutti gli impianti che insistono sul punto di misura, risulta uguale a  $\sqrt{n}$  con  $n$  pari al numero massimo di portanti gestite dall'impianto. Questo fattore correttivo, molto grossolano, può essere affinato con un fattore che tenga conto delle attenuazioni dovute alla distanza e all'orientazione delle celle.

Quest'ultima procedura, pur essendo più accurata, ha lo svantaggio di richiedere la conoscenza di tutti i parametri tecnici delle celle (potenza, diagrammi verticale e orizzontale di irradiazione).



ne, guadagno, tilt elettrico e/o meccanico, altezza del centro elettrico del sistema radiante e orientamento rispetto al nord geografico delle celle) e conseguentemente richiedere un calcolo non immediato.

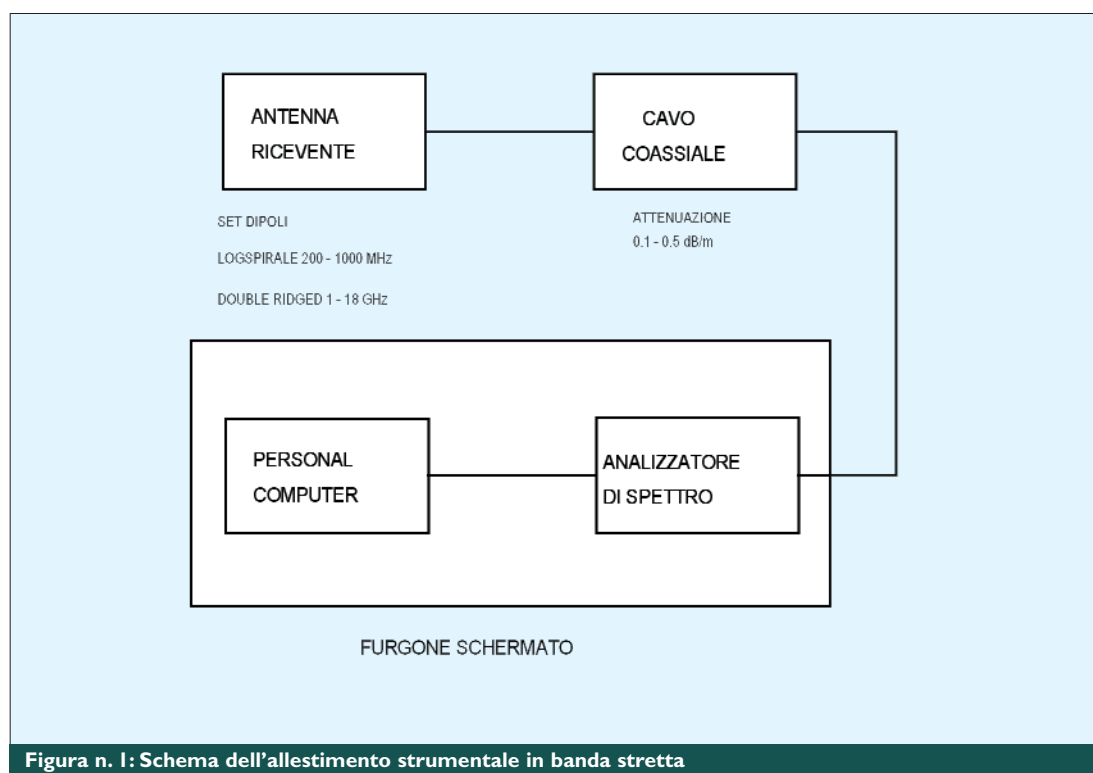
La procedura riportata al punto 3 ha lo scopo di evidenziare le situazioni in cui il limite non è sicuramente superato e che, pertanto, non richiedono ulteriori approfondimenti. Tale procedura non può invece essere applicata per fornire un valore di esposizione al campo elettrico, che deve essere stimata mediante le procedure riportate ai punti 1 e 2.

#### 4. MISURE IN BANDA STRETTA

La rivelazione delle singole componenti spettrali e delle relative ampiezze dei campi emessi da sorgenti elettromagnetiche RF e microonde viene ottenuto per mezzo di una catena di misura costituita da:

- sistema di ricezione del segnale costituito da un'antenna;
- sistema di rivelazione delle singole componenti spettrali e delle relative ampiezze costituito da un analizzatore di spettro o ricevitore;
- sistema di trasmissione del segnale dal ricevitore (antenna) al sistema di misura (analizzatore di spettro o ricevitore) costituito da un cavo coassiale schermato.

Siccome la risposta dell'analizzatore di spettro può essere influenzata dal campo elettromagnetico ambientale (immunità elettromagnetica), questo strumento deve essere posizionato in un'area con bassi livelli di fondo ambientale. Nell'effettuare misure in ambiente esterno è, quindi, consigliabile l'utilizzo di un furgone schermato. In Figura n. 1 riportiamo un diagramma esemplificativo della catena di misura in banda stretta.



Per quanto riguarda l'analizzatore di spettro è opportuno conoscerne l'immunità radiata in modo da poter effettuare misure affidabili. La maggior parte degli analizzatori di spettro ha una immunità radiata nell'intervallo 80 MHz - 1 GHz solo fino a 3 V/m. L'analizzatore presenta in ingresso un attenuatore variabile (tipicamente fino a qualche decina di dB); questo attenuatore permette di limitare il segnale in ingresso al mixer al fine di evitarne il funzionamento in condizioni di saturazione. In presenza di segnali di ampiezza sconosciuta è buona norma iniziare la misura anteposando, invece, un attenuatore esterno che protegga lo stadio di ingresso dell'analizzatore da danni permanenti.

Nell'impostazione della misura risulta determinante la scelta di alcuni parametri quali l'intervallo di frequenza in cui effettuare l'analisi, la risoluzione dei filtri di banda e video, ecc., la cui scelta avviene in funzione del tipo di segnale da analizzare.

#### 4.1 Procedure di misura

##### 4.1.1. Condizioni ambientali

Le misure all'aperto devono essere eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche e con clima asciutto. La temperatura ambientale deve essere compresa nell'intervallo di funzionamento dichiarato dal costruttore per la strumentazione utilizzata.

##### 4.1.2. Predisposizione della strumentazione

Il gruppo elettrogeno deve essere posizionato il più lontano possibile dalla catena di misura in particolar modo dall'antenna di misura, per ridurre eventuali disturbi.

L'analizzatore deve essere collocato possibilmente in una posizione schermata dal campo elettromagnetico (ad esempio all'interno di una struttura schermante) o comunque in una zona dove il campo non sia superiore a qualche V/m (3 V/m o secondo specifiche del costruttore). Lasciare acceso l'analizzatore di spettro per circa mezz'ora prima di utilizzarlo (o secondo prescrizioni) ed eseguire la procedura di verifica della calibrazione secondo le indicazioni fornite dal costruttore.

