

Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Piemonte 2011

Rischio naturale e antropico

RADIAZIONI IONIZZANTI



RADIAZIONI IONIZZANTI

Le radiazioni ionizzanti, cioè quelle che trasportano energia sufficiente da ionizzare la materia sulla quale incidono, sono largamente utilizzate nelle attività industriali, nella produzione di energia nucleare, in campo medico o nella ricerca scientifica. Il loro impatto sull'ambiente e sulla salute umana viene valutato attraverso le reti di monitoraggio della radioattività ambientale, sia quelle a livello nazionale o regionale, sia quelle locali intorno ai siti nucleari. In Piemonte sono attive la rete nazionale (facente capo a Ispra), quella regionale e quelle locali intorno ai siti nucle-

ari di Bosco Marengo (AL), Saluggia (VC) e Trino (VC). Anche la radioattività di origine naturale è oggetto di studio da parte di Arpa Piemonte. Grande attenzione ha in questo settore la misura del radon.

Per informazioni di carattere generale sulle radiazioni ionizzanti e/o la consultazione di pubblicazioni specifiche si rimanda al sito arpa.piemonte.it alle sezioni "Radiazioni ionizzanti" e "Pubblicazioni".

LE RETI NAZIONALE E REGIONALE DI MONITORAGGIO

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Concentrazione di Cesio 137 nelle matrici alimentari	Bq/kg	S	Arpa Piemonte	Puntuale	1988-2010		↓
Concentrazione di Cesio 137 nelle matrici ambientali	Bq/kg	S	Arpa Piemonte	Puntuale	1988-2010		↓
Rateo di dose gamma in aria in continuo	nSv/h	S	Arpa Piemonte	Regione	2007-2010		↔
Dose efficace	mSv/anno	I	Arpa Piemonte	Regione	1988-2010		↔
Detentori di sorgenti di radiazioni ionizzanti	numero	P	Arpa Piemonte	Regione	2001-2010		↑
Concentrazione di radon indoor	Bq/m ³	S	Arpa Piemonte	Regione	1991-2010		↔

Per visualizzare le serie storiche degli indicatori delle radiazioni ionizzanti:

http://rsaonline.arpa.piemonte.it/indicatori/radiazioni_ionizzanti

STRUTTURA E FUNZIONE DELLE RETI

Le reti di monitoraggio gestite da Arpa Piemonte sono la rete nazionale e quella regionale. La prima è l'articolazione piemontese della rete nazionale RESORAD (Rete di Sorveglianza della Radioattività Ambientale), coordinata da Ispra, ex art. 104 DLgs 230/95. RESORAD ha lo scopo principale di rilevare i livelli di radioattività artificiale presenti nei vari comparti ambientali, in modo da consentire la stima dell'esposizione della popolazione in generale alle radiazioni emesse dai radionuclidi presenti nell'ambiente. La seconda è di fatto un'estensione di RESORAD alla specifica realtà del Piemonte e ha la funzione di studiare in dettaglio le particolarità piemontesi, anche secondo direttive specifiche impartite dalla Regione Piemonte.

Lo scopo finale è di poter calcolare la dose efficace media per il Piemonte.

Le matrici analizzate da entrambe le reti sono di origine sia ambientale (particolato atmosferico, suolo, sedimenti,

acque superficiali, ecc.) che alimentare (tutti i principali alimenti che costituiscono la dieta tipo, più alcune matrici di particolare interesse radioecologico, quali ad esempio i funghi, il miele e la selvaggina).

Arpa Piemonte gestisce inoltre da 2007 una terza rete, progettata e realizzata "in proprio", la Rete di Allarme Gamma Piemonte costituita da 29 stazioni di misura della radiazione gamma, distribuite su tutto il territorio piemontese (Box 1). Questa rete è uno strumento di prevenzione per situazioni anomali o incidentali in corso, in quanto è in grado di monitorare in tempo reale i livelli di dose gamma. Dal mese di marzo del 2011 i dati di questa rete sono integrati con i dati delle altre reti gamma presenti sul territorio nazionale e partecipano al sistema comune europeo Eurdep (<http://eurdep.jrc.ec.europa.eu/Basic/Pages/Public/Home/Default.aspx>).

Box 1 - RETE DI ALLARME GAMMA PIEMONTE

La Rete Allarme Gamma Piemonte è costituita da 29 centraline Geiger che misurano in tempo reale il rateo di dose gamma in aria. Per ogni centralina è stata definita una soglia di attenzione e una soglia di allarme. Nel corso del 2010 non sono stati registrati innalzamenti del fondo ambientale riconducibili a eventi incidentali. I sensori Geiger, installati presso stazioni meteo Arpa Piemonte, registrano ogni 10 minuti i livelli di rateo di dose gamma e sono immediatamente resi disponibili ai tecnici del Dipartimento Tematico Radiazioni.

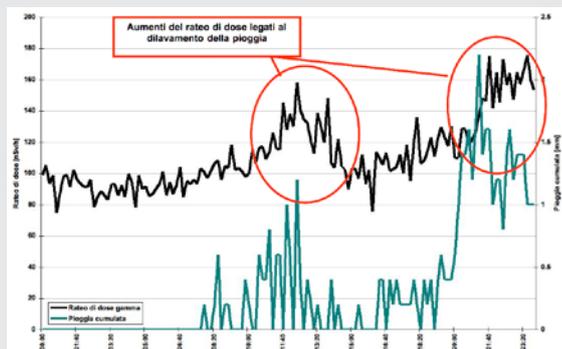


Fonte: Arpa Piemonte

SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME

Per ciascuna stazione sono stati individuati dei valori di rateo di dose in aria (soglie di attenzione e di allarme) quali parametri dosimetrici di riferimento, il cui superamento determina l'avvio di azioni di verifica e, in ultima analisi, l'attuazione di interventi di emergenza. Tali parametri sono caratteristici di ciascuna stazione di misura e variano anche in maniera considerevole tra stazione e stazione in funzione del fondo ambientale, che dipende dal luogo e dall'altitudine della stazione stessa.

VARIAZIONE DEI LIVELLI DI RATEO DI DOSE IN RELAZIONE ALLE DIVERSE CONDIZIONI AMBIENTALI



L'esperienza accumulata in questi anni (2006-2010) di funzionamento ha permesso di studiare alcuni fenomeni utili per la messa a punto di procedure di emergenza. Infatti, pur non rilevando alcun evento anomalo, è stato però possibile osservare una significativa fluttuazione dei livelli di radiazione gamma in corrispondenza di diverse condizioni ambientali e atmosferiche. In particolare si è osservato, in occasione di precipitazioni, un brusco innalzamento dei livelli di dose gamma, che ritornano poi al loro normale valore nel giro di poche ore (figura a).

Figura a - Aumento del rateo di dose in corrispondenza di pioggia

Fonte: Arpa Piemonte

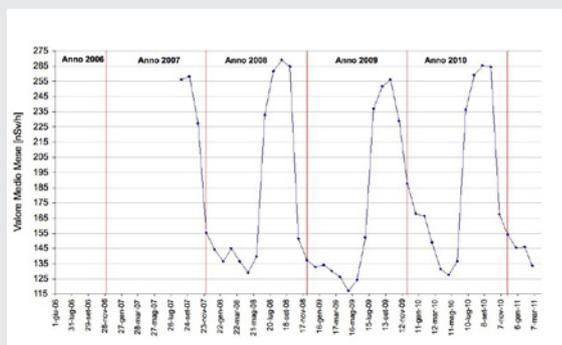


Figura b - Stagionalità nei valori medi di rateo di mensile. Andamento medie mensili Passo del Moro

Fonte: Arpa Piemonte

Altri fenomeni legati alla stagionalità delle condizioni meteo (neve e siccità) sono degni di nota in particolare per le stazioni site in alta quota.

