



Centro nazionale per la prevenzione  
ed il controllo delle malattie



Istituto Superiore di Sanità

## *Progetto CCM*

*Studio di fattibilità di programmi di valutazione dello stato di salute  
della popolazione residente nei Comuni già sedi di impianti nucleari,  
a supporto del relativo tavolo di coordinamento  
presso la Conferenza Stato-Città*

## **Rapporto finale**

**Stato di salute della popolazione residente  
nei Comuni già sedi di impianti nucleari:  
Analisi della mortalità, stima dei casi attesi  
e rassegna degli altri studi epidemiologici**

**Gennaio 2015  
(vers. 7.1.7)**

Il presente rapporto finale è stato prodotto, così come i precedenti tre rapporti preliminari inviati al Ministero della Salute, nell'ambito delle attività previste dall'accordo di collaborazione, stipulato tra il Ministero della Salute e l'Istituto Superiore di Sanità, per la realizzazione del progetto Ccm *Studio di fattibilità di programmi di valutazione dello stato di salute della popolazione residente nei Comuni già sedi di impianti nucleari, a supporto del relativo tavolo di coordinamento presso la Conferenza Stato-Città*.

#### **Gruppo di lavoro dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS)**

- **Francesco Bochicchio** (ISS, Dir. del Reparto di *Radioattività e suoi effetti sulla salute*), referente scientifico del progetto e referente dell'Unità operativa 1
- **Pietro Comba** (ISS, Dir. del Reparto di *Epidemiologia ambientale* del Dip. *Ambiente e connessa prevenzione primaria*), referente dell'Unità operativa 2
- **Stefania Salmaso** (ISS, Dir. del *CNESPS - Centro Nazionale di Epidemiologia, Sorveglianza e Promozione della Salute*), referente dell'Unità operativa 3
- **Susanna Conti** (ISS, Dir. dell'*Ufficio di statistica* dell'ISS, presso il *CNESPS*)
- **Sara Antignani** (ISS, ricercatore, Reparto di *Radioattività e suoi effetti sulla salute*, Dip. *Tecnologie e salute*), Unità operativa 1
- **Carmela Carpentieri** (ISS, ricercatore, Reparto di *Radioattività e suoi effetti sulla salute*, Dip. *Tecnologie e salute*), Unità operativa 1
- **Lucia Fazzo** (ISS, ricercatore, Reparto di *Epidemiologia ambientale*, Dip. *Ambiente e connessa prevenzione primaria*), Unità operativa 2
- **Giada Minelli** (ISS, ricercatore, *Ufficio di Statistica* dell'ISS, presso il *CNESPS*)
- **Gennaro Venoso** (ISS, ricercatore, Reparto di *Radioattività e suoi effetti sulla salute*, Dip. *Tecnologie e salute*), Unità operativa 1

#### **Altri componenti del Gruppo di lavoro**

- **Francesco Forastiere** (Dip. di *Epidemiologia* del Servizio Sanitario Regionale del Lazio)
- **Ennio Cadum** (Dip. di *Epidemiologia e Salute Ambientale*, ARPA Piemonte)
- **Chiara Badaloni** (Dip. di *Epidemiologia* del Servizio Sanitario Regionale del Lazio)

Questo rapporto è stato preparato da: F.Bochicchio, S.Antignani, C.Carpentieri, G.Venoso, S.Salmaso, E.Cadum, F.Forastiere, con contributi e commenti da parte di tutto il Gruppo di lavoro.

I dati di mortalità a livello comunale, di fonte ISTAT, sono stati elaborati per 8 Comuni dall'Ufficio di Statistica dell'ISS sulla base del piano di analisi concordato dal gruppo di lavoro ISS.

I dati di mortalità dell'area del Comune di Roma limitrofa all'impianto ENEA-Casaccia sono stati ottenuti con uno studio di coorte di popolazione condotto dal Dip. di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio, sulla base del piano di analisi concordato dal gruppo di lavoro ISS.

Si ringraziano Giancarlo Marano e Paolo Rossi, del Ministero della Salute, per gli utili commenti alle bozze del rapporto. Si ringraziano inoltre tutti i componenti del citato Tavolo di coordinamento della Conferenza Stato-Città per gli stimoli e le utili discussioni.

## Sommario

Questo rapporto finale del progetto *Studio di fattibilità di programmi di valutazione dello stato di salute della popolazione residente nei Comuni già sedi di impianti nucleari* contiene:

- i) l'analisi dettagliata dei dati di mortalità disponibili relativi alle popolazioni residenti nei Comuni italiani che ospitano sul loro territorio un impianto nucleare;
- ii) la stima della mortalità attesa in tali Comuni per tumori associabili all'esposizione alle radiazioni ionizzanti, con tre diverse ipotesi di livelli di esposizione;
- iii) una rassegna sintetica degli altri studi epidemiologici, con particolare attenzione a quelli più recenti, condotti in Italia e in altri Paesi sulle popolazioni che vivono attorno a impianti nucleari.

## Contenuto dei singoli capitoli, dell'appendice e degli allegati

Nel **Capitolo 1** è riportato l'elenco e la dislocazione geografica dei Comuni che ospitano impianti nucleari e per i quali è stata eseguita un'analisi della mortalità ed una stima dei casi attesi, nonché una breve descrizione dell'impianto nucleare sito in ciascun Comune, incluso la sua dislocazione rispetto al centro abitato. Si tratta di (in ordine alfabetico): Bosco Marengo (AL, Piemonte), Caorso (PC, Emilia-Romagna), Ispra (VA, Lombardia), Latina (LT, Lazio), Rotondella (MT, Basilicata), Saluggia (VC, Piemonte), Sessa Aurunca (CE, Campania), Trino Vercellese (VC, Piemonte). Per il Comune di Roma, che pure ospita impianti nucleari nel centro di ricerca ENEA-Casaccia, l'analisi è stata limitata all'area di Roma-Casaccia a causa della dimensione molto estesa del Comune di Roma e della posizione molto periferica dell'impianto nucleare. Questo capitolo include 10 figure.

Nel **Capitolo 2** sono state prese in esame – preliminarmente all'analisi di mortalità e alla stima dei casi potenzialmente attesi – le rassegne più recenti dei risultati degli studi epidemiologici sugli effetti delle radiazioni ionizzanti, rassegne effettuate dai principali organismi internazionali preposti alla valutazione degli effetti sanitari delle radiazioni ionizzanti, al fine di individuare le specifiche patologie per le quali (con evidenza *sufficiente* o *limitata*) l'esposizione a radiazioni ionizzanti svolge un *ruolo eziologico* (cioè ne sono una possibile causa o concausa), e di includere quindi tali patologie nell'analisi di mortalità. Questo capitolo include 1 tabella.

Nel **Capitolo 3** viene descritta la metodologia utilizzata per l'analisi di mortalità. Per 8 Comuni sono stati presi in esame tutti i dati di mortalità disponibili a livello comunale, quindi dal 1980 al 2008, suddivisi in tre decenni (1980–1989, 1990–1999, 2000–2008). Per il Comune di Roma, a causa della sua estensione, è stata invece svolta un'analisi di mortalità limitatamente all'area compresa in un raggio di 3 km dall'impianto nucleare di ENEA-Casaccia (da qui in avanti indicata con "area di Roma-Casaccia") utilizzando un approccio di coorte di popolazione, seguita dal 2001 al 2010. La mortalità di ogni Comune è stata confrontata con quella media della Regione di appartenenza, per 62 cause di morte (singole patologie o gruppi di patologie), suddivise in classi: tutte le cause e 5 grandi gruppi di patologie indicatori generali dello stato di salute (classe A), le 13 patologie tumorali per le quali le più recenti rassegne effettuate da organismi

internazionali mostrano evidenza *sufficiente* di un ruolo eziologico delle radiazioni ionizzanti (classe B), le 11 patologie tumorali per le quali le più recenti rassegne effettuate da organismi internazionali mostrano evidenza *limitata* di un ruolo eziologico delle radiazioni ionizzanti (classe C), altre 32 patologie incluse nel precedente studio SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento) condotto dall'Istituto Superiore di Sanità (classe E). Inoltre, per la classe d'età di 0–14 anni è stato selezionato un sottoinsieme di 8 patologie o gruppi di patologie di specifico interesse, tra cui le leucemie infantili (classe D). Questo capitolo include 1 tabella.

Nel [Capitolo 4](#) sono riportati i risultati di analisi complessive effettuate al fine di evidenziare andamenti generali sia su gruppi di patologie, in particolare quelle connesse con l'esposizione a radiazioni ionizzanti, sia sull'insieme dei Comuni presi in esame. In particolare, nei due paragrafi di questo capitolo sono riportati i risultati delle: i) analisi complessive, per ogni Comune, relative all'insieme di patologie connesse con l'esposizione a radiazioni ionizzanti (sia per quelle del gruppo B che per quelle del gruppo C), ