

## Capitolo 7

# RADIAZIONI NON IONIZZANTI E IONIZZANTI



Radiazioni non ionizzanti

Radiazioni ionizzanti

## 7.1. INTRODUZIONE

Le radiazioni non ionizzanti per le quali l'ARPA svolge attività di controllo e protezione della popolazione sono di origine antropica, quali si riscontrano, come specificato nell'aggiornamento 2002 del Rapporto sullo Stato dell'Ambiente, nel settore delle telecomunicazioni, nella rete di distribuzione dell'energia elettrica, nel settore domestico e nel

settore industriale e medico.

Le radiazioni ionizzanti di interesse ambientale hanno origine sia naturale, in particolare quelle emesse dal radon, che antropica. Nel triennio in esame, l'ARPA ha eseguito varie campagne di misura della radioattività sia naturale che antropica, su varie matrici ambientali, alimentari e nelle acque potabili.

SOTTOTEMATICA	INDICATORE	ANNO	PARAMETRI	PSR	TENDENZA	DATI
Radiazioni non ionizzanti	Lunghezza e tracciato degli elettrodotti	2003 2005	Km di linee/10Km <sup>2</sup>	P	→	☺
	Intensità del campo di induzione magnetica	2003 2005	mediana del campo di "induzione magnetica nelle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio" ai sensi del DPCM 08.07.03	S	N.D.	☹
	Fonti puntuali di emissione ad alta frequenza (impianti radioelettrici)	2003 2005	Siti di stazioni radiobase/Km <sup>2</sup>	P	↑	☺
			Antenne radiotelevisive/Km <sup>2</sup>	P	→	☺
Radiazioni ionizzanti	Radioattività naturale	2000 2005	Concentrazioni di radon indoor	S	→	☺
		2005	Concentrazioni di radon nel suolo	S	→	☹
	Fonti di emissione di origine antropica	2005	Sorgenti radioattive artificiali presenti sul territorio del FVG	P	N.D.	☹
		2005	Concentrazione di <sup>3</sup> H nell'acqua potabile	S	→	☺
	Deposizione al suolo (fall out) di alcuni radionuclidi	2003 2005	Concentrazione di <sup>137</sup> Cs nel fall-out e nel particolato atmosferico	S	→	☺
		2004	Concentrazione di <sup>137</sup> Cs nei suoli	S	→	☺
		2005	Concentrazione di <sup>137</sup> Cs nei muschi	S	→	☺
		2003 2005	Concentrazione di <sup>137</sup> Cs nei sedimenti	S	→	☺
	Concentrazioni di Cesio nel latte, cereali e derivati, miele e funghi	2003 2005	Concentrazione di <sup>137</sup> Cs nel latte e latticini, in cereali e derivati	S	→	☺
		2003 2005	Concentrazione di <sup>137</sup> Cs in carne, frutta e verdura	S	→	☺
		2003 2005	Concentrazione di <sup>137</sup> Cs nei funghi eduli	S	→	☺
		2003 2004	Concentrazione di <sup>137</sup> Cs nei funghi selvatici	S	→	☺

## 7.2. RADIAZIONI NON IONIZZANTI

Nel presente aggiornamento la presentazione, sia degli indicatori che delle attività svolte da ARPA, è ripartita tra “frequenze di rete” (50 Hz) ed “alte frequenze” (100 kHz - 300 GHz), in quanto a tali tipologie di campi elettromagnetici corrispondono differenti caratteristiche fisiche ed effetti sul corpo umano.

### Frequenza di rete

Dal punto di vista normativo, si rileva, rispetto al precedente Rapporto sullo stato dell'ambiente, la pubblicazione del DPCM 08/07/2003, decreto applicativo previsto dalla Legge Quadro n. 36 del 22/02/2001, che indica i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per esposizioni a campi elettromagnetici a frequenza di rete. Tale decreto abroga il precedente ed introduce importanti novità per quanto riguarda la protezione della popolazione alle radiazioni elettromagneti-

che generate dagli elettrodotti. Infatti, a differenza del DPCM 23/04/1992, che stabiliva delle distanze di rispetto dagli elettrodotti, il DPCM attualmente in vigore elimina qualsiasi riferimento alle distanze, introducendo come riferimenti valori di campo elettrico e magnetico, da determinarsi con opportune misure o valutazioni.

A livello regionale, inoltre, a seguito di un decreto legislativo che trasferisce alla Regione alcune funzioni in materia di energia, è stata promulgata una legge (LR 30 del 19.11.2002) che impartisce disposizioni a riguardo.

Sia il decreto applicativo della legge 36/2001 che la legge regionale 30/2002 demandano ad ulteriori strumenti, peraltro non ancora emanati, rispettivamente: il DPCM 08/07/03 per quanto attiene le procedure di misura e valutazione finalizzate alla verifica del rispetto dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità e la metodologia di calcolo per le fasce di rispetto; la LR per quanto attiene il Piano Energetico Regionale (PER).

### NORMATIVA

Si riportano in sintesi i riferimenti normativi attualmente in vigore:

- L. 36/01 “Legge Quadro sulla Protezione dalle Esposizioni a Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici”;
- DPCM 08/07/2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti”;
- Circolare del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (DSA/2004/25291) inviata in data 15/11/2004 a GRTN e per conoscenza alle regioni;
- CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV”;
- CEI 211-6 “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana”;
- CEI R014-001 “Guida per la valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza”;
- Raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea 1999/519/CE “Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz”;
- L.R. 30/02 “Disposizioni in materia di energia”.
- Direttiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29.04.04 sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici).

Nel 2002 è stata stipulata una convenzione con la Provincia di Udine, finalizzata alla valutazione dell'impatto degli elettrodotti ad alta (da 40kV a 150kV) e ad altissima tensione (220kV e 380kV) sul territorio provinciale, con particolare riguardo alla presenza della popolazione. A tale scopo, è stato realizzato un catasto degli elettrodotti ad alta ed altissima tensione; si sono valutati i livelli di campo magnetico prodotti dagli elettrodotti stessi e sono stati individuati gli edifici, i siti sensibili (scuole, ospedali, ecc.) nonché il numero di abitanti presenti all'interno delle aree caratterizzate da valori di

campo magnetico superiori a 0.2  $\mu$ T. Sono state, infine, effettuate misure del campo magnetico in prossimità delle linee elettriche menzionate.

Nel corso del triennio in esame, inoltre, l'Arpa FVG ha svolto attività di monitoraggio e controllo, nei pressi delle singole abitazioni o nuclei abitati posti nelle immediate vicinanze di linee elettriche o cabine di trasformazione distribuite sul territorio regionale, come riportato in tabella 1. E' stata, pure, effettuata una campagna di misure in ambiente lavorativo, prevista da una convenzione stipulata con il Comune di Udine.

<b>Attività di monitoraggio</b>	<b>interventi</b>	<b>misure</b>
Linee elettriche ad Altissima Tensione (AAT- 220 kV e 380 kV)	8	72
Linee elettriche ad Alta Tensione (AT - da 40 kV a 150 kV)	23	138
Linee elettriche a Media Tensione (MT - da 10 kV a 30 kV)	13	78
Linee elettriche a Bassa Tensione (BT - inf. a 10 kV)	1	6
Cabine di trasformazione	25	150
Linee elettriche ad Altissima Tensione (AAT- 220 kV e 380 kV)	<i>in convenzione</i>	91
Linee elettriche ad Alta Tensione (AT - da 40 kV a 150 kV)	<i>in convenzione</i>	125
Misure presso uffici	<i>in convenzione</i>	110
<b>Totale (nel totale interventi sono esclusi quelli in convenzione)</b>	<b>70</b>	<b>770</b>
Casi di superamento dei limiti previsti dal DPCM 08.07.2003	1	14
<i>Fonte: ARPA FVG</i>		

Tabella 1. Rilevazioni di campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50 Hz) svolte dall'ARPA nel periodo 2003-2005.

Solo in un caso si è riscontrato superamento dei limiti previsti dalla normativa (DPCM 08/07/2003), limitato ad una zona strettamente confinante con le pareti di una cabina di trasformazione MT/BT. Sono inoltre in corso di verifica, in collaborazione con le amministrazioni comunali interessate, le destinazioni d'uso di due aree poste in prossimità di un elettrodotto a 380 kV, presso le quali sono stati misurati valori superiori ai valori di attenzione (da rispettarsi nei luoghi a permanenza superiore alle 4 ore giornaliere), ma comunque infe-

riori ai limiti di esposizione.

Infine, l'attività istituzionale dell'Agenzia, in ottemperanza alla nuova normativa vigente, si è esplicata pure nella formulazione di pareri, finalizzati al rilascio di concessioni edilizie per edifici posti in prossimità di linee elettriche presenti sul territorio. In tabella 2 sono riportati i pareri rilasciati, ripartiti per provincia. Si precisa che, essendo iniziata tale attività nel 2004, il numero di pareri emessi non riguarda l'anno 2003.

<b>Attività di supporto tecnico</b>				
<b>Provincia</b>	<b>Numero di pareri</b>			
	<b>AAT (220 kV, 380 kV)</b>	<b>AT (40 kV-150kV)</b>	<b>MT (10 kV – 30 kV)</b>	<b>totale</b>
<b>Trieste</b>	-	2	-	2
<b>Udine</b>	1	10	6	17
<b>Gorizia</b>	-	1	-	1
<b>Pordenone</b>	2	11	1	14
<b>totale</b>	3	24	7	34
<i>Fonte: ARPA FVG</i>				

Tabella 2. Pareri rilasciati per la costruzione di edifici in prossimità di elettrodotti ripartiti per provincia e per tensione della linea.

### 7.2.1. Lunghezza e tracciato degli elettrodotti

L'obiettivo dell'indicatore, utilizzato anche nel precedente rapporto, è stimare la superficie regionale potenzialmente interessata da campi elettromagnetici a frequenza industriale (50 Hz). Le informazioni disponibili per gli anni 2003 e 2004 sono dettagliate per quanto riguarda la provincia di Udine, per la quale, nell'ambito di una specifica

convenzione menzionata precedentemente, è stato predisposto il catasto degli elettrodotti ad alta ed altissima tensione. Per quanto attiene le altre province della regione, non essendo disponibile un database ARPA, i dati sono stati estrapolati per confronto tra l'atlante delle linee elettriche ad Alta ed Altissima Tensione fornito da GRTN e la Carta Tecnica Regionale (CTR).

Gli sviluppi della discussione a livello nazionale, in merito all'applicazione della recente normativa (DPCM 08/07/2003 per le frequenze di rete), potrebbero evidenziare la necessità di considerare, come nuovo indicatore, in alternativa a "lunghezza degli elettrodotti", "estensione delle fasce di rispetto degli elettrodotti", espresso in valore assoluto o come percentuale del territorio regionale; tuttavia, tale indicatore non può attualmente essere utilizzato, in quanto non è ancora stata stabilita, ai sensi di legge, la procedura per la determinazione delle fasce di rispetto.

Si evidenzia, a tale proposito, che le comunicazioni relative a costruzione, ampliamento, modifica o dismissioni di elettrodotti o tratti di linee elettriche pervengono all'Agenzia solo nel caso in cui

l'iter autorizzativo ricada nella procedura di VIA, non vi è quindi evidenza delle variazioni complessive della lunghezza degli elettrodotti, rispetto a quanto comunicato nel precedente Rapporto.

La tabella 3 riporta la lunghezza delle Linee Elettriche ad altissima tensione (AAT: 220kV-380kV) e ad alta tensione (AT 40kV-150kV) in provincia di Udine e in tutta la regione Friuli Venezia Giulia. Non sono considerate le linee a tensione inferiore, sia perché dal punto di vista protezionistico rivestono una minore importanza, sia perché i dati relativi alle linee a media e bassa tensione, diffuse capillarmente sul territorio, sono difficilmente reperibili.

Livello Territoriale	Lunghezza [km]		
	AAT(380 kV)	AAT(220 kV)	AT (40 kV-150kV)
Provincia di Udine	96	96	778
Regione FVG	157	269	1326

Tabella 3. Lunghezza delle linee elettriche ad alta ed altissima tensione sul territorio regionale; i dati della Provincia di Udine derivano dal catasto ARPA, i dati regionali sono stimati sulla base dell'Atlante GRTN e per confronto con la CTR.

### 7.2.2. Intensità del campo di induzione magnetica generato dagli elettrodotti.

L'obiettivo del presente indicatore è rappresentare la situazione ambientale come emerge dai dati del monitoraggio condotto da ARPA FVG; le informazioni riguardano solo il territorio della provincia di Udine.

L'indicatore è costruito come segue. Si considerano tutti i punti di misura di campo di induzione magnetica eseguiti presso una specifica linea elettrica; si elaborano tali valori in modo da ottenere, per ogni punto di misura, la mediana del campo di

"induzione magnetica nelle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio" ai sensi del DPCM 08/07/2003. Si assume come indice per la linea, il valore massimo ottenuto a seguito dell'elaborazione. Le linee vengono quindi ripartite, in dipendenza di tale indice, in 6 classi, come rappresentato in tabella 4.

L'indicatore proposto si presta ad una visualizzazione grafica di immediata comprensione; infatti, attribuendo alle diverse classi colori opportuni, si perviene ad una rappresentazione dell'impatto delle linee elettriche sul territorio (Figure 1 e 2).

Valore del campo di induzione magnetica ( $\mu\text{T}$ )	linee a 66 kV	linee a 132 kV	linee a 220 kV	linee a 380 kV
0-2	1	17	1	-
2-3	-	11		
3-5	-	8	2	1
5-8	-	3	1	1
8-10	-	1	-	-
> 10	-	-	1	2
non determinate (*)	-	6	1	-

(\*) Le linee per cui non è stato possibile determinare il campo di induzione magnetica, ai sensi di legge, sono in 4 casi linee interne alle Centrali Primarie di Trasformazione in 3 casi linee per cui il gestore non ha fornito ad ARPA i dati di corrente.

Tabella 4. Ripartizione delle linee elettriche ad alta ed altissima tensione in 6 classi corrispondenti a diversi valori del campo di induzione magnetica.

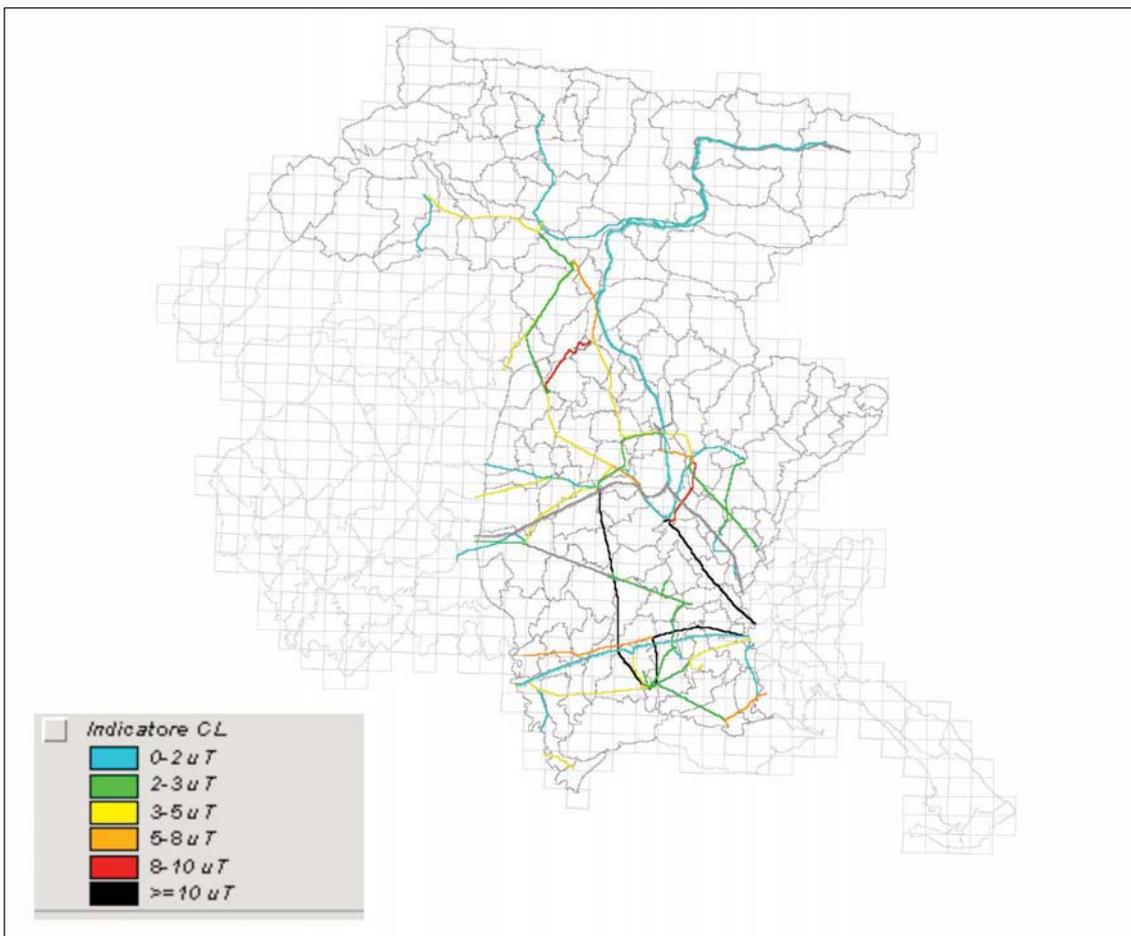


Figura 1. Rappresentazione grafica del campo di induzione magnetica delle linee elettriche nella provincia di Udine.

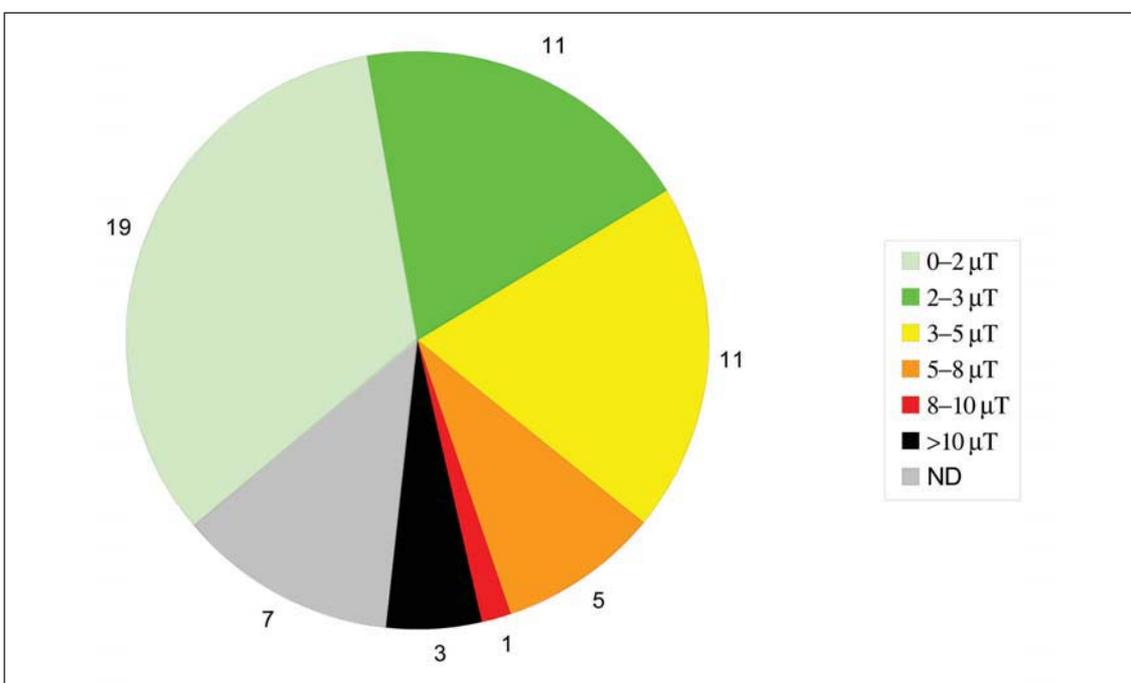


Figura 2. Rappresentazione grafica della distribuzione delle linee elettriche nella provincia di Udine in relazione al campo di induzione magnetica misurato.

## Alta frequenza

Dal punto di vista normativo, in ambito europeo è stata pubblicata la raccomandazione sull'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici, mentre in ambito nazionale si segnala il decreto applicativo previsto dall'art. 4 comma 2 lett. a) della Legge Quadro n. 36 del 22.02.2001. In ambito regionale, la L.R. n.28 del 06.12.04 ha abrogato la L.R.13/00 confermando, tuttavia, l'obbligo del parere preventivo emanato da ARPA per gli impianti di telefonia mobile.

Le attività di controllo svolte nelle aree interessate dalla presenza di impianti per telecomunicazioni negli anni 2003-2005 sono riassunte nella tabella 5.

Il numero dei superamenti dei limiti di legge riportati nella tabella 5 si riferisce a misure effettuate nell'ambito dell'iter di risanamento di superamenti già individuati negli anni precedenti; gran parte di tali misure, inoltre, si riferisce ai siti radiotelevisivi complessi di Chiampore, nel comune di Muggia e Conconello (Trieste). In materia di riduzioni a conformità, particolarmente significativa è stata l'attività dell'ARPA nella definizione di procedure tecniche ed amministrative per le azioni di risanamento. Tali procedure, applicabili anche ai siti complessi, sono state sostanzialmente recepite dal Regolamento di attuazione della L.R. n. 28 del 06.12.04.

<b>Attività di controllo</b>				
<b>Rilevazioni e interventi</b>	<b>Anno 2003</b>		<b>Anno 2004</b>	<b>Anno 2005</b>
Interventi di verifica su impianti a radiofrequenza	184		187	336
Totale misure effettuate in banda larga	2361		1793	2667
Totale misure effettuate in banda stretta	54		56	41
Casi di riscontro superamento del valore di cautela (6 V/m) previsto dal DPCM 08/07/03	Radio TV	38	27	26
Casi di riscontro superamento del limite di esposizione (20 V/m) previsto dal DPCM 08/07/03	Radio TV	6	2	1
Fonte: ARPA FVG				

**Tabella 5.** Rilevazioni di campi elettromagnetici dovuti a impianti a radiofrequenza nel triennio 2003-2005.

L'attività di rilascio di pareri preventivi all'installazione di impianti radioelettrici svolta dall'ARPA nel corso del triennio 2003-2005, ai sensi

della L.R. 13/2000 (impianti di telefonia mobile) e del D.Lgs. 259/03 (impianti di diffusione sonora e televisiva), è riassunta nella tabella 6.

<b>Attività di supporto tecnico</b>				
<b>Pareri</b>	<b>Anno</b>	<b>Totali</b>	<b>Positivi</b>	<b>Negativi</b>
Pareri per nuove stazioni radiobase e/o riconfigurazione di quelle esistenti ai sensi della L.R. 13/2000	2003	323	308	15
	2004	326	320	6
	2005	320	317	3
Pareri per nuove installazioni radiotelevisive	2003	1	1	0
	2004	2	1	1
	2005	6	5	1
Fonte: ARPA FVG				

**Tabella 6.** Rilascio di pareri preventivi all'installazione di impianti a radiofrequenza.

L'elevato numero di pareri rilasciati, come già accennato, è dovuto alla consistente richiesta da parte dei gestori di telefonia mobile di pareri per

l'installazione di nuove stazioni radio base o riconfigurazione di stazioni esistenti per l'implementazione della rete UMTS.

## NORMATIVA

- L. n. 36 del 22.02.01 "Legge Quadro sulla Protezione dalle Esposizioni a Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici";
- D.P.C.M. del 08.07.03 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz";
- 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);
- 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;
- Direttiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29.04.04 sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici);
- 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";
- L.R. n. 28 del 06.12.2004 "Disciplina in materia di infrastrutture per la telefonia mobile";
- Regolamento di attuazione della L.R. 28 del 06.12.04 "Disciplina in materia di infrastrutture per la telefonia mobile".

### 7.2.3. Fonti puntuali di emissione ad alta frequenza (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. Il dato risulta dal Catasto Regionale degli impianti a radiofrequenza istituito dalla L.R. n.2 del 22.02.00.

Nella tabella 7 vengono riportati i dati relativi agli anni 2003-2005, utilizzati per popolare il presente indicatore. Poiché le autorizzazioni per nuovi impianti radiotelevisivi e di telefonia vengono rilasciate dagli enti locali, previo parere preventivo dell'ARPA, nel computo delle fonti di pressione vengono considerati gli impianti realizzati unitamente agli impianti che sono dotati di un parere favorevole all'installazione da parte di ARPA FVG.

Per il calcolo delle stazioni radiobase per la tele-

fonia mobile vengono considerati i siti, intesi come numero di impianti appartenenti ai diversi gestori. Per le installazioni radiotelevisive il computo viene effettuato sul numero di antenne, inteso come numero di sistemi radianti individuati dalla direzione di massima emissione e dalla frequenza assegnata. Dal confronto tra i dati della tabella, si desume un continuo incremento, nel triennio in esame, delle fonti puntuali di emissione, sostenuto in gran parte dalle nuove stazioni radio base per l'implementazione della rete UMTS. In particolare, si registra un aumento di stazioni del 25% nel 2003, rispetto al 2002, del 15% nel 2004, rispetto all'anno precedente, ed, infine, del 14% nel 2005 rispetto al 2004.

L'indicatore in esame è in grado di ben definire un livello medio del fattore di pressione; tuttavia non consente di individuare possibili situazioni locali di criticità (singole abitazioni o nuclei abitati posti nelle immediate vicinanze di impianti radioelettrici).

Tipo di installazione	Anno 2003		Anno 2004		Anno 2005	
	N.	N./km <sup>2</sup>	N.	N./km <sup>2</sup>	N.	N./km <sup>2</sup>
Siti di stazioni radiobase	1069	0,14	1236	0,16	1412	0,18
Antenne radiotelevisive	927	0,12	929	0,12	934	0,12

Fonte: ARPA FVG – Catasto Regionale delle sorgenti a Radiofrequenza

Tabella 7. Numero complessivo di siti di stazioni radiobase e numero di antenne radiotelevisive realizzati o comunque dotati di parere favorevole al 31 dicembre di ciascun anno, nel triennio 2003-2005.

Tra le attività dell'Agenzia è da segnalare la collaborazione con la Fondazione "Ugo Bordoni" (FUB), iniziata nel mese di luglio 2002 in fase sperimentale (terminata a febbraio 2004) e ripresa a luglio 2004 come fase attuativa. Tale collaborazione è finalizzata alla realizzazione, in conformità con quanto previsto dalle linee guida approvate con decreto del Ministero delle Comunicazioni dd.26 aprile 2004, della rete di monitoraggio in continuo dei campi elettromagnetici.

Il progetto di monitoraggio, elaborato da ARPA FVG per quanto riguarda la fase attuativa, ha coinvolto alcuni comuni della Regione, opportunamente prescelti per il posizionamento delle centraline. Sono stati selezionati, rispettivamente le città capoluogo di provincia, alcuni centri turistici della regione (Lignano e Grado) e tutti i comuni nel cui territorio fossero emerse situazioni di interesse per il monitoraggio in continuo dei livelli di campo elettromagnetico. In particolare, la scelta di effettuare il monitoraggio nei principali centri urbani è stata determinata dall'elevata densità abitativa di tali comuni, cui corrisponde un maggior numero di soggetti esposti. I risultati del monitoraggio tramite centraline FUB sono riportati nelle tabelle seguenti.

Provincia	Valori medi di campo elettrico registrati per ogni punto di misura			
	0-3 V/m	3-6 V/m	6 - 20 V/m	totale
<b>Trieste</b>	9	3	2	14
<b>Udine</b>	1 - 1	0	0	2
<b>Gorizia</b>	2	0	0	2
<b>Pordenone</b>	4 - 2	1		7
<b>totale</b>	19	4	2	25

Fonte: ARPA FVG

Misure in continuo effettuate con le centraline durante la fase sperimentale ed intermedia- evidenziata in grassetto

Provincia	Valori medi di campo elettrico registrati per ogni punto di misura			
	0-3 V/m	3-6 V/m	6 - 20 V/m	totale
<b>Trieste</b>	3	1	0	4
<b>Udine</b>	42	2	0	44
<b>Gorizia</b>	32	1	0	33
<b>Pordenone</b>	25	2	0	27
<b>totale</b>	102	6	0	108

Fonte: ARPA FVG

Misure in continuo effettuate con le centraline durante la fase attuativa

N.B. Valori limite dal DPCM 08/07/2003 relativo alle alte frequenze:

- Limite di esposizione = 20 V/m per frequenze comprese tra 3 e 3000 MHz
- Obiettivo di qualità nelle aree intensamente frequentate = 6V/m

## 7.3. RADIAZIONI IONIZZANTI

### 7.3.1. Radioattività Naturale

In questo ambito vengono riportati e commentati i risultati relativi alle misure di concentrazione di radon indoor (scuole e abitazioni) e nel suolo.

#### 7.3.1.1. Concentrazione di radon indoor

##### Concentrazione di radon nelle scuole

Nel biennio 2000-2002 è stata realizzata una campagna di misure del radon nelle scuole e negli asili nido della regione, descritta nella edizione del 2002 del Rapporto sullo stato dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia, dove sono riportati, pure, i

primi risultati.

