

APAT

SISTEMA NAZIONALE CONOSCITIVO E DEI CONTROLLI IN CAMPO AMBIENTALE

Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici

*Adeguamento della rete nazionale della radioattività ambientale:
completamento della proposta operativa e integrazione con la rete
di allarme*

AGF-T-RAP-03-15

OBIETTIVO SPECIFICO: OB 07.02		TASK: TK 07.02.03	
TEMI: T21			
STATO: (1) Definitivo		VERSIONE: 0	
REDATTO DA: (2)	Mauro Magnoni Maria Clivia Losana Flavio Trotti Concettina Giovani Rosella Rusconi	DATA:	28/02/2004
RIVISTO DA: (3)	Mauro Magnoni	DATA:	03/05/2004
APPROVATO PER IL RILASCIO DA: (4)	Sandro Fabbri Giancarlo Torri	DATA DI RILASCIO:	04/04/2005

- (1) Bozza, definitivo
- (2) Autore/autori del documento
- (3) Responsabile della task
- (4) Responsabile CTN_AGF e Responsabile di Progetto APAT

INDICE

INDICE.....	III
1. INTRODUZIONE.....	1
2. RETI DI ALLARME APAT, MISURE DI PARTICOLATO ATMOSFERICO E DI FALLOUT	2
2.1 Le reti automatiche APAT del monitoraggio della radioattività in atmosfera.....	2
2.2 Altre reti automatiche di monitoraggio gestite dalle ARPA (CRR).....	3
2.3 La rete automatica di monitoraggio del Ministero dell'Interno (Vigili del Fuoco).....	4
2.4 Le misure di radioattività su particolato atmosferico svolte dai laboratori ARPA (CRR)	4
2.5 Specificità e integrabilità dei sistemi di monitoraggio del particolato atmosferico attualmente esistenti.....	6
2.6 Proposta operativa di integrazione della rete di allarme APAT della radioattività in atmosfera con la rete dei laboratori ARPA	8
2.6.1 <i>La rete densa (dense network)</i>.....	9
2.6.2 <i>La rete diradata (sparse network)</i>	9
2.7 Rete di monitoraggio della deposizione umida e secca (fallout).....	10
3. ALTRE MATRICI AMBIENTALI	12
4. MATRICI ALIMENTARI.....	14

1. INTRODUZIONE

Il compito della presente task si riallaccia in parte ad un lavoro già svolto dal CTN-AGF nel corso del programma degli scorsi anni e che era sfociato in un documento in cui venivano identificate le matrici principali considerate rilevanti per la Rete nazionale, i punti di raccolta, la periodicità dei campionamenti e delle analisi, i parametri da misurare.

Il “passo in più” che si intende qui compiere è essenzialmente quello di avviare una riflessione sul ruolo della Rete costituita dai laboratori regionali ARPA (CRR) nel contesto più ampio delle altre Reti nazionali già esistenti, in particolare quelle automatiche di allarme gestite da APAT.

E' infatti evidente, anche dall'esperienza recente, che le reti esistenti possono essere completamente efficaci solo se costituiscono un insieme integrato con ruoli e specificità definite. Il nuovo quadro che si va a proporre dovrà inoltre tenere conto delle indicazioni contenute nella Raccomandazione Europea dell'8 giugno 2000.

La situazione attuale, desunta dalle informazioni fornite dai laboratori regionali nonché dalle pubblicazioni APAT riguardanti la Rete nazionale, vede una grande eterogeneità nei servizi forniti e quindi nei dati prodotti dai vari laboratori regionali.

Nell'esaminare criticamente lo stato attuale e anche nel proporre nuove soluzioni e/o adeguamenti, si è deciso di affrontare separatamente, due aspetti della Rete, dedicandovi due sezioni distinte:

- una prima sezione (Capitolo 2), affronterà il problema delle modalità e della distribuzione territoriale delle misure di particolato atmosferico e di fallout, di primaria importanza in caso d'emergenza radiologica e più direttamente correlabili con le misure effettuate dalle Reti di allarme automatiche APAT
- una seconda e una terza sezione (Capitoli 3 e 4) tratterà invece della revisione del piano di campionamento che riguarda le altre matrici ambientali e alimentari, riprendendo il già citato lavoro CTN-AGF

2. RETI DI ALLARME APAT, MISURE DI PARTICOLATO ATMOSFERICO E FALLOUT

In questa sezione verrà presentata e successivamente discussa l'attuale situazione relativa a quelle reti che insieme concorrono in modo primario al sistema di allerta e monitoraggio di eventuali eventi radiologici anomali. Ciascuno di questi sistemi ha una sua propria caratteristica e funzione: la loro integrazione in un unico sistema di allarme e prevenzione è l'obiettivo ultimo che ci si deve prefiggere.

2.1 Le reti automatiche APAT del monitoraggio della radioattività in atmosfera

Il sistema nazionale di allarme per eventi che comportino la dispersione nell'ambiente di radionuclidi con conseguente rischio radiologico per la popolazione, è stato concepito avendo come scenario di riferimento un incidente nucleare transfrontaliero che coinvolga le centrali elettronucleari poste ai confini dell'Italia.

Ciò è molto evidente dalla dislocazione dei punti di misura delle reti d'allarme automatiche APAT, più in particolare della rete REMRAD.

La rete REMRAD è costituita da 7 stazioni automatiche che forniscono in tempo reali dati su:

- rateo di dose γ in aria;
- misure α e β totale in aria;
- spettrometria γ su particolato atmosferico con rivelatori HPGe (dati ogni 2 ore).

Le stazioni sono attualmente dislocate a:

- Bric della Croce (TO);
- Capo Caccia (SS);
- Vimodrone (MI);
- Monte Cimone (MO);
- Tarvisio (UD);
- Monte S. Angelo (BA);
- Cozzo Spadaro (SR)

La distribuzione territoriale di queste stazioni è volta a garantire il monitoraggio di masse d'aria provenienti dai 4 punti cardinali.

La trasmissione dei dati prodotti dal sistema REMRAD avviene in tempo reale tramite rete ITAPAC.

I dati di queste misure sono particolarmente sensibili: a titolo esemplificativo la MAR (Minima Attività Rivelabile) per il Cs-137 (spettrometria γ con rivelatori HPGe) è normalmente compresa tra 1 e 10 al mBq/m^3 . Si tratta di una sensibilità piuttosto spinta che, accoppiata con i dati sulla radioattività α e β , rendono tale sistema senz'altro idoneo a segnalare eventi anomali che determinano un aumento della radioattività in atmosfera anche molto lieve.

Accanto alla rete REMRAD è operativa anche la Rete automatica GAMMA, costituita da una cinquantina di rivelatori tipo Geiger-Mueller. Il dato fornito da questa rete è ovviamente assai meno sofisticato e preciso: tuttavia, tramite la rete GAMMA è possibile avere, in tempo reale e con un buon dettaglio, il dato sul rateo di dose γ nel territorio nazionale. La trasmissione dei dati di questa rete avviene attualmente tramite linee ISDN gestite da modem digitali e da linee analogiche gestite dai relativi modem.

Il livello di sensibilità assicurato da questo tipo di strumentazione è dell'ordine della decina di nGy/h di dose gamma in aria, un valore piuttosto basso in senso assoluto ma che è tuttavia non è sufficiente a rivelare contaminazioni atmosferiche potenzialmente pericolose, intendendo con ciò degli eventi in grado di fornire una dose significativa alla popolazione. Si può infatti facilmente dimostrare che contaminazioni atmosferiche dell'ordine del Bq/m³ possono fornire dosi da inalazione rilevanti senza per questo causare un apprezzabile aumento del rateo di irraggiamento γ .

L'insieme di queste due reti automatiche APAT concorre dunque a fornire un quadro radiometrico nazionale, disponibile in tempo reale.

2.2 Altre reti automatiche di monitoraggio gestite dalle ARPA (CRR)

Accanto alle reti APAT ora descritte, esistono anche un certo numero di stazioni automatiche di monitoraggio della radioattività in atmosfera gestite direttamente dalle ARPA. Solo in pochi casi però (Valle d'Aosta ed Alto-Adige) tali stazioni vanno a costituire una rete vera e propria. Si tratta comunque, in generale, di reti che, dal punto di vista tecnico, hanno caratteristiche analoghe a quelle APAT (rete GAMMA).

Pur non essendo questa la sede per una disamina analitica delle caratteristiche di queste reti, si può comunque osservare che, a quanto ci risulta, la loro distribuzione sul territorio non è stata però organizzata con logiche complementarietà rispetto alla rete APAT, anche a causa della mancanza di informazioni sulla dislocazione delle stazioni da parte dell'Agenzia nazionale.

Pertanto, al fine di un più efficace utilizzo delle risorse già disponibili sarebbe dunque assai auspicabile uno scambio di informazioni tra Regioni, ARPA e APAT, con l'obiettivo di poter giungere ad uno scambio di dati (anche in tempo reale) tra le varie reti esistenti. In particolare si riterrebbe molto utile il poter disporre, da parte delle ARPA, dei dati raccolti dalle reti APAT, soprattutto per quelle Regioni che non possiedono un proprio sistema, anche al fine di ottimizzare gli eventuali investimenti destinati a questo settore.

Infatti, un possibile miglioramento della struttura delle reti automatiche oggi esistente potrebbe prevedere l'installazione di stazioni di misura del rateo di dose gamma nei principali centri abitati, al fine di monitorare l'effettiva esposizione della popolazione: l'attuale dislocazione delle stazioni di misura è stata infatti pensata con una logica di "copertura uniforme" del territorio, in modo da poter intercettare eventuali eventi anomali che potessero coinvolgere qualunque porzione del territorio nazionale.

Questo compito potrebbe essere efficacemente svolto dalle ARPA, che spesso già dispongono (almeno in parte) della strumentazione necessaria, ma avrebbe bisogno comunque di un adeguato coordinamento nazionale (APAT).

2.3 La rete automatica di monitoraggio del Ministero dell'Interno (Vigili del Fuoco)

Si cita anche, per completezza, l'esistenza di questa rete, costituita da più di 1000 Geiger-Mueller, anche se, per legge, essa non rientra nelle strutture che devono essere coordinate da APAT in quanto "concorre autonomamente al sistema di reti nazionali" (art. 104, comma 6, del D.lgs n. 230/1995). È però evidente che in un'ottica di integrazione nazionale non si dovrebbe prescindere dalla sua esistenza e dal suo ruolo, soprattutto in caso di emergenza.

2.4 Le misure di radioattività su particolato atmosferico svolte dai laboratori ARPA (CRR)

Accanto alla rete APAT, sussiste da tempo anche una rete costituita dai laboratori regionali che effettua sistematicamente misure di radioattività su campioni di particolato atmosferico prelevati tramite pompe ad alto volume.

L'istituzione di questo servizio fornito all'APAT da parte dei laboratori regionali, risale all'indomani dell'incidente di Chernobyl, allorché fu necessario organizzare in tempi brevi un efficace monitoraggio della radioattività in atmosfera. Questo tipo di misure consente infatti di ottenere sensibilità estremamente elevate, a fronte di campionamenti che durano tutto l'arco di una giornata (24 ore). Vi sono però differenze anche notevoli tra laboratori poiché differenti sono le strumentazioni a disposizione. L'invio all'APAT del dato giornaliero di radioattività atmosferica avviene attualmente tramite fax: in condizioni di normalità vengono trasmessi solo i dati (le MAR) relativi allo I-131 e al Cs-137, considerati come radionuclidi di riferimento.

Allo stato attuale tale servizio, inteso come misura giornaliera della concentrazione di radionuclidi in aria tramite spettrometria gamma con rivelatori al Germanio iperpuro, con conseguente invio dei dati all'APAT, viene, secondo la nostra conoscenza, svolto sistematicamente dalle seguenti strutture:

- ARPA Piemonte – Dipartimento di Ivrea (365 giorni l'anno)
- ARPA Lombardia – Dipartimento Città di Milano (tutti di giorni feriali; nei giorni festivi prelievo cumulativo e spettrometria gamma sul campione ottenuto)
- ARPA Friuli Venezia Giulia – Dipartimento di Udine (tutti di giorni feriali; nei giorni festivi prelievo cumulativo e spettrometria gamma sul campione ottenuto)

Molti sono comunque i laboratori ARPA (probabilmente quasi tutti, come è stato testimoniato dal positivo esito dell'esercitazione di emergenza nucleare PEN 2000) che sarebbero in grado di eseguire misure analoghe e quindi di fornire dati su richiesta.

Allo stato attuale, la situazione vede molti laboratori momentaneamente non più attivi in questo campo d'attività.

Tuttavia, come si può vedere nella tabella che segue, la disponibilità di strumentazione, la sostanziale omogeneità della stessa, oltre al recente passato di comune attività, rende l'insieme dei laboratori una realtà ancora potenzialmente in grado di ben operare in questo settore.

Tabella n. 2.1: Caratteristiche dei sistemi di prelievo e d'analisi di spettrometria gamma sul particolato atmosferico (dati disponibili)

CRR	Sistema aspirazione	Spettr.gamma	Software
Valle d'Aosta	dato non disponibile	giornaliera (no sab-dom)	Gamma Vision vers. 4.1 e Maestro-32 vers. 5
Piemonte	AVZ Zambelli	giornaliera (si sab-dom)	Gamma Vision
Lombardia	Alto Volume (2000 mc/giorno)	giornaliera (no sab-dom)	Genie 2000 Canberra
Liguria	dato non disponibile	pacchetto mensile	Gamma Vision vers. 2.4
Veneto	dato non disponibile	giornaliera	Gamma Vision
Bolzano	dato non disponibile	no	Gamma Vision 5.2
Trento	dato non disponibile	dato non disponibile	dato non disponibile
Friuli VG	AVZ Zambelli	giornaliera (no sab-dom)	Genie 2000 Canberra
Emilia Romagna	dato non disponibile	no	Silena Gammaplus vers. 1.03.1 e Gamma Vision vers. 5.2
Lazio	dato non disponibile	no	Gamma Vision
Toscana		giornaliera	Gamma Vision vers. 5.2
Marche	AVZ Zambelli	giornaliera	Gamma Vision 32 vers. 5.1
Umbria		pacchetto mensile	Gamma Vision
Molise	fuori uso	no	Gamma Vision 5.2
Campania	20 litri/min	no	Gamma Vision e Genie 2000
Basilicata	dato non disponibile	no	Gamma Vision
Puglia	dato non disponibile	no	Gamma Vision
Calabria	dato non disponibile	dato non disponibile	dato non disponibile
Sardegna	dato non disponibile	dato non disponibile	dato non disponibile
Sicilia	fuori uso	no	Gamma Vision vers. 5.1

2.5 Specificità e integrabilità dei sistemi di monitoraggio del particolato atmosferico attualmente esistenti

Risulta evidente che i sistemi di monitoraggio attualmente operativi hanno una loro specificità che deriva dalla loro particolare concezione e che rendono tali sistemi adatti a rispondere a particolari esigenze.

La rete APAT automatica REMRAD, in particolare, è stata concepita per rispondere all'esigenza di monitorare, in tempo reale, eventuali situazioni incidentali che si verificassero oltre frontiera: la dislocazione delle stazioni lungo i confini nazionali testimonia questa preoccupazione, giustificata peraltro dal fatto che non vi sono ormai sul territorio nazionale impianti nucleari attivi, mentre ben 13 centrali di potenza, attive nei Paesi limitrofi all'Italia (Francia, Svizzera, Germania, Austria, Slovenia) si trovano a meno di 200 km in linea d'aria dai confini nazionali.

L'altra rete APAT automatica GAMMA risponde invece all'esigenza di avere un quadro più di dettaglio sui livelli di dose gamma. La rilevanza pratica di una tale rete è però limitata al caso di incidenti di particolare rilevanza, quando le dosi in gioco diventano apprezzabili anche da rivelatori di Geiger-Mueller; per intenderci, dispositivi di questo genere sarebbero stati in grado di rilevare l'incremento di dose gamma all'indomani del fallout di Chernobyl (1986), ma non sarebbero state di nessuna utilità per rivelare incidenti di assai minore portata, come quello di Algeciras (1998).

Il ruolo della rete ARPA infine, basata su misure di elevata sensibilità ma eseguite su base giornaliera, rappresenta un'ottimale integrazione alle reti APAT. Rispetto alla rete REMRAD, pur possedendo una risoluzione temporale assai più grossolana, può infatti vantare alcuni vantaggi:

- ha livelli di sensibilità (MAR giornaliera) che in taluni casi possono essere anche molto più spinti (da 10^{-4} fino a quasi 10^{-6} Bq/m³);
- può assicurare una copertura ottimale di tutto il territorio nazionale (21 laboratori per ciascuna Regione o Provincia Autonoma)

Il valore aggiunto che una tale rete di monitoraggio può dare alla rete APAT è stato reso evidente dall'episodio di contaminazione atmosferica dovuto al già citato incidente radiologico di Algeciras: l'accidentale fusione di una sorgente di Cs-137 comportò infatti la diffusione su buona parte dell'Europa meridionale di una debole nube radioattiva contenente solo Cs-137 (concentrazioni di pochi mBq/m³) ma che destò un diffuso allarme finché non se ne comprese la provenienza. L'esperienza mostrò che le misure eseguite dai laboratori regionali furono di fondamentale importanza per la valutazione e la comprensione dell'episodio. La vicenda mise anche in luce un altro aspetto, da non sottovalutare nella programmazione delle attività di prevenzione e di monitoraggio dei rischi radiologici: la minaccia di un evento incidentale non può essere ristretta ai soli impianti nucleari ma deve anche poter tener conto di altre installazioni industriali che, a vario titolo, possono essere coinvolte in rischi di tipo radiologico (fonderie, ospedali, centri di ricerca, ecc.).

Dal momento che questo tipo d'installazioni sono dislocate su tutto il territorio nazionale, risulta quindi evidente l'importanza di poter disporre, per una rete nazionale, di dati provenienti da tutte le Regioni. Non va infatti dimenticato, sempre rifacendosi all'esperienza di Algeciras, che la prima preoccupazione di quanti per primi misurarono gli anomali livelli di Cs-137 fu quella che si fosse verificato un incidente radiologico in un'installazione industriale della Lombardia o del Piemonte: la misurazione di una

contaminazione atmosferica lieve ma molto estesa in tutta l'area padana autorizzava infatti il sospetto che un incidente di dimensione relativamente grande fosse capitato in qualche industria del Nord Italia. Il quadro radiometrico che si andava precisando rendeva infatti del tutto giustificato il timore che un incidente radiologico, non ancora scoperto e magari ancora in atto, potesse rappresentare una concreta minaccia alla salute della popolazione.

La successiva stima dell'andamento e delle conseguenze dell'incidente di Algeciras portarono poi ad ipotizzare che nella fonderia spagnola fosse avvenuta la fusione di una sorgente di Cs-137 avente un'attività di circa 1000 GBq, un quantitativo piuttosto imponente, senz'altro in grado di costituire localmente un reale rischio radiologico.

Una seconda motivazione che rende altamente consigliabile un'organica integrazione della rete dei laboratori ARPA nel contesto delle reti di allarme APAT è da ricercarsi nell'opportunità di disporre, da parte di APAT, di uno strumento conoscitivo di dettaglio utilizzabile in caso di grave emergenza radiologica, per esempio a seguito di un incidente transfrontaliero. In una tale circostanza infatti, si renderebbe comunque necessario il coinvolgimento di tutti i laboratori regionali, ai fini di una descrizione accurata dell'evoluzione del fenomeno. In uno scenario del genere, infatti, soprattutto nelle prime fasi (1-2 giorni) diventano di cruciale importanza i dati sui livelli di contaminazione atmosferici. È inoltre importante non solo che tali dati pervengano tempestivamente ma anche che essi siano affidabili e interconfrontabili: uno dei maggiori problemi che vennero evidenziati all'epoca dell'incidente di Chernobyl fu infatti la notevole confusione e la difficoltà di comparare dati tra loro eterogenei.

Per questi motivi, l'operatività in condizioni di routine di una rete di monitoraggio basata sui laboratori regionali che periodicamente inviano all'APAT i dati misurati della radioattività sul particolato atmosferico costituirebbe un'importante risorsa da impiegare in situazioni di emergenza. È infatti noto che è la conoscenza e la caratterizzazione, quanto più rapida e dettagliata possibile, della nube radioattiva che consente di programmare al meglio tutti gli altri rilevamenti (su matrici alimentari e ambientali) e di fare quelle valutazioni dosimetriche che sono di primaria importanza per una corretta gestione dell'emergenza: un tempestivo flusso di dati sulla contaminazione atmosferica fornita da tutti i 21 laboratori regionali consentirebbe infatti al CEVaD di avanzare stime molto dettagliate e attendibili sull'impatto dosimetrico dell'evento incidentale. Non può sfuggire, a questo proposito, l'importanza dell'accuratezza e della tempestività di tali valutazioni: l'adozione di eventuali contromisure, pur essendo in ultima analisi un atto essenzialmente politico, è comunque strettamente legato a valutazioni di ordine dosimetrico: tanto più queste riescono ad essere precise, tanto più sarà possibile gestire le eventuali emergenze in modo efficace e non improvvisato.

Si può notare infine come, a fronte degli indubbi vantaggi di una tale integrazione, gli oneri a carico del sistema sarebbero piuttosto limitati: sono infatti al momento già presenti presso tutti i laboratori regionali adeguate professionalità e anche gli eventuali investimenti necessari per rendere pienamente operativo il sistema sarebbero piuttosto contenuti, dal momento che la parte più sofisticata del sistema (i rivelatori al Germanio iperpuro) sono già fin d'ora nella dotazione dei laboratori e, nella maggioranza dei casi, sono pienamente operativi.

2.6 Proposta operativa di integrazione della rete di allarme APAT della radioattività in atmosfera con la rete dei laboratori ARPA

Una proposta operativa tendente ad integrare nella rete APAT i sistemi di monitoraggio della radioattività in atmosfera che sono attualmente disponibili presso le ARPA potrebbe prevedere, anche in ossequio alla Raccomandazione Europea 473/2000 che individua per varie matrici (tra cui il particolato atmosferico) due distinti livelli: una rete diffusa (*dense network*), più capillare e una rete diradata (*sparse network*), ad elevata sensibilità ma limitata a pochi punti giudicati significativi su base macroregionale.

Entrando nello specifico, cioè nei livelli di sensibilità richiesti (espressi convenzionalmente tramite la MAR giornaliera riferita al Cs-137) per questo tipo di reti, si possono fissare i seguenti valori:

- 10^{-3} Bq/m³ per i punti di prelievo della rete diffusa (*dense network*)
- 10^{-4} Bq/m³ per i punti di prelievo della rete diradata (*sparse network*)

I valori qui proposti sono stati derivati seguendo i criteri della sopra citata Raccomandazione Europea che prevedono, in particolare per la rete diffusa, una sensibilità per il Cs-137 di almeno $5 \cdot 10^{-2}$ Bq/m³.

Per quanto riguarda invece la rete diradata, cioè quella a maggiore sensibilità, si ritiene che la MAR giornaliera per il Cs-137 debba essere attorno ai 10^{-4} Bq/m³. Tale valore è stato derivato sempre tenendo presente la Raccomandazione, la quale prevede che venga riportato, accanto ai dati sulla radioattività artificiale anche il valore di concentrazione per il radionuclide cosmogenico Be-7. Infatti, dal momento che i livelli di Be-7 al livello del suolo solo occasionalmente raggiungono valori attorno al mBq/m³, si ritiene che un sistema di monitoraggio che sia in grado di monitorare in continuo il reale andamento di questo radionuclide debba avere una MAR di circa 10^{-4} Bq/m³.

I dati di sensibilità qui riportati si riferiscono a monitoraggio effettuati su base giornaliera. In realtà tale condizione non è esplicitamente richiesta dalla Raccomandazione. In particolare per la rete diradata (*sparse network*), si potrebbero anche considerare risoluzioni temporali peggiori. È però evidente che, se si vuole che le reti ARPA fungano da supporto ad una rete d'allarme nazionale, è opportuno che le misure siano effettuate giornalmente: per questo motivo si è ritenuto opportuno continuare a ragionare ipotizzando monitoraggi su base giornaliera.

Si è parlato fin qui di metodi di misura che prevedono l'analisi (tramite spettrometria gamma con HPGe) di particolato atmosferico. In realtà, per completezza, andrebbe anche considerato il monitoraggio dei gas radioattivi in atmosfera: non si può infatti dimenticare che, soprattutto nelle prime fasi di un incidente nucleare, sono proprio i gas nobili radioattivi (Xe-133, Kr-85, ecc.) i primi a fuoriuscire e quindi a costituire il primo indizio dell'evento. Inoltre, come è noto, uno dei radionuclidi più importanti e pericolosi in questi frangenti, lo I-131, si presenta spesso in forma gassosa e quindi, per questo motivo, sarebbe importante che almeno un certo numero di laboratori regionali fossero attrezzati per questo tipo di prelievo. Alcune esperienze in questo campo sono già disponibili (ad esempio, ARPA Lombardia), ma sarebbe necessario codificare e diffondere le conoscenze e le capacità operative.

2.6.1 La rete densa (*dense network*)

L'architettura geografica di questa rete di monitoraggio dovrebbe avere come punti operativi i 21 laboratori regionali/provinciali, che dovrebbero pertanto eseguire giornalmente dei prelievi di particolato atmosferico su filtro di cellulosa (o di fibra di vetro) ed eseguire quindi una spettrometria gamma con rivelatori HPGe. Le dotazioni strumentali attualmente disponibili dovrebbero consentire a tutti i laboratori di effettuare questo tipo di misure, raggiungendo le sensibilità previste per la rete densa. Per qualche laboratorio ci potrebbe essere qualche difficoltà di ordine pratico legate alla non disponibilità immediata di un adeguato ed affidabile sistema di campionamento (pompa di aspirazione). Tuttavia, vista le tutto sommato modeste prestazioni richieste (è sufficiente un dispositivo che sia in grado di filtrare, nelle 24 ore, dai 30 ai 40 m³ d'aria) tale mancanza non dovrebbe costituire un ostacolo rilevante. Può essere utile osservare che, a tal fine, sono del tutto idonei i dispositivi di campionamento comunemente impiegati per la misura delle polveri totali nell'ambito delle valutazioni sulla qualità dell'aria. Anche dal punto di vista dell'impiego del "tempo macchina" del rivelatore al Germanio da parte dei laboratori, l'effettuazione di questo tipo di misure non dovrebbe essere un problema: è già stato infatti mostrato come i livelli di sensibilità richiesti possano essere facilmente raggiunti con conteggi dell'ordine di 1 ora o poco più. Pertanto, eseguendo la misurazione al mattino, dopo aver prelevato il filtro, è possibile disporre del rivelatore per quasi tutta la giornata lavorativa.

Qualche problema in più potrebbe sorgere in ordine alla continuità del monitoraggio, se si vuole, come sarebbe in linea di principio ottimale, estendere questo tipo di misure anche ai giorni non lavorativi (sabato, domenica e festivi): molto difficilmente infatti nei laboratori ARPA si potrebbe avere, allo stato attuale, la disponibilità di personale qualificato in grado di effettuare questo servizio anche durante le festività.

D'altro canto si ritiene che, in condizioni di normalità, non sia di per sé giustificato un impegno così gravoso per il personale e che si possa superare questa difficoltà semplicemente modificando il tempo di campionamento, estendendo il prelievo del particolato a tutto il fine settimana: in tal modo otterremmo, nell'arco di una settimana, 4 dati di concentrazione media giornaliera e 1 dato integrato sul periodo venerdì-lunedì.

2.6.2 La rete diradata (*sparse network*)

La prima questione da affrontare per la definizione di una rete diradata è l'individuazione dei punti di prelievo. La Raccomandazione suggerisce che vi sia almeno un punto per ogni area macroregionale in cui il territorio dell'Unione è stato suddiviso. Nel caso dell'Italia, per la quale è stata individuata una suddivisione in 3 macroregioni (Nord, Centro e Sud), sarebbero dunque sufficienti 3 punti.

Tuttavia, se si tengono presente alcune condizioni geografiche, l'attuale presenza di laboratori che sono fin d'ora operativi, nonché la dislocazione delle possibili fonti di rischio radiologico transfrontaliero (centrali elettronucleari di Francia, Svizzera, Germania e Slovenia), sembrerebbe sensato e facilmente perseguibile la predisposizione di un numero maggiore di stazioni aventi caratteristiche "da rete diradata". Cioè, ad esempio:

- 3 al Nord;
- 2 al Centro (comprendendo in esso la Sardegna);
- 2 al Sud.

Quella presentata potrebbe essere la configurazione ottimale, da raggiungersi anche in tempi non immediati.

La realizzazione pratica di queste reti richiederebbe uno sforzo tutto sommato non eccessivo: già fin d'ora al Nord vi sono almeno 3 laboratori in grado di eseguire misure con queste caratteristiche, mentre il raggiungimento delle prestazioni richieste per le stazioni di misura al Centro e al Sud potrebbe essere attuato semplicemente dotando i laboratori prescelti di adeguati sistemi di prelievo. Il tutto sarebbe fattibile con un investimento in strumentazione di entità assai limitata.

L'impegno del personale coinvolto in questa attività di monitoraggio, pur non essendo particolarmente gravoso, potrebbe essere fonte di qualche problema, soprattutto in quelle realtà (Agenzie) non ancora ben strutturate o che, negli ultimi tempi, hanno orientato le sempre esigue risorse umane ad altri compiti, ritenuti prioritari.

Su quest'ultimo aspetto, tuttavia, si ritiene che con una richiesta di supporto avanzata dall'APAT e adeguatamente motivata, le Agenzie potrebbero con una certa facilità recuperare le risorse professionali necessarie che, occorre sottolinearlo, ci sono e sono già sufficientemente formate sotto il profilo tecnico- scientifico.

2.7 Rete di monitoraggio della deposizione umida e secca (fallout)

La misura della radioattività nella deposizione umida e secca (fallout) costituisce, come è noto, un potentissimo mezzo di indagine per la rivelazione di tracce anche debolissime di contaminazione radioattiva presente in atmosfera. In particolare essa è molto utile per la segnalazione di eventi, che hanno comportato l'immissione di sostanze radioattive in atmosfera, avvenuti anche in luoghi assai remoti. Non è infatti un caso che sia anche con misure di questo tipo che gli organi di controllo della IAEA si basino per verificare il rispetto del trattato che bandisce gli esperimenti nucleari in atmosfera (rete CTBTO). L'intervallo di campionamento normalmente impiegato dai laboratori regionali per questo tipo di misure è il mese. Tale periodo è essenzialmente legato alla necessità di ottenere una quantità di materiale residuo (particolato depositato) che sia sufficiente per l'esecuzione di un'analisi di spettrometria γ in modo riproducibile: tale quantitativo può essere valutato nell'ordine di 4-5 grammi.

È d'altro canto evidente che il quantitativo raccolto dipenda, oltre che dal tempo di campionamento, anche dalla superficie di raccolta dei campionatori impiegati: senza entrare in dettagli sulle possibili tipologie di tali dispositivi, si può dire che per ottenere in un mese un residuo di almeno 4-5 grammi sia senz'altro sufficiente una superficie di circa 2 m². Questa è comunque un'indicazione di massima. La raccolta di particolato dipende infatti fortemente anche da fattori locali (zona urbana e rurale, altezza dal suolo del dispositivo di campionamento, meteorologia, ecc.).

È comunque da tener presente che il criterio della quantità di materiale raccolto non è da intendersi in senso assoluto. Infatti, ai fini della significatività della misura quale indicatore di una contaminazione atmosferica di origine remota ha rilevanza soprattutto il particolato fine proveniente dagli alti strati dell'atmosfera, il cui contributo ponderale è piuttosto scarso. Per questo motivo si ritiene importante definire anche un'altezza dal suolo che sia di riferimento per il posizionamento dei dispositivi di raccolta del fallout di tutta la rete, evitando, se possibile, eccessive discrepanze tra i punti della rete. Questo anche al fine di un confronto più agevole tra le misure effettuate nelle varie stazioni. Una rete nazionale di misura del fallout può infatti costituire un'utile integrazione alla

rete di misura della radioattività in aria, fornendo, tramite l'impiego di un semplicissimo modello matematico, una sorta di valore medio mensile della concentrazione dei radionuclidi in aria. La relazione che consente di correlare una misura di deposizione D (Bq/m^2) con una misura di concentrazione C (Bq/m^3) è infatti la seguente:

$$D = C \cdot v \cdot t$$

dove v è una velocità media mensile di deposizione, mentre t è il tempo di campionamento, nel nostro caso pari ad un mese. Tale relazione vale in questa forma solo per i radionuclidi la cui emivita è sufficientemente grande da rendere trascurabile il decadimento durante il tempo di campionamento t .

Una relazione di questo genere, pur essendo stata con successo impiegata in diversi lavori scientifici, è tuttavia da intendersi in senso indicativo. Un suo utilizzo pratico non può infatti prescindere da una caratterizzazione del sito di campionamento, le cui peculiarità influenzano pesantemente il valore del parametro v che, pur avendo le dimensioni di una velocità non può essere identificato, se non in casi estremi, come una grandezza cinetica riferita ad un oggetto ben preciso (particella di pulviscolo). Operando in questo modo si possono comunque ottenere interessanti informazioni sui livelli medi di contaminazione atmosferica anche per radionuclidi presenti in debolissime tracce: si può infatti stimare ad esempio che, valori una deposizione di Cs-137 pari a $0,5 - 1 \text{ Bq/m}^2$, un valore comunemente osservato, corrisponda ad una concentrazione in aria attorno a $5 - 10 \text{ } \mu\text{Bq/m}^3$!

Risulta quindi evidente il grande valore aggiunto che deriverebbe, per la qualità della rete nazionale di monitoraggio, dal poter disporre di dati di così elevata sensibilità.

Va infine considerato il fatto che questa tipologia di misura non richiede l'impiego di tecnologie che già non siano in possesso dei laboratori regionali i quali, pertanto, dovrebbero semplicemente indirizzare una piccola parte della loro attività routinaria verso questo tipo di rilevamento. È anzi probabile che il maggior ostacolo ad una completa operatività di una rete nazionale per il fallout venga da aspetti pratici piuttosto banali, ma da non sottovalutare, quali ad esempio la difficoltà di poter disporre e gestire un sistema di campionamento (vasche, bidoni, ecc.) idonei per la misura e in un luogo facilmente accessibile per il personale di laboratorio.