Per tali stazioni le variazioni dei livelli gamma subiscono forti differenze tra periodi estivi e periodi invernali (figura b)

A titolo di esempio si riporta il grafico dei dati medi mensili relativi agli anni (2007-2010) misurati dalla centralina sita a Macugnaga (VB) Passo del Moro (2.820 m s.l.m.), in cui è ben visibile l'andamento stagionale della variazione del rateo di dose tra estate e inverno. In queste ultime stagioni il livello di rateo di dose subisce una diminuzione di oltre 150 nSv/h rispetto al valore estivo, ciò legato all'assorbimento della radioattività proveniente dal suolo da parte del manto nevoso.

I RISULTATI DEL MONITORAGGIO

La presenza di radioattività artificiale nell'ambiente in Piemonte è ormai a livelli molto bassi. Il radioisotopo più diffuso è il Cs-137 la cui origine è da far risalire all'incidente di Chernobyl del 1986. Lo I-131 e il Cs-134, sempre risalenti all'incidente di Chernobyl, non sono più rivelabili a causa del loro breve tempo di dimezzamento. Allo stato attuale nelle matrici alimentari, in gran parte campionate dalle ASL, non si riscontra quasi più la presenza di Cs-137. Fanno eccezione alcune matrici particolari, note per le loro proprietà radio-accumulatrici (funghi, miele, selvaggina). Nelle matrici ambientali, invece, la presenza di

Cs-137 è maggiore. Infatti nei suoli, nei sedimenti, nella deposizione al suolo (*fallout*) di norma vengono rivelati alcuni Bq/kg di Cs-137.

Oltre al Cs-137 si rivelano anche altri radionuclidi, in maniera più limitata. Lo Sr-90 (suolo e latte) e il Plutonio (suolo) sono dovuti ai *test* sulle armi nucleari effettuati in atmosfera dalle potenze nucleari (principalmente USA e URSS) fino agli anni cinquanta e sessanta del secolo scorso. Lo I-131 nei sedimenti fluviali è dovuto al suo utilizzo in campo medico.

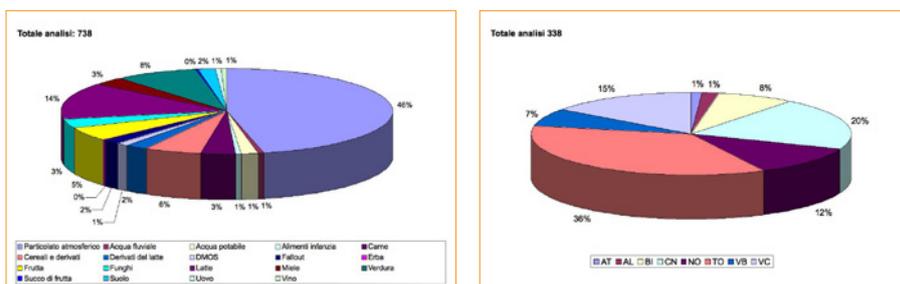


Figure 18.1
Tipologia e provenienza dei campioni analizzati anno 2010
Fonte: Arpa Piemonte

DISTRIBUZIONE DELLA DOSE EFFICACE IN PIEMONTE

I calcoli dosimetrici effettuati a partire dai dati del 2010, eseguiti in maniera molto conservativa, forniscono dosi irrilevanti alla popolazione dal punto di vista sanitario. Infatti i valori sono dell'ordine di un millesimo del limite stabilito dalla normativa italiana (1 mSv/anno - DLgs 230/95). La maggior parte della dose efficace che riceve la popolazione è infatti dovuta alla radioattività naturale, con un notevole contributo attribuibile all'inalazione di gas radon.

La radioattività artificiale contribuisce in modo decisamente secondario rispetto alla radioattività naturale al

computo della dose totale alla popolazione. Infatti la dose maggiore deriva dall'inalazione di radon (39%). L'ingestione di radionuclidi artificiali (Cs-137 e Sr-90) concorre invece per meno dell'uno per cento. Nelle tabelle 18.1-18.3 sono riportati in dettaglio i calcoli dosimetrici effettuati per la dose da ingestione di radionuclidi di origine artificiale (Cs-137 e Sr-90 per il solo latte). La dose dovuta a irraggiamento dal suolo (sia di origine naturale che artificiale) è stata calcolata da Arpa Piemonte in base a dati di concentrazione dei radionuclidi nel suolo.

Alimento	Consumo kg/anno	coeff. Sv/Bq	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Carne bovina	15	9,60E-09	0,435	6,26E-05
Latte vaccino	120	9,60E-09	1,110	1,28E-03
Alimento	Consumo kg/anno	coeff. Sv/Bq	Sr-90 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Latte vaccino	120	4,70E-08	0,045	2,54E-04
Totale CS-137 + Sr-90				1,60E-03
Limite di non rilevanza radiologica mSv				1,00E-02
Limite dose efficace mSv/anno				1,00E+00

Tabella 18.1
Dose ai lattanti (< 1 anno) dovuta ad ingestione di alimenti contaminati da Cs-137 e Sr-90
Fonte: Arpa Piemonte

Tabella 18.2

Dose agli adulti (> 17 anni) dovuta ad ingestione di alimenti contaminati da Cs-137 e Sr-90
Fonte: Arpa Piemonte

Alimento	Consumo kg/anno	coeff. Sv/Bq	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Carne bovina	50	1,30E-08	0,435	2,83E-04
Latte vaccino	105	1,30E-08	1,110	1,52E-03
Funghi	1	1,30E-08	14,9	1,94E-04
Alimento	Consumo kg/anno	coeff. Sv/Bq	Sr-90 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Latte vaccino	105	2,80E-08	0,045	1,33E-04
Totale CS-137 + Sr-90				2,12E-03
Limite di non rilevanza radiologica mSv				1,00E-02
Limite dose efficace mSv/anno				1,00E+00

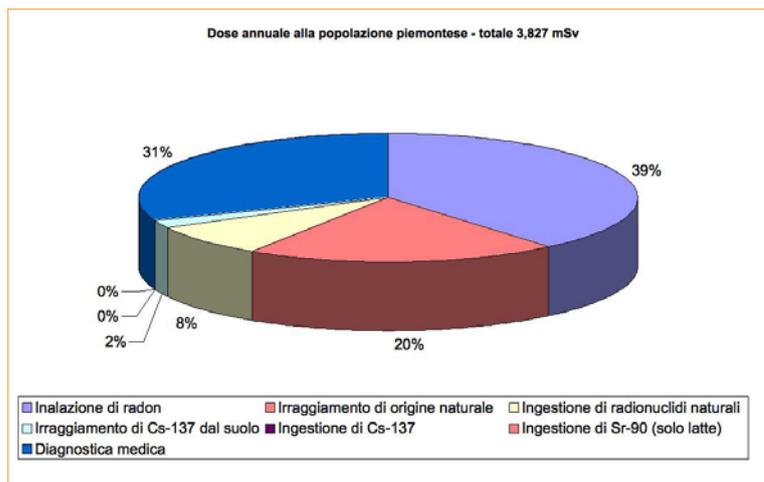
Tabella 18.3

Contributi delle diverse fonti di esposizione alla dose totale
Fonte: Arpa Piemonte

	Vie di esposizione	mSv/anno	Fonte dei dati
Naturali	Inalazione di radon	1,49	Dossier ENEA
	Irraggiamento di origine naturale	0,779	Arpa Piemonte
	Ingestione di radionuclidi naturali	0,304	Dossier ENEA
Artificiali	Irraggiamento di Cs-137 dal suolo	0,074	Arpa Piemonte
	Ingestione di Cs-137	0,0020	Arpa Piemonte
	Ingestione di Sr-90 (solo latte)	0,0001	Arpa Piemonte
	Irraggiamento da nube contaminata	Trascurabile	-
	Inalazione di Cs-137	Trascurabile	-
	Diagnostica medica	1,178	Dossier ENEA
Totale		3,827	

Figura 18.2

Dose totale annuale alla popolazione piemontese dovuta alle diverse fonti di esposizione
Fonte: Arpa Piemonte



ANALISI SU CAMPIONI DI ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO AI SENSI DEL DLgs 31/01

Per le acque potabili, invece, è previsto un regime di controllo specifico dal DLgs 31/01. Per la radioattività, si tratta di valutare la *dose totale indicativa da ingestione*. Questo parametro quantifica la dose derivante dall'ingestione cronica dei radionuclidi (perlopiù di origine naturale) contenuti nelle acque potabili. Il livello di riferimento stabilito dalla norma per la dose totale indicativa è di 0,1 mSv/anno. Per una prima valutazione di questo parametro, vengono effettuate analisi di *screening* di attività alfa totale e beta totale su campioni di acque prelevate dai principali acquedotti. Solo nel caso in cui le concentrazioni superino alcuni valori di soglia stabiliti dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (0,5 Bq/kg per l'attività alfa totale e 1 Bq/kg per l'attività beta totale), vengono disposte analisi

più approfondite, volte all'identificazione dei singoli radioisotopi. Nel 2010 sono state effettuate analisi su campioni di acque provenienti dal territorio biellese e quello verbanico, che vanno ad aggiungersi ai più di 500 campioni già analizzati in passato provenienti da altre zone del territorio piemontese. Finora non sono emerse situazioni significativamente anomale.

Nella figura 18.3 sono riportate le dosi totali indicative stimate per alcune zone del Piemonte sulla base delle misure già effettuate. Come si osserva le dosi sono dell'ordine di pochi microSv/anno (da 0,8 per il novarese a 3,3 per l'astigiano). Sono valori inferiori di circa 100 volte al limite stabilito sul DLgs 31/01 di 0,1 mSv/anno.

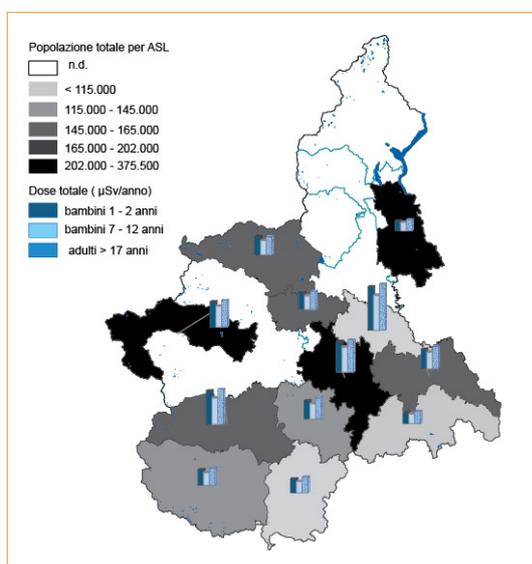


Figura 18.3

Dosi totali stimate sulla base di misure già effettuate

Fonte: Arpa Piemonte

L'ATTIVITA' DI SORVEGLIANZA DI FONTI DI RISCHIO RADIOLOGICO SUL TERRITORIO NON RICONDUCEBILI AGLI IMPIANTI NUCLEARI

Nel campo industriale, della ricerca scientifica e medico sono largamente utilizzate sorgenti di radiazioni ionizzanti. In campo industriale si ha per lo più l'utilizzo di sorgenti radioattive sigillate, in campo medico sono utilizzate sia sorgenti sigillate che non sigillate e nel campo della ricerca per lo più sorgenti non sigillate. I tempi di dimezzamento di queste sorgenti variano a seconda dell'utilizzo: generalmente sono più lunghi per le sorgenti utilizzate in campo

industriale (decine o centinaia di anni), mentre per le applicazioni in campo medico o di ricerca si tende a utilizzare sorgenti con brevi tempi di dimezzamento (al massimo qualche giorno). Le sorgenti utilizzate nell'ambito di ricerca non incidono pressoché in alcun modo sull'ambiente, in quanto hanno brevi tempi di dimezzamento e sono utilizzate in quantità modeste. Nella tabella 18.4 sono elencate alcune delle sorgenti utilizzate.

Tabella 18.4

Principali radionuclidi
utilizzati in campo medico e
industriale
Fonte: Arpa Piemonte

Utilizzo	Scopo	Radionuclidi
Industriale	Rivelatori di fumo	Am-241, Ra-226
Industriale	Misuratore di spessore	Sr-90, Kr-85, Am-241
Industriale	Misuratore di livello/densità	Cs-137, Co-60
Industriale	Gammagrafie	Se-75, Ir-192
Medico	Diagnostica	Tc-99m, F-18, Tl-201
Medico	Terapia	Co-60, I-131, I-125, P-32, Sr-89, Y-90, S-153

SORGENTI UTILIZZATE IN CAMPO INDUSTRIALE

Le sorgenti utilizzate in campo industriale in genere hanno tempi di dimezzamento abbastanza lunghi e quindi è molto probabile che possiedano ancora una certa attività quando vengono dismesse. Il rischio maggiore è quindi di non essere smaltite correttamente alla fine dell'utilizzo. Una gestione non corretta di queste sorgenti, non dovuta necessariamente a dolo ma anche a semplice incuria, può far sì che si ritrovino sorgenti radioattive nei rottami metallici o nei materiali inerti derivanti dallo smantellamento di grosse zone o impianti industriali. La fusione e il successivo riutilizzo dei materiali metallici fanno sì che l'attenzione si concentri più sulle fonderie o i grandi depositi di rottami metallici che sulle discariche di materiali inerti. A questo scopo la normativa italiana prevede che chiunque commerci, abbia in deposito o utilizzi per la fusione rottami metallici sia tenuto alla sorveglianza radiometrica (DLgs 230/95 e DLgs 23/09). La sorveglianza radiometrica può essere effettuata o con rivelatori portatili, misurando accuratamente il carico, o con rivelatori a portale sotto cui far passare i carichi in ingresso e per sicurezza anche i carichi in uscita, sia di prodotto finito o di scorie destinate ad altro

uso. Infatti a seconda del tipo di sorgente radioattiva, nel caso di fusione si può ritrovare il radionuclide o nel metallo stesso o nelle povere di abbattimento fumi. In genere i radionuclidi chimicamente simili ai metalli (per esempio il Co-60 o il Ra-226) si accumulano nel metallo stesso contaminando il prodotto finito, mentre altri radionuclidi (Am-241, Cs-137) si accumulano nei fumi contaminando tutto il sistema di abbattimento fumi e, se presenti in grandi quantità, anche il territorio circostante.

Nel 2010 Arpa Piemonte ha effettuato diversi controlli preventivi presso rottamai e fonderie. Scopo dei controlli non è solamente verificare che nel materiale presente al momento sul sito non vi siano sorgenti radioattive, ma soprattutto quello di informare sulla necessità di effettuare i controlli da parte delle ditte stesse.

Sono anche stati effettuati degli interventi a seguito di segnalazione da parte di ditte già dotate di sistemi di controllo quando tali sistemi rivelavano anomalie radiometriche. Nelle figure 18.4 sono riassunti il numero e la tipologia degli interventi effettuati nel 2010.

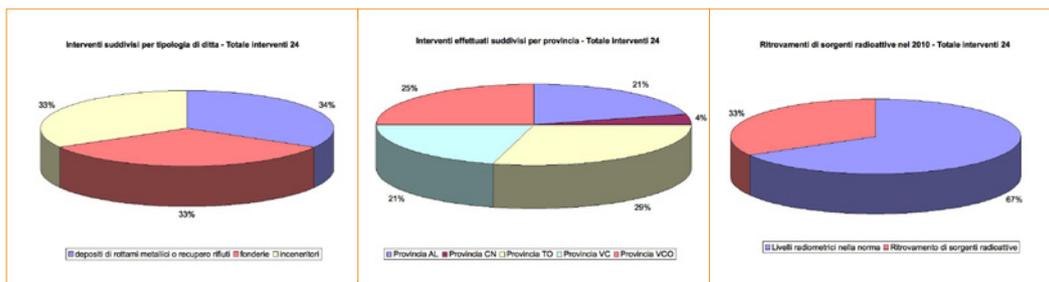


Figure 18.4
 Dettaglio degli interventi sul territorio effettuati nel 2010
 Fonte: Arpa Piemonte

SORGENTI IN CAMPO MEDICO

Le sorgenti utilizzate in campo medico, avendo un tempo di dimezzamento abbastanza breve, difficilmente possono venire rivelate in ambiente, a meno che non vengano immesse con continuità. E' il caso dello I-131 che viene rivelato nel sedimento fluviale (DMOS - Detrito Minerale Organico Sedimentabile) dei principali fiumi della nostra regione, specie a valle dei grossi centri urbani. Per effettuare indagini diagnostiche o terapie le sostanze radioattive vengono immesse nel corpo del paziente, facendo diventare in qualche modo il paziente stesso una sorgente radioattiva. Le strutture sanitarie hanno infatti luoghi separati per la degenza dei pazienti, nonché un sistema fognario che prevede la conservazione degli escreti radioattivi fino al completo decadimento dell'attività. Tuttavia i pazienti vengono dimessi con ancora in corpo una certa quantità di radioattività, che viene escreta nel sistema fognario domestico oppure trasferita a oggetti personali quali lenzuola, fazzoletti, pannolini, ecc. E' per questo motivo che si ritrova lo I-131 nei sedimenti fluviali, in quanto viene

immesso "con continuità" nei sistemi fognari da pazienti dimessi da strutture sanitarie. Si comprende quindi anche perché è più facile che lo I-131 venga rivelato a valle di grossi centri urbani, in quanto vi è in genere la presenza di maggiori strutture sanitarie nonché vi è più probabilità di avere un numero di pazienti trattati maggiore. Gli effetti personali di pazienti trattati, quando non vengono conservati per tempi sufficientemente lunghi, possono dare allarmi ai grossi centri di raccolta dei rifiuti, quali gli inceneritori di rifiuti urbani. Gran parte degli interventi riportati nei grafici precedenti sono infatti stati effettuati in seguito all'allerta dei sistemi di rivelazione di sorgenti radioattive di inceneritori. Sono sempre stati rinvenuti effetti personali contaminati da I-131, in un solo caso da Cu-67. Lo I-131 ha un tempo di dimezzamento di otto giorni, il Cu-67 di quasi tre giorni. La probabilità di rivelare le sorgenti radioattive con tempi di dimezzamento più brevi (ore o addirittura minuti) è molto remota, in quanto al momento della raccolta l'attività è già completamente decaduta.

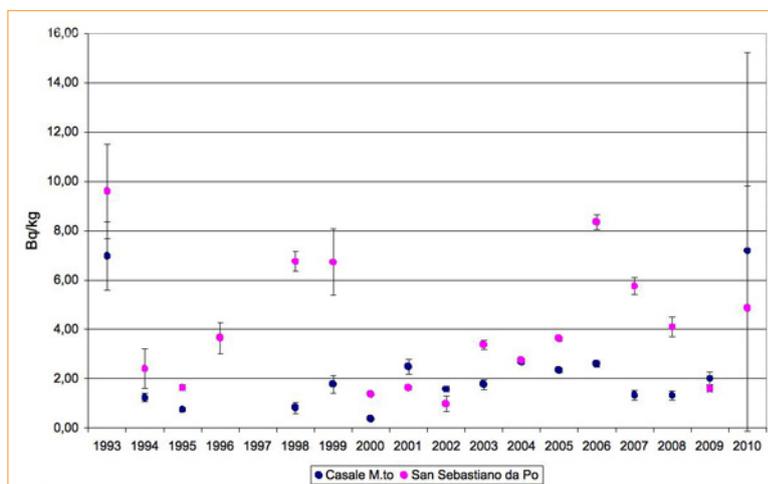


Figure 18.5
 Concentrazione di I-131 nel sedimento fluviale (DMOS) del fiume Po negli ultimi anni. Non si osserva un trend particolare. Per il sito di San Sebastiano, più vicino alla città di Torino le concentrazioni sono generalmente maggiori
 Fonte: Arpa Piemonte

IL RADON IN PIEMONTE

Il radon è un gas radioattivo naturale che per la sua natura e le sue proprietà chimico fisiche entra facilmente nelle abitazioni e più in generale negli ambienti confinati. Costituisce un pericolo per la salute perché è causa di tumore polmonare.

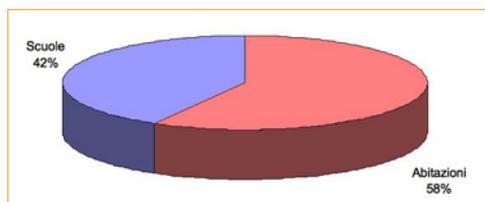
Dal 1991 al 2010 con la Campagna Nazionale sono state raccolte in Piemonte più di 2.500 misure di concentrazione annuale in scuole e abitazioni distribuite sui 1.206 Co-

muni piemontesi. La mole di dati raggiunta ha permesso nel 2008 la realizzazione di una prima caratterizzazione del territorio regionale, anche grazie ad un progetto sostenuto dalla Regione (DGR n°48-15256 30 marzo 2005).

La media radon attualmente stimata nelle abitazioni in Piemonte è di 71 Bq/m³ mentre in diversi comuni del Piemonte sono in corso nuove misure di approfondimento (550 nel solo 2010).

Tabella 18.6

Distribuzione delle misure
per tipologia di edifici
Fonte: Arpa Piemonte



Tra gli indicatori possibili per il radon si è scelto di fornire:

1. la media aritmetica comunale al piano terra (fig.18.7)
2. la probabilità di ottenere valori di concentrazione superiori ad una soglia di 400 Bq/m³ (figura 18.8)

La media aritmetica comunale fornisce un'utile e immediata indicazione di dettaglio sulla distribuzione territoriale del radon, mentre la probabilità di ottenere in una data area valori di concentrazioni in abitazioni superiori a 400 Bq/m³ è un indicatore rappresentativo dell'esposizione della popolazione. Per il loro aggiornamento si utilizza un modello di calcolo che tiene conto sia delle misure sperimentali che delle caratteristiche geolitologiche del suolo. Il modello è in continuo aggiornamento per l'aggiunta di nuove misure sperimentali e per una sempre più accurata classificazione "radon-specifica" delle litologie.

Pertanto con la progressiva disponibilità di nuovi dati vi saranno certamente in futuro degli aggiornamenti e degli

affinamenti che potranno condurre a modifiche dell'attuale quadro.

La conoscenza della distribuzione del radon è inoltre importante per gli aspetti legati alla pianificazione urbanistica del territorio regionale e per tutto ciò che attiene alla progettazione e costruzione di nuovi edifici o alla ristrutturazione di edifici esistenti. Una prevenzione mirata a limitare l'ingresso del radon nelle abitazioni e a garantire un determinato ricambio d'aria rappresenta infatti un valido strumento per ridurre l'esposizione media della popolazione a questo pericoloso inquinante.

Un altro importante aspetto legato al radon è poi quello che riguarda le azioni di rimedio. Arpa sta verificando l'efficacia di numerose azioni di bonifica intraprese in edifici scolastici in cui, nel corso dei monitoraggi passati, sono state riscontrate elevate concentrazioni. Agendo sul ricambio d'aria degli ambienti e sui meccanismi di ingresso del radon nelle strutture è possibile ridurre, con relativa facilità, la presenza del radon negli ambienti confinati.

Figura 18.7

Distribuzione delle medie
comunali di concentrazione
di attività radon
al piano terra
Fonte: Arpa Piemonte

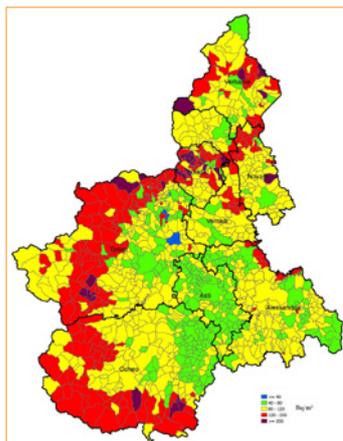
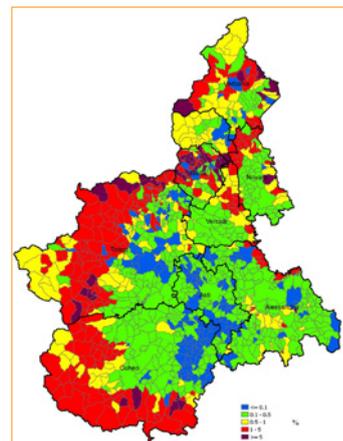


Figura 18.8

Probabilità in percentuale
di superare il valore di 400
Bq/m³ in abitazioni
Fonte: Arpa Piemonte



LE RETI LOCALI DI MONITORAGGIO DEI SITI NUCLEARI

Il 2009 ha rappresentato un anno di svolta per l'avvio delle operazioni di decommissioning degli impianti nucleari piemontesi. Per questo motivo, al fine di valutare l'evoluzione nel tempo dell'impatto radiologico legato a queste operazioni, in questa sezione si è ritenuto opportuno mettere a confronto le informazioni relative alle attività svolte

dagli impianti con i risultati delle misure eseguite da Arpa Piemonte nell'ambito delle reti di monitoraggio radiologico nel periodo 2006-2009, oggetto della pubblicazione "Rapporto sulla radioattività ambientale. Rapporto anni 2006-2009" disponibile sul sito istituzionale dell'Agenzia.

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica*	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Impianti nucleari	numero	D	Ispra	Puntuale	2000-2009		
Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua	Bq	P	Ispra, Sogin, Deposito Avogadro	Puntuale	2000-2009		
Quantità di rifiuti radioattivi e combustibile irraggiato detenuti	Bq	P	Ispra, Sogin, Deposito Avogadro	Puntuale	2000-2009		
Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari	Bq/kg Bq/l Bq/m ² Bq/m ³	S	Arpa Piemonte	Puntuale	2000-2009		
Dose efficace media agli individui dei gruppi critici in un anno	mSv/anno	I	Arpa Piemonte	Locale	2000-2009		
Attuazione delle reti locali di sorveglianza della radioattività ambientale	numero campioni	R	Arpa Piemonte	Regione	2000-2009		

Per visualizzare le serie storiche degli indicatori delle radiazioni ionizzanti: http://rsaonline.arpa.piemonte.it/indicatori/radiazioni_ionizzanti.htm

ATTIVITÀ DI RADIOISOTOPI RILASCIATI IN ARIA E IN ACQUA

Ogni impianto nucleare rilascia in maniera controllata, nel rispetto delle formule di scarico assegnate, effluenti radioattivi liquidi e/o aeriformi.

Nel grafico di figura 18.9 è riportato l'andamento nel tempo dell'impegno delle formule di scarico per effluenti liquidi, calcolato sulla base dei risultati dei controlli eseguiti da Arpa in occasione di ogni scarico in ottemperanza a quanto previsto dal protocollo siglato tra Arpa Piemonte

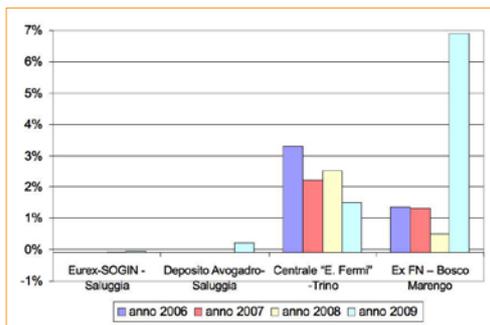
e Ispra.

Per quanto riguarda l'ex FN-SO.G.I.N. di Bosco Marengo è opportuno sottolineare che il decreto di autorizzazione alla disattivazione ha assegnato all'impianto una nuova formula di scarico, fortemente riduttiva rispetto a quella in vigore. Pertanto l'impegno della formula di scarico dell'anno 2009 non può essere direttamente confrontato con quello degli anni precedenti.

Figura 18.9

Impegno delle formule di scarico per effluenti radioattivi liquidi anni 2006-2009

Fonte: Arpa Piemonte



Box 2- GLI IMPIANTI NUCLEARI

SITO NUCLEARE DI BOSCO MARENGO (AL)

Nel corso degli anni 2006-2008 sono state svolte alcune operazioni propedeutiche al *decommissioning* e in particolare:

- trasferimento di tutto il combustibile fresco ancora presente sull'impianto verso la Germania;
- prove "a freddo" e "a caldo" per l'avvio della pallinatrice, dispositivo preposto alla rimozione della contaminazione superficiale dai componenti dell'impianto.

Nel corso del 2009 si è invece dato l'avvio alla prima fase di disattivazione dell'impianto e sono state effettuate attività di decontaminazione delle parti nucleari.



SITO NUCLEARE TRINO (VC)

Nel periodo 2006-2009 sono state svolte alcune operazioni propedeutiche al *decommissioning* e in particolare:

- rimozione dell'amianto dall'edificio turbina e dalla zona controllata
- rimozione delle componenti dell'edificio turbina
- predisposizione della stazione di monitoraggio dei materiali rilasciabili.

Nella piscina di stoccaggio dell'impianto sono ancora presenti 47 barre di combustibile nucleare irraggiato per le quali è previsto il trasferimento all'impianto francese di La Hague per il riprocessamento entro dicembre 2012 (fonte SO.G.I.N.).

QUANTITÀ DI RIFIUTI RADIOATTIVI E COMBUSTIBILE IRRAGGIATO

Rifiuti radioattivi

Il Piemonte detiene la maggiore quantità di rifiuti radioattivi a livello nazionale (fig.18.10).

Essi sono stati prodotti durante l'esercizio pregresso degli impianti e durante le prime operazioni di *decommissioning* degli stessi. Ogni sito ospita pertanto un deposito temporaneo di rifiuti radioattivi solidi e, nel caso di Saluggia, anche di rifiuti radioattivi liquidi.

I dati riportati in figura 18.10 sono tratti da Annuario dei Dati Ambientali ISPRA- Edizione 2009 e sono aggiornati all'anno 2008. Le operazioni di *decommissioning* intraprese hanno nel frattempo incrementato il quantitativo di rifiuti detenuti pur non variando significativamente la situazione a livello nazionale.

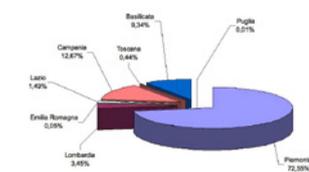


Figura 18.10

Quantità di rifiuti radioattivi

Fonte: Arpa Piemonte

Combustibile irraggiato

Attualmente il Piemonte detiene anche la maggiore quantità di combustibile nucleare irraggiato a livello nazionale, avendo l'Emilia Romagna inviato all'estero tutto il combustibile presente presso l'impianto di Caorso (PC) (fig.18.11).

Il combustibile nucleare irraggiato stoccato presso il deposito Avogadro di Saluggia e presso la Centrale "E. Fermi" di Trino, rimasta invariata, sarà inviato al riprocessamento presso l'impianto di La Hague (F) entro dicembre 2012 (fonte SO.G.I.N.).

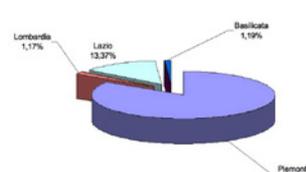


Figura 18.11

Quantità di combustibile nucleare irraggiato

Fonte: Arpa Piemonte



SITO NUCLEARE DI SALUGGIA (VC)

Impianto EUREX-SO.G.I.N.

Nel mese di giugno 2004 si è evidenziata la perdita di contenimento della piscina di stoccaggio del combustibile irraggiato; pertanto nel periodo 2006-2009 le principali attività svolte dall'impianto sono state finalizzate alla risoluzione di questa problematica. Sono inoltre state effettuate attività per migliorare la sicurezza del sito. In particolare:

- nel 2007 si sono svolte le operazioni di trasferimento del combustibile nucleare irraggiato presente nella piscina di stoccaggio dell'impianto EUREX dall'impianto stesso alla piscina del Deposito Avogadro;
- nel 2008 sono state effettuate le attività di svuotamento e bonifica della piscina di stoccaggio del combustibile irraggiato e le attività di trasferimento dei rifiuti liquidi ad alta attività al Nuovo Parco Serbatoi;
- nel 2009 sono state avviate le perforazioni orizzontali sotto il fondo dell'edificio piscina per le indagini ambientali del caso e sono stati completati i lavori e i collaudi funzionali per il Nuovo Sistema di approvvigionamento Idrico.



Deposito Avogadro

Nella piscina di stoccaggio dell'impianto sono attualmente contenuti 164 elementi di combustibile nucleare irraggiato, 101 provenienti dalla Centrale nucleare di Trino (57 dei quali trasferiti nel periodo maggio-luglio 2007 dall'impianto EUREX-SO.G.I.N.) e 63 dalla Centrale nucleare di Garigliano. Entro dicembre 2012 è previsto l'invio di tutto il combustibile presente all'impianto francese di La Hague per il riprocessamento (fonte SO.G.I.N.).

CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADIONUCLIDI IN MATRICI AMBIENTALI E ALIMENTARI

I dati relativi alle misure effettuate nel tempo nell'ambito delle reti locali di monitoraggio della radioattività ambientale non hanno evidenziato criticità o fenomeni di accumulo nell'ambiente circostante i siti nucleari di Bosco Marengo e di Trino.

Presso il sito di Saluggia è stata riscontrata - come già evidenziato nelle precedenti edizioni di questo Rapporto - una lieve contaminazione di alcune matrici ambientali,

imputabile alle attività svolte dagli impianti del Comprensorio nucleare. In particolare:

- la presenza di Co-60 in alcuni campioni di suolo (già riscontrata negli anni precedenti e imputabile all'incidente occorso in Sorin nell'anno 1986)
- la presenza di Sr-90, Co-60, Cs-137 e H-3 nell'acqua di falda superficiale (Box 3).

Box 3 - MONITORAGGIO STRAORDINARIO DELLA FALDA ACQUIFERA SUPERFICIALE PRESSO IL SITO NUCLEARE DI SALUGGIA (VC)

A seguito della segnalazione effettuata nel giugno 2004 dall'Esercente della parziale perdita di contenimento della piscina di stoccaggio del combustibile irraggiato dell'impianto EUREX-SO.G.I.N. di Saluggia, Arpa Piemonte ha avviato una attività di monitoraggio straordinario che si è affiancata alla rete di monitoraggio ordinario del sito e che, in fasi successive, ha evidenziato la presenza di radioisotopi artificiali nell'acqua di falda superficiale prelevata in pozzi diversi.

- Anno 2006: è stata per la prima volta rilevata la presenza di Sr-90, in concentrazioni dell'ordine delle decine di mBq/l, nel pozzo denominato SPB all'interno del sito Eurex.



Nel pozzo E5/6, posto immediatamente all'esterno del muro di difesa idraulica dell'impianto Eurex, la contaminazione da Cs-137 è influenzata dall'andamento della falda e dalla stagionalità.

Fonte: Arpa Piemonte

- Anno 2007: nel mese di febbraio per la prima volta è stata riscontrata la presenza di Sr-90 nel pozzo di cascina Benne (SP01), in concentrazioni dell'ordine della decina di mBq/l, confrontabili con quelle riscontrate nel pozzo SPB. Tenuto conto della mobilità dello Sr-90 nel terreno, delle informazioni allora disponibili sulla direzione di scorrimento della falda e della serie storica di dati disponibili sul pozzo SPB - che non avevano mai evidenziato la presenza di Sr-90 in questo pozzo - risultava difficile correlare tale presenza con la piscina dell'impianto Eurex. Questa circostanza ha indotto SO.G.I.N. a predisporre nuovi piezometri sia all'interno del sito Eurex che all'esterno, immediatamente a ridosso del muro di difesa idraulica. Contemporaneamente sono stati ripristinati alcuni pozzi della vecchia rete piezometrica dell'Enea e sono stati predisposti dalla Regione Piemonte 4 piezometri a valle degli impianti del comprensorio. Nei mesi di ottobre e novembre 2007 è stata eseguita una campagna di prelievi e misure (anche idrogeologiche) che ha interessato contestualmente tutti i pozzi al momento disponibili, interni ed esterni al sito Eurex, per un totale di 77 punti di campionamento, alcuni dei quali posti a monte del Comprensorio al fine di disporre di campioni di bianco. I risultati di questa campagna hanno consentito di stabilire che la diffusione dello Sr-90 proveniente dalla piscina dell'impianto Eurex era confinata entro il perimetro del sito e di riscontrare a valle dei siti Sorin e Avogadro, in un piezometro predisposto dalla Regione Piemonte denominato RP4/7, la presenza di Sr-90, Co-60 e H-3, segnalando l'esistenza di possibili fonti di rilascio all'interno dei siti stessi.

DOSE EFFICACE MEDIA AGLI INDIVIDUI DEI GRUPPI CRITICI

La normativa vigente fissa, per l'esposizione a radiazioni di origine artificiale, il limite di *dose efficace E* per gli individui della popolazione in 1 mSv per anno solare e in 10 microSv per anno solare il *limite per la non rilevanza radiologica*, soglia al di sotto della quale si può ritenere del tutto trascurabile l'impatto radiologico. Sulla base dei risultati delle misure effettuate nell'ambito delle reti di monitoraggio dei siti nucleari è possibile calcolare la *dose efficace per i gruppi critici* della popolazione.

Per il calcolo della dose, conoscendo le specifiche degli impianti da monitorare, sono state assunte le seguenti ipotesi estremamente cautelative:

- sono stati considerati i contributi dei radionuclidi di riferimento (cioè quei radionuclidi che sono presenti negli scarichi degli impianti perché peculiari del loro ciclo produttivo), anche se al di sotto dei limiti di rivelabilità

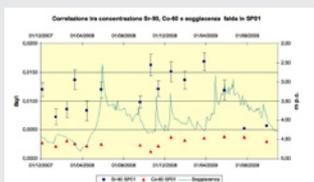
- per i radionuclidi il cui contributo agli scarichi è trascurabile è stato comunque considerato cautelativamente il contributo alla dose efficace con un fattore di peso pari a 0,1 (ad eccezione di Sr-90 per il quale il contributo è stato considerato integralmente, data l'elevata radiotossicità)
- le concentrazioni di uranio misurate presso il sito di Bosco Marengo sono imputabili esclusivamente alle attività dell'impianto
- gli individui della popolazione residente nei pressi degli impianti consumano esclusivamente produzioni locali
- nella valutazione della dose da irraggiamento esterno, in via cautelativa, si è attribuita agli impianti una frazione della dose dovuta al Cs-137 presente nei suoli, tenendo conto anche dei fattori di occupazione, delle vie critiche e della distribuzione della contaminazione.



Distribuzione dei principali punti di prelievo dell'acqua di falda nel Comprensorio nucleare di Saluggia (VC). Le frecce verdi indicano la direzione di falda.

- Anno 2008: una nuova campagna straordinaria effettuata nel mese di maggio ha indicato come possibile fonte di contaminazione le "celle calde" Sorin. Nell'ambito della stessa campagna è stata inoltre evidenziata per la prima volta la presenza di Cs-137 nel pozzo E5/6, posto immediatamente all'esterno del muro di difesa idraulica dell'impianto Eurex. La valutazione complessiva dei dati di misura ha tuttavia stabilito che la sorgente non è situata all'interno del sito Eurex, bensì individuabile in un tratto dismesso della condotta di scarico degli effluenti radioattivi liquidi dei siti Sorin e Avogadro che passa in prossimità del pozzo E5/6.

- Anno 2009: i risultati delle misure hanno confermato la presenza di radioisotopi in alcuni dei pozzi oggetto di indagine, pur senza evidenziare trend di crescita. Nel mese di maggio 2009, indagini mirate hanno consentito di individuare nell'edificio che ospita le celle di manipolazione delle sorgenti ad alta attività, all'interno del sito Sorin, la fonte della contaminazione presente nei pozzi a valle dei siti Sorin e Avogadro.



Nel pozzo SP01 di Cascina Benne la contaminazione da Sr-90 presenta un andamento non sempre strettamente correlato all'andamento della falda e alla stagionalità.

Fonte Arpa Piemonte

I livelli di concentrazione di radioattività rilevati sono di gran lunga inferiori a quelli corrispondenti ai valori di *screening* per la potabilità dell'acqua fissati dall'organizzazione Mondiale della Sanità e pertanto non costituiscono alcun rischio sanitario per la popolazione, mentre rappresentano un importante indicatore ambientale.

Valori di <i>screening</i> fissati dall'OMS per l'acqua potabile	
attività α totale	0,5 Bq/l
attività β totale	1,0 Bq/l

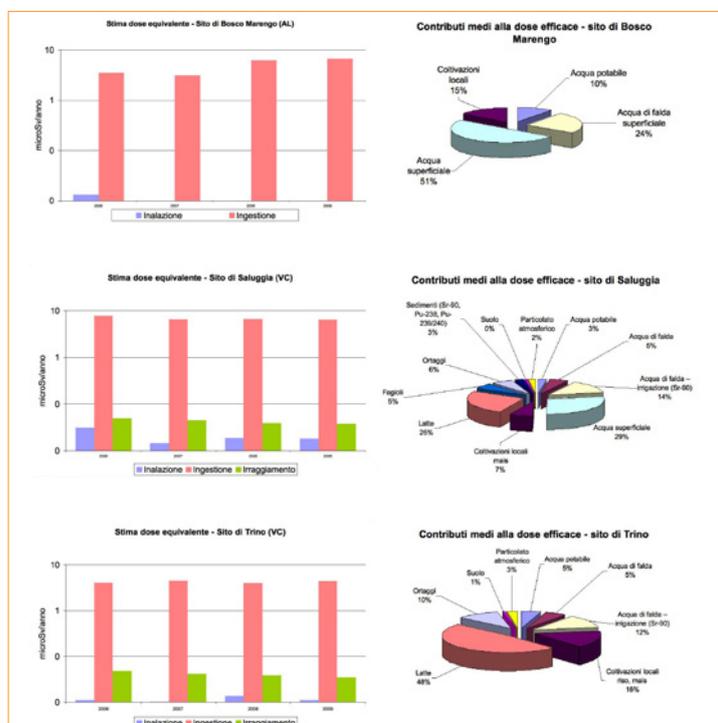
Pur assumendo le ipotesi estremamente cautelative sopra riportate, nel periodo 2006-2009 per tutti i siti nucleari piemontesi è sempre stato ampiamente rispettato non solo il limite di 1 mSv/anno per gli individui del *gruppo critico* ma anche il *limite di non rilevanza radiologica* di 10 microSv/

anno. Per tutti i siti si ricava infatti un contributo di dose al gruppo critico di qualche microSv/anno. In figura 18.12 è riportato l'andamento dell'Equivalente di Dose ai gruppi critici della popolazione nel periodo 2006-2009.

Figura 18.12

Andamento dell'Equivalente di Dose ai gruppi critici della popolazione
anni 2006-2009

Fonte: Arpa Piemonte



Confronto tra la dose alla popolazione piemontese nel suo insieme e al gruppo critico

Particolarmente interessante risulta il confronto dei risultati delle stime dosimetriche effettuate per la popolazione piemontese nel suo insieme e il gruppo critico costituito dai cittadini che risiedono nelle vicinanze delle installazioni nucleari si possono ricavare alcune interessanti considerazioni (per il dettaglio si veda la pubblicazione “Rapporto sulla radioattività ambientale. Rapporto anni 2006-2009” disponibile sul sito istituzionale dell’Agenzia).

Limitandosi al contributo della sola radioattività di origine artificiale, la dose media per il cittadino piemontese è di circa 77 microSv/anno (paragrafo 18.1.2 del presente Rapporto), un valore decisamente più elevato (di circa un ordine di grandezza) di quello che si calcola per i gruppi critici dei tre siti nucleari (< 10 microSv/anno) come in precedenza illustrato. Questo risultato, per certi versi sorprendente, è facilmente comprensibile se si tiene conto delle seguenti considerazioni:

- anche nelle zone circostanti gli impianti è apprezzabile il contributo dovuto al fallout di Chernobyl e, dal confronto con i valori medi regionali, questo non si

- distingue dai possibili rilasci degli impianti
 - i valori di concentrazione di Cs-137 nei suoli misurati nell’ambito delle reti locali di monitoraggio sono inferiori al valore medio piemontese e non distinguibili dal contributo dell’incidente di Chernobyl
 - il contributo dovuto agli effluenti radioattivi rilasciati dagli impianti nucleari nell’ambiente circostante gli impianti stessi è assai contenuto e tende a confondersi con il contributo dovuto ai residui del *fallout* di Chernobyl
 - la contaminazione di uranio presso il sito di Bosco Marengo non è distinguibile dall’uranio naturale - per concentrazione e arricchimento
 - benché cautelativamente la presenza di Cs-137 e di Sr-90 negli alimenti sia stata attribuita in toto agli impianti, le aree pianeggianti in cui si trovano i siti nucleari piemontesi sono quelle dove la ricaduta radioattiva di Chernobyl è stata più contenuta (almeno un ordine di grandezza inferiore ai luoghi montani che invece contribuiscono al valor medio della popolazione piemontese).
- Queste valutazioni indicano, in conclusione, che la presenza dei siti nucleari non è causa di un significativo aumento della dose efficace alla popolazione che vive nelle vicinanze degli impianti stessi.

STATO DI ATTUAZIONE DELLE RETI LOCALI DI MONITORAGGIO DEI SITI NUCLEARI

Con apposito studio radioecologico Arpa ha predisposto le reti locali di monitoraggio, individuando le matrici ambientali e alimentari considerate come indicatori locali, la frequenza minima di campionamento, le determinazioni

analitiche da effettuare e i valori di riferimento da adottare. Nel corso degli anni le reti di monitoraggio sono state modificate e adeguate alle attività svolte dagli impianti come emerge dai grafici delle figure 18.13, 18.14, 18.15.

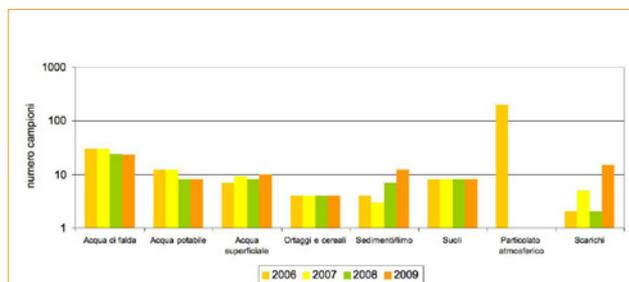


Figura 18.13

Evoluzione della rete di monitoraggio del sito nucleare di Bosco Marengo anni 2006-2009

Fonte: Arpa Piemonte

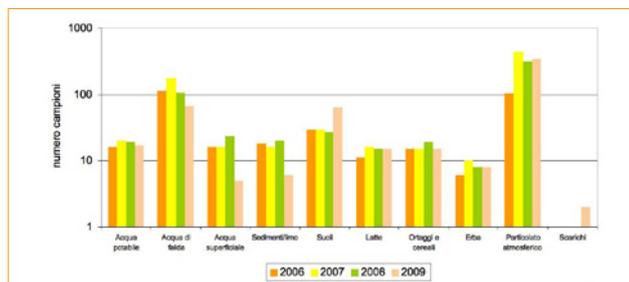


Figura 18.14

Evoluzione della rete di monitoraggio del sito nucleare di Saluggia anni 2006-2009

Fonte: Arpa Piemonte

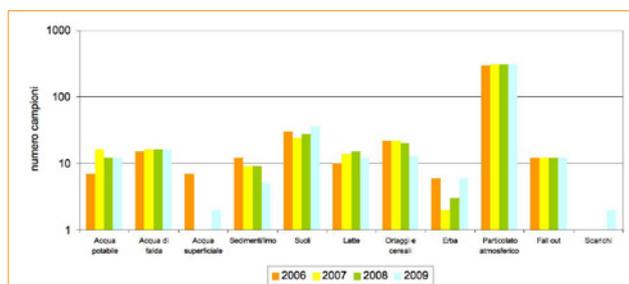


Figura 18.15

Evoluzione della rete di monitoraggio del sito nucleare di Trino anni 2006-2009

Fonte: Arpa Piemonte

- ADR, 2003. *Regolamentazione concernente il trasporto internazionale di sostanze pericolose su strada*.
- Apat, 2007. *Annuario dei dati ambientali*. Edizione 2007.
- Arpa Piemonte - Regione Piemonte, 2009. *La mappatura del radon in Piemonte*. Settembre - www.arpa.piemonte.it;
- Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n° 230. *Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti*. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.136 del 13 giugno 1995.
- Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n° 241. *Attuazione della direttiva 96/29 Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti*. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.203 del 31 agosto 2000.
- Decreto Legislativo 9 maggio 2001, n° 257. *Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 26 maggio 2000, n° 241, recante attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti*. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.153 del 4 luglio 2001.
- Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n° 31. *Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano*. Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.52 del 3 marzo 2001.
- DPCM 10 febbraio 2006. *Linee guida per la pianificazione di emergenza per il trasporto di materie radioattive e fissili, in attuazione dell'articolo 125 del Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 e successive modificazioni e integrazioni*.
- IAEA, 1996. *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*. Edition (Revised).
- ISS-ANPA, ISTISAN, 1994. *Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni* Congressi 34, Roma.
- Laboratorio di Sanità pubblica Sezione fisica USSL n.40 Ivrea (ora Arpa), Regione Piemonte Assessorato alla assistenza sanitaria, 1994. *Indagine sull'esposizione alla radioattività naturale nelle abitazioni del Piemonte*.
- Raccomandazione 2000/473/Euratom.
- Staven L.H., Napier B.A., Rhoads K., Strenge D.L. *A Compendium of Transfer Factors for Agricultural and Animal Products*. Pacific Northwest National Laboratory Richland, Washington 99352.
- UNSCEAR Report 2000 vol. I.
- Raccomandazione CCM, 2008. *Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italy*, novembre.
- World Health Organization, 2004. *Guidelines for Drinking-water Quality*. Third Edition.
- World Health Organization, 2009. *Handbook on indoor radon*.
- www.arpa.piemonte.it (Campi elettromagnetici e radiazioni ionizzanti, pubblicazioni).