In questo aggiornamento, si riporta l'analisi dei risultati definitivi, corredati di varie rappresentazioni grafiche. In particolare, per ognuna delle oltre 1300 scuole oggetto dell'indagine è stato calcolato il valor medio di concentrazione del radon come media aritmetica delle misure rilevate da tutti i dosimetri posizionati nell'edificio, ad esclusione di quelli posti in locali dove non è prevista la presenza di persone. Nel caso di edifici a più piani, sono state calcolate le medie relative ad ogni livello e sono stati posizionati più dosimetri al piano terra; poichè, generalmente, la concentrazione diminuisce con l'aumentare del livello, la media totale delle concentrazioni delle scuole rappresenta, nella maggioranza dei casi, una sovrastima della concentrazione media dei locali abitabili di ciascun edificio.

Nella tabella 8 sono riassunti i dati relativi all'indagine sulla concentrazione media di radon nelle strutture scolastiche della regione, suddivisi per provincia. Nella tabella vengono riportati il numero di comuni e di scuole interessati dall'indagine, la concentrazione media, la percentuale di scuole con concentrazione media rispettivamente superiore a 200, 400 e 500 Bq/m<sup>3</sup> e la percentuale ed il numero

di scuole che presentano almeno un locale abitabile con concentrazione media superiore a 200, 400 e 500 Bq/m<sup>3</sup>. Dall'analisi dei dati riportati, si osserva che il 2% circa delle strutture scolastiche in regione risulta avere concentrazioni medie superiori a 500 Bq/m<sup>3</sup>, e 48 edifici, circa il 4% del totale, presentano almeno un locale abitabile con concentrazione media superiore a 500 Bq/m<sup>3</sup>.

Provincia	Numero di scuole	Media [Bq/m <sup>3</sup> ]	Numero di Scuole con Concentrazione media di Radon superiore a			Percentuale di Scuole con Concentrazione media di Radon superiore a			Numero di Scuole con almeno un locale con Concentrazione di Radon superiore a			Percentuale di Scuole con almeno un locale con Concentrazione di Radon superiore a		
			200	400	500	200	400	500	200	400	500	200	400	500
			Bq/m <sup>3</sup>			Bq/m <sup>3</sup>			Bq/m <sup>3</sup>			Bq/m <sup>3</sup>		
Pordenone	290	123	45	15	8	16	5	3	71	25	15	24	9	5
Trieste	271	83	27	7	4	10	3	1	38	12	7	14	4	3
Udine	599	98	70	13	6	12	2	1	106	40	22	18	7	4
Gorizia	159	91	9	5	2	6	3	1	22	6	4	14	4	3
<b>Totale</b>	<b>1319</b>	<b>100</b>	<b>151</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>237</b>	<b>83</b>	<b>48</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>4</b>

**Tabella 8.** Risultati dell'indagine sulla concentrazione di radon nelle strutture scolastiche e negli asili nido del Friuli Venezia Giulia, suddivisi per provincia: numero delle scuole e valore medio delle concentrazioni di radon, numero e percentuale delle scuole la cui media supera rispettivamente 200, 400 e 500 Bq/m<sup>3</sup> e numero e percentuale delle scuole in cui almeno un locale supera rispettivamente 200, 400 e 500 Bq/m<sup>3</sup>.

In figura 3 viene presentata la distribuzione spaziale dei dati classificata in base alla concentrazione di radon, che mostra una continuità spaziale nei dati relativi alla concentrazione di radon indoor, analogamente a quanto si osserva in gran parte dei fenomeni naturali di carattere ambientale.

La continuità della distribuzione delle concentrazioni di radon e l'identificazione di aree omogenee con concentrazione media più elevata è visibile nella mappa di figura 4 che riporta la distribuzione delle concentrazioni interpolate mediante il metodo Kriging lineare<sup>1</sup>.

La figura 5 riporta la distribuzione dei valori medi comunali delle concentrazioni di radon misurate nelle scuole della regione. Per rendere i dati

più omogenei tra di loro, sono stati utilizzati i valori medi della concentrazione di radon relativi ai soli piani terra delle scuole oggetto dell'indagine.

Nella mappa di figura 6 i comuni sono divisi in classi in funzione della presenza o meno di almeno un locale in almeno una scuola con concentrazioni di radon superiori a 200, 400 o 500 Bq/m<sup>3</sup>. I comuni che presentano almeno un edificio scolastico con almeno un locale con concentrazione superiore a 500 Bq/m<sup>3</sup> sono 26: essi rappresentano circa il 12% di tutti i comuni della regione.

Infine, in figura 7 viene riportata la percentuale di scuole, all'interno di ogni comune, con almeno un locale abitabile con concentrazione media di radon maggiore di 200 Bq/m<sup>3</sup>.

1. La mappa è stata ottenuta con il programma SURFER per WINDOWS (Golden Software Inc.) che è in grado di interpolare, tramite kriging ordinario, singoli dati ottenuti dalla media aritmetica di tutti i dati contenuti in una maglia rettangolare di dimensioni adeguate e di creare curve di isoconcentrazione: in questo caso le dimensioni scelte per la maglia sono quelle di 200 x 200 m.

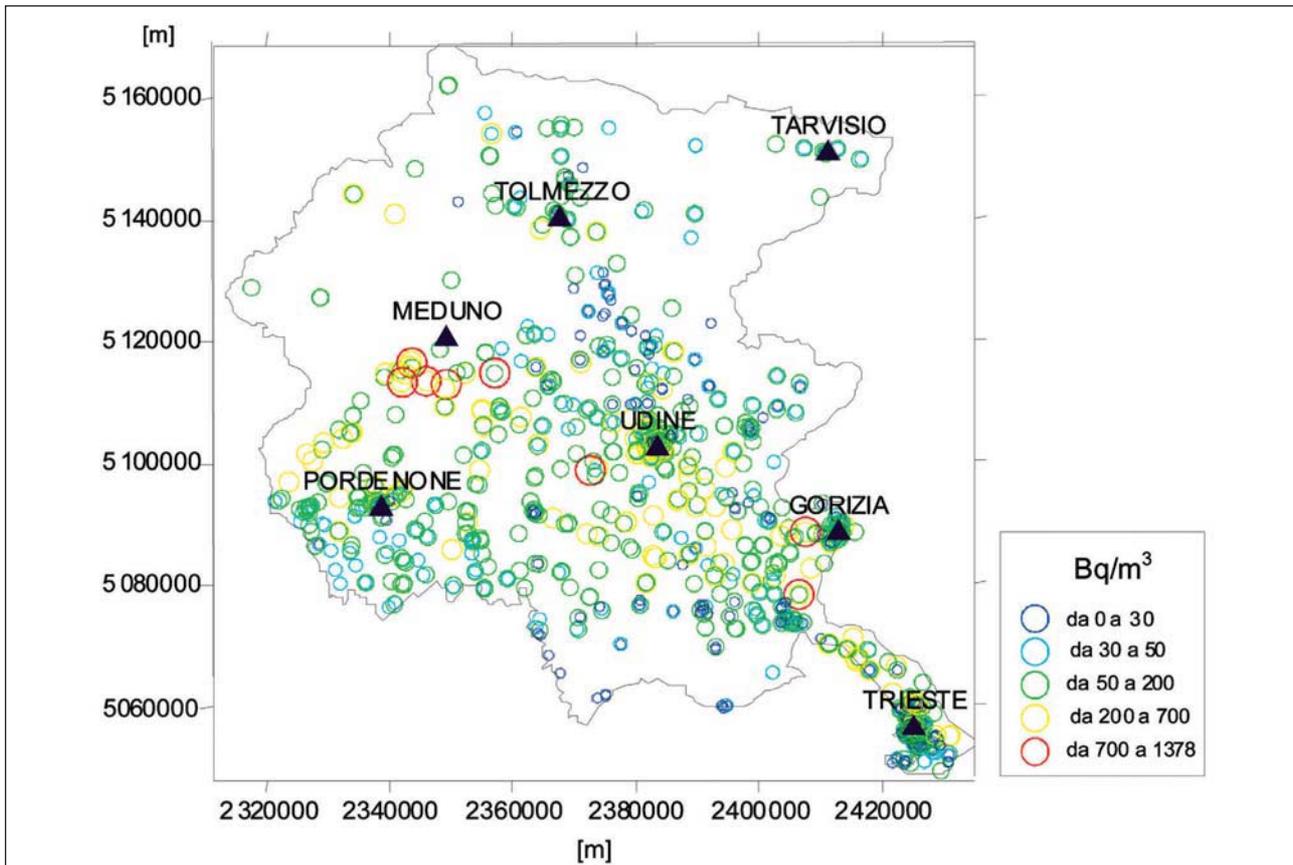


Figura 3. Distribuzione spaziale dei dati classificata per concentrazione di radon

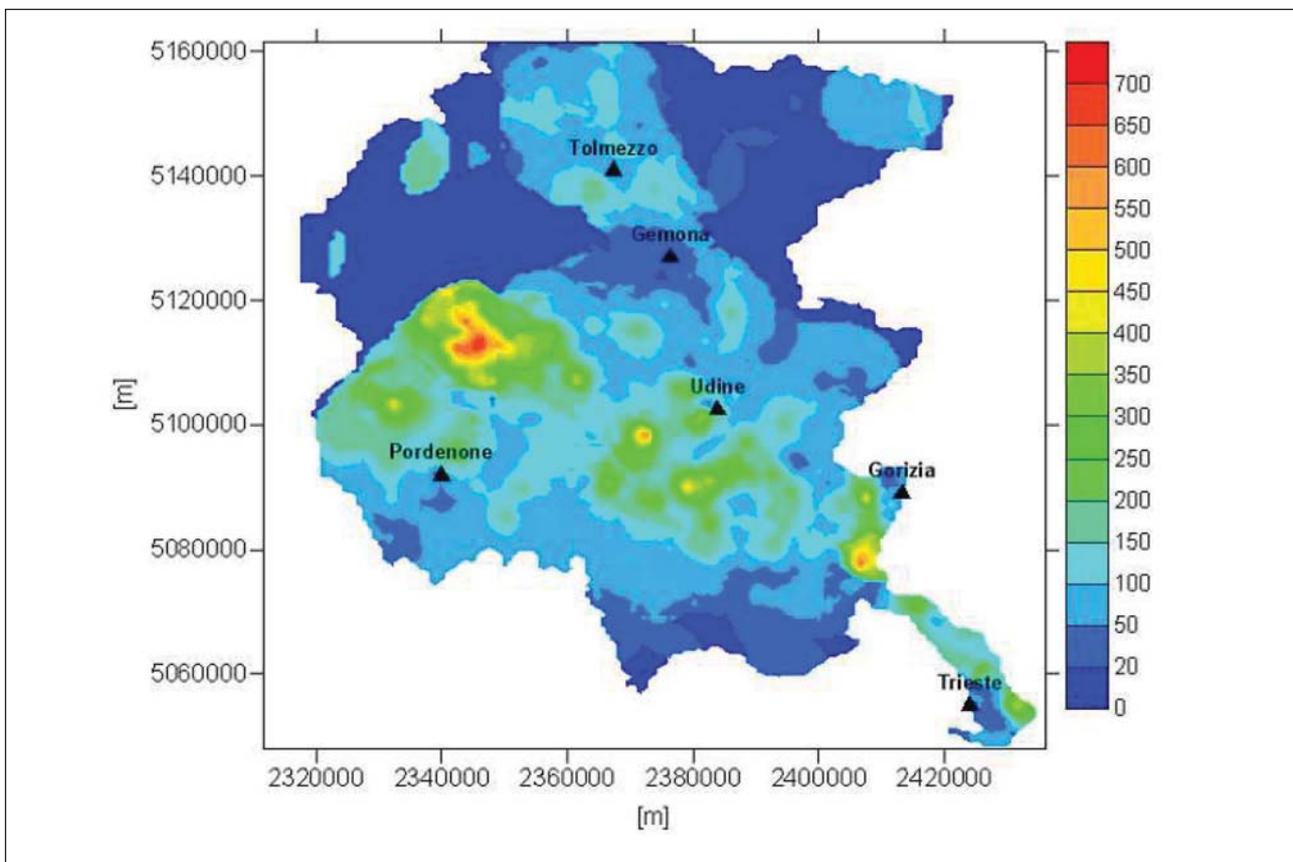


Figura 4. Kriging ordinario per i dati regionali delle concentrazioni di radon nelle strutture scolastiche (Bq/m³)

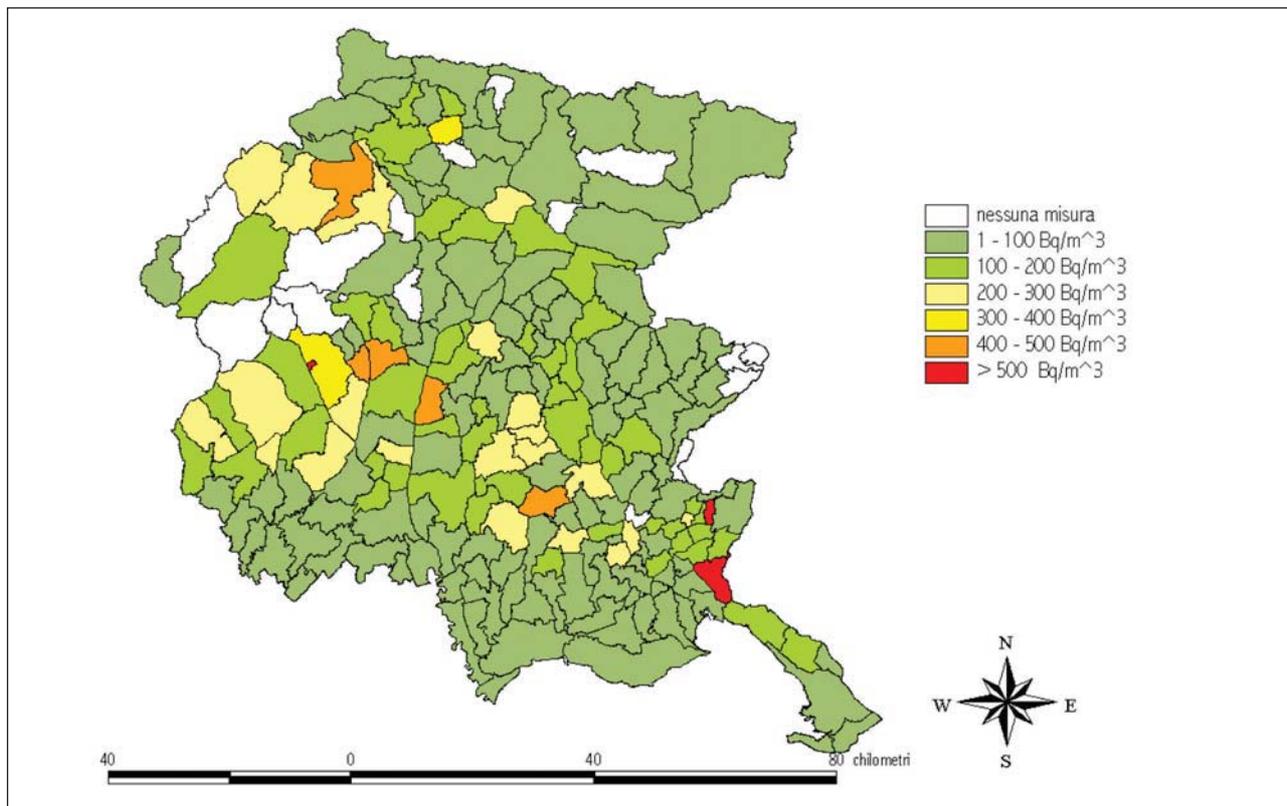


Figura 5. Valori medi (per comune) delle concentrazioni di radon misurate nei piani terra delle scuole della regione

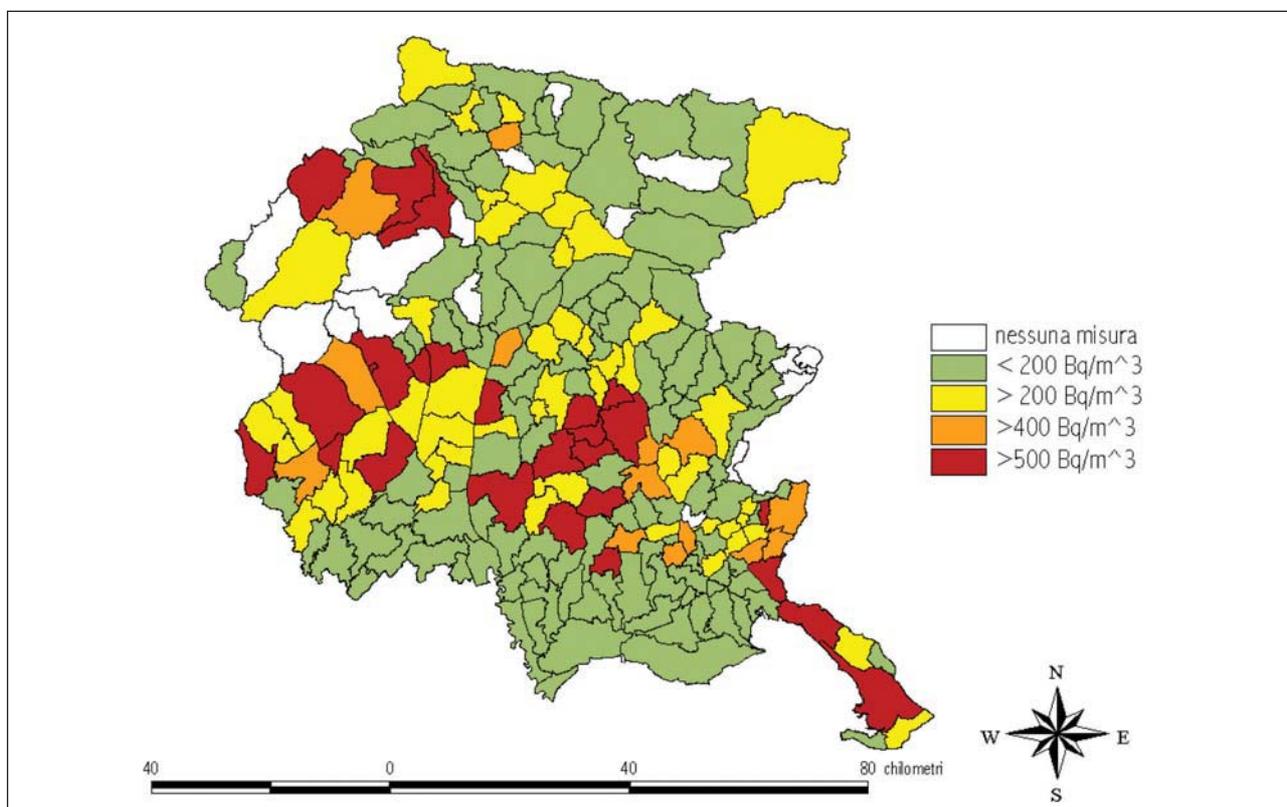
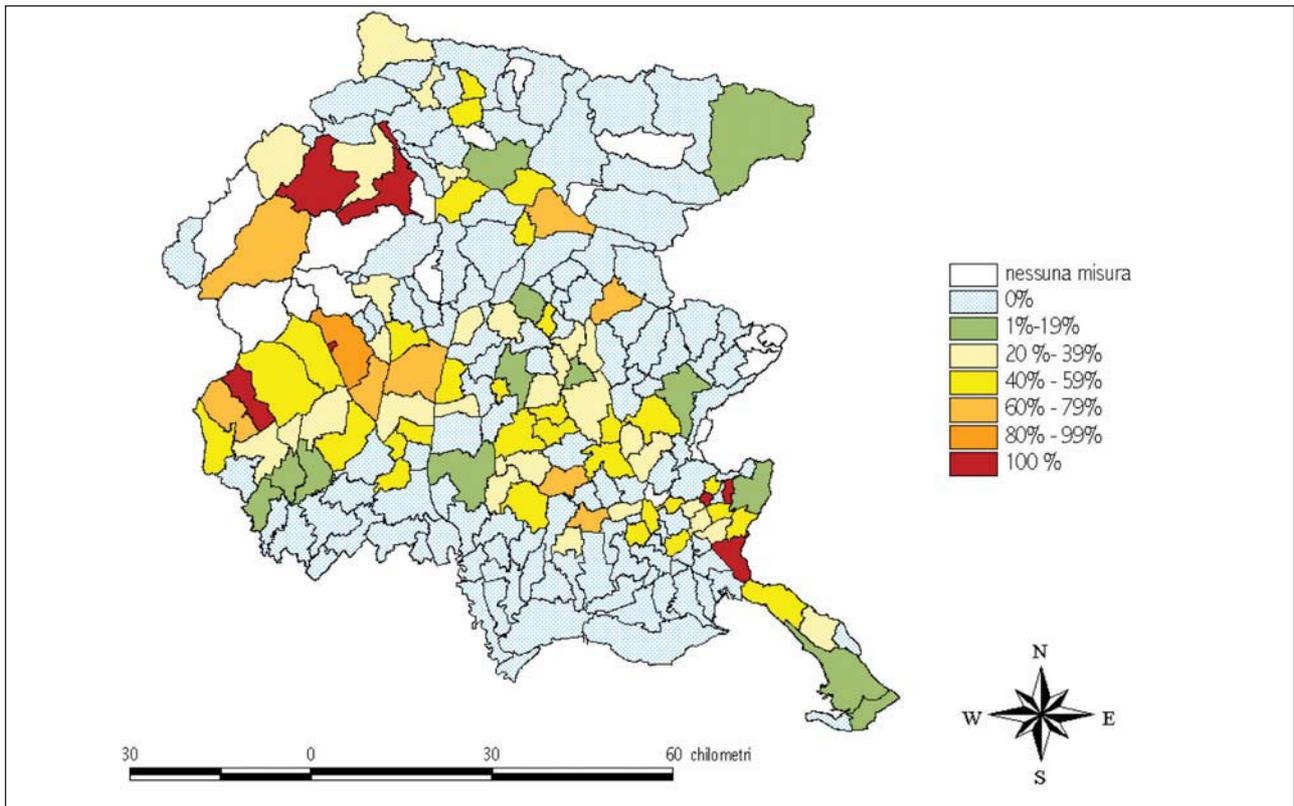


Figura 6. Comuni con scuole che presentano almeno un locale con concentrazione media di radon superiore rispettivamente a 200, 400 e 500 Bq/m<sup>3</sup>.



**Figura 7.** Percentuale di scuole, all'interno di ogni comune, che presentano almeno un locale abitabile con concentrazione media di radon maggiore di  $200 \text{ Bq/m}^3$ .

### Concentrazione di radon in abitazioni private

Nel periodo 2002-2005 sono state condotte due campagne di misura di radon nelle abitazioni private di due comuni della regione, finalizzate alla realizzazione di mappe comunali della concentrazione di radon indoor.

La normativa italiana non prevede livelli di riferimento per la concentrazione di radon all'interno delle abitazioni private. Gli unici valori di riferimento sono quelli contenuti nella Raccomandazione Euratom 143/90, nella quale viene fissato, per le abitazioni esistenti, il valore di  $400 \text{ Bq/m}^3$  al di sopra del quale si rendono necessari provvedimenti cor-

rettivi per la riduzione del radon. Inoltre viene stabilito che sia applicato un livello di progettazione, pari a  $200 \text{ Bq/m}^3$ , cui le competenti autorità possano far riferimento nell'adottare disposizioni, norme e codici di tecniche costruttive per i casi in cui il livello di progettazione rischi di venire superato.

Le misure nel comune di Udine sono ancora in corso e verranno completate nel 2006. Le figure 8 e 9 riportano i risultati della campagna effettuata in 40 edifici del comune di Gonars, nel quale solo in una abitazione è stata misurata una concentrazione superiore a  $400 \text{ Bq/m}^3$  mentre in 10 abitazioni è stata misurata una concentrazione superiore a  $200 \text{ Bq/m}^3$ .

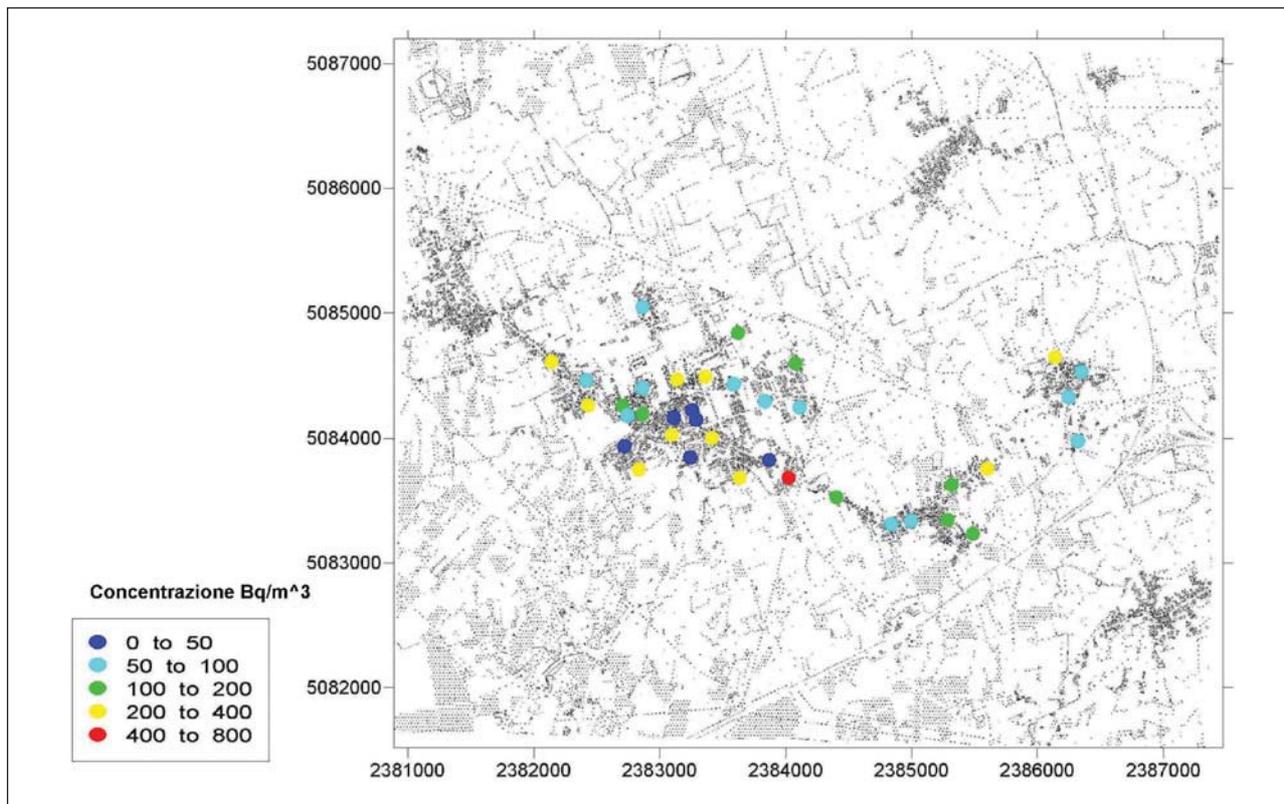


Figura 8. Distribuzione dei punti di misura e delle concentrazioni di radon indoor del comune di Gonars (Ud).

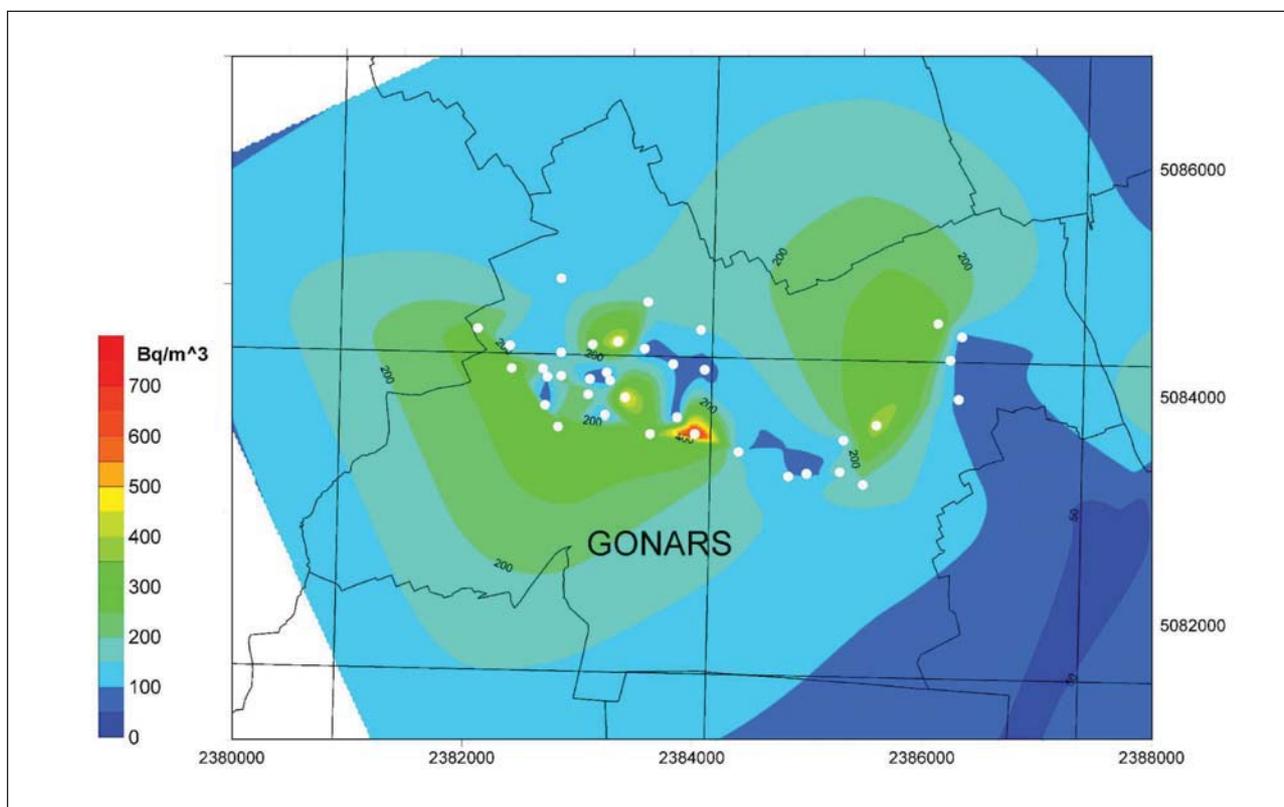


Figura 9. Mappa delle concentrazioni di radon indoor del comune di Gonars (Ud).

Nel corso degli anni 2002-2005 sono state inoltre effettuate circa 350 misure di concentrazione di radon indoor per privati. I valori di riferimento di 400 e 200 Bq/m<sup>3</sup> sono stati superati rispettivamente nel 13% e nel 25% delle abitazioni indagate. I valori relativamente alti delle percentuali di superamenti sono da attribuire al fatto che nella maggior parte dei casi le misure sono state effettuate nel periodo invernale, quando normalmente la concentrazione di radon indoor è maggiore. Il risultato delle misure rappresenta quindi una sovrastima della concentrazione media annua.

#### Il progetto radon prone areas in Friuli Venezia Giulia

Il D.Lgs. 241/2000, recependo la direttiva comunitaria 29/96, prevede che le regioni definiscano le radon prone areas RPA (zone a rischio radon) all'interno del proprio territorio e che l'elenco di tali aree venga pubblicato nella Gazzetta Ufficiale. All'interno delle RPA lo stesso decreto prevede l'obbligatorietà delle misure, e delle eventuali azioni di rimedio, in tutti i luoghi di lavoro. In adempimento alla normativa menzionata, e sulla base delle conoscenze tecniche disponibili in materia di misura di radon indoor e di definizione di radon prone areas in Italia ed all'estero (Veneto, Alto Adige, Gran Bretagna ecc.), è stato predisposto un progetto allo scopo di ottenere una prima indicazione della distribuzione della concentrazione del radon indoor sul territorio regionale entro il 2006 e di definire le radon prone areas in Friuli Venezia Giulia entro il 2007. Tale progetto è stato avviato nel 2005, e la prima campagna di misure è iniziata a settembre-ottobre.

Per ulteriori informazioni si veda il sito dell'ARPA FVG: <http://www.arpa.fvg.it/>

#### 7.3.1.2. Concentrazione di radon nel suolo

Nell'ambito del progetto per la definizione delle zone a rischio radon (vedi finestra di approfondimento), è inserita la campagna per la misura della concentrazione di radon nei suoli della regione.

### 7.3.2. Fonti di emissione di origine antropica

#### 7.3.2.1. Sorgenti radioattive artificiali presenti sul territorio del Friuli Venezia Giulia

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.

Dall'ultimo trimestre del 2005 è in corso la rea-

lizzazione di un catasto georeferenziato delle sorgenti radioattive artificiali presenti sul territorio del Friuli Venezia Giulia. Il catasto viene costruito a partire dalle comunicazioni preventive di pratiche che comportano l'utilizzo di sorgenti radioattive, ai sensi del D.Lgs 241/2000, Art 22. Le attività che prevedono l'avvio di tali pratiche sono prevalentemente di tipo medico, industriale e di ricerca scientifica.

Le sorgenti, suddivise sulla base dell'utilizzo di sostanze radioattive o di macchine radiogene, vengono registrate annotando i dati relativi alle caratteristiche fisiche, all'attività o alle caratteristiche tecniche degli impianti. Per ciascuna pratica vengono inoltre riportati l'esercente, l'esperto qualificato ed il medico autorizzato.

#### 7.3.2.2. La radioattività nelle acque potabili

Il decreto legislativo 31/01 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alle acque destinate al consumo umano" prevede esplicitamente, e per la prima volta, l'obbligo di verificare il contenuto nelle acque di sostanze radioattive di origine sia naturale che artificiale. La raccomandazione della Commissione Europea 2000/473/Euratom prevede, per le acque potabili, il controllo della radioattività nell'acqua derivata dai più importanti bacini sotterranei e di scorrimento e dalle principali reti di distribuzione. E' anche stabilito, ai sensi dell'art. 8 del D.Lgs 31/01, che, per le attività di laboratorio, le aziende sanitarie locali si avvalgono delle agenzie regionali per la protezione dell'ambiente.

Lo stesso decreto prevede, per quanto riguarda la radioattività, la verifica del rispetto di due parametri: la concentrazione di trizio<sup>2</sup> (H-3) ed il valore della dose totale indicativa, che non devono superare i valori riportati in tabella 9.

Radionuclidi	Valore limite
Trizio (H-3)	100 Bq/l
Dose totale indicativa*	0.10 mSv/anno

**Tabella 9.** Valori di parametro stabiliti dal D.Lgs 31/01 (\*Ad eccezione del trizio, potassio-40, radon e prodotti di decadimento del radon)

2. Il trizio è un radionuclide di origine sia naturale che artificiale. La componente naturale viene prodotta dall'interazione della radiazione cosmica con gli strati alti dell'atmosfera, entra nel ciclo dell'acqua e si trova normalmente nelle acque di falda in concentrazioni dell'ordine di poche unità di Bq/l. L'unica fonte antropica di trizio è legata all'esercizio di alcuni tipi di impianti nucleari e in maniera minore ad alcuni tipi di strutture di ricerca. In regione e nelle immediate vicinanze non esistono impianti nucleari che utilizzano trizio per la produzione di energia. Inoltre i laboratori che utilizzano trizio per le proprie attività sono tenuti ad avviare allo smaltimento, tramite ditte autorizzate, gli eventuali residui della lavorazione e non possono immettere, in nessun caso, trizio nell'ambiente.

La dose totale indicativa è legata alla quantità di radiazione assorbita dal corpo umano dovuta all'ingestione di radionuclidi, sia naturali che artificiali, eventualmente presenti nell'acqua potabile. La sua valutazione richiederebbe quindi la misura di tutti gli isotopi radioattivi (ad esclusione di quelli citati in nota alla tabella 9) presenti nelle acque potabili. Le "Linee guida sulla qualità delle acque potabili" pubblicate nel 2004 dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) suggeriscono un metodo indiretto per la valutazione della dose totale indicativa, che consiste nell'effettuare due distinte misure per determinare l'attività totale dovuta al decadimento alfa ( $\alpha$ -totale) e quella dovuta al decadimento beta ( $\beta$ -totale). Se le misure di  $\alpha$ -totale e  $\beta$ -totale risultano inferiori rispettivamente a 0.5 Bq/l e 1 Bq/l la dose totale indicativa che ne deriva risulta essere inferiore al valore limite di 0.10 mSv/anno. Solo nel caso di superamento di uno dei due limiti derivati per l'attività  $\alpha$ -totale o  $\beta$ -totale sarà necessario procedere alla determinazione dei singoli radionuclidi per poter effettuare una più precisa stima della dose totale indicativa.

L'ARPA FVG nel corso del 2005 ha messo a punto la tecnica per la determinazione della concentrazione di trizio in acqua ed ha avviato lo studio e le procedure per la messa a punto della tecnica per la misura  $\alpha$ -totale e  $\beta$ -totale.

In particolare, nell'ambito di un piano concordato con la Direzione Centrale Salute e Protezione Sociale regionale, sono stati analizzati 65 campioni prelevati dalle principali sorgenti di approvvigionamento degli acquedotti regionali. I campionamenti sono stati affidati ai Dipartimenti di Prevenzione delle aziende sanitarie, ad esclusione dell'ASS 1 Triestina, in quanto gli acquedotti del territorio della provincia di Trieste captano presso sorgenti della provincia di Gorizia.

Come si evince dai risultati riportati in tabella 10, nei campioni di acqua potabile prelevati sia in provincia di Gorizia che dall'ASS3 Alto Friuli, dall'ASS4 Medio Friuli e dall'ASS5 Bassa Friulana non sono state misurate concentrazioni superiori alla minima attività rilevabile.