In ultimo, per quanto riguarda il problema del flusso dei dati di misura del fallout dai laboratori regionali verso APAT, si propone di cambiare l'attuale prassi che prevede, per quanti già eseguono questo tipo di misura, un invio dei dati con periodicità annuale o, al più trimestrale.

Si ritiene infatti importante che, in un'ottica d'integrazione della rete nazionale, i risultati di queste misure debbano essere disponibili il prima possibile al coordinatore della rete, cioè l'APAT: solo così le misure di fallout possono costituire un utile strumento aggiuntivo d'indagine e di monitoraggio utile in situazione normali ma soprattutto in condizioni d'emergenza.

3. ALTRE MATRICI AMBIENTALI

Oltre al particolato atmosferico e al fallout, viene effettuato, nell'ambito della rete nazionale, il sistematico monitoraggio di altre matrici ambientali, quali il suolo, le acque superficiali (fiumi, laghi), sedimenti, eccetera. Il significato di tale monitoraggio, pur non essendo immediatamente riconducibile ad un'attività tipica di una rete d'allarme, ha comunque una certa rilevanza radioprotezionistica. Il sistematico controllo di queste matrici consente infatti di tenere sotto controllo eventuali episodi di rilascio di radioattività nell'ambiente avvenuti puntualmente e senza un significativo interessamento del comparto atmosferico. L'esperienza insegna infatti che il monitoraggio continuo dei corpi idrici consente di identificare, attraverso anomalie radiometriche di poco conto (ad esempio, lo spostamento di determinati rapporti isotopici), eventi piuttosto rilevanti accaduti lontano sia nello spazio che nel tempo: fu questa, ad esempio, l'esperienza dell'evento di Rovello Porro (CO), dove la fusione di una grossa sorgente di Cs-137 in una fonderia d'alluminio con conseguente massiccia contaminazione dello stabilimento e di molti operai, fu scoperta dopo un lungo lavoro di monitoraggio che partì dall'osservazione che, nelle acque del Po, i rapporti isotopici tra Cs-137 e Cs-134 presentavano valori anomali.

Suoli e indicatori di deposizione superficiale

Il monitoraggio della radioattività nei suoli (termine da preferire a terreno, non corretto dal punto di vista scientifico), in assenza di nuovi eventi incidentali, non ha un ruolo centrale nell'ambito di un programma di monitoraggio "di routine". Lo studio della radioattività nei suoli è infatti un argomento molto interessante e di una certa complessità e che può fornire importanti informazioni sul comportamento a lungo termine di determinati radionuclidi, ma che, proprio per questo, necessita di risorse e di impegno che non sempre possono essere nella disponibilità delle strutture preposte al monitoraggio della radioattività (prelievo di campioni stratificati, analisi radiochimiche complesse, eccetera). Tuttavia, si ritiene importante che un'analisi sistematica di tale matrice prosegua in tutte le Regioni, per ciascuna delle quali andrebbe individuato almeno un punto di campionamento in cui eseguire misure di spettrometria gamma con cadenza, ad esempio, semestrale.

Accanto o, in taluni casi, in alternativa al monitoraggio dei suoli, si possono effettuare programmi di campionamento che prevedono il prelievo di briofite (muschi). Tali organismi infatti, grazie alla loro funzione di bioaccumulatori, possono essere fonte di interessanti informazioni sulla deposizione al suolo e sostituire quindi il prelievo diretto di campioni di suolo, con il vantaggio di una semplificazione delle operazioni di prelievo e gestione dei campioni. L'effettuazione di campagne di monitoraggio che facciano uso di briofite necessita di personale adeguatamente formato: tale personale dovrebbe però essere in buona parte ancora nella disponibilità delle strutture dei laboratori regionali, dal momento che, una decina di anni fa, fu da tutti seguito un corso sull'impiego dei muschi in radioattività ambientale e, negli anni successivi, vennero effettivamente effettuate estese campagne di misura.

Acque superficiali e DMOS (fiumi)

I bacini dei maggiori fiumi italiani (Po, Adige, Tevere), pur non essendo più interessati da attività nucleari in senso stretto, sono comunque al centro di estese aree industriali dove l'impiego di radioisotopi per scopi sia industriali che medici è tuttora intenso.

È dunque importante eseguire sistematiche misure di radioattività sia sulle acque superficiali di questi fiumi che sul DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile), una matrice che si dimostrata assai interessante per la sua capacità di intercettare ed integrare la contaminazione presente nei fiumi. Particolare attenzione andrà posta al monitoraggio del fiume Po, per il quale dovrebbero essere previsti almeno:

- 8 punti di campionamento DMOS;
- 8 punti di campionamento acque.

La periodicità per questa tipologia di misure dovrebbe essere trimestrale o semestrale.

Per Adige e Tevere invece i punti di campionamento possono essere dimezzati. Le analisi da effettuare su queste matrici sono la spettrometria gamma; eventuali altre misure potranno essere decise solo in caso di particolari emergenze o necessità. Potrebbe essere interessante sviluppare e diffondere, come metodica di screening, le misure alfa e beta totale (con la tecnica della scintillazione liquida), analogamente a quanto si fa per le acque potabili.

Non si ritiene che, nell'ambito della Rete nazionale, debba essere previsto il monitoraggio di altri fiumi, se si eccettuano i corsi d'acqua interessati dagli scarichi degli impianti nucleari ancora esistenti, il cui controllo rientra però nell'attività di Reti di monitoraggio *ad hoc*, le cosiddette "Reti locali", gestite sia dagli esercenti (per obbligo di legge) che, autonomamente, dalle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente.

Il monitoraggio di altri corsi d'acqua potrà comunque essere eventualmente deciso sulla base di valutazioni di rischio o, autonomamente, dai laboratori regionali. In quest'ultimo caso le modalità di campionamento, prelievo ed analisi andrebbero uniformate con quelle decise a livello nazionale.

Acque superficiali (laghi)

Per il monitoraggio della radioattività nei laghi, si può fare un discorso che, per certi versi, è analogo a quello fatto sui suoli. I laghi infatti, soprattutto quelli con basso ricambio d'acqua, sono oggetti ambientali molto interessanti per studi radioecologici: la particolare natura di questi ecosistemi li rende infatti particolarmente vulnerabili agli episodi di contaminazione. Per questo motivo può essere interessante individuare un certo numero di questi ambienti e programmare per essi un monitoraggio periodico che segua l'andamento della concentrazione dei radionuclidi nelle acque e anche in alcune specie ittiche, specie se carnivore.

Non si ritiene di proporre, in questa sede, un elenco di tali ecosistemi. Tale scelta potrà essere fatta in seguito, anche sulla base della recente esperienza storica, nonché sulle base delle proposte e dei suggerimenti provenienti dai vari laboratori regionali.

4. MATRICI ALIMENTARI

Il monitoraggio della radioattività nelle matrici alimentari è stato finora effettuato sulla base di un programma che aveva la sua *ratio* scientifica nella struttura della dieta media italiana, dedotta da dati ISTAT. Sulla base di tale dieta erano stati poi individuati gli alimenti significativi, a livello nazionale, e quindi si era provveduto ad effettuare una serie di campionamenti, distribuiti tra tutte le Regioni, in modo da ottenere le informazioni radiometriche necessarie per ricavare la dose media da ingestione. La tipologia d'analisi a cui erano (e sono tuttora) sottoposti i campioni prelevati a questo scopo è la spettrometria gamma con rivelatori al Germanio iperpuro, mentre solo per un limitato numero di campioni di latte è eseguita la misura di Sr-90.

È importante sottolineare il fatto che la strategia di campionamento adottata consentiva, in linea di principio, solo una rappresentatività nazionale e non regionale: nelle singole Regioni venivano cioè assegnati campionamenti che, per la rilevanza della loro produzione/commercializzazione, potevano ritenersi di riferimento per tutta l'Italia.

Riflettendo a distanza di anni sulla funzione di questa rete di monitoraggio, anche alla luce delle indicazioni contenute nella Raccomandazione Europea, possono essere fatte alcune considerazioni di carattere generale. La rete era stata concepita (verso la fine degli anni '80) per monitorare le conseguenze, in termini di dose da ingestione, dell'incidente di Chernobyl. Per questo motivo, dal momento che buona parte di tale dose era dovuta ad alimenti come il latte fresco, le verdure, prodotte in larga parte nel nostro Paese, i campionamenti si erano prevalentemente indirizzati verso la produzione, piuttosto che verso la distribuzione. In realtà, non ci fu una scelta netta sotto questo profilo, poiché ad esempio, in molti casi i campionamenti di verdure venivano effettuati presso i grossi mercati ortofrutticoli dove, indipendentemente dal luogo (Torino, Milano, Roma) i prodotti venduti potevano avere la più varia provenienza (anche non nazionale). Ad ogni modo, indipendentemente da quelle che erano state le intenzioni di chi aveva istituito questo tipo di controlli, si è assistito col tempo ad un progressivo sfilacciarsi dei criteri di campionamento, col risultato che, allo stato attuale, la situazione vede, a livello nazionale, un programma di campionamento ancora piuttosto cospicuo, effettuato facendo riferimento ad una dieta ISTAT nazionale (non aggiornata) ma, soprattutto, con una certa confusione riguardo i criteri di scelta dei punti di campionamento: produzione o distribuzione.

Per questo motivo si ritiene importante arrivare ora ad una chiarificazione e ad una ridefinizione della situazione tenendo presente che la scelta di uno o dell'altro criterio hanno diverse implicazioni.

Scegliendo una strategia di campionamento basata sulla (grande) distribuzione si possono ottenere delle informazioni più corrette, in linea di principio, per la dose da ingestione: una parte non trascurabile del cibo consumato in Italia proviene dall'estero e dunque, dal punto di vista dell'accuratezza delle valutazioni dosimetriche, sarebbe la scelta migliore. A questo riguardo la già citata Raccomandazione Europea suggerisce la misurazione della dieta mista, prassi finora da noi non seguita.

Scegliendo invece una strategia di campionamento basata sulla produzione, si privilegia l'aspetto territoriale-ambientale: il dato radiometrico non serve più solo per

valutazioni dosimetriche, ma fornisce informazioni sullo stato di un particolare ecosistema: è evidente che questo tipo d'informazione è più ricca ed interessante rispetto a quella ricavabile dal semplice monitoraggio di campioni prelevati alla distribuzione e dei quali non so nulla in termini di provenienza. Tuttavia non si può negare che un'impostazione di questo tipo, se assolutizzata, può essere rischiosa in quanto può non essere efficace nell'intercettare fonti di contaminazioni degli alimenti che provengono dall'estero.

È anche possibile, e forse auspicabile, non arrivare ad una scelta netta di un'impostazione che esclude l'altra. Potrebbe essere infatti proposto un sistema che, pur assicurando una buona descrizione dello stato radiometrico degli alimenti consumati nel nostro Paese (prelevati perciò presso la media e grande distribuzione, ad esempio), non trascuri il monitoraggio delle produzioni regionali, in grado di fornire informazioni di carattere non solo dosimetrico ma anche ambientale. L'importante però è che questa operazione venga fatta con la necessaria chiarezza, evitando confusioni, sovrapposizioni e uso distorto dei dati.

Un'ultima questione riguarda le Regioni: è sempre più diffusa la richiesta, da parte di molte Regioni, di avere dati che siano anche rappresentativi per il proprio territorio. E' dunque auspicabile anche un'integrazione in questo senso, in modo che, ciascuna Regione possa, a partire dal piano di campionamento che è tenuta ad osservare nell'ambito della Rete nazionale, integrare opportunamente tale piano con altre matrici per giungere così ad un programma regionale che sia corretto sotto il profilo della rappresentatività. A questo proposito sarebbe dunque importante che l'ISTAT (o qualche altra fonte) sia in grado di fornire le diete tipo per ciascuna Regione.