
8: RADIAZIONI NON IONIZZANTI E IONIZZANTI

INTRODUZIONE

Il termine radiazioni è usato per identificare fenomeni fisici tra loro molto diversi per natura ed effetto.

Le radiazioni elettromagnetiche interagiscono con la materia in modo assai vario in funzione della loro lunghezza d'onda e della loro intensità. In funzione della loro frequenza sono comunemente distinte in raggi γ , X, ultravioletti, luce visibile, infrarossi, microonde, onde radio ed onde a frequenze estremamente basse (ELF).

Ad ogni tipo di radiazione è associata una quantità di energia che può essere trasferita alla materia attraversata: se questa è superiore ad un certo valore (quello minimo necessario a modificare la struttura elettronica dell'atomo strappando un elettrone) la radiazione è detta ionizzante.

Le radiazioni ionizzanti si distinguono generalmente in radiazioni alfa (α), beta (β), gamma (γ), X o di altro genere.

Le radiazioni non ionizzanti sono sempre costituite da campi elettromagnetici variabili.

SOTTOTEMATICHE

La logica divisione in sottotematiche per la presente sezione comporta la trattazione separata delle radiazioni non ionizzanti e ionizzanti.

Radiazioni non ionizzanti

Le radiazioni non ionizzanti sono presenti naturalmente nell'ambiente: la terra produce un campo magnetico sufficiente ad orientare l'ago della bussola ed un campo elettrico superficiale che può aumentare molto a seconda dei fenomeni atmosferici.

Per quanto riguarda le radiazioni non ionizzanti prodotte dalle attività umane, le fonti principali si riscontrano nel settore delle telecomunicazioni (ripetitori radiotelevisivi, ponti radio, stazioni radiobase per la telefonia mobile...), nella rete di distribuzione dell'energia elettrica, nel settore domestico (telefoni cellulari, elettrodomestici...), nel settore industriale e medico. I campi elettromagnetici generati da queste sorgenti sono caratterizzati da frequenze note e da precise localizzazioni del corpo emittente.

Poiché l'intensità del campo elettromagnetico dipende dalla distanza dalla sorgente non ha senso parlare di un valore medio di radiazione.

Data l'ampia distribuzione delle sorgenti di radiazioni non ionizzanti sul territorio, c'è una diffusa preoccupazione sugli effetti dei campi elettromagnetici sulla salute umana. Stante l'incertezza sull'insorgenza di specifiche patologie dovute all'esposizione

a radiazioni non ionizzanti, è doverosa l'attuazione del principio di precauzione (art. 174, par. 2, trattato istitutivo Unione Europea) che sancisce la necessità di prevenire conseguenze potenzialmente gravi senza attendere i risultati della ricerca scientifica.

Per stimare la superficie regionale potenzialmente interessata da campi elettromagnetici (a bassa frequenza generati dalle linee elettriche e ad alta frequenza generati da impianti radiotelevisivi e per la telefonia mobile), nel presente RSA vengono analizzati la lunghezza e il tracciato degli elettrodotti e le fonti puntuali di emissione per gli impianti radioelettrici.

Radiazioni ionizzanti

La radioattività consiste nell'emissione di particelle e di energia da parte di alcuni elementi instabili, detti radionuclidi, spontaneamente o in seguito ad attivazione.

Alcuni di questi elementi esistono in natura, altri possono essere prodotti artificialmente: l'insieme dei primi dà luogo alla radioattività naturale, l'insieme dei secondi a quella artificiale.

Il fondo naturale trae origine dalle radiazioni ionizzanti provenienti da sorgenti naturali, terrestri o cosmiche, e varia da zona a zona, secondo la natura geologica dei terreni e la quota sul livello del mare. Tra i radionuclidi più noti si ricorda il radon, che deriva dal decadimento di radionuclidi naturali della famiglia dell'uranio. L'80% della dose dovuta alla radioattività assorbita dalla popolazione proviene da sorgenti naturali.

Le fonti artificiali di radiazioni possono derivare da esperimenti nucleari in atmosfera (che hanno un impatto globale sul pianeta), produzione di energia (scarichi e rifiuti d'impianti) e dall'uso di radioisotopi per ricerca scientifica, per uso medico ed industriale.

Nella presente sottotematica, nell'ambito della radioattività naturale, viene riportato un riassunto delle misure di concentrazione di radon in tutte le scuole, di ogni ordine e grado, della regione.

Per quanto riguarda la radioattività artificiale vengono riportati i valori della concentrazione di Cs-137 nella deposizione al suolo (fall-out), in alcuni terreni di prato stabile e boschivi della regione ed in alcune matrici alimentari (latte, cereali e loro derivati e funghi).

RADIAZIONI NON IONIZZANTI

i 8.1: Lunghezza e tracciato degli elettrodotti

L'obiettivo dell'indicatore è stimare la superficie regionale potenzialmente interessata da campi elet-

Livello Territoriale	Lunghezza [km]			Lunghezza/Superficie km di Linea per 10 km ² [km ⁻¹]		
	380 kV	220 kV	AT	380 kV	220 kV	AT
Regione FVG	165	255	962	0,2	0,3	1,2
Italia	9.767	10.337	37.232	0,3	0,4	1,3

Note: Dati ENEL al 1999 e ISTAT per la Superficie Regionale al 1998
Fonte: Ministero dell'Ambiente "Relazione sullo Stato dell'Ambiente 2001" www.minambiente.it

Tabella 1: Lunghezza delle linee elettriche ENEL diversificate per Tensione, in valore assoluto e normalizzate alla superficie regionale.

Attività di monitoraggio		
Interventi su linee elettriche con tensione > 130 kV		13
Interventi su linee elettriche con tensione < 130 kV		13
Interventi su cabine di trasformazione		5
Totale interventi		31
Totale misure effettuate		298
Casi di superamento dei limiti previsti dal DPCM 23.04.1992 in percentuale		nessuno
Casi in cui si sono riscontrati valori di induzione magnetica > 10 µT	Linee	0 %
	Cabine	0 %
Casi in cui si sono riscontrati valori di induzione magnetica > 3 µT	Linee	3 %
	Cabine	6 %
Casi in cui si sono riscontrati valori di induzione magnetica > 0,2 µT	Linee	35 %
	Cabine	13 %

Fonte: ARPA FVG

Tabella 2: Rilevazioni di campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50 Hz) svolte dall' ARPA FVG nell'anno 2002.

tromagnetici a frequenza industriale (50 Hz). Le informazioni disponibili per l'anno 2002 riguardo questo parametro sono le stesse dell'anno precedente: valgono pertanto le stesse considerazioni in merito, in particolare il fatto che lo sviluppo della rete elettrica ad altissima e ad alta tensione in rapporto alla superficie regionale è inferiore alla media nazionale, come risulta dalla tabella 1. In questa tabella è riportata la lunghezza delle Linee Elettriche ENEL ad altissima tensione AAT (da 220kV a 380kV) e ad alta tensione AT (da 40kV a 150kV) in regione Friuli Venezia Giulia, in valore assoluto e normalizzate rispetto alla superficie regionale. Non sono considerate le linee a tensione inferiore, in quanto la loro fascia di rispetto (all'interno della quale il valore del campo rimane significativo) è di dimensioni inferiori.

Dal punto di vista normativo, si rileva che non sono stati ancora pubblicati i decreti applicativi previsti dalla Legge Quadro n.36 del 22.02.2001, che dovranno indicare limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per esposizioni a campi elettromagnetici a frequenza industriale.

Valgono pertanto gli stessi riferimenti visti per l'anno 2001, e cioè:

- L. 36/01 "Legge Quadro sulla Protezione dalle Esposizioni a Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici";
- DPCM 23/04/1992 "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";

- Decreto Interministeriale 16/01/1991 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Documento ISPESL - ISS "Sulla problematica della protezione dei lavoratori e della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici e a campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 0 e 300 GHz", 29.01.98;
- Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".

La tabella 2 riporta l'attività di monitoraggio e controllo svolta dall'ARPA FVG nel corso del 2002, nei pressi delle singole abitazioni o nuclei abitati posti nelle immediate vicinanze di linee elettriche distribuite sul territorio regionale. Si riportano anche gli interventi svolti su varie tipologie di linee elettriche e su cabine di trasformazione. Come segnalato anche per il 2001, in nessun caso si sono riscontrati superamenti dei limiti previsti dalla normativa vigente (DPCM 23/04/1992), mentre non è raro riscontrare valori di induzione magnetica superiori a 0,2 µT, valore assunto come obiettivo di qualità dalla Legge Regionale del Veneto n° 27/93, in vigore dal 01/01/00.

Attualmente l'ARPA sta predisponendo un archivio informatico contenente i dati tecnici e di servizio delle linee elettriche a tensione superiore o uguale a 132 kV presenti in provincia di Udine. La disponibilità di questi dati permetterà l'individuazione

Tipologia	Anno 2002			
	Numero siti	Siti su kmq	Numero antenne	Antenne su kmq
Stazioni radiobase per telefonia mobile	855	0,11	-	153
Impianti radio	dnd	-	468	0,06
Impianti televisivi	dnd	-	448	0,06

Fonte: ARPA FVG - Catasto Regionale delle sorgenti a Radiofrequenza

Tabella 3: Viene indicato il numero complessivo di impianti realizzati o comunque dotati di parere favorevole al 31.12.2002. Per sito si intende l'insieme dei sistemi radianti di un gestore installati sullo stesso traliccio. Per antenna si intende il sistema radiante individuato dalla direzione di massima emissione e dalla frequenza assegnata. Dnd: dati non disponibili.

Rilevazioni e interventi		
Interventi di verifica su impianti a radiofrequenza		152
Totale misure effettuate in banda larga		> 6000
Casi di riscontro superamento del valore di cautela (6 V/m) previsto dal DM 381/98	Radio TV	25
Casi di riscontro superamento del limite di esposizione (20 V/m) previsto dal DM 381/98	Radio TV	2

Fonte: ARPA FVG

Tabella 4: Rilevazioni di campi elettromagnetici dovuti a impianti a radiofrequenza.

zione di aree di territorio potenzialmente interessate da valori significativi di induzione magnetica e la possibilità di previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Per ulteriori informazioni si rimanda al RSA 2001.

8.2: Fonti puntuali di emissione (impianti radioelettrici)

L'obiettivo dell'indicatore è stimare la superficie regionale potenzialmente interessata da campi elettromagnetici ad alta frequenza, legati alla presenza sul territorio di impianti radiotelevisivi e per telefonia mobile. Per arrivare alla definizione del parametro, è necessario disporre di una serie di informazioni relative a tutti gli impianti per telecomunicazioni presenti in regione. A questo scopo, nel corso del 2002, l'ARPA FVG ha proseguito nella realizzazione del Catasto Regionale degli impianti a radiofrequenza (L.R.n.2 del 22.02.00), che contiene:

- l'elenco di tutti gli impianti per telefonia mobile e radiotelevisivi presenti in regione, georeferenziati su carta tecnica regionale;
- la documentazione fotografica degli impianti;
- i dati tecnici degli impianti, se disponibili;
- la caratterizzazione urbanistica dell'area circostante l'impianto;
- i valori di campo elettrico sul territorio misurati o calcolati.

Sulla base dei dati raccolti per la realizzazione del catasto regionale, la situazione per il 2002 è riportata in tabella 3. Poiché la raccolta non è ancora completa, i dati sono parziali e dunque soggetti a futuri aggiornamenti.

Le indagini svolte nel 2002 hanno riguardato ol-

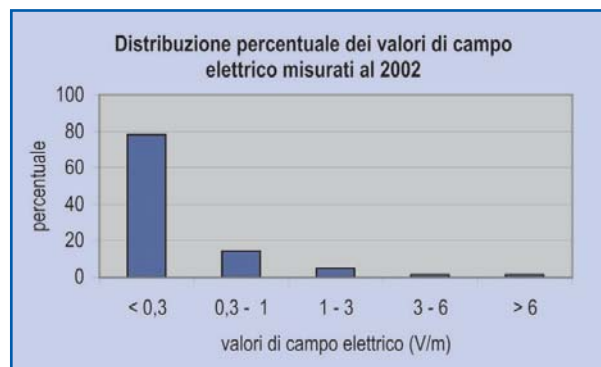


Figura 1: Distribuzione percentuale delle situazioni di superamento dei limiti di campo elettrico previsti dal DM 381/98.

tre l'80% dei comuni presenti in regione e sono destinate a completarsi nel corso del 2003. Le attività di monitoraggio e controllo svolte nelle aree interessate dalla presenza di impianti per telecomunicazioni sono riassunte in tabella 4. In questa tabella sono riassunti gli interventi svolti per le varie tipologie di impianti (stazioni radiobase, impianti radio e TV) e le situazioni di riscontro di superamento dei limiti previsti dal D.M. 381/98. I risultati delle oltre 6000 misure effettuate sono riportati percentualmente in figura 1. Come si può osservare, la maggior parte (93%) dei valori rilevati sono inferiori a 1 V/m; le situazioni di verifica di superamento del valore di cautela (6 V/m) sono poco superiori all'1% delle misure effettuate e sono dovute, nella quasi totalità, alla presenza di impianti radio o televisivi.

L'attività di rilascio di pareri preventivi all'installazione di impianti radioelettrici svolta dall'ARPA FVG nel corso del 2002, ai sensi della L.R. 13/2000, è

Pareri	Anno	Totali	Positivi	Negativi
Pareri per stazioni radiobase ai sensi della L.R.13/2000	2001	145	135	10
	2002	320	291	29
Pareri per nuove installazioni radiotelevisive	2001	1	1	0
	2002	3	3	0

Fonte: ARPA FVG

Tabella 5: Rilascio di pareri preventivi all'installazione di impianti a radiofrequenza Anno 2002.

riassunta nella tabella 5. Dal confronto con i dati del 2001 è evidente l'incremento della richiesta di autorizzazione a nuove installazioni, legata alla realizzazione della nuova rete UMTS. Le installazioni relative a questa tecnologia sono al momento concentrate nei capoluoghi di provincia, in particolare a Trieste.

Dal punto di vista normativo, non essendo ancora stati pubblicati i decreti applicativi previsti dalla Legge Quadro n.36 del 22.02.2001, restano in vigore i limiti previsti dal D.M.381/98. La normativa vigente e la documentazione tecnica di riferimento vengono di seguito elencate:

- L. n. 36 del 22.02.01 "Legge Quadro sulla Protezione dalle Esposizioni a Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici"
- DM n. 381 del 10/09/1998 "Regolamento Recante Norme per la Determinazione dei Tetti di Radiofrequenza Compatibili con la Salute Umana"
- Protocollo d'intesa tra la Regione FVG - Direzione Regionale dell'Ambiente, il Ministero delle Comunicazioni - Ispettorato Territoriale del FVG e l'ARPA FVG per l'esecuzione delle misure in contraddittorio in procedimenti di riduzione a conformità ai sensi del D.M. 381/98 e delle successive azioni di risanamento ai sensi della L. 66/01.
- L.R. n.2 del 22.2.00 "Disposizioni per la formazione del bilancio pluriennale ed annuale della Regione FVG" (Istituzione del Catasto Regionale delle Sorgenti Fisse degli Impianti Radioelettrici per telecomunicazioni e radiotelevisivi)
- L.R. 13 del 03.07.00, art.6, commi 23, 24 e 25
- L.R. 13 del 15.05.02, art.18, comma 35
- Protocollo d'intesa tra l'ARPA FVG ed i gestori di impianti di telefonia mobile Tim, Vodafone Omnitel, Wind, H3G, Blu, Ipse 2000 sulle modalità di attuazione dell'art. 18 comma 35 della L.R.13/02 e sulle procedure per il rilascio dei pareri tecnici ai sensi dell'art. 6 comma 23 della L.R. 13/00.
- Documento ISPESL - ISS "Sulla problematica della protezione dei lavoratori e della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici e a campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 0 e 300 GHz", 29.01.98
- Norma CEI 211-7 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo 10 Hz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana"
- Norma CEI 211-10 "Guida alla realizzazione di una stazione radio base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza"

Per ulteriori informazioni si rimanda al Rapporto sullo Stato dell'Ambiente anno 2001.

RADIAZIONI IONIZZANTI

i 8.3: Radioattività naturale

Di seguito viene riportato un riassunto dei risultati ottenuti durante le campagne 2000-2002 di misura della concentrazione di radon in oltre 5000 locali nelle 1320 scuole e asili nido della regione FVG.

La concentrazione di radon negli edifici scolastici e negli asili nido del Friuli Venezia Giulia

Introduzione

A partire dal 1989, sono state condotte nel Friuli Venezia Giulia, diverse campagne di misura della concentrazione di radon nelle abitazioni e nelle scuole. I risultati di queste indagini hanno rilevato che la media della concentrazione di radon nelle abitazioni del Friuli Venezia Giulia (96 Bq/m^3) è superiore a quella del resto d'Italia (che si colloca comunque, con un valore medio pari a 75 Bq/m^3 , nella fascia medio alta in Europa) e che percentuali piuttosto elevate di edifici, dal 3% all'8%, hanno concentrazioni medie di radon superiori a 400 Bq/m^3 (valore-soglia raccomandato dall'Unione Europea per l'adozione delle azioni di rimedio per le abitazioni già costruite). In base ai dati citati si stima che in Friuli Venezia Giulia il numero di abitazioni la cui concentrazione supera i 400 Bq/m^3 sia pari a 19000.

La campagna di misura

Dal 1989 al 1999 la maggior parte delle indagini sul radon eseguite sul territorio del Friuli Venezia Giulia erano state effettuate dal Centro di Riferimento Regionale per il Controllo della radioattività ambientale (C.R.R.). Nel gennaio 2000 il personale, le attrezzature e le competenze del C.R.R. sono transitate alla sezione di fisica ambientale dell'ARPA. L'Agenzia, essendo a conoscenza degli studi già effettuati in regione e quindi dell'alta probabilità di trovare, sul territorio del Friuli Venezia Giulia, edifici con significative concentrazioni medie di radon, si è impegnata da subito su questo fronte. Allo scopo di valutare la dose alla popolazione scolastica dovuta al radon, ha progettato uno studio pluriennale sulla concentrazione di radon in tutti gli edifici scolastici della regione, compresi gli asili nido. Lo studio è cominciato a gennaio 2000 nelle 290 scuole dei 50 comuni della provincia di Pordenone e si è in seguito esteso a tutte le scuole del territorio del Friuli Venezia Giulia. Nel 2001 l'indagine è stata effettuata nella provincia di Trieste ed in parte di quella di Udine e nel 2002 nella

Tipologia di Indagine	Anni	Numero Abitazioni o Scuole Esaminate	Numero di Comuni	Media [Bq/m ³]	Percentuale di Abitazioni o Scuole con Concentrazione di radon		
					>200 Bq/m ³	>400 Bq/m ³	>500 Bq/m ³
Indagine nazionale sull'esposizione alla radioattività nelle abitazioni	1989/90	229	10	96			
Integrazione dell'indagine nazionale in Regione FVG	1991/94	645	18	127		5	
Indagine Estensiva per l'Individuazione di Abitazioni affette da Elevate Concentrazioni di radon	1996/98	475	1	138		8	
Indagine regionale sulla presenza del radon nelle Acque Potabili e nei Pozzi Artesiani	1997/98	150 fonti e 15 pozzi	52	5,1*			
Indagine regionale sull'esposizione alla radioattività nelle scuole materne	1992/93	166	101	156		8	
Misure di Concentrazione di radon nelle Scuole della Provincia di Pordenone	2000/01	290	50	123	16	5	3
Misure di Concentrazione di radon nelle Scuole della Provincia di Trieste	2001	271	6	83	10	3	1
Misure di Concentrazione di radon nelle Scuole della Provincia di Udine	2001/02	599	129	98	12	2	1
Misure di Concentrazione di radon nelle Scuole della Provincia di Gorizia	2002	160	23	91	6	3	1

Note: * Il valore della concentrazione di radon in acqua è espresso in becquerel per litro (Bq/l)

Fonte: Azienda Ospedaliera Santa Maria della Misericordia di Udine "Attività del Centro di Riferimento Regionale per il Controllo della Radioattività ambientale (CRR)", Dati ARPA FVG

Tabella 6: Risultati delle indagini per la determinazione della concentrazione di radon condotte sul territorio del Friuli Venezia Giulia.

restante parte della provincia di Udine ed in tutta la provincia di Gorizia.

Gli strumenti di misura utilizzati sono del tipo passivo a tracce. Mediamente sono stati controllati 4-5 locali per ogni scuola ed è stato posizionato almeno 1 dosimetro per piano: il numero dei locali controllati è variato in funzione della dimensione e della tipologia edilizia dell'edificio. La tecnica utilizzata per la misura della concentrazione di radon sopra descritta è quella già utilizzata nelle altre campagne citate in precedenza e nella campagna nazionale radon negli anni 1989-1992 condotta dall'Istituto Superiore di Sanità e dall'allora ENEA-DISP (oggi APAT) in collaborazione, per il Friuli Venezia Giulia, con il C.R.R. La taratura dei rivelatori è stata effettuata all'NRPB a Londra e all'ENEA Casaccia (Roma).

I periodi di misura sono stati compresi fra i mesi di gennaio-febbraio e quelli di maggio-giugno di ogni anno di campagna. Nell'ambito della stessa indagine sono state, inoltre, effettuate anche alcune determinazioni della concentrazione di radon nelle acque potabili (di pozzo o di acquedotto) delle scuole. Nella tabella 6 sono riportati i dati relativi alla maggior parte delle indagini condotte sul territorio del Friuli Venezia Giulia: esse hanno riguardato misure in abitazioni, edifici scolastici ed asili nido e acque di fonti, pozzi e acquedotti.

I risultati dell'indagine 2000-2002

Il decreto 241/2000, che recepisce una direttiva della Comunità Europea ed è entrato in vigore il 1 gennaio 2001, fissa i limiti di concentrazione media

annuale per i luoghi di lavoro e quindi anche per le scuole e gli asili nido: in particolare, per le scuole dell'infanzia e dell'obbligo, il limite è fissato in 500 Bq/m³. Come si può vedere dalla tabella 6, la percentuale di scuole la cui concentrazione media supera tale valore è risultata il 3% in provincia di Pordenone e l'1% in tutte le altre province.

I risultati della campagna 2000/2002, i cui dettagli sono attualmente in possesso delle competenti amministrazioni comunali, sono coerenti con quanto già emerso nelle indagini precedenti effettuate su scuole e abitazioni in regione: il territorio del Friuli Venezia Giulia risulta essere un territorio "a rischio" dal punto di vista del radon. La distribuzione della concentrazione di radon negli edifici scolastici, che sono diffusi in tutte le zone abitate della regione, può fornire utili indicazioni su quali siano le aree in cui è più probabile trovare edifici con concentrazioni significative di radon. Tali aree possono essere genericamente indicate nell'alta pianura Friulana e nel Carso Triestino e Goriziano. Tuttavia esistono zone diverse da queste in cui sono stati riscontrati elevati valori di concentrazione di radon.

Le concentrazioni di radon nelle acque della regione risultano, invece, del tutto trascurabili.

Gli approfondimenti e le azioni di rimedio

Le scuole in cui le concentrazioni di radon misurate sono risultate significativamente più elevate delle altre, sono state oggetto di approfondimento di studio da parte dell'ARPA. A seconda dei casi, sono state ripetute le misure negli anni seguenti la prima campagna, in un maggior numero di locali

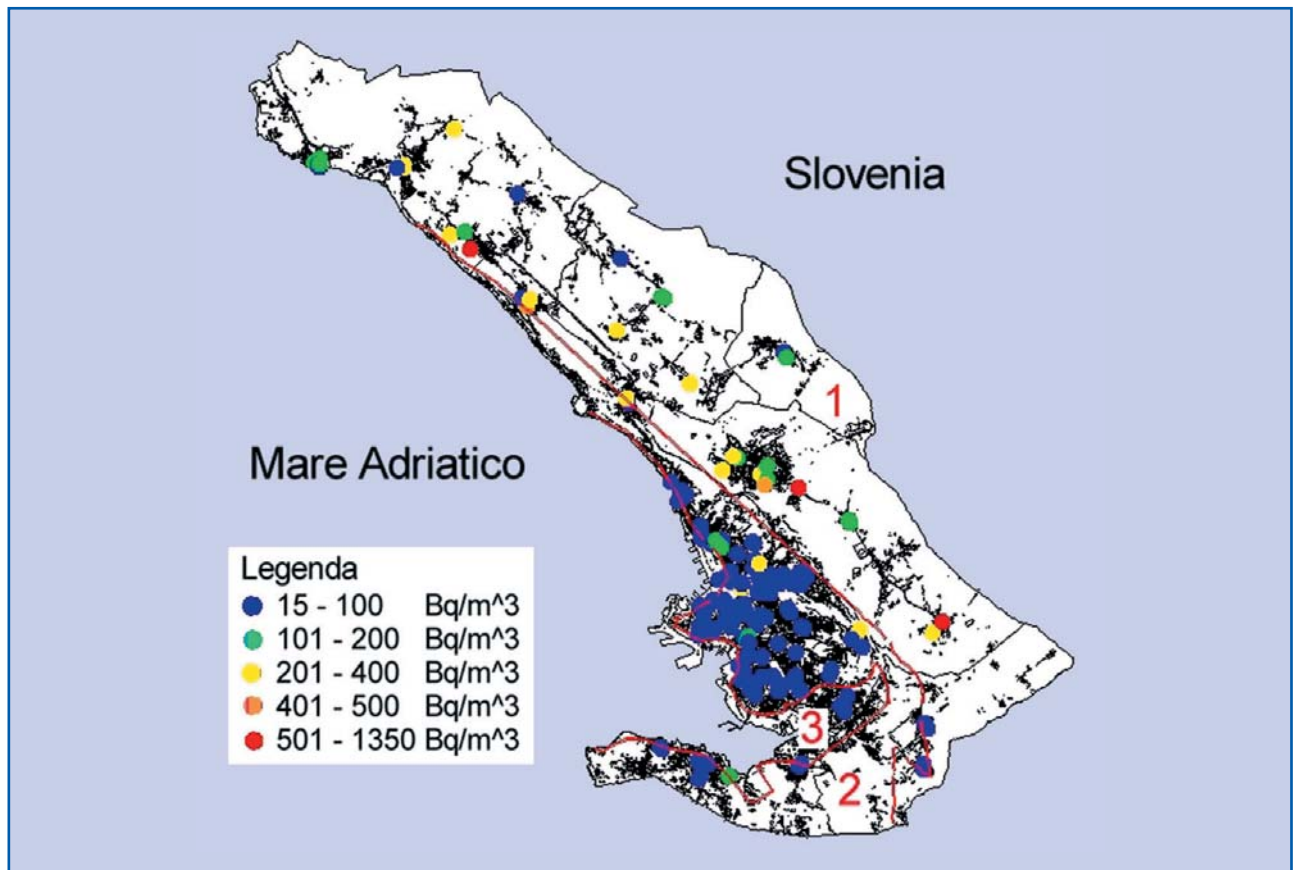


Figura 2: Mappa della provincia di Trieste con la localizzazione delle scuole e la litologia del substrato: (1) altopiano carsico caratterizzato da substrato calcareo; (2) regione collinare con chiara prevalenza di rocce terrigene: Flysch; (3) pianura costiera costituita da sedimenti semipermeabili o impermeabili.

rispetto alla prima e/o sono state effettuate indagini di dettaglio con strumentazione diversa da quella usata in precedenza, allo scopo di conoscere l'andamento giornaliero della concentrazione di radon negli edifici e di verificare l'eventuale contributo dei materiali da costruzione.

Molte di queste indagini sono tutt'ora in corso: in particolare sono in corso sopralluoghi e misure nelle 22 scuole della provincia di Udine in cui almeno un locale ha mostrato concentrazione superiore a 500 Bq/m³ nel corso della prima campagna di misura e, nel luglio 2003, verranno ripetute le misure in tutti i locali delle scuole, sempre della provincia di Udine, in cui almeno un locale ha mostrato concentrazione superiore a 400 Bq/m³. Anche sul territorio Goriziano, su iniziativa ed in collaborazione con la Provincia, sono in corso analisi di secondo livello che comprendono la ripetizione delle misure già effettuate, misure di concentrazione di radon di durata annuale (su 3 periodi contigui) e misure in continuo nelle scuole che hanno mostrato concentrazioni maggiori durante la prima campagna. Sono previste inoltre misure di radon nel suolo presso alcune delle già citate scuole in provincia di Gorizia. Sono stati, inoltre, effettuati approfonditi sopralluoghi, in collaborazione con i tecnici comunali, allo scopo di assumere tutte le informazioni utili a fornire indicazioni alle amministrazioni comunali, per l'effettuazione di eventuali azioni di rimedio.

I progetti futuri

Gli obiettivi dell'indagine fin qui presentata erano di due tipi, da una parte la conoscenza della concentrazione di radon in tutti gli edifici scolastici della regione, la conoscenza della dose di esposizione al radon per la popolazione scolastica e l'indicazione di possibili azioni di prevenzione e di rimedio laddove necessario, dall'altra parte la redazione di una mappa di distribuzione della concentrazione di radon negli edifici scolastici della regione e lo studio delle possibili correlazioni esistenti tra le concentrazioni di radon ed altri fattori quali la tipologia edilizia delle scuole, le caratteristiche geologiche e pedologiche oltre alle variabili meteorologiche (piovosità, pressione, temperatura, ecc.).

La prima parte degli obiettivi è già stata raggiunta o è in corso di completamento ed è stata riassunta nei paragrafi precedenti.

Nell'ambito della campagna di misura sono stati somministrati appositi questionari riguardanti le principali informazioni costruttive e strutturali degli edifici scolastici, oltre a dati relativi ai tempi di occupazione delle scuole. L'analisi statistica della maggioranza di questi dati, oltre all'analisi spaziale dei dati di concentrazione, permetteranno di raggiungere la maggior parte degli altri obiettivi. L'ultima parte degli obiettivi sarà raggiunta a completamento degli studi dettagliati in corso, con particolare riguardo alla provincia di Gorizia, con l'a-

nalisi delle correlazioni delle concentrazioni di radon con i parametri geologici e meteorologici. Il completamento di tutte le indagini e delle elaborazioni dei dati è previsto per la fine del 2005.

A titolo di esempio si riporta in figura 2 una prima mappa della concentrazione di radon nei piani terra degli edifici scolastici della provincia di Trieste. Si può vedere chiaramente come le scuole con elevata concentrazione si trovino tutte nella zona dove il substrato è caratterizzato da rocce calcaree. A completamento dello studio sarà possibile la redazione di mappe più precise, su tutto il territorio regionale, in funzione dei diversi parametri citati. Ciò aumenterà la conoscenza del fenomeno semplificando la strada della prevenzione del "rischio radon" in Friuli Venezia Giulia.

i 8.4: Fonti di emissione di origine antropica

L'obiettivo è conoscere le attività e i siti che fanno uso e custodiscono materiale radioattivo, in quanto potenziali fonti di dispersione nell'ambiente di rifiuti radioattivi. Dalle analisi svolte si è evidenziata una sostanziale non disponibilità di adeguati e sistematici dati necessari per il calcolo dell'indicatore.

Le programmate attività dell'ARPA dovrebbero, in breve tempo, colmare questa lacuna di informazione. La principale operazione da svolgere è l'acquisizione di dati al momento già esistenti ma distribuiti presso enti e soggetti diversi. Data la relativa eterogeneità sia di sorgenti che di enti gestori delle stesse e la numerosità delle varie sorgenti, un censimento completo è comunque un'operazione complessa sia a livello organizzativo che operativo.

Nel corso del 2001 e 2002 si è iniziata la raccolta delle documentazioni cartacee relative alle conversioni dei Nulla Osta alla detenzione di sorgenti radioattive ai sensi del D. Lgs 241 del 26/05/2000 e alle comunicazioni di nuova detenzione.

Inoltre, sono stati effettuati alcuni pareri tecnici richiesti dalle Prefetture e dalle ASS per il rilascio o la conversione dei sopraccitati Nulla Osta.

i 8.5: Deposizione al suolo (Fall-out) di alcuni radionuclidi

I valori di radioattività nelle deposizioni umide e secche al suolo (fall-out) permettono di valutare le ricadute di radionuclidi artificiali.

Il Cesio-137, in particolare, con tempi di dimezzamento radioattivo di circa 30 anni e caratterizzato da una significativa mobilità ambientale, costituisce uno dei principali indicatori delle ricadute radioattive al suolo dovute ai test nucleari in atmosfera ed all'incidente di Chernobyl avvenuto nel 1986.

Nella figura 3 sono riportati i valori di concentrazione di Cs-137 nel fall-out raccolto mensilmente durante il periodo gennaio 2001 - dicembre 2002 presso il sito di Udine.

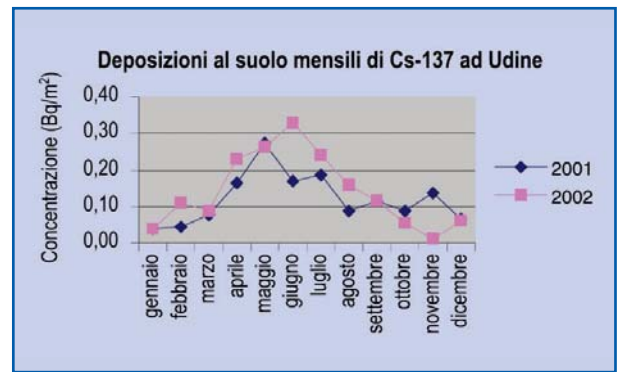


Figura 3: Deposizione al suolo mensile di Cs-137 ad Udine.

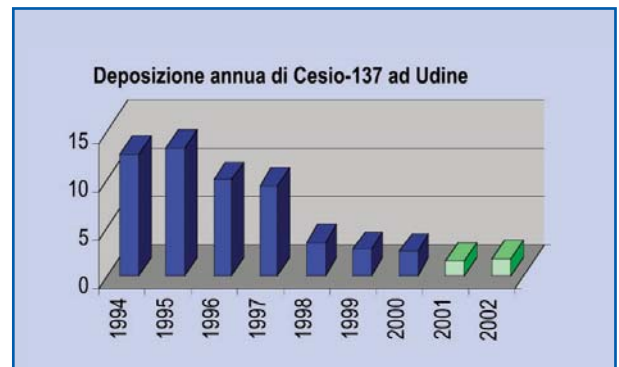


Figura 4: Deposizione al suolo annua di Cs-137 ad Udine dal 1994 al 2002.

Analizzando questi dati è possibile notare un marcato andamento stagionale della concentrazione di Cs-137 al suolo: nei periodi caratterizzati da abbondanti precipitazioni, nei mesi estivi in particolare, quando queste assumono un carattere temporalesco, la risospensione risulta essere elevata.

Non è possibile, tuttavia, stabilire una semplice correlazione con la piovosità.

La figura 4 riporta l'andamento temporale delle deposizioni totali annue di Cs-137 presso il sito di Udine, per gli anni dal 1994 al 2002. Dopo una diminuzione avvenuta negli anni precedenti attribuibile non solo al decadimento fisico ma anche ad una lenta diminuzione generale della contaminazione superficiale di suoli, alberi, edifici, ecc, negli ultimi 4 anni la concentrazione, corretta per il decadimento fisico, rimane invariata.

È possibile inoltre valutare la ricaduta di radionuclidi al suolo tramite l'analisi di campioni di terreno prelevati da siti indisturbati.

Numerosi studi di radioecologia hanno infatti messo in evidenza che ambienti non utilizzati a fini agricoli possono comunque avere un impatto sulla catena alimentare dell'uomo.

In particolare i boschi ed i pascoli di montagna, dove, a causa di eventi meteorici particolari, la deposizione al suolo di radioattività può essere stata più elevata, rappresentano una riserva di contaminanti per la selvaggina e gli animali al pascolo. La conoscenza del valore di fondo della contami-