Codice Campione	Concentrazione di Trizio (Bq/l)	Errore (Bq/l)
2GO-T01	< 3.18 (*)	-
2GO-T02	< 3.10 (*)	-
2GO-T03	< 2.24 (*)	-
2GO-T04	< 2.96 (*)	-
2GO-T05	< 3.46 (*)	-
2GO-T06	< 3.17 (*)	-
2GO-T07	< 3.36 (*)	-
2GO-T08	< 3.18 (*)	-
2GO-T09	< 3.43 (*)	-
2GO-T10	< 3.44 (*)	-
3UD-T01	< 3.46 (*)	-
3UD-T02	< 3.50 (*)	-
3UD-T03	< 3.28 (*)	-
3UD-T04	< 3.46 (*)	-
3UD-T05	< 3.14 (*)	-
3UD-T06	< 3.06 (*)	-
3UD-T07	< 3.32 (*)	-
4UD-T01	< 3.07 (*)	-
4UD-T02	< 3.27 (*)	-
4UD-T03	< 3.12 (*)	-
4UD-T04	< 3.13 (*)	-
4UD-T05	< 2.20 (*)	-
4UD-T06	< 3.36 (*)	-
4UD-T07	< 3.56 (*)	-
4UD-T08	< 3.40 (*)	-
4UD-T09	< 3.26 (*)	-
4UD-T10	< 3.10 (*)	-
4UD-T11	< 3.43 (*)	-
4UD-T12	< 3.51 (*)	-
4UD-T13	< 3.27 (*)	-
4UD-T14	< 3.23 (*)	-
4UD-T15	< 3.20 (*)	-
4UD-T16	< 3.23 (*)	-
4UD-T17	< 3.44 (*)	-
4UD-T18	< 3.74 (*)	-
4UD-T19	< 3.36 (*)	-
4UD-T20	< 3.39 (*)	-
5UD-T01	< 3.45 (*)	-
5UD-T02	< 3.05 (*)	-
5UD-T03	< 3.44 (*)	-
5UD-T04	< 3.07 (*)	-
5UD-T05	< 4.12 (*)	-
5UD-T06	< 3.33 (*)	-
5UD-T07	< 3.53 (*)	-

(\*) Minima attività rilevabile

**Tabella 10.** Risultati delle misure di Trizio in acqua potabile. Campioni prelevati dai Dipartimenti di Prevenzione delle aziende sanitarie: ASS2 Goriziana, ASS3 Alto Friuli, ASS4 Medio Friuli ed ASS5 Bassa Friulana

Codice Campione	Concentrazione di Trizio (Bq/l)	Errore (Bq/l)
6PN-T01	4.72	± 0.24
6PN-T02	< 3.76 (*)	-
6PN-T03	5.48	± 0.27
6PN-T04	< 3.55 (*)	-
6PN-T05	4.46	± 0.22
6PN-T06	5.06	± 0.25
6PN-T07	4.51	± 0.23
6PN-T08	3.84	± 0.19
6PN-T09	3.56	± 0.18
6PN-T10	3.70	± 0.19
6PN-T11	5.27	± 0.26
6PN-T12	5.81	± 0.29
6PN-T13	6.4	± 0.3
6PN-T14	< 3.82 (*)	-
6PN-T15	5.45	± 0.27
6PN-T16	< 4.01 (*)	-
6PN-T17	< 3.71 (*)	-
6PN-T18	< 3.42 (*)	-
6PN-T19	< 3.57 (*)	-
6PN-T20	< 3.87 (*)	-
6PN-T21	< 3.70 (*)	-

(\*) Minima attività rilevabile

**Tabella 11.** Risultati delle misure di Trizio in acqua potabile. Campioni prelevati dal Dipartimento di Prevenzione

Per contro, va segnalato che 12 dei 21 campioni prelevati in provincia di Pordenone (tabella 11) presentano concentrazioni di Trizio superiori alla minima attività rilevabile, comunque molto al di sotto del valore limite di 100 Bq/l e del tutto confrontabili con i valori di concentrazione che si riscontrano nelle acque piovane.

I valori leggermente più elevati delle concentrazioni di trizio misurate nei campioni provenienti dall'ASS6 Friuli Occidentale portano ad ipotizzare che il tempo di ricarica delle falde acquifere, da cui sono stati prelevati i campioni, sia inferiore rispetto ai tempi di ricarica delle altre falde.

### 7.3.3. Deposizione al suolo (fall out) di alcuni radionuclidi

#### 7.3.3.1. Concentrazione di Cs-137 nella deposizione al suolo (Fall-out) e nel particolato atmosferico

Nella figura 10 sono riportati i valori di concentrazione di Cs-137 nel fall-out raccolto mensilmente durante il periodo gennaio 2003 - dicembre 2005 presso il sito di Udine.

La figura 11 riporta l'andamento temporale delle deposizioni totali annue di Cs-137 presso il sito di Udine, per gli anni dal 1988 al 2005. 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 5 anni la concentrazione, corretta per il decadimento fisico, rimane sostanzialmente invariata.

La misura di spettrometria gamma su particolato atmosferico rientra tra quelle previste all'interno della rete nazionale per il controllo della radioattività ambientale ed i risultati di tale misura vengono spediti giornalmente all'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) e vengono periodicamente riportati all'interno dell'Annuario dei Dati Ambientali.

Il particolato atmosferico viene raccolto giornalmente su di un filtro in cellulosa, mediante una pompa (volume di aria filtrata pari circa 100 m<sup>3</sup> giorno) posta sul tetto dell'edificio che ospita la sezione di fisica ambientale a Udine. La pompa è in funzione 24 ore su 24 ed il filtro viene prelevato e misurato, mediante spettrometria gamma, tutti i giorni feriali. Alla fine di ogni settimana e di ogni mese vengono effettuate misure rispettivamente sull'insieme dei filtri di tutta la settimana e di tutto il mese.

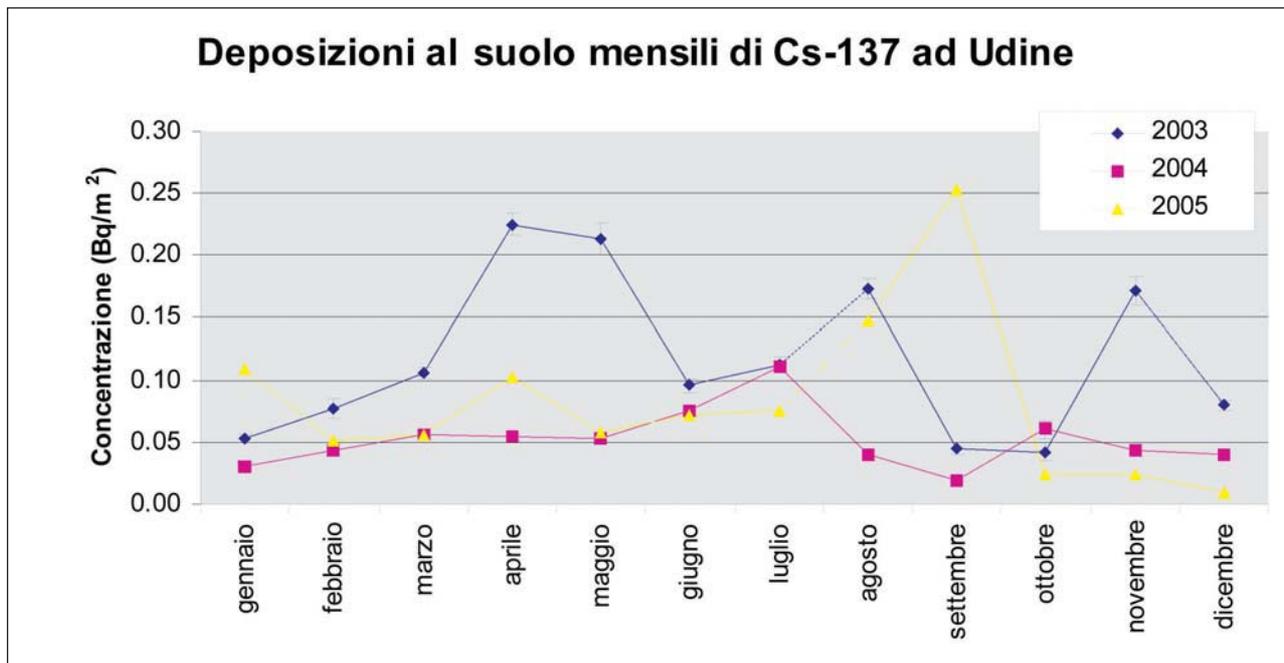


Figura 10. Cs-137 nel fall-out raccolto mensilmente presso il sito di Udine nel periodo gennaio 2003- dicembre 2005.

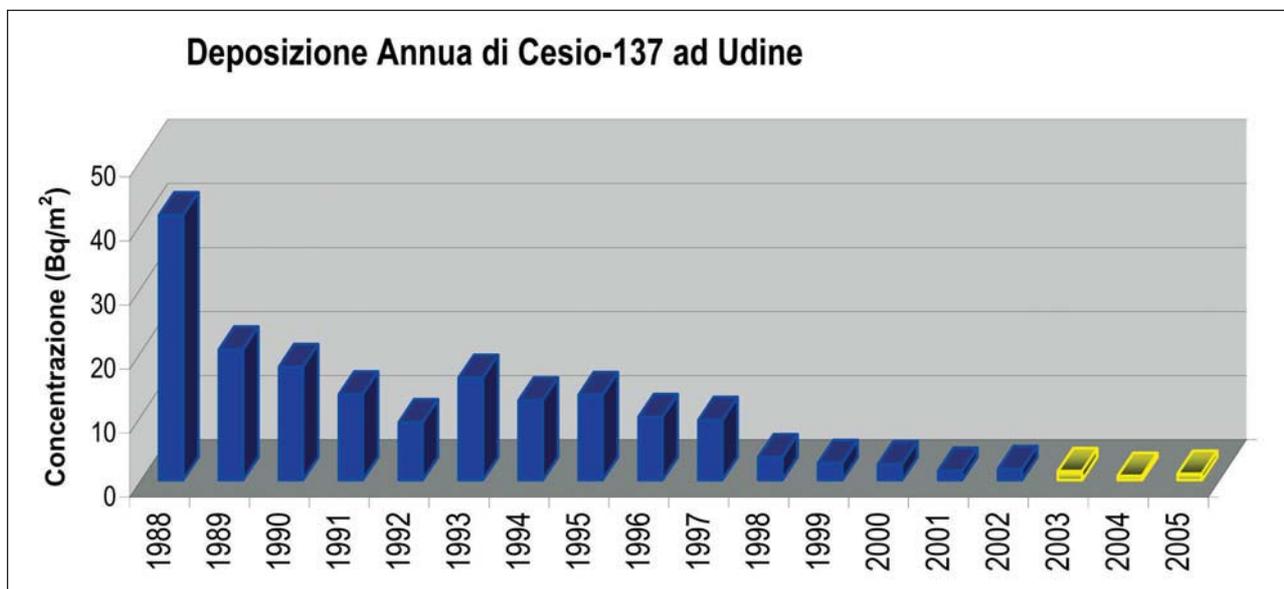


Figura 11. Cs-137 nelle deposizioni totali annue presso il sito di Udine negli anni 1988-2005.