L'antenna dovrebbe essere posta a una distanza pari ad almeno una  $\lambda$  (la più grande nel caso di più sorgenti) dall'analizzatore e da oggetti metallici (veicoli, ecc.) o nel caso di antenne corte (rispetto la lunghezza d'onda) a una distanza pari a 2 volte le dimensioni dell'antenna stessa.

Il cavo coassiale di collegamento antenna-analizzatore deve essere disposto nel modo più rettilineo possibile.

L'antenna di misura viene montata su di un cavalletto non metallico. Nel caso di antenne di dimensioni contenute ( $D < 50$  cm) se la differenza  $\Delta$  tra le misure effettuate in banda larga alle tre diverse altezze non supera il 25% ( $\Delta = [100 * (E_{max} - E_{min}) / E_{min}]$ ), posizionare il centro elettrico alla sola altezza di 1.5 m, in caso contrario posizionare il centro dell'antenna alle altezze di 1.1 m - 1.5 m - 1.9 m (come nel caso della misura in banda larga). Nel caso di utilizzo di antenne estese ( $D > 50$  cm), quali ad esempio la biconica tradizionale o il dipolo (a frequenze inferiori a circa 300 MHz) posizionare il centro elettrico dell'antenna a un'altezza da terra di 1.5 m (in questo caso le dimensioni dell'antenna consentiranno di ottenere un valore rappresentativo della media sulla sezione verticale del corpo umano).

Per ogni posizione la prima misura viene fatta utilizzando in ingresso all'analizzatore opportuni attenuatori esterni (10 o 20 dB), per evitare che il segnale in ingresso superi il valore massimo accettabile dall'analizzatore (tipicamente 20-30 dBm) danneggiandolo; successivamente, nel caso si rilevino complessivamente valori inferiori al massimo ingresso consentito, si può

eventualmente scegliere di effettuare la misura senza attenuatori esterni.

I parametri che caratterizzano l'acquisizione dello spettro (RBW, VBW, SWEEP) vengono fissati in modo da risolvere al meglio le varie sorgenti.

La scala dell'ampiezza deve consentire di visualizzare in modo ottimale i picchi di interesse.

#### 4.1.3 Calcolo del campo

Per ogni frequenza (j) la componente i-esima (ad esempio x,y,z per le antenne loop e biconica, orizzontale e verticale per l'antenna log-periodica) è data dalla seguente formula:

$$E(i)_j = 10 [\text{dBm} + \text{AF} + \text{IA} + \text{CA} - 13.01] / 20 [\text{V/m}]$$

dove: dBm è l'ampiezza del segnale letto sull'analizzatore;

AF (dB) è il fattore d'antenna;

IA (dB) è l'eventuale l'attenuazione esterna all'ingresso dell'analizzatore;

CA (dB) l'attenuazione del cavo.

I valori di AF, IA, CA, quando non direttamente disponibili, vengono calcolati per ogni frequenza mediante interpolazione lineare tra due dati sperimentali successivi ricavati dal certificato di taratura.

#### 4.1.4 Acquisizione dei dati

L'acquisizione dello spettro viene fatta memorizzando i valori massimi (MAX HOLD) per un tempo sufficiente perché i valori di picco si stabilizzino. Solitamente sono sufficienti tempi dell'ordine della decina di secondi.

I parametri ottimali per l'acquisizione degli spettri (RBW, VBW, SWP) in relazione alle diverse tipologie di sorgenti sono riportati nella Tabella n. 1.

L'elemento rivelatore del sistema di misura è costituito da antenne che possono essere classificate in due tipologie a seconda dell'apertura del lobo di irradiazione, un lobo stretto equivale, se usate in trasmissione, a un guadagno elevato (> 3 dB), cioè elevata direttività, mentre se il lobo è aperto il guadagno è basso (antenne a bassa direttività).

La metodologia di misura sarà differente per le due tipologie di antenna e in particolare:

**Antenne a bassa direttività (es. dipolo, biconica):** si acquisiscono tre spettri corrispondenti a tre posizioni mutuamente perpendicolari, mantenendo il centro elettrico sempre nella medesima posizione. I tre spettri così acquisiti saranno elaborati sommando quadraticamente i valori di campo elettrico o magnetico, rilevati per ogni frequenza nelle tre posizioni, per ottenere lo spettro risultante. Se indichiamo con  $E_{i,j}$  il contributo della i-esima frequenza alla j-esima componente il valore globale del campo E sarà dato dalla seguente somma quadratica:

$$E = \sqrt{\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^n E_{i,j}^2} [\text{V/m}]$$

con n numero totale di componenti spettrali.

**Antenne a elevata direttività:** se la direzione di provenienza della radiazione è ben individuabile, si orienta l'antenna verso la sorgente e si acquisisce lo spettro. Questa operazione deve essere ripetuta nel caso di antenne a polarizzazione lineare per due direzioni di polarizzazione ortogonali alla direzione di provenienza del segnale, quindi, i valori di campo così otte-

nuti devono essere sommati quadraticamente fra di loro per ottenere il campo risultante. Quando la radiazione proviene da più direzioni, perché generata da sorgenti installate in più postazioni, si devono effettuare più misure orientando l'antenna verso le diverse sorgenti. In presenza di molte direzioni di provenienza dei segnali, si tenga conto che la radiazione compresa in un settore angolare di circa  $\pm 15^\circ$  dall'asse dell'antenna viene misurata senza significative attenuazioni. Successivamente per ogni frequenza rilevata verrà utilizzato il valore massimo misurato nelle varie direzioni, rispettivamente per il piano orizzontale e per quello verticale.

Se indichiamo con  $E_{i,j}$  il contributo massimo della  $i$ -esima frequenza alla  $j$ -esima componente il valore globale del campo  $E$  sarà dato dalla seguente somma quadratica:

$$E = \sqrt{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n E_{i,j}^2} \quad [\text{V/m}]$$

con  $n$  numero totale di componenti spettrali,  $m=2$  nel caso di antenne direttive a polarizzazione lineare,  $m=1$  nel caso di antenne direttive a polarizzazione circolare.

## 4.2 Radio FM

Al fine di distinguere i segnali adiacenti, che non dovrebbero differire in frequenza per meno di 150 kHz (256 kHz per trasmissioni stereo), sarebbe necessario utilizzare una risoluzione (RBW) almeno pari a 100 kHz. In realtà, poiché non è difficile trovare segnali che differiscono per meno di 100 kHz, tenendo conto delle impostazioni disponibili sugli analizzatori di spettro, risulta ottimale l'adozione di una RBW di 30 kHz con una uguale VBW. Per avere a video una buona risoluzione dei segnali, e una migliore accuratezza nell'individuazione del picco, è opportuno l'utilizzo di un intervallo di lettura (span) al più pari a 10 MHz. Si ritiene consigliabile un valore di 5 MHz.

## 4.3 Radio AM

Uno degli aspetti più critici della misura dei segnali modulati di tipo AM è la difficoltà di determinare l'ampiezza globale del segnale dovuto alla portante e a una modulante con indice di modulazione e frequenza variabili. A tale scopo risulta fondamentale determinare l'ampiezza della portante e ricavare da questa il valore efficace del segnale AM ipotizzando un indice di modulazione che si ritiene significativo per una determinazione cautelativa del livello medio del segnale. Siccome la frequenza minima di modulazione dei segnali AM è di 30 Hz, per poter determinare l'ampiezza della portante occorrerebbe utilizzare una RBW inferiore a 30 Hz, parametro che solitamente non è disponibile sugli analizzatori di spettro. Per ovviare a tale problema si può agire sulla VBW che corrisponde a un filtro passa basso che segue il filtro passa banda corrispondente alla RBW. In particolare impostando una RBW di 10 kHz (in modo da considerare il contributo di segnali modulanti alla massima frequenza di banda possibile), uno span di 200 kHz e una VBW di 10 Hz, parametri usualmente disponibili sugli analizzatori di spettro, è possibile determinare il contributo associato alla sola portante. Dall'ampiezza della portante così determinata si può ricavare l'ampiezza del segnale modulato, ipotizzando la condizione cautelativa di una modulazione dell'80%, aggiungendo 1.2 dB al valore misurato sulla portante.

#### 4.4 TV

Le caratteristiche della componente video del segnale televisivo, modulata in ampiezza, sono molto complesse in quanto la modulazione varia in modo significativo in funzione dell'immagine trasmessa. Queste caratteristiche presentano però una componente costante, dovuta agli impulsi di sincronismo che si ripetono sempre con la stessa ampiezza e indice di modulazione del 100%, a intervalli di tempo regolari ma che permangono per un tempo molto breve. Per determinare in modo riproducibile il livello del segnale video occorrerà pertanto valutare l'ampiezza del picco di sincronismo e, successivamente, correggere tale valore, al fine di ottenere un livello medio del segnale video televisivo. Tenendo conto di queste considerazioni e del fatto che tra il picco video e quello audio vi è una differenza in frequenza di 5.5 MHz e che tra due canali adiacenti vi è una differenza tra le portanti video di 8 MHz, è consigliabile selezionare il filtro passa banda fino a un valore di RBW pari a 1 MHz; si può in questo modo determinare il livello di picco del segnale video dovuto all'impulso di sincronismo risolvendo i due canali adiacenti. Per ridurre il rapporto segnale-rumore è consigliabile impostare una VBW pari a 300 kHz. Riducendo il livello misurato sul picco di sincronismo di una quantità pari a 2.7 dB, si ottiene un livello efficace del segnale video corrispondente a una trasmissione di un quadro "tutto nero" (trascurando il contributo energetico dovuto al segnale di sincronismo), così come indicato dalle normative internazionali ITU-R SM.326.7 "*Determination and measurement of the power of amplitude-modulated radio transmitters*" in relazione allo standard in uso nel nostro Paese. Determinare il livello del picco di sincronismo e ridurlo di 2.7 dB corrisponde pertanto a porsi nella condizione cautelativa di una trasmissione continua di immagine "tutto nero". Al segnale video così calcolato viene sommato quadraticamente il contributo dovuto al segnale audio per ottenere il contributo totale al campo elettrico dovuto a ciascun canale televisivo. Il segnale audio, modulato in frequenza, potrà essere valutato con una RBW di 30 kHz e una uguale VBW. Per la misura su segnali televisivi si consiglia di impostare uno span non inferiore a 8 MHz in modo da visualizzare contemporaneamente il segnale video e il segnale audio insieme all'intervallo di circa 1 MHz che può venire utilizzato per ponti di trasferimento e il cui eventuale contributo deve essere comunque valutato.

#### 4.5 SRB

Al fine di distinguere i picchi adiacenti, la cui differenza in frequenza minima è di 200 kHz nel caso dei GSM e di 25 kHz nel caso dei TACS, si consiglia l'utilizzo per segnali TACS di una RBW di 30 kHz con pari VBW e per quelli GSM (900 e 1800) di una RBW di 100 kHz. Nel caso non si riescano a risolvere i segnali GSM è possibile utilizzare una RBW di 30 kHz aumentando opportunamente il tempo di max hold. L'intervallo di frequenza (span), per entrambe le tipologie di segnali, deve essere pari al più a 10 MHz per consentire un tempo di sweep compatibile con una buona risoluzione dei picchi.



#### 4.6 Prospetto sintetico dei parametri di misura

Tabella n. 1: Parametri ottimali per l'impostazione dell'analizzatore di spettro

SORGENTE	RBW	VBW	SPAN*
Radio FM	30 kHz	30 kHz	5 MHz
Radio AM	10 kHz	10 Hz	200 kHz
TV (video)	1 MHz	300 kHz	9 MHz
TV (audio)	30 kHz	30 kHz	9 MHz
TACS	30 kHz	30 kHz	5 - 10 MHz
GSM	100 - 30 kHz	100 - 30 kHz	5 - 10 MHz

#### 4.7 Incertezza di misura

Il calcolo dell'incertezza standard combinata  $U_c$  associata alla misura dell'intensità del campo si basa sulle linee guida ISO del 1993.

##### 4.7.1 Misure in banda larga

Le principali sorgenti di incertezza sono individuate in:

- accuratezza di calibrazione,  $A_c$ , riportata sul certificato di calibrazione ed espressa in dB;
- risposta isotropica,  $R_i$ , riportata sul certificato di calibrazione o sul manuale dello strumento ed espressa in dB;
- accuratezza del misuratore,  $A_m$ , dipendente dalla scala di lettura (linearità di risposta in ampiezza), ed espressa in V/m o A/m.

Ipotizzando per queste incertezze una distribuzione di probabilità rettangolare, le incertezze standard espresse in dB risultano:

$$U_{A_c} = A_c / \sqrt{3} \quad U_{R_i} = R_i / \sqrt{3} \quad U_{A_m} = \frac{20}{\ln 10} \times \frac{A_m}{2\sqrt{3} \times E_{\text{mis}}}$$

L'incertezza standard combinata espressa in V/m o A/m è data da:

$$U_c = \frac{\ln 10}{20} \times E \times \sqrt{U_{A_c}^2 + U_{R_i}^2 + U_{A_m}^2}$$

A ogni valore di misura viene quindi associata l'incertezza estesa con un fattore di copertura  $k=2$  per cui si avrà:

$$E_{\text{mis}} = E_{\text{letto}} [\text{V/m}] \pm 2U_c [\text{V/m}] \quad \text{o} \quad H_{\text{mis}} = H_{\text{letto}} [\text{A/m}] \pm 2U_c [\text{A/m}]$$

##### 4.7.2 Misure in banda stretta

In questo caso il campo elettrico non deriva da una lettura diretta dello strumento ma deve essere calcolato mediante la seguente formula:

$$E(i)_j = 10 [\text{dBm} + \text{AF} + \text{IA} + \text{CA} - 13.01] / 20 [\text{V/m}]$$

dove:

dBm è l'ampiezza del segnale letto sull'analizzatore;



AF (dB) è il fattore d'antenna;  
IA (dB) è l'eventuale attenuazione esterna all'ingresso dell'analizzatore;  
CA (dB) è l'attenuazione del cavo.

Analogamente a quanto sopra descritto per le misure in banda larga, l'incertezza standard combinata  $U_c$  della componente  $i$ -esima della frequenza  $j$ -esima sarà:

$$U_{c,j,i}(V/m) = \frac{I_n 10}{20} E_{j,i}(V/m) \sqrt{U_{dBm,j,i}^2(dB) + U_{AF,j}^2(dB) + U_{CA,j}^2(dB) + U_{IA,j}^2(dB)}$$

l'incertezza standard combinata dell'intensità di campo elettrico della frequenza  $j$ -esima sarà:

$$U_{c,j}(V/m) = \frac{1}{E_j} \sqrt{\sum_i E_{j,i}^2 U_{c,j,i}^2}$$

L'incertezza standard combinata dell'intensità di campo elettrico totale sarà quindi:

$$U_c(V/m) = \frac{1}{E_{tot}} \sqrt{\sum_j E_j^2 U_{c,j}^2}$$

Assumendo una distribuzione rettangolare valgono le seguenti relazioni:

$$U_{dBm,j,i} = \sigma_{dBm} / \sqrt{3}(dB)$$

$$U_{AF,j} = \sigma_{AF} / \sqrt{3}(dB)$$

$$U_{IA,j} = \sigma_{IA,j} / \sqrt{3}(dB)$$

$$U_{CA,j} = \sigma_{CA,j} / \sqrt{3}(dB)$$

con  $\sigma_{dBm}$  (dB) = incertezza sull'ampiezza del segnale,  $\sigma_{AF}$  (dB) = incertezza sul fattore d'antenna,  $\sigma_{IA,j}$  (dB) = incertezza sull'eventuale attenuazione esterna dell'analizzatore e  $\sigma_{CA,j}$  (dB) = incertezza sul fattore d'attenuazione del cavo.

A ogni valore di misura viene quindi associata l'incertezza estesa con un fattore di copertura  $k=2$  per cui si avrà:

$$E_{mis} = E_{letto} [V/m] \pm 2U_c [V/m]$$

Nel caso in cui sia nota la distribuzione di probabilità delle incertezze di alcuni dei parametri (normale, ad  $U$ , etc) occorrerà applicare l'opportuno fattore nel calcolo dei contributi di cui alle relazioni precedenti.

## 5. VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Il risultato dell'analisi spettrale, nel caso di misure su stazioni radio base per telefonia mobile, indica il numero di portanti attive al momento della misura e, conseguentemente, il valore globale del campo elettrico che viene determinato per quella condizione di traffico telefonico varierà in funzione del traffico stesso. Per rendere la misura indipendente dalle condizioni di funzionamento della stazione radiobase e, pertanto, riproducibile e confrontabile con quella effettuata in qualunque situazione di traffico telefonico, occorre estrapolare dalla misura in banda stretta il valore di campo prodotto dalla stazione radiobase nella condizione di massimo carico della stessa, corrispondente all'attivazione di tutte le portanti. Questa procedura che, secondo un approccio cautelativo, consente di valutare l'esposizione umana nel corso del peggiore periodo di 6 minuti, deve essere effettuata misurando il valore di campo elettrico associato alla portante BCCH,  $E_{BCCH}$ , (sempre attiva con ampiezza costante) e calcolando il valore globale,  $E$ , con l'espressione:

$$266 \quad E = E_{BCCH} \sqrt{n} \quad [V/m]$$

con n numero massimo di portanti gestite dalla stazione radio base.

Nel confrontare i dati sperimentali, ottenuti sia con misure in banda larga che con misure a banda stretta, con i valori limite, si può non tener conto dell'incertezza di misura purché questa sia contenuta entro il 30 %. Risulta comunque necessario indicare sempre l'incertezza associata al dato misurato.

## 6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

International Organization for Standardization (ISO), *"Guide to the expression of uncertainty in measurement"*, 1993.

National Institute of Standard and Technology, Technical Note 1297, *"Guidelines for evaluating and expressing the uncertainty of NIST Measurements results"*, 1993.

Decreto 10 settembre 1998, n. 381: Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 3 novembre 1998, Serie generale n. 257.

Ministero dell'Ambiente, Ministero delle Comunicazioni, Ministero della Sanità; Decreto 10 settembre 1998 n° 381 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana" – Linee Guida Applicative a cura del Gruppo di Lavoro (Decreto Ministero Ambiente 2 giugno 1997). Roma, luglio 1999.

IEC 61566 – 1997, *"Measurement of exposure to radiofrequency electromagnetic fields-Field strength in the frequency range 100 kHz – 1 GHz"*.

International Standard CEI IEC 61566, 1997-06 *"Measurement of exposure to radiofrequency electromagnetic field- Field strenght in the frequency range 100 kHz-1 GHz"*.

Linee guida CEI 111.B per misure di campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz. Undicesima bozza, aprile 1996.

Standard IEEE Std C95.3-1991 *"IEEE Recommended practice for the measurement of potentially hazardous electromagnetic fields - RF and microwaves"*.

ITU-R SM.326.7 *"Determination and measurement of the power of amplitude-modulated radio transmitters"*, 1990.

ITU-R SM 378-6 *"Field strength measurements at monitoring stations"*.

Protocollo Network Italiani-ISPEL, GdL "Modalità e strumenti di misura", 1999.

## Indicatori di esposizione al rumore da infrastrutture di trasporto

**Andrea Poggi<sup>(\*)</sup>, Luca Menini<sup>(\*\*)</sup>**

<sup>(\*)</sup> ARPA Toscana

<sup>(\*\*)</sup> ARPA Veneto

Risalgono alla prima metà degli anni '80 le prime campagne di monitoraggio acustico in Italia con circa 15 anni di ritardo rispetto ai Paesi europei più avanzati. A tutt'oggi quindi si dispone solo di poche esperienze isolate inerenti realtà urbane del centro nord. Avviene solo a seguito dell'emanazione del DPCM 1/3/91, che fissava i limiti massimi di rumorosità, la diffusione della cultura e della strumentazione acustica che ha prodotto un notevole incremento delle misurazioni dei livelli di rumore. Tuttavia, si tratta prevalentemente di attività legate al controllo puntuale di situazioni specifiche, con l'obiettivo di verificare localmente e su tempi brevi la rispondenza ai limiti di legge delle emissioni sonore soprattutto di impianti e apparecchiature.

Una certa attenzione ha avuto fin da subito anche il rumore da traffico veicolare, con molte misure di livelli sonori ( $LA_{eq}$ ), realizzate a bordo strada in periodo diurno - feriale.

Si contano, invece, pochi casi di indagini sistematiche caratterizzate da un'ampia copertura del territorio, in grado di evidenziare una evoluzione nel tempo del fenomeno acustico. In effetti, l'elevata variabilità spaziale del rumore complica l'individuazione di criteri di rappresentatività di area. Inoltre, il fatto che i livelli sonori presentino una elevata ciclicità su base diurna e una minore su scala settimanale (mentre le variazioni di lungo periodo sono relativamente modeste) ha indotto ad assumere nelle indagini l'ipotesi della stazionarietà del fenomeno.

La legge quadro sull'inquinamento acustico introduce nel '95 l'obbligo della relazione sullo stato acustico dei Comuni con popolazione superiore ai 50.000 abitanti, stabilendo così la necessità di descrivere la situazione nel suo complesso, ma senza definire gli indicatori da utilizzare. Ad oggi solo una piccola percentuale dei Comuni interessati ha adempiuto all'obbligo di tale relazione e solo una parte delle relazioni realizzate riporta una descrizione dello stato dell'ambiente; le altre trattano, infatti, solo le politiche di gestione del Comune.

L'indicatore di stato, proposto anche in sede europea, che si vuole adottare nell'ambito del Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici è la "percentuale di popolazione esposta a livelli di rumore superiori a determinate soglie", che consente la comparazione tra situazioni geograficamente o temporalmente diverse. D'altra parte, tale indicatore è riferito alle sole abitazioni e non si misura direttamente, ma richiede una ipotesi di associazione tra livelli misurati e residenze. Le strategie per il suo popolamento devono essere articolate per tipologia di sorgente e si basano sull'uso di misure integrate con modelli. Un'eventuale rete di misura deve quindi essere costituita da stazioni mobili che si possano spostare nei diversi punti scelti, definendo "unità di campionamento" il segmento omogeneo di infrastruttura.

# Il rumore aeroportuale

**Giuseppe Sgorbati, Pierangelo Mainardi, Maurizio Bassanino**

*ARPA Lombardia*

## Sommario

Nel presente lavoro vengono affrontate le principali problematiche riguardanti l'impatto acustico dovuto alla movimentazione di aeromobili nei territori circostanti gli aeroporti. Considerando le esperienze relative al monitoraggio e alla gestione di reti in campo nazionale, viene analizzata la vigente normativa riguardante il rumore aeroportuale per quanto concerne il ruolo dei vari soggetti ed enti istituzionali coinvolti e in particolare quello delle Agenzie di Protezione dell'Ambiente, anche nell'ambito delle attività del CTN\_AGF.

## Summary

In this report, main themes regarding aircraft noise in areas surrounding airport are treated. In particular, regulations and laws in this field are analyzed from the point of view arising from experiences carried out in management of monitoring systems and networks. Roles of different subjects and Institutions and, in particular, the role of Environment Protection Agencies is discussed, with reference to the activities of CTN\_AGF.

## I. INTRODUZIONE

Il rumore causato dalla movimentazione degli aeromobili rappresenta uno dei fattori maggiormente limitanti per lo sviluppo del trasporto aereo, per quanto concerne gli aspetti di protezione dell'ambiente. La vicinanza degli aeroporti alle aree più densamente urbanizzate e le peculiarità delle emissioni rumorose comportano l'esposizione di una frazione significativa della popolazione a livelli di inquinamento acustico spesso inaccettabili. L'uso dei territori circostanti gli scali ha sempre comportato situazioni di non facile soluzione, essenzialmente perché gli scenari delle zone interessate subiscono in tempi brevi notevoli evoluzioni, dovute sia all'espansione, nonostante i vincoli urbanistici, delle aree edificate, sia all'aumento costante negli ultimi decenni del traffico aereo, passeggeri e commerciale.

Nonostante l'adeguamento e la progressiva sostituzione nelle flotte di volo degli aeromobili più anziani con modelli di recente progettazione, caratterizzati da una drastica riduzione del rumore dei propulsori, e l'applicazione di procedure antirumore nelle fasi di movimentazione, il problema dell'impatto aeroportuale in termini di degrado ambientale sta diventando sempre più evidente e impellente.

## 2. IL CONTROLLO DEL RUMORE AEROPORTUALE

Il controllo dell'inquinamento acustico da aeromobili richiede l'applicazione di strumenti piuttosto sofisticati che di conseguenza non sono di immediata realizzazione.

Il problema del rumore dovuto agli aeromobili riguarda in effetti principalmente i territori circostanti gli aeroporti, dove è necessario che vengano misurati o stimati tramite modelli,

i livelli di rumore causati dagli aeromobili scorporandoli dal contributo delle altre sorgenti. La separazione del rumore di origine aeronautica dalle restanti forme di inquinamento acustico influenza anche la scelta del posizionamento delle centraline delle reti di rilevamento. Infatti, tale scelta dovrebbe risultare il miglior compromesso tra l'esigenza di stimare al meglio il rumore aereo e la vocazione alla quale è deputata la centralina stessa, che essenzialmente si può ricondurre alla misura dei livelli di rumore presso insediamenti sensibili e al controllo del rispetto delle procedure di *noise-abatement* imposte agli aeromobili.

## 2.1 Caratteristiche del rumore aeroportuale

Tra le diverse fasi della movimentazione aerea che producono rumore nell'intorno di un aeroporto, le più importanti sono ovviamente quelle di atterraggio e decollo, specie per quanto concerne l'area vasta circostante l'aerostazione. La fase più rumorosa in assoluto è rappresentata dal decollo, durante il quale viene impiegata la massima potenza dei propulsori; normalmente viene mantenuta una traiettoria in asse con la pista, fino a che l'aeromobile non ha raggiunto la quota oltre la quale è consentito iniziare le manovre necessarie per portarsi sull'aerovia assegnata. Ciò porta alla possibilità di "distribuire" sul territorio, in una certa misura, gli eventi acustici, subito dopo il decollo.

L'atterraggio, caratterizzato da una minore rumorosità, avviene anch'esso con traiettoria in asse con la pista; a partire da un punto prestabilito tutti gli aeromobili in atterraggio percorrono rotte ben collimate nell'avvicinamento alla pista, anche grazie ai sistemi di assistenza al volo in dotazione. Essendo l'intensità di rumore legata alla fase minore emissione, il disturbo avvertito è spesso legato alla frequenza dei sorvoli. La necessità di mantenere, per una traiettoria relativamente lunga, gli aeromobili in allineamento sulla pista provoca, infatti, una concentrazione degli eventi sonori in una fascia stretta e allungata lungo il sentiero di avvicinamento. La fase di frenata sulla pista può comportare la manovra di "reverse", che consiste nell'uso del propulsore per contribuire all'arresto dell'aeromobile; tale manovra viene effettuata a discrezione del pilota e più frequentemente in presenza di piste di ridotta lunghezza e con aeromobili a pieno carico. Il rumore interessa esclusivamente le zone limitrofe alla pista poiché la manovra di "reverse" viene eseguita al suolo.

Analogo effetto, sebbene di minore intensità, viene prodotto dai movimenti degli aerei sui corridoi di parcheggio e nelle operazioni di prova motori dopo gli interventi di manutenzione; la prova motori viene condotta in un'area ben definita dello scalo, con l'aereo frenato.

## 2.2 Esperienze nelle attività di rilevamento

In ottemperanza a quanto dettato dagli organismi internazionali quali ICAO ed ECAC, il Ministero dei Trasporti e dell'Aviazione Civile con nota n. 45/3030/N.3.27 del 9/6/73, nei casi di costruzione, ampliamento o modifica degli aeroporti, consigliava di valutare la situazione acustica delle aree adiacenti, prevedendo eventuali aumenti del traffico fino a un livello di saturazione. La situazione acustica al suolo doveva essere rappresentata da cinque curve di livello dell'indice WECPNL, calcolate secondo le metodiche indicate dall'Annesso 16 ICAO.

La Regione Lombardia, già a partire dal 1971, ha predisposto provvedimenti finalizzati a valutare il fenomeno e promuovere studi e ricerche al fine di individuare gli interventi necessari a limitare gli effetti indesiderati del traffico aeroportuale. Le indicazioni della nota ministeriale sopra citata hanno trovato applicazione per l'intorno dei tre maggiori aeroporti lombardi: Linate, Malpensa e Orio al Serio.



Date le difficoltà strumentali allora presenti nella determinazione dell'indice WECPNL, la metodologia non ha avuto generalmente grande impiego, soprattutto nell'implementazione di reti di rilevamento fonometrico. Si deve ricordare, contemporaneamente, che il più recente standard ISO *Acoustics* 3891/78 proponeva invece una procedura per descrivere il rumore degli aeromobili basata su misure effettuate solamente con una pesatura in frequenza.

La prima rete di rilevamento dell'inquinamento acustico aeroportuale è stata realizzata a partire dal 1976 nell'intorno di Linate, e prevedeva tre postazioni fisse che permettevano di misurare, per ciascun evento individuato, la sua durata, SEL, Lmax, LAeq e il valore del livello sonoro ogni secondo.

Sulla base degli studi compiuti nell'intorno dei tre principali aeroporti, la Regione Lombardia nel 1985 deliberava la determinazione delle zone di rispetto; come conseguenza i comuni interessati dovevano adeguare gli strumenti urbanistici ponendo vincoli alle concessioni edilizie. Negli anni '90 con progetti DISIA, finanziati dal Ministero dell'ambiente, si è quindi provveduto all'aggiornamento della rete di Linate e alla successiva realizzazione delle reti di Malpensa e Orio al Serio.

Successivamente sono state condotte ulteriori rilevazioni nei dintorni di Linate e di Malpensa; altre campagne di monitoraggio del rumore aeroportuale sono state realizzate a Fiumicino, Bologna, Napoli. L'esperienza acquisita nel trattamento dei dati raccolti e nella gestione dei sistemi di monitoraggio ha fornito un contributo non trascurabile per la formulazione della normativa tecnica vigente.

Di particolare rilevanza è da menzionare la recente campagna di misura del rumore nei territori circostanti l'aeroporto di Malpensa, svolta in continuo tra aprile e luglio 2000 in 24 postazioni, promossa dal Ministero dell'ambiente e coordinata dall'ANPA, che ha visto coinvolti, oltre alle Regioni Lombardia e Piemonte, le Province di Varese e Novara, le ARPA Lombardia e Piemonte, SEA ed ENAV.

La campagna, progettata per verificare l'efficacia delle misure antirumore previste dal DPCM 13 dicembre 1999, in realtà, ha offerto la possibilità di mettere in piena luce tutte le criticità dell'applicazione della normativa tecnica di settore, e contemporaneamente, di mettere in evidenza la complessità della stessa applicazione delle procedure antirumore mirate a rendere sostenibile, dal punto di vista acustico, lo sviluppo dell'aerostazione.

### 2.3 Riferimenti normativi e ruoli istituzionali

La Legge 447/95 costituisce l'origine delle attività legislative in materia, avendo delegato al governo l'emanazione di una serie di decreti (art. 3 comma 1 lettere b,m - art. 11 comma 1); il Decreto 31 ottobre 1997 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale" ha istituito due diverse Commissioni con il compito di predisporre criteri generali per la definizione delle procedure antirumore, della caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale e della classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico. I lavori delle commissioni hanno portato all'emanazione dei Decreti del 20 maggio e del 3 dicembre 1999.

In sintesi, è prevista la determinazione di tre curve di livello in base al parametro  $L_{VA}$  (curve di isolivello 60, 65 e 75 dB(A)); si deve ricordare che l'indice di valutazione del rumore aeroportuale ( $L_{VA}$ ) viene ricavato con un calcolo che tiene conto dei valori rilevati nelle settimane con il maggior numero di movimenti in tre diversi periodi dell'anno.

Tra gli elementi caratterizzanti delle modalità di calcolo degli indici previsti dalla legislazione italiana vi è la necessità di effettuare il riconoscimento degli eventi acustici di origine aeronautica attraverso l'accoppiamento degli stessi con le tracce radar ottenute attraverso il Gestore dell'aerostazione.

Gli attuali riferimenti normativi riguardanti il rumore aeroportuale si posso così riassumere:

- Legge Quadro 447/95 (art. 3 comma 1 lettere b, m, art. 11 comma 1);
- DM 31/10/97 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale";
- DPR 11/12/97 n. 496 "Regolamento... riduzione inquinamento acustico aeromobili";
- DM 20/5/99 "Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio...criteri per la classificazione degli aeroporti...";
- DPR 9/11/99 n. 476 "Modificazioni del DPR n. 496... divieto voli notturni";
- DM 3/12/99 "Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti";
- DPR 13/12/99 "Conferma del trasferimento programmato dei voli da Linate a Malpensa...";
- Legge 21/11/00 n. 342 "...Capo IV - Imposta regionale sulle emissioni sonore degli aeromobili".

I decreti applicativi della Legge Quadro (447/95) prevedono il coinvolgimento di vari soggetti ed enti istituzionali nella gestione delle problematiche inerenti il rumore aeroportuale.

In sintesi:

- l'ENAC istituisce e presiede una Commissione per ogni aeroporto aperto al traffico civile; verifica le certificazioni delle emissioni acustiche degli aeromobili;
- l'ENAV fornisce, quando disponibili, i tracciati radar delle traiettorie degli aeromobili civili, relativi ai sorvoli delle aree di interesse, ai gestori delle infrastrutture aeroportuali;
- le Commissioni aeroportuali propongono le procedure antirumore e i confini delle aree di rispetto (zone A, B e C) di ciascun aeroporto; determinano inoltre gli indici di inquinamento acustico degli stessi;
- i Direttori di Circoscrizione aeroportuale adottano le procedure antirumore, contestano le violazioni ai vettori, su segnalazione degli enti gestori, e riscuotono le sanzioni amministrative;
- ciascun vettore applica le procedure antirumore (in volo);
- ciascun esercente gestisce la rete di monitoraggio del rumore aeroportuale;
- l'ANPA valida i modelli matematici per la determinazione delle curve di isolivello;
- le ARPA controllano l'efficienza dei sistemi di monitoraggio, il loro corretto impiego e verificano la documentazione delle emissioni degli aeromobili.

Una volta definite le zone di rispetto relativamente al rumore aeroportuale, attraverso appositi studi modellistici e sperimentali, si evidenziano le criticità di armonizzare tali specifici provvedimenti con altri strumenti di pianificazione territoriale, quali i PRG e i piani di zonizzazione acustica.

Tra l'altro, la delimitazione delle zone acustiche ai fini aeroportuali dovrebbero essere intese come uno strumento dinamico, destinato a essere aggiornato contestualmente all'incremento, anche sul breve periodo, del traffico aereo.

## 2.4 Il ruolo delle Agenzie di Protezione dell'Ambiente

L'attuale regime normativo prevede una sostanziale ridefinizione del ruolo delle Agenzie ambientali nelle attività di controllo dell'inquinamento acustico dovuto al traffico aereo. Il DPR 496/98 prevede infatti che *"... la gestione e la manutenzione dei sistemi di monitoraggio è assicurata dall'ente o società esercente l'aeroporto..."*, riservando alle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente compiti di vigilanza sull'esercizio del sistema di rilevamento.

Conseguentemente, la capacità di intervento tecnico delle Agenzie deve superare la fase del semplice rilevamento, per pervenire a una capacità di analisi della corretta gestione delle reti da parte di terzi. Ciò richiede lo sviluppo di particolari competenze, ad esempio, nell'esercizio delle funzioni di controllo del regime di qualità istituito da soggetti terzi, essendo impensabi-

le ed estranea ai contenuti della legge l'ipotesi della replicazione delle rilevazioni da parte delle Agenzie.

Nell'attuale fase di sviluppo dei sistemi aeroportuali e delle relative reti di rilevamento, le Agenzie sono chiamate ad affrontare complessi compiti, legati alla pianificazione territoriale, con la partecipazione alla attività delle Commissioni aeroportuali chiamate alla definizione delle procedure antirumore (art. 5 D.M. 31 ottobre 1997) delle zone di rispetto (art. 6 D.M. 31 ottobre 1997) e degli indici territoriali (art. 6 D.M. 20 maggio 1999). I compiti affidati risultano particolarmente gravosi, sia per l'onere tecnico prevedibile, sia per le non trascurabili criticità presenti nella normativa in vigore, tra le quali probabilmente la più notevole riguarda la natura stessa dell'indice  $L_{VA}$ , e quindi la possibilità di effettuare controlli per verificare il rispetto dei limiti espressi mediante questo parametro.

Le Agenzie rappresentano lo strumento tecnico delle Regioni e degli Enti Locali (Province, Comuni, Consorzi locali) nell'azione di pianificazione e di controllo ambientale, anche come interfaccia esperta nei confronti delle strutture tecniche dello Stato, delle infrastrutture del trasporto e nel caso specifico delle società di gestione delle strutture aeroportuali. In questa prospettiva, il Sistema delle Agenzie, oltre che attuare con rigore scientifico le attività di rilevazione previste dalla normativa vigente, deve ed è in grado di indicare al legislatore quegli elementi di criticità, legati alle norme esistenti, che provocano spesso difficoltà nell'attuazione dei decreti e nella comprensione da parte dei cittadini di rilevanti aspetti del fenomeno. Il Sistema delle Agenzie, in ultimo, è chiamato a collaborare nell'evoluzione della normativa sul rumore aeroportuale al fine di conseguire obiettivi di razionalizzazione e di praticabilità.

Non ultimo in ordine di importanza, è il coinvolgimento nei gruppi di lavoro preposti alla stesura della proposta di direttiva dell'UE sul rumore nell'ambiente esterno che, per quanto risulta dai lavori in progresso, presenta non poche innovazioni rispetto alla normativa attualmente in vigore in Italia.

Nell'ambito delle proprie attività il comitato di gestione delle Agenzie facenti parte del CTN\_AGF (Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici) ha previsto per l'anno 2000 lo sviluppo di due temi riguardanti le problematiche del rumore aeroportuale:

- *il censimento delle reti aeroportuali* (TSK 07.01), con la predisposizione di uno specifico questionario da inviare ai gestori degli aeroporti;
- *la raccolta dei dati di rumore aeroportuale* (TSK 06.04).

Lo sviluppo di entrambi i temi sono stati affidati all'ARPA della Lombardia; allo stato attuale sono ancora in fase di completamento.

## BIBLIOGRAFIA

Bassanino M. e P. Mainardi. 1987. *Primi risultati della rete di rilevamento del rumore prodotto dagli aeromobili nei territori circostanti l'aeroporto di Linate*. Acqua Aria, N.9, 1091-1099

Bassanino M., P. Mainardi e L. Saini. 1990. *Reti di rilevamento del rumore*. Studi per la valutazione della qualità dell'aria nella provincia di Milano – Aggiornamento al 31 marzo 1990. Provincia di Milano, Comune di Milano, USSL 75/III di Milano, 207-227

ICAO. 1971. *Aircraft Noise – Annex 16*

ISO 3981 Acoustics. 1978. *Procedure for describing aircraft noise heard on the ground*.

Gualdi R. e P. Mainardi. 2000. *Rumore aereo, modelli e gestione*. Convegno Noise Mapping, Milano 14 marzo 2000.

## Relazione finale del Rapporteur

**Martino Grandolfo**

*Istituto Superiore di Sanità, Laboratorio di Fisica - Roma*

### Sommario

In questa relazione viene presentata una breve analisi critica, svolta dal suo Rapporteur, dei dati presentati nella Sessione Tematica *Agenti Fisici*. La Sessione, dopo una prima presentazione generale del quadro delle attività svolte dal Centro Tematico Nazionale, ha trattato in particolare gli indicatori individuati per l'Annuario dei dati ambientali, il censimento delle sorgenti caratterizzate da un elevato contenuto di radioattività naturale, le linee guida per la misurazione di campi elettromagnetici ad alta frequenza, gli indicatori di esposizione al rumore da infrastrutture di trasporto ed il rumore aeroportuale.

### Summary

In this Report, a short critical analysis of the Rapporteur of the Topic Session *Physical Agents* is presented. After a general presentation of all activities performed by the National Topic Centre, special attention has been focused on topics such as entries to be used for the Directory of environmental data, the assessment of sources characterized by a high content of natural radioactivity, guidelines on measuring high frequency electromagnetic fields, and the definition of quantities to be adopted to assess levels of exposure to noise generated either by transportation systems and close to airports.

### I. INTRODUZIONE

Nell'ambito delle Sessioni tematiche parallele, quella relativa agli agenti fisici ha compreso, dopo una prima presentazione generale del quadro delle attività svolte nel 2000 e dei programmi previsti per il 2001, ben cinque relazioni che hanno trattato, rispettivamente, gli indicatori individuati per l'Annuario dei dati ambientali, il censimento delle sorgenti caratterizzate da un elevato contenuto di radioattività naturale (NORM), le linee guida per la misurazione di campi elettromagnetici ad alta frequenza, gli indicatori di esposizione al rumore da infrastrutture di trasporto e il rumore aeroportuale.