Cs-137 in terreni di prati stabili (2001) Andamento in funzione della profondità

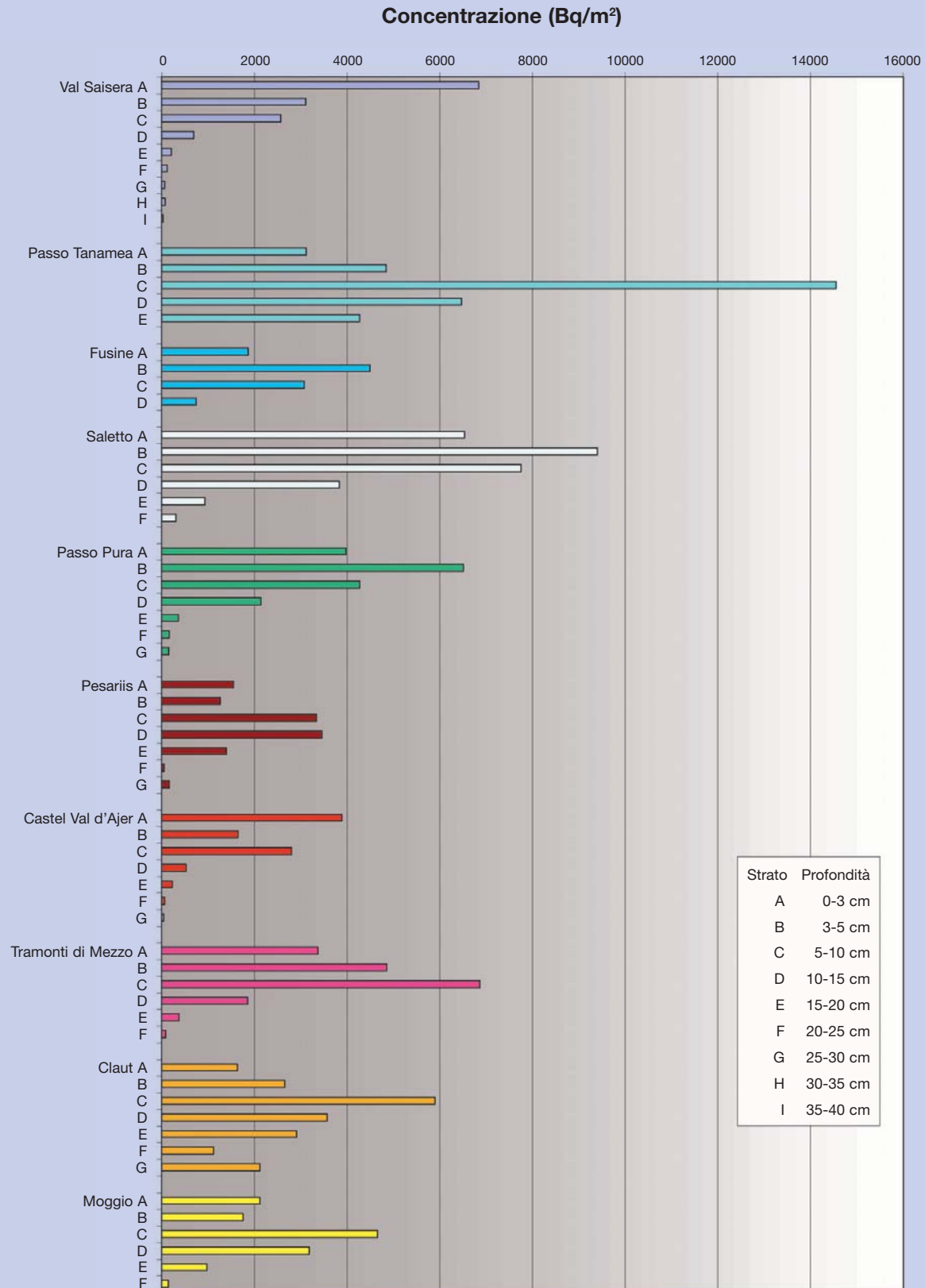


Figura 5: Cs-137 in terreni di prati stabili nel 2001: andamento in funzione della profondità.

Strato	Profondità (cm)	Concentrazione (Bq/m ²)	Strato	Profondità (cm)	Concentrazione (Bq/m ²)
<i>Val Saisera - Malborghetto (Ud)</i> 942 m s.l.m. - PRATO			<i>Castel Val d'Ajer - Ligosullo (Ud)</i> 1340 m s.l.m. - PRATO		
A	0-3	6838	A	0-3	3880
B	3-5	3104	B	3-5	1641
C	5-10	2565	C	5-10	2795
D	10-15	684	D	10-15	512
E	15-20	202	E	15-20	215
F	20-25	111	F	20-25	57
G	25-30	50	G	25-30	38
H	30-35	66	Totale		9139
I	35-40	24	<i>Tramonti di Mezzo (Pn)</i> 415 m s.l.m. - PRATO		
Totale		13644	A	0-3	3367
<i>Passo Tanamea - Lusevera (Ud)</i> 852 m s.l.m. - PRATO			B	3-5	4844
A	0-3	3107	C	5-10	6853
B	3-5	4838	D	10-15	1842
C	5-10	14550	E	15-20	367
D	10-15	6460	F	20-25	77
E	15-20	4260	Totale		17351
Totale		33215	<i>Claut (Ud)</i> 598 m s.l.m. - PRATO		
<i>Fusine - Tarvisio (Ud)</i> 1350 m s.l.m. - PRATO			A	0-3	1627
A	0-3	1854	B	3-5	2650
B	3-5	4488	C	5-10	5888
C	5-10	3067	D	10-15	3560
D	10-15	737	E	15-20	2898
Totale		10146	F	20-25	1109
<i>Saletto - Chiusaforte (Ud)</i> 505 m s.l.m. - PRATO			G	25-30	2108
A	0-3	6524	Totale		19840
B	3-5	9392	<i>Pradis - Moggio Udinese (Ud)</i> 333 m s.l.m. - PRATO		
C	5-10	7743	A	0-3	2106
D	10-15	3820	B	3-5	1744
E	15-20	925	C	5-10	4644
F	20-25	293	D	10-15	3177
Totale		28697	E	15-20	967
<i>Passo Pura - Ampezzo (Ud)</i> 1472 m s.l.m. - PRATO			F	20-25	136
A	0-3	3968	Totale		12774
B	3-5	6506	<i>Fonte: ARPA FVG</i> <i>data di riferimento 01/10/2001</i>		
C	5-10	4259	nazione attuale permette una corretta ed immediata valutazione di un'eventuale contaminazione futura.		
D	10-15	2135	Negli anni 2001 e 2002 sono stati effettuati campionamenti in 19 siti di prato stabile e in 10 siti boschivi nella regione FVG. Il campionamento è stato effettuato tramite campionatore a tubo spaccato per poter raccogliere i diversi strati di terreno in funzione della profondità. In questa maniera è possibile studiare il processo di migrazione dei radionuclidi nei suoli: queste informazioni sono importanti nella gestione di ulteriori eventuali deposizioni radioattive.		
E	15-20	354	Nelle figure 5 e 6 (i dati completi sono riportati nelle tabelle 7A e 7B) sono riportati i valori di concentrazione, suddivisi per strato ed espressi in		
F	20-25	153			
G	25-30	148			
Totale		17523			
<i>Pesariis - Prato Carnico (Ud)</i> 1088 m s.l.m. - PRATO					
A	0-3	1537			
B	3-5	1257			
C	5-10	3330			
D	10-15	3453			
E	15-20	1384			
F	20-25	44			
G	25-30	156			
Totale		11161			

Tabella 7A: Valori della contaminazione di Cs-137 in terreni di prato stabile nel 2001: totale e per strato.

Cs-137 in terreni di prati stabili (2001) Andamento in funzione della profondità

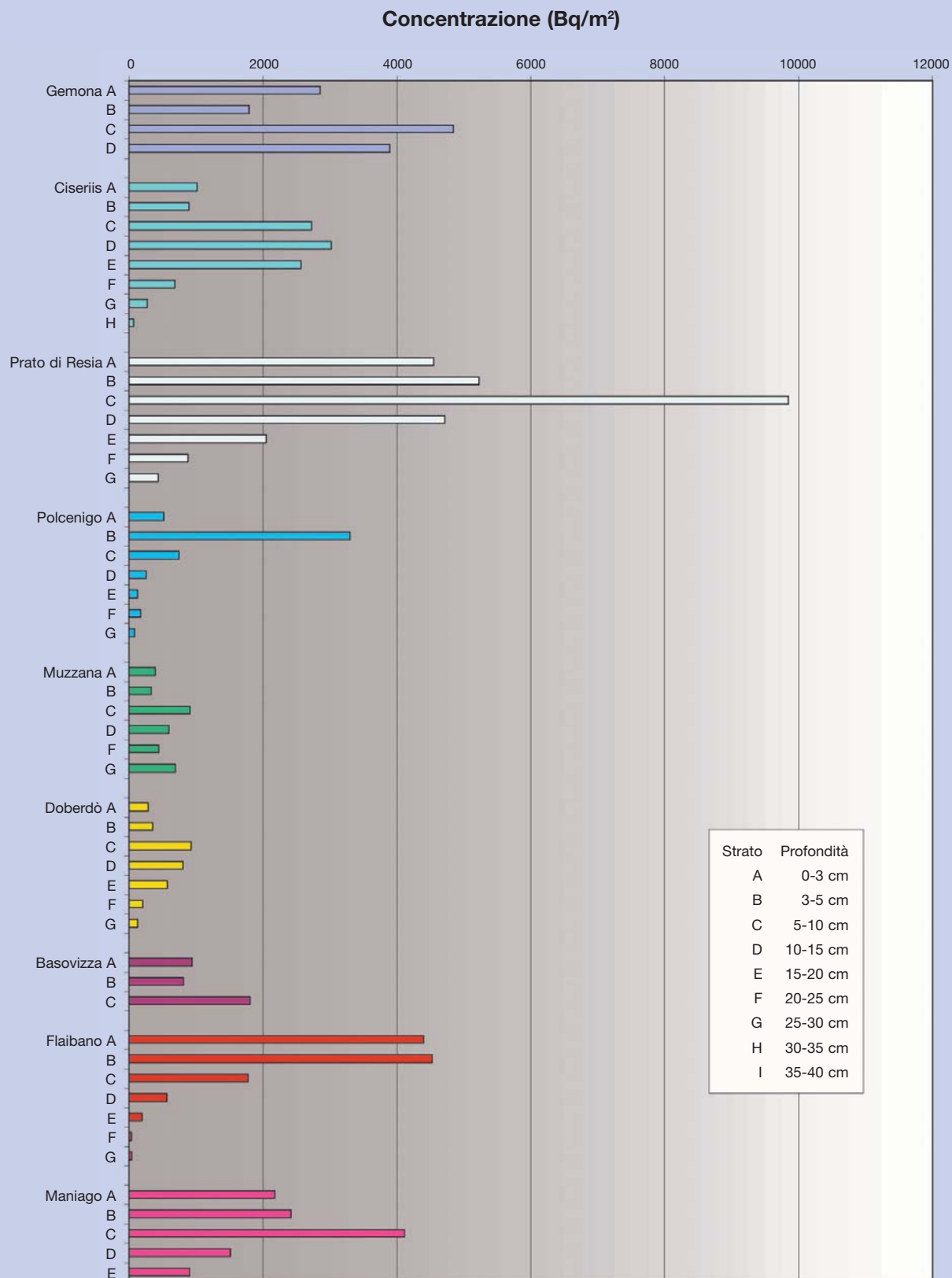


Figura 6: Cs-137 in terreni di prati stabili nel 2001: andamento in funzione della profondità.

Strato	Profondità (cm)	Concentrazione (Bq/m ²)	Strato	Profondità (cm)	Concentrazione (Bq/m ²)
<i>Ciseriis - Tarcento (Ud)</i> 280 s.l.m. - PRATO			<i>Doberdò del lago (Go)</i> 315 m s.l.m. - PRATO		
A	0-3	1012	A	0-3	277
B	3-5	891	B	3-5	347
C	5-10	2720	C	5-10	916
D	10-15	3013	D	10-15	796
E	15-20	2563	E	15-20	568
F	20-25	675	F	20-25	197
G	25-30	263	G	25-30	118
H	30-35	63	Totale	3219	
Totale		11201	<i>Basovizza - Trieste (Ts)</i> 312 m s.l.m. - PRATO		
<i>Maniago (Pn)</i> 283 m s.l.m. - PRATO			A	0-3	933
A	0-3	2171	B	3-5	807
B	3-5	2415	C	5-10	1805
C	5-10	4108	Totale	3545	
D	10-15	1510	<i>Flaibano (Ud)</i> 105 m s.l.m. - PRATO		
E	15-20	894	A	0-3	4392
Totale		11099	B	3-5	4520
<i>Gemona (Ud)</i> 280 m s.l.m. - PRATO			C	5-10	1773
A	0-3	2850	D	10-15	561
B	3-5	1788	E	15-20	186
C	5-10	4842	F	20-25	27
D	10-15	3892	G	25-30	26
Totale		13372	Totale	11485	
<i>Bosco Baredi - Muzzana (Ud)</i> 10 m s.l.m. - PRATO			<i>Fonte: ARPA FVG</i> <i>data di riferimento 01/10/2001</i>		
A	0-3	385			
B	3-5	328			
C	5-10	908			
D	10-15	584			
E	15-20	441			
F	20-25	688			
Totale		28697			
<i>Prato di Resia - Resia (Ud)</i> 450 m s.l.m. - PRATO					
A	0-3	4548			
B	3-5	5227			
C	5-10	9846			
D	10-15	4712			
E	15-20	2043			
F	20-25	875			
G	25-30	432			
Totale		27684			
<i>San Floriano - Polcenigo (Pn)</i> 40 m s.l.m. - PRATO					
A	0-3	514			
B	3-5	3295			
C	5-10	736			
D	10-15	249			
E	15-20	120			
F	20-25	165			
G	25-30	78			
Totale		5157			

Tabella 7B: Valori della contaminazione di Cs-137 in terreni di prato stabile nel 2001: totale e per strato.

Bq/m², per le 19 stazioni site in terreni di prato stabile campionate nel 2001. Dai grafici si può notare come l'andamento della concentrazione di Cs-137, in funzione della profondità, sia molto variabile e caratteristico di ogni sito. La figura 7 riporta le stesse informazioni per i dieci siti boschivi campionati nel 2002 (i dati numerici sono riportati in tabella 8).

Osservando le figure 5 e 6 si può notare come il massimo della concentrazione di Cs-137, per i siti di prato stabile, sia mediamente raggiunto tra 5 e 10 cm di profondità (strato C). Nei terreni boschivi, invece, il massimo di concentrazione si riscontra, nella maggioranza dei siti, nel primo o secondo strato (figura 7).

Nei primi tre strati di suolo dei siti di prato stabile è in media presente il 74% del Cs-137 totale. Questa percentuale sale all'85% nei siti boschivi.

La differente profondità del massimo e la diversa percentuale nei primi strati è indice di una minor penetrazione del Cs-137 nei suoli boschivi rispetto a quelli di prato stabile.

Parte di questa differenza può essere spiegata dall'ulteriore apporto di Cs-137 al suolo boschivo dovuto alla caduta delle foglie direttamente o indirettamente contaminate.

La minor differenza di penetrazione di Cs-137 tra boschi e prati si ha nei siti con altitudine

Cs-137 in terreni boschivi (2002) Andamento in funzione della profondità

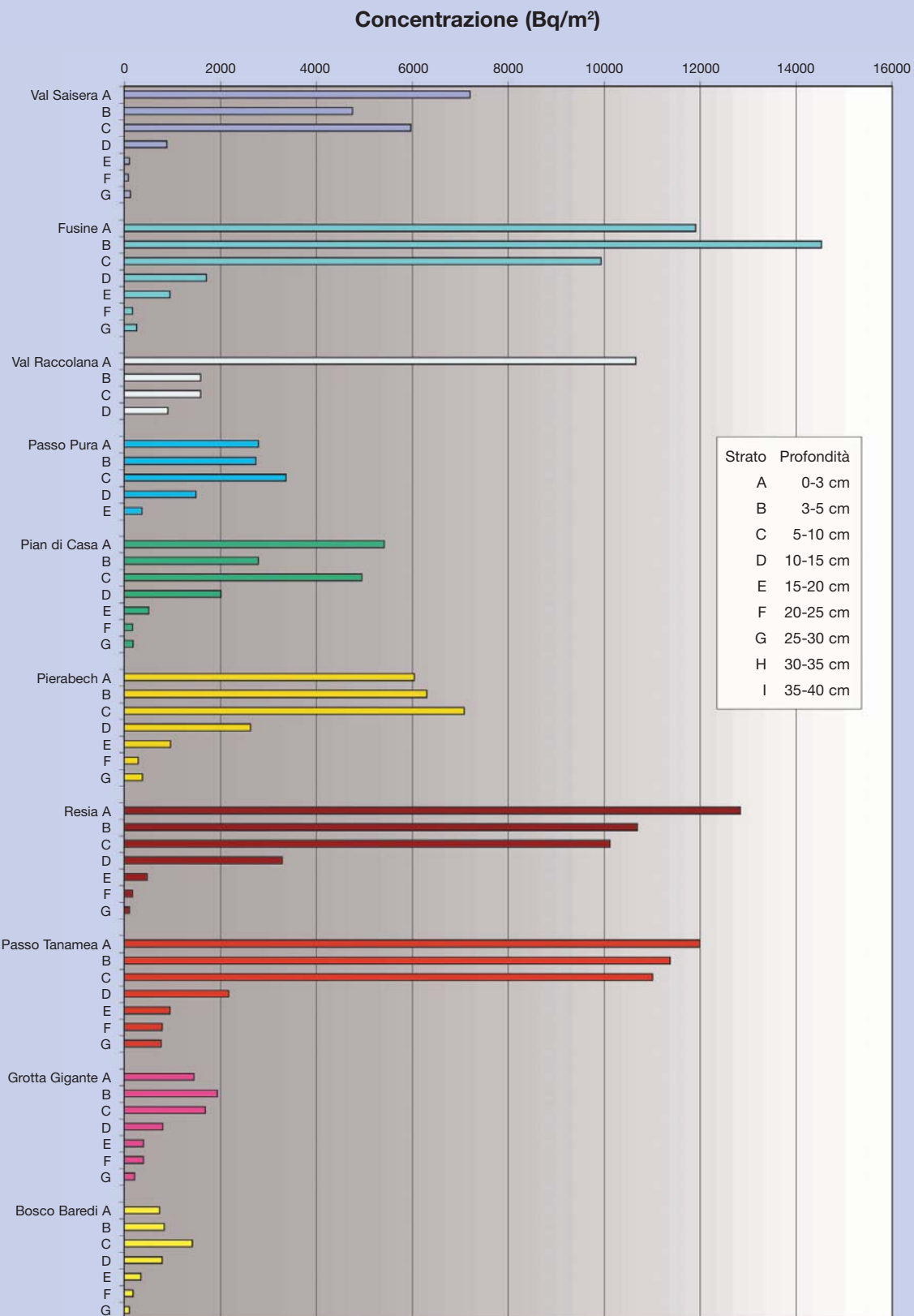


Figura 7: Cs-137 in terreni boschivi nel 2002: andamento in funzione della profondità.

Strato	Profondità (cm)	Concentrazione (Bq/m ²)	Strato	Profondità (cm)	Concentrazione (Bq/m ²)
<i>Val Saisera - Malborghetto (Ud)</i> 942 m s.l.m. - BOSCO			<i>Val Resia - Resia (Ud)</i> 430 m s.l.m. - BOSCO		
A	0-3	7202	A	0-3	12830
B	3-5	4743	B	3-5	10690
C	5-10	5959	C	5-10	10110
D	10-15	873	D	10-15	3284
E	15-20	92	E	15-20	468
F	20-25	77	F	20-25	165
G	25-30	120	G	25-30	99
Totale		19066	Totale		37646
<i>Fusine - Tarvisio (Ud)</i> 1350 m s.l.m. - BOSCO			<i>Passo Tanamea - Lusevera (Ud)</i> 852 m s.l.m. - BOSCO		
A	0-3	11900	A	0-3	11990
B	3-5	14530	B	3-5	11370
C	5-10	9925	C	5-10	11000
D	10-15	1700	D	10-15	2167
E	15-20	938	E	15-20	941
F	20-25	157	F	20-25	786
G	25-30	251	G	25-30	756
Totale		39401	Totale		39010
<i>Val Raccolana - Moggio Udinese (Ud)</i> 442 m s.l.m. - BOSCO			<i>Grotta Gigante - Opicina (Ts)</i> 286 m s.l.m. - BOSCO		
A	0-3	10660	A	0-3	1440
B	3-5	1585	B	3-5	1931
C	5-10	1587	C	5-10	1685
D	10-15	899	D	10-15	789
Totale		14731	E	15-20	392
<i>Passo Pura - Ampezzo (Ud)</i> 1472 m s.l.m. - BOSCO			F	20-25	385
A	0-3	2787	G	25-30	210
B	3-5	2732	Totale		6832
C	5-10	3363	<i>Bosco Baredi - Muzzana (Ud)</i> 10 m s.l.m. - BOSCO		
D	10-15	1482	A	0-3	725
E	15-20	359	B	3-5	828
Totale		10723	C	5-10	1410
<i>Pian di Casa - Prato Carnico (Ud)</i> 1088 m s.l.m. - BOSCO			D	10-15	782
A	0-3	5404	E	15-20	340
B	3-5	2785	F	20-25	177
C	5-10	4947	G	25-30	98
D	10-15	2007	Totale		4359
E	15-20	494	<i>Fonte: ARPA FVG</i>		
F	20-25	168	<i>data di riferimento 01/10/2002</i>		
G	25-30	171	maggiora dove anche i suoli di prato stabile mostrano una elevata percentuale di Cs-137 nei primi strati. Ciò rende ipotizzabile l'influenza della temperatura media annua sul fenomeno della migrazione in profondità.		
Totale		15975	La figura 8 riporta solo la contaminazione superficiale totale ottenuta sommando i vari strati per le stazioni del campionamento del 2001 e per quelle del 2002.		
<i>Pierabech - Forni Avoltri (Ud)</i> 1107 m s.l.m. - BOSCO			Un confronto con gli anni precedenti (campagna di campionamento 1986-1998, 1-4) mostra come il Cs-137 si mantenga costante a meno del suo decadimento fisico.		
A	0-3	6041			
B	3-5	6293			
C	5-10	7076			
D	10-15	2625			
E	15-20	954			
F	20-25	285			
G	25-30	372			
Totale		23647			

Tabella 8: Valori della contaminazione di Cs-137 in terreni di bosco nel 2002: totale e per strato.

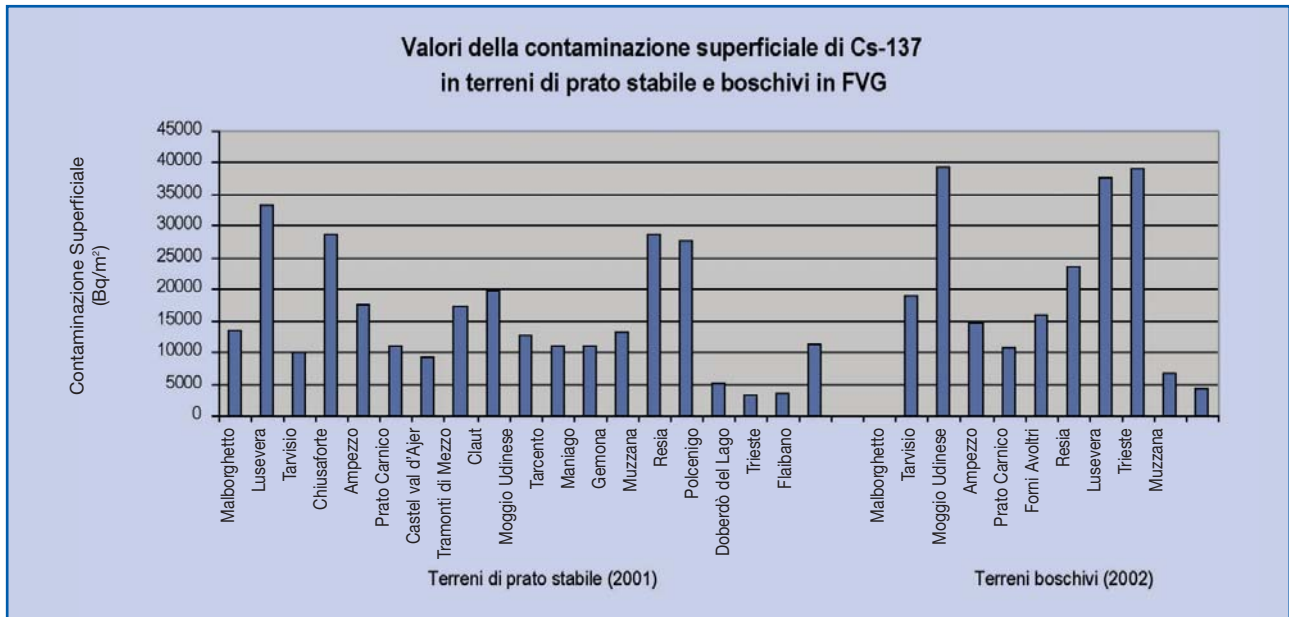


Figura 8: Valori della contaminazione superficiale di Cs-137 in terreni di prato stabile e boschivi nel 2001 e 2002.

Parametro	Anni	
	2001	2002
<i>Latte [Bq/l]</i>		
Valore min	0,05	0,06
Valore max	1,45	1,89
Valore medio	0,31	0,47
<i>Latticini [Bq/kg]</i>		
Valore min	0,03	1,14
Valore max	21,60	0,20
Valore medio	2,13	0,17
<i>Soia [Bq/kg]</i>		
Valore min	0,17	0,11
Valore max	0,37	0,27
Valore medio	0,27	0,19
<i>Mais [Bq/kg]</i>		
Valore min	0,09	0,08
Valore max	0,25	0,16
Valore medio	0,17	0,11
<i>Orzo [Bq/kg]</i>		
Valore min		0,07
Valore max		0,15
Valore medio		0,11
<i>Fumento [Bq/kg]</i>		
Valore min		0,09
Valore max		0,19
Valore medio		0,14
Fonte: ARPA FVG		

Tabella 9: Misure di Cs-137 nei Cereali, nel Latte e nei Latticini in regione FVG negli Anni 2001-2002.

i 8.6: Concentrazione del Cesio nel latte, cereali e loro derivati e funghi

La concentrazione dei radionuclidi negli alimenti dà indicazioni sulla dose che viene assorbita dall'uomo attraverso la catena alimentare. I radionuclidi, infatti, una volta depositati al suolo, possono seguire diverse vie di diffusione nell'ambiente. I radionuclidi possono entrare direttamente (ad esempio consumo di vegetali o derivati) o indirettamente (ad esempio carni, latte e derivati) nella catena alimentare umana.

L'ARPA FVG effettua indagini su diverse matrici alimentari (oltre 500 campioni all'anno), in particolare rilevando la concentrazione di Cesio 137 nel latte, nei suoi derivati, nei cereali e nelle farine, così come richiesto dal D.Lgs. 241 del 26/05/2000. I risultati delle misure effettuate nel 2001 e 2002 (considerando solo i valori superiori alla minima attività rilevabile) sono riportati nella tabella 9.

Le medie, ottenute trascurando tutti i campioni con concentrazioni di Cs-137 (che sono la maggioranza) inferiori alla minima attività rilevabile, che mediamente risulta essere pari a 0,02 Bq/kg, risultano dunque essere sovrastimate.

Eventuali valutazioni di dose effettuate sulla base di queste medie risultano, quindi, particolarmente cautelative.

Tutte le concentrazioni misurate risultano inferiori di alcuni ordini di grandezza al valore ammesso dalla legislazione europea sugli alimenti.

Un discorso a parte merita lo studio della concentrazione di Cs-137 nei funghi.

La tabella 11 riporta i valori di concentrazione minima, media e massima nei campioni di funghi eduli pervenuti all'ARPA FVG dalle Aziende Sanitarie nell'ambito della campagna per il controllo della radioattività sugli alimenti.

I campioni sono stati prelevati nei punti di mag-

Funghi selvatici

A partire dal 1986 sono state effettuate campagne di campionamento e misura di funghi, eduli e non, in differenti stazioni distribuite sul territorio della regione. In ogni stazione sono state prelevate tutte le specie presenti al momento del campionamento (da 1 sino a 27). I radionuclidi misurati sono il Cesio-137 ed il Cesio-134. Nella tabella 10 viene riportato il numero di campioni raccolto per ogni stazione e per ogni anno.

In figura 9 viene riportato l'andamento nel tempo della concentrazione di Cs-137 in tutti funghi raccolti nelle stesse 8 stazioni in diversi anni. Alcune campagne di campionamento (1988, 1991, 1993, 1994 e 1995), pur essendo state effettuate, sono state escluse da questa figura poiché il numero di stazioni è risultato ridotto ed il confronto nei diversi anni avrebbe dovuto essere ristretto ad un numero inferiore ad 8.

I valori negativi relativi alle concentrazioni di Cs-137 sono riportati in figura soltanto allo scopo di rendere evidente la grande variabilità (deviazione standard) che le medie annuali presentano.

La grande variabilità è dovuta, tra l'altro, al fatto che, pur restando costanti le stazioni di prelievo, il numero ed il tipo di specie raccolte è variato da un anno all'altro in funzione dell'andamento meteorologico della stagione e del momento della raccolta. I dati, dopo la correzione per il decadimento fisico, presentano una sostanziale stabilità nei valori medi.

I dati della campagna 2002 non sono ancora disponibili perché le misure non sono state completate.

gior smercio ed, in qualche caso, al momento dell'importazione dal confine sloveno. La provenienza dei campioni è quindi la più varia: Friuli Venezia Giulia o regioni limitrofe e vari stati esteri anche molto lontani (Polonia, Bielorussia, ecc.). I campioni così prelevati rappresentano, quindi, il panorama di quanto è a disposizione della popolazione in regione. Si fa notare che i funghi coltivati, che crescono normalmente in serra e quindi non hanno subito l'effetto del fallout conseguente all'incidente di Chernobyl, non sono generalmente contaminati. I dati riportati in tabella 11 sono riferiti alla data del campionamento e quindi, indicativamente, dell'eventuale consumo da parte della popolazione e sono riferiti al peso fresco (nel caso in cui il campione sia pervenuto secco, e come tale sia stato misurato, le concentrazioni di Cs-137 sono state portate a peso

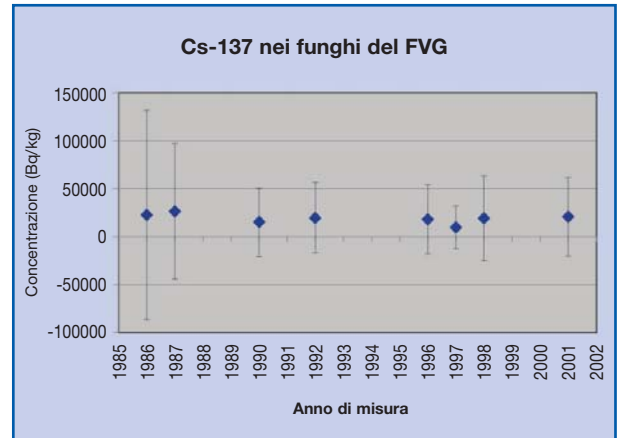


Figura 9: Concentrazione media per anno di Cs-137 (Bq/kg di peso secco) nei funghi raccolti nel Friuli Venezia Giulia dal 1986 al 2001 in 8 stazioni presenti in tutti i campionamenti (data di riferimento 1 maggio 1986)

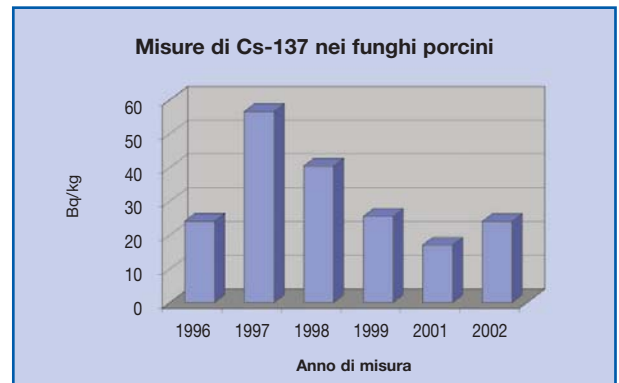


Figura 10: Concentrazione media di Cs-137 (Bq/kg di peso fresco) nei funghi porcini in regione FVG.

Parametro	Anni	
	2001	2002
<i>Funghi eduli [Bq/kg]</i>		
Valore min	3,48	0,03
Valore max	855	301
Valore medio	143	165
N° campioni	20	44
<i>Fonte: ARPA FVG</i>		

Tabella 11: Misure di Cs-137 nei funghi eduli in regione FVG negli anni 2001-2002.

Stazione/anno	1986	1987	1988	1990	1992	1994	1995	1996	1997	1998	2000	2001	2002
Buia -Treppo	13	9	3	7	4	-	-	16	8	11	13	11	5
Caprizzi	14	9	8	9	12	13	14	16	6	23	25	23	17
Fusine	12	10	10	12	11	12	7	15	23	25	14	24	54
Passo Pura	10	6	5	13	18	15	11	22	27	14	17	26	27
Val Pesarina	10	8	9	10	15	12	-	7	9	21	11	26	21
Val Raccolana	6	8	8	3	14	12	-	12	7	7	23	23	19
Valbruna	11	7	7	13	7	19	6	17	11	22	12	19	25
Valdajer	10	13	-	10	9	17	-	14	13	23	20	23	17
<i>Fonte dati: ARPA FVG</i>													

Tabella 10: Numero di campioni di funghi raccolti per ogni stazione per ogni anno.

fresco dividendo quelle relative a peso secco per 10, fattore che si usa convenzionalmente in questi casi).

I valori riscontrati sono molto variabili ma sono sempre risultati ampiamente inferiori ai limiti di legge (600 Bq/kg, di campione fresco o reidratato, come somma di Cs-137+Cs-134) e spesso sono risultati inferiori alla minima attività rilevabile (dell'ordine di 0.3 Bq/kg). Nel 2002, in alcuni casi, la concentrazione di Cs-137 è risultata inferiore alla minima attività rilevabile: il valore medio riportato in tabella 11 risulta, quindi, sovrastimato.

A titolo di esempio in figura 10 sono riportati i valori medi delle concentrazioni di Cs-137 dei soli funghi porcini (*Boletus edulis*). L'apparente variazione dei valori medi è dovuta al limitato numero dei campioni per ogni anno, 22 in totale, ed alle loro diverse provenienze.

La media è risultata pari a 22 Bq/kg di peso fresco. I valori riportati, come già evidenziato nei paragrafi precedenti, non solo risultano al di sotto dei limiti di legge per la commercializzazione dei funghi in quanto alimenti, ma non destano alcuna preoccupazione per quanto riguarda il rischio sanitario per la popolazione anche se consumati in quantità considerevole.

CONCLUSIONI

Radiazioni non ionizzanti

Gli indicatori utilizzati, "lunghezza e tracciato degli elettrodotti" e "fonti puntuali di emissione (impianti radioelettrici)", la cui elaborazione è sostanzialmente priva di importanti difficoltà o incertezze di calcolo, sono in grado di ben definire un livello medio del fattore di pressione, ma non riescono ad individuare possibili situazioni locali di criticità (singole abitazioni o nuclei abitati posti nelle immediate vicinanze di linee elettriche o di impianti radioelettrici).

L'archivio informatico contenente i dati tecnici e di servizio delle linee elettriche presenti in provincia di Udine con tensione superiore a 132 kV, che l'ARPA sta predisponendo, consentirà, mediante la definizione di fasce di rispetto e sovrapposizione delle linee con la Carta Tecnica Regionale ove saranno stati preventivamente individuati i siti sensibili, di individuare situazioni locali di criticità non rilevabili facendo uso del solo indicatore "lunghezza e tracciato degli elettrodotti".

Il completamento e l'aggiornamento del Catasto degli impianti radioelettrici, che prevede che le informazioni tecniche relative agli impianti radioelettrici siano integrate con informazioni relative alla caratterizzazione urbanistica delle aree circostanti gli impianti e con valori di campo elettrico misurati, consentirà di evidenziare in modo sistematico situazioni locali di criticità non rilevabili facendo uso del solo indicatore "fonti puntuali di emissione (impianti radioelettrici)".

Radiazioni ionizzanti

In Friuli Venezia Giulia il monitoraggio della radioattività, sia artificiale che naturale, riveste particolare importanza. Il territorio regionale risulta essere, infatti, uno di quelli maggiormente colpiti, in Italia, dalla deposizione di radionuclidi artificiali al suolo in seguito all'incidente di Chernobyl avvenuto nel 1986. La concentrazione media di radon all'interno degli edifici, risulta essere, inoltre, più elevata che nella maggior parte delle altre regioni italiane.

I risultati delle campagne di campionamento e misura per il monitoraggio della radioattività artificiale, sulle matrici alimentari ed ambientali, sono confortanti. Le concentrazioni di Cs-137 misurate nei campioni alimentari, sono sempre risultate ampiamente al di sotto dei limiti di legge. Le concentrazioni di Cs-137 misurate nelle matrici ambientali risultano essere in costante diminuzione nella maggior parte della matrici ambientali ed, in ogni caso, seguono gli andamenti previsti per le singole matrici. L'analisi della serie storica dei dati raccolti per matrici quali fallout, suoli, funghi, muschi ecc., permette, inoltre, la conoscenza approfondita dei fenomeni di trasferimento e di mobilità dei radionuclidi nell'ambiente e, conseguentemente, una migliore pianificazione di eventuali emergenze in questo campo. A tale proposito, risulterà particolarmente utile la creazione del catasto regionale delle sorgenti radioattive.

Con la conclusione delle misure della concentrazione di radon negli edifici scolastici di tutta la regione si è raggiunto un buon livello di conoscenza della situazione sul territorio del Friuli Venezia Giulia. In considerazione delle elevate concentrazioni riscontrate, molti studi di dettaglio sono tuttora in corso al fine di approfondire la conoscenza del problema sul territorio e di fornire indicazioni dettagliate sulle possibili azioni di rimedio. In merito a quest'ultimo aspetto, l'ARPA ha realizzato, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli studi di Udine una breve guida tecnica, contenente indicazioni e proposte per la protezione degli edifici dal radon.

BIBLIOGRAFIA

1. Padovani R., Contento C., Fabretto M., Giovani C., Malisan M.R., 1988 - *Deposition and Migration of Radiocaesium in Mountain Soils after Chernobyl Accident* - in: Proceedings of II Yugoslav-Italian Symposium 'Radiation Protection: Advances in Yugoslavia and Italy', pp. 305-308
2. Padovani R., Contento G., Fabretto M., Giovani C., 1990 - *Field study of fallout radiocaesium in upland soils* - in: G. Desmet, P. Nassimbeni, M. Belli (eds) in: *Transfer of radionuclides in natural and semi-natural environments*, Elsevier, London and New York, pp. 292-299

3. Giovani C., Fadone A., Padovani R., 1993 - *Incidente di Chernobyl: contaminazione da Cs-137 nel Friuli-Venezia Giulia: andamento dal 1986 al 1993 e uso di indicatori di radioattività* - in: Sicurezza e Protezione, 30, settembre 1992-dicembre 1993, 71-77.
4. Giovani C., Padovani R., Fadone A., Scruzzi E., 1995 - *Migrazione del radiocesio nei prati stabili del Friuli-Venezia Giulia* - in: atti del XXVIII Congresso Nazionale AIRP, Taormina 1993: 543-548

9: INDUSTRIA

SOTTOTEMATICA	INDICATORE	ANNO	PARAMETRI	PSR	TENDENZA	DATI
Rischio industriale	12-1 Stabilimenti individuati a rischio di incidente rilevante	2002	Numero, ubicazione e classificazione delle attività a rischio di incidente rilevante ai sensi del D. Lgs. 334/99	P	→	☹
Sistemi di gestione ambientale	12-2A Numero di registrazioni EMAS	2002	Numero di organizzazioni registrate EMAS	R	↗	☺
	12-2B Numero di certificazioni ISO14001	2002	Numero di aziende certificate ISO14001	R	↗	☹