

# Il controllo radiometrico delle acque potabili: pianificazione di una campagna di misura, metodi e risultati

Forte M.<sup>1\*</sup>, Badalamenti P.<sup>1</sup>, Bellinzona S.<sup>1</sup>, Maltese S.<sup>1</sup>, Rusconi R.<sup>1</sup> e Sgorbati G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ARPA Lombardia – Dipartimento sub-provinciale Città di Milano e Melegnano, via Juvara 22, 20129 Milano

<sup>2</sup>ARPA Lombardia – Dipartimento provinciale di Milano, via Juvara 22, 20129 Milano

\* m.forte@arpalombardia.it

## *Abstract*

Il monitoraggio radiometrico delle acque potabili viene effettuato in Lombardia sin dalla fine degli anni '80 nel contesto delle attività previste dalla Rete Nazionale di Monitoraggio della Radioattività ambientale. Le misure sono effettuate tramite spettrometria gamma su elevati volumi di campione, prelevati presso un unico punto-rete ed opportunamente preconcentrati. Più recentemente è stato avviato un monitoraggio periodico puntuale basato sul conteggio in scintillazione liquida per la determinazione del contenuto di attività alfa e beta totale, <sup>222</sup>Rn, uranio e radio.

Data l'estensione dell'acquedotto milanese e la molteplicità dei punti di approvvigionamento andava tuttavia verificata la rappresentatività dei dati ottenuti con tale programma di controllo. E' stato pertanto realizzato un monitoraggio esteso a livello cittadino allo scopo di quantificare la variabilità del contenuto di radioattività nelle acque di rete.

Questo lavoro presenta le attività svolte presso il Dipartimento di Milano della Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia per la determinazione della qualità radiometrica delle acque erogate dall'acquedotto civico della città di Milano.

## I. INTRODUZIONE

La concentrazione di radioattività nelle acque potabili è stata recentemente inserita tra gli indicatori di stato prioritari proposti da APAT per il tema della radioattività ambientale. Inoltre, alcune raccomandazioni e direttive europee emanate nel corso degli ultimi anni richiamano esplicitamente la necessità di impostare una rete di controlli che consenta di verificare la dose impegnata alla popolazione a seguito del consumo di acqua potabile, considerando il contributo non solo dei radionuclidi di origine artificiale ma anche di quelli di origine naturale.

La pianificazione di un programma di controllo del contenuto di radioattività dell'acqua potabile persegue normalmente due obiettivi diversi:

- 1) individuare situazioni di contaminazione da radionuclidi artificiali ed eventuali variazioni nel tempo del contenuto di radioattività;
- 2) ricostruire la distribuzione della concentrazione di radionuclidi, anche naturali, nelle acque utilizzate a scopo potabile, e stimare la dose alla popolazione.

Il primo obiettivo è legato essenzialmente ad una logica di controllo della contaminazione da radionuclidi artificiali e rientra da diversi anni nel piano di monitoraggio della radioattività ambientale attuato presso l'U.O. Agenti Fisici del Dipartimento ARPA di Milano; metodi di controllo e risultati sono riportati di seguito.

Il secondo obiettivo, che discende dalla necessità di implementare i controlli previsti dal D.L.vo 31/01 sulla qualità delle acque destinate al consumo umano [1] anche per quanto riguarda il contenuto di radioisotopi naturali, ha motivato l'esecuzione di una campagna per la mappatura del contenuto di radioattività delle acque di rete della città di Milano (misura del contenuto di attività alfa e beta totale e radon e, ove necessario, uranio e radio). Studi precedenti [2] hanno infatti dimostrato che le caratteristiche puntuali dei pozzi di approvvigionamento possono condizionare il contenuto di radioattività delle acque erogate; l'acquedotto della città di Milano si approvvigiona da più di 500 pozzi, e la rappresentatività per l'intera area milanese del dato misurato presso la sede del Dipartimento in via Juvara non è assicurabile a priori. Il territorio cittadino è stato pertanto suddiviso in 31 maglie quadrate (tante quante sono le centrali dell'acquedotto) di lato 2,4 km, all'interno delle quali si è provveduto ad individuare, presso parchi o giardini, una fontanella pubblica. I prelievi sono stati effettuati nel corso della primavera del 2003 in ciascuno dei punti selezionati utilizzando le metodiche di prelievo ed analisi di seguito descritte.

## II. METODI DI CAMPIONAMENTO E MISURA

### *A. Gamma emettitori (radionuclidi artificiali)*

La tecnica di prelievo e misura è ampiamente consolidata: un sistema di alimentazione invia direttamente ed in continuo l'acqua potabile di rete ad una colonna contenente un letto misto di resine a scambio ionico, che trattengono le

specie ioniche disciolte [3]. Al termine del periodo di campionamento (normalmente un mese) la resina viene essiccata in corrente d'aria, trasferita in un contenitore di Marinelli ed analizzata mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione.

Nelle condizioni analitiche utilizzate (quantità di resina: 1 litro, volume d'acqua percolata: 250 litri c.a., durata della misura spettrometrica: 4000 minuti) la sensibilità per i radionuclidi artificiali è normalmente dell'ordine della frazione di mBq/kg. La minima attività rivelabile per i principali radionuclidi naturali è invece normalmente più elevata a causa dell'interferenza con il fondo naturale di radiazione; è tuttavia sufficiente, in molti casi, a determinare le concentrazioni effettivamente presenti.

### B. Attività alfa e beta totale e $^{222}\text{Rn}$

La concentrazione di attività alfa e beta totale è stata determinata mediante conteggio in scintillazione liquida con discriminazione alfa/beta di campioni preconcentrati; la tecnica di misura, che è stata descritta altrove [4], è applicabile a tutte le acque potabili con contenuto di sali inferiore a 500 mg/l e presenta, rispetto al conteggio alfa totale e beta totale di campioni evaporati, il vantaggio di una maggiore rapidità di esecuzione.

La concentrazione di  $^{222}\text{Rn}$  è stata misurata con il metodo del conteggio in scintillazione liquida di campioni in doppia fase [4], prestando particolare attenzione nella fase di prelievo al fine di evitare perdite di radon dal campione. La sensibilità analitica, nelle condizioni tipiche di misura, è dell'ordine di 0,25 Bq/kg. Il metodo analitico è stato scelto in quanto offre sensibilità analitiche decisamente migliori rispetto alla spettrometria gamma ed ha una ripetibilità migliore rispetto alla tecnica emanometrica.

## III. CONTROLLI PUNTUALI

I risultati del controllo periodico del contenuto di radionuclidi gamma emettitori, effettuato con frequenza mensile dal 1989 presso la sede del Dipartimento ARPA di Milano in via Juvara, sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1: Radionuclidi naturali e artificiali nell'acqua potabile (Milano - via Juvara); media di 120 misure

	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$\Sigma$ $^{232}\text{Th}$	$\Sigma$ $^{238}\text{U}$	$\Sigma$ $^{235}\text{U}$		
	mBq/l	mBq/l	$^{228}\text{Ra}$ ( $^{228}\text{Ac}$ ) mBq/l	$^{238}\text{U}$ ( $^{234}\text{Th}$ ) mBq/l	$^{226}\text{Ra}$ ( $^{214}\text{Pb}$ ) mBq/l	$^{210}\text{Pb}$ mBq/l	$^{235}\text{U}$ mBq/l
<b>Media</b>	< 0,5	52,5 ± 7,2	1,17 ± 0,35	40,6 ± 13,8	1,05 ± 1,22	< 100	2,52 ± 0,40
<b>Min</b>		37,8	0,53	21,6	0,40		1,67
<b>Max</b>		69,8	2,93	79,6	7,18		3,28

Ad oggi sono state effettuate 120 misure mensili; in nessun caso è stata individuata la presenza di radionuclidi artificiali in concentrazione superiore alla sensibilità della metodica.

La concentrazione media di  $^{238}\text{U}$  è superiore di almeno un ordine di grandezza a quella degli isotopi del radio; nel complesso, la concentrazione di radionuclidi naturali presenta una qualche variabilità nel tempo che potrebbe essere dovuta tanto ad alcune indeterminazioni della tecnica analitica quanto a cambiamenti estemporanei, per motivi gestionali interni all'acquedotto, dei punti e delle modalità di approvvigionamento.

Questo tipo di controlli consente, sotto opportune ipotesi, di valutare il rispetto del valore di parametro previsto dal D.L.vo 31/01 per la dose totale indicativa per i radionuclidi naturali che maggiormente vi contribuiscono ( $^{238}\text{U}$  ed isotopi del radio). Tuttavia, l'implementazione pratica del sistema di campionamento richiede tempo, spazio e la presenza costante di personale che controlli periodicamente il buon funzionamento del sistema di arricchimento; non è pertanto facilmente utilizzabile in campagne di misura estese, nelle quali i punti di prelievo sono prevedibilmente molti e sparsi sul territorio.

Dal mese di marzo 2002 vengono inoltre effettuati, sulla stessa acqua di rete, misure periodiche di attività alfa totale, beta totale e  $^{222}\text{Rn}$  mediante conteggio in scintillazione liquida. Il valore medio di attività alfa totale è pari a 110 ± 23 mBq/kg; l'attività beta totale è sempre inferiore al limite di sensibilità della metodica, pari a 60 mBq/kg. La concentrazione in attività di  $^{222}\text{Rn}$  tra 3,94 e 6,88 Bq/kg con una media di 5,4 ± 1,0 Bq/kg.

## IV. LA MAPPATURA DELLA CITTÀ DI MILANO

Allo scopo di valutare la rappresentatività per tutta la città di Milano dei dati ottenuti dal punto di prelievo presso la sede ARPA di via Juvara, è stata pianificata una campagna di monitoraggio estesa a tutto il territorio cittadino.

L'acquedotto civico di Milano provvede all'approvvigionamento idrico della città di Milano, dei comuni di Corsico e Peschiera Borromeo, attraverso l'erogazione annuale di circa 250 milioni di m<sup>3</sup> di acqua; nel suo bacino d'utenza risiedono approssimativamente 1.350.000 abitanti, con una dotazione idrica media per abitante residente di 540 litri al

giorno. Il rifornimento idrico della città proviene esclusivamente dalla falda alla quale attingono 550 pozzi che, attingendo all'acquifero tradizionale o all'acquifero profondo, alimentano 31 stazioni di pompaggio. L'acqua viene immessa nella rete di distribuzione dopo essere stata sottoposta ai trattamenti necessari per adeguarne la qualità ai requisiti del DPR 236/88 [5]; in particolare, 17 centrali su 31 sono dotate di sistemi di filtraggio a carbone attivo per la rimozione di inquinanti organici. Nella città di Milano la rete di distribuzione è lunga circa 2300 chilometri e segue nel sottosuolo l'articolazione delle vie cittadine; è configurata a 'tela di ragno' in modo tale da garantire l'erogazione in ogni punto della città anche in caso di fermo di una o più delle centrali; tuttavia l'acqua erogata in una zona proviene, tendenzialmente, dalle centrali ad essa più vicine.

### A. Risultati

La Figura 1 presenta alcuni dei risultati della campagna di monitoraggio della radioattività delle acque erogate dall'acquedotto di Milano.

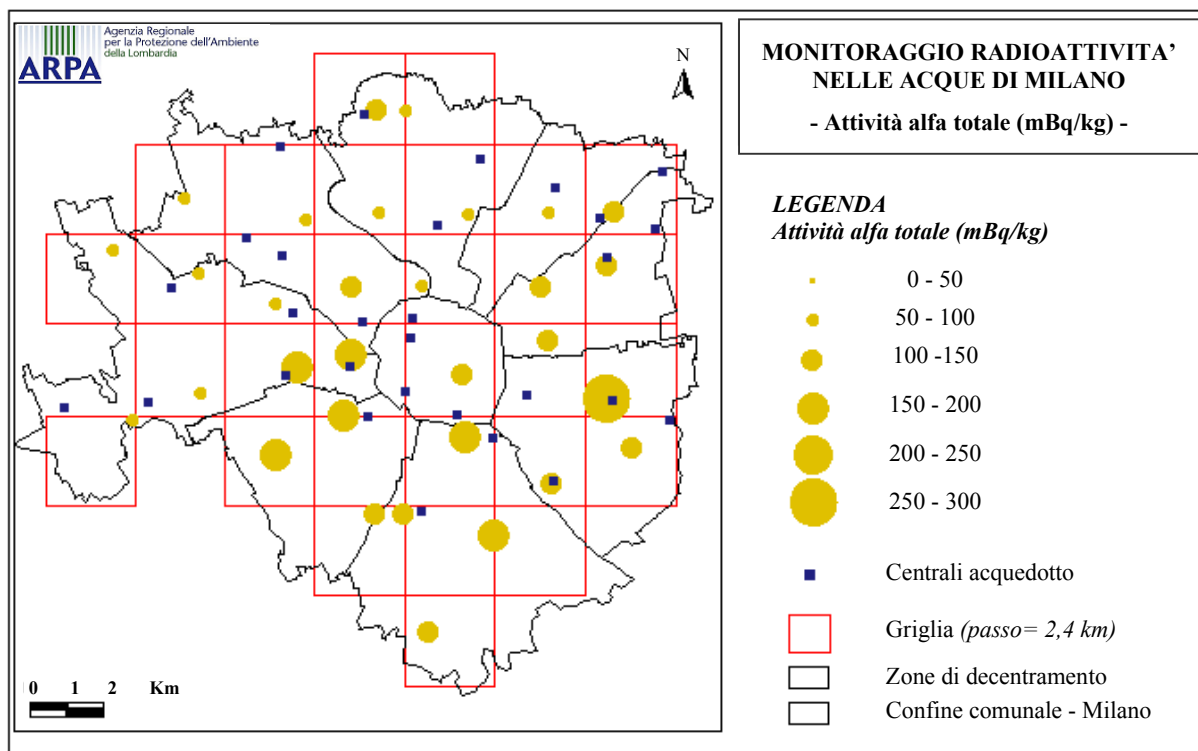


Figura 1: Mappatura del contenuto di radioattività delle acque della città di Milano

La concentrazione di attività alfa totale varia da 70 a 300 mBq/kg, con una media di 122 mBq/kg.

L'istogramma della distribuzione dei valori misurati, che è riportato nella Figura 2, è approssimativamente lognormale.

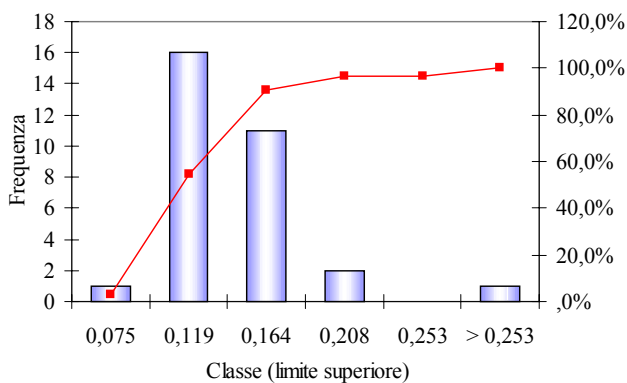


Figura 2: Distribuzione dei valori di attività alfa totale (mBq/kg)

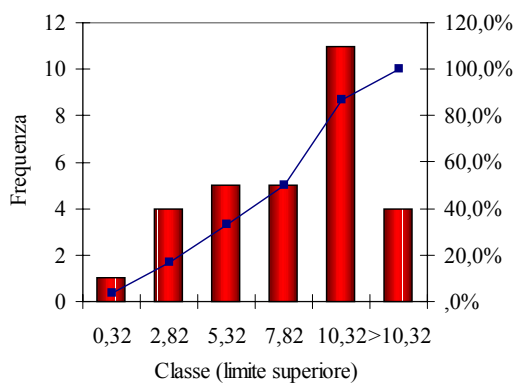


Figura 3: Distribuzione dei valori di attività del <sup>222</sup>Rn (Bq/kg)

Nel 61% dei campioni, per i quali l'attività alfa totale superava il livello di riferimento di 100 mBq/kg proposto dalle linee guida OMS [6], sono state effettuate ulteriori analisi per determinare il contributo relativo degli isotopi dell'uranio e del  $^{226}\text{Ra}$ . L'attività alfa è risultata sempre imputabile, pressoché esclusivamente, all'uranio.

L'attività beta totale è risultata inferiore al limite di sensibilità della metodica (47 mBq/l) in 28 casi su 31; in nessun caso è stato superato il livello di riferimento di 1 Bq/kg proposto dalle linee guida OMS. Studi precedenti [2] dimostrano che attività alfa totale e beta totale non sono generalmente correlate.

La concentrazione di  $^{222}\text{Rn}$  varia tra 0,32 e 12,8 Bq/kg, con una media di 6,8 Bq/kg (Figura 3). La quantità di  $^{222}\text{Rn}$  risulta talvolta molto bassa, verosimilmente nei casi in cui le centrali di distribuzione utilizzano torri di aerazione per l'abbattimento dei solventi organici, favorendo in questo modo anche l'eliminazione del radon presente.

### *B. Stime di dose*

Le stime di dose sono state effettuate per la classe d'età adulti (> 17 anni), supponendo trascurabile il contributo della componente beta ed attribuendo il contributo della componente alfa esclusivamente agli isotopi dell'uranio.

I valori dei coefficienti di dose sono stati ricavati dal D.L.vo 230/95 e successive modifiche ed integrazioni; i valori del consumo annuale di acqua sono stati ricavati dal Rapporto ISTISAN 00/16 [8].

La dose alla popolazione varia tra 0,003 e 0,01 mSv/anno, con un valore medio di 0,0044 mSv/anno.

## V. COMMENTI E CONCLUSIONI

Il controllo del contenuto di radioattività delle acque richiede una riflessione preliminare sulla scelta della metodica analitica più opportuna; ciò in relazione sia alla dimensione della campagna che ai parametri analitici ed ai limiti di sensibilità desiderati.

Sotto opportune ipotesi, la spettrometria gamma è uno strumento analitico adatto non solo al controllo della contaminazione da artificiali, ma anche alla stima della dose impegnata da radionuclidi naturali. Non è tuttavia applicabile a campagne di misura spazialmente estese.

In questi casi, la misura mediante scintillazione liquida del contenuto di attività alfa e beta totale è uno strumento rapido ed efficace e consente di stimare la dose alla popolazione attraverso l'utilizzo di valutazioni indipendenti sul contributo relativo degli isotopi dell'uranio e del radio all'attività alfa e beta totale.

La prima mappatura del contenuto di radioattività delle acque della città di Milano ha evidenziato una notevole variabilità nel contenuto di radioattività naturale. In particolare il punto di prelievo di via Juvara non è completamente rappresentativo della situazione cittadina in quanto, pur fornendo dati non lontani dalla media milanese, non permette l'individuazione di outlier anche rilevanti. Questa situazione, peraltro attesa, dimostra la necessità di tenere in debito conto la variabilità spaziale del contenuto di radioattività delle acque, soprattutto in presenza di grandi acquedotti civici con una molteplicità di pozzi di approvvigionamento.

## VI. REFERENZE

- [1] Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alle acque destinate al consumo umano"; Supplemento ordinario alla G.U. n. 52, 3 marzo 2001.
- [2] M. Forte, R. Rusconi et al., "Rapporto di indagine sul contenuto di radioattività naturale nelle acque di falda del Distretto di Parabiago." Doc. Int. ARPA Lombardia, Luglio 2003
- [3] "Metodo di campionamento dell'acqua potabile di rete mediante arricchimento su resine a scambio ionico" in Manuale emergenze radiologiche su vasta scala, ARPA Lombardia 2003
- [4] M. Forte, R. Rusconi, E. Di Caprio, S. Bellinzona and G. Sgorbati, "Natural radionuclides measurements in Lombardia drinking water by liquid scintillation counting" - 9<sup>th</sup> Symposium on Environmental Radiochemical Analysis - Maidstone (Kent- GB), 18-20 settembre 2002
- [5] Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988 n. 236 "Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art.15 della legge 16 aprile 1987, n.183." Supplemento ordinario alla GU n.152 del 30 giugno 1988
- [6] WHO, Guidelines for drinking-water quality, Vol 1 Recommendations, Geneva 1993
- [7] WHO, Guidelines for drinking-water quality, Vol 2 Health criteria and other supporting informations, Geneva 1996
- [8] S. Risica and S. Grande, Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption: calculation of derived activity concentrations, Rapporto ISTISAN 00/16