Nella relazione introduttiva è stato chiarito come le azioni di carattere conoscitivo siano state sviluppate verso la radioattività ambientale, i campi elettromagnetici e il rumore, anche se diversamente orientate in modo da tenere conto della diversa storia che caratterizza i tre agenti. In particolare, per quanto riguarda la *radioattività* gli obiettivi sono stati quelli di aggiornare gli standard conoscitivi della rete nazionale alla luce della Raccomandazione 2000/471/EURATOM e di sviluppare nuovi indicatori. L'attività svolta è consistita essenzialmente nello sviluppo dei necessari supporti informativi di base, mentre sono previsti per il futuro l'aggiornamento della rete nazionale di laboratori di misura e l'attività di ricognizione sulla pressione ambientale di radionuclidi naturali.

Per quanto riguarda i campi elettromagnetici, volendo costruire indicatori sintetici di stato dell'ambiente, è stato individuato un percorso atto a prevedere la distribuzione sul territorio dei livelli di campo elettromagnetico prodotti da diverse sorgenti, al fine di correlare questi valori



con la localizzazione geografica degli edifici e l'entità della popolazione interessata. In questa ottica, è stata avviata la definizione degli standard informativi degli inventari e della modellistica necessaria, mentre in futuro è previsto l'affinamento dei livelli e la sperimentazione pilota per la metodologia e il suo confronto con le valutazioni sperimentali. Per quanto riguarda il rumore, volendo costruire indicatori sintetici di stato dell'ambiente, si è organizzato un Osservatorio sulla situazione delle classificazioni acustiche comunali (caratterizzati da più di 50000 abitanti), con la definizione di un primo rapporto orientativo per la costruzione di un indicatore di esposizione della popolazione generato dalle infrastrutture di trasporto, che è previsto essere seguito in futuro dalla definizione sia di linee guida per i Comuni, per la stesura di relazioni sul clima acustico, sia di uno standard nazionale per la mappatura da traffico urbano.

## 2. I CONTENUTI SPECIFICI

Entrando più nello specifico, la relazione sugli indicatori individuati per l'Annuario dei dati ambientali ha inizialmente descritto la prima stesura dell'Annuario Nazionale dei Dati Ambientali, cui è seguita la presentazione di 16 schede, di cui tre relative al rumore (classificazione acustica del territorio, relazioni sullo stato acustico, impatto da traffico veicolare), cinque alle radiazioni non ionizzanti (tutte riconducibili al rilevamento dati sull'attività di controllo sull'inquinamento elettromagnetico) e otto alla radioattività ambientale (quattro con ricorso alle reti nazionali di sorveglianza, due con ricorso ai laboratori nazionali di riferimento, uno su attività lavorative con NORM, uno relativo alla banca dati SIRR dell'ANPA).

La relazione sul censimento delle sorgenti NORM ha mostrato come l'attività sia stata essenzialmente concentrata sulla realizzazione di una specifica banca dati, sull'analisi delle fonti ufficiali di informazione e sull'identificazione degli stabilimenti per alcune tipologie di attività lavorative.

Nella relazione sulle linee guida per la misurazione di campi elettromagnetici ad alta frequenza, gli autori hanno inizialmente descritto l'attività di messa a punto di una guida tecnica sulle misure di intensità di campo elettromagnetico a radiofrequenza, volta a ottenere dati sperimentali confrontabili per le misure ambientali. E' poi seguita la descrizione delle modalità di misura da adottare per sistemi fissi per telecomunicazioni, sia con metodiche a banda larga che a banda stretta, e una approfondita analisi dei segnali emessi dalle sorgenti, delle caratteristiche di modulazione e dei vari parametri tecnici fondamentali per una corretta valutazione dei livelli di esposizione ambientale.

Le due ultime relazioni hanno trattato il problema del rumore. Quella sugli indicatori di esposizione al rumore da infrastrutture di trasporto ha inizialmente svolto una presentazione storica della situazione, a partire dalle prime campagne di monitoraggio acustico, risalenti ai primi anni '80, cui è seguita l'analisi di quanto prodotto sullo stato acustico da Comuni con popolazione superiore ai 50000 abitanti (ai sensi della legge quadro del 1995) e la proposta di adottare, quale indicatore di stato, la percentuale di popolazione esposta a livelli di rumore superiori a determinate soglie. La relazione ha infine prospettato un'ipotesi di utilizzo di stazioni mobili per la realizzazione di una eventuale futura rete di misura.

La relazione sul rumore aeroportuale ha chiarito come questa particolare problematica si sia fortemente accentuata negli ultimi anni, sia in relazione all'aumento della popolazione esposta che a quello dei livelli di esposizione, anche se miglioramenti si sono ottenuti nel frattempo direttamente attraverso la riduzione delle emissioni. Entrando nello specifico, è stata presentata un'ampia analisi delle esperienze di monitoraggio del rumore fra cui, di particolare importanza, la campagna di misura effettuata dalle Regioni Lombardia e Piemonte e dall'ANPA per l'aeroporto di Malpensa. Per quanto riguarda il futuro, le principali attività previste sono quelle legate al censimento dei siti aeroportuali, alla predisposizione di un questionario da inviare ai gestori aeroportuali e alla raccolta dati sul livello di rumore.



### 3. CONCLUSIONI

In sintesi, attraverso la presentazione di un quadro dettagliato dei risultati conseguiti nei primi due anni di attività e di quanto programmato per il 2001, le relazioni presentate hanno fornito una chiara indicazione sia del grado di maturità oggi raggiunto dal Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici, sia della mole di lavoro svolto o programmato per il futuro. Si deve dare atto a tutti gli operatori coinvolti di avere affrontato con encomiabile determinazione, e superata con successo, quella che indubbiamente è stata, e continuerà a essere, una grande sfida culturale e organizzativa.

Una considerazione finale: il Centro Tematico ha rivolto la propria attenzione a tutto campo, dalle radiazioni ionizzanti a quelle non ionizzanti, comprendendo anche la componente non di natura elettromagnetica ma meccanica, come il rumore.

E' abbastanza ovvia la considerazione che, essendo in linea di principio limitata la quantità di risorse a disposizione, sia umane che finanziarie, non si possa adeguatamente trattare tutti gli agenti fisici, e ciò necessariamente impone il fare delle scelte e lo stabilire delle priorità. Chiarito questo punto fondamentale, e lungi dall'essere una critica al sistema, viene naturale l'osservazione sulla mancanza di attività nei riguardi della radiazione ultravioletta, un noto fattore di rischio sia per effetti sanitari acuti che a lungo termine, tanto che recentemente l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha chiesto alle autorità sanitarie nazionali di definire programmi di protezione dalla radiazione ultravioletta e l'Istituto Superiore di Sanità ha proposto che i Ministeri della sanità e dell'ambiente, in collaborazione con le Regioni, diano vita a un Gruppo di lavoro multidisciplinare con il compito di formulare proposte relative a un piano integrato di intervento.

Penso potrebbe essere utile in futuro una riflessione comune su possibili collaborazioni e sinergie in questo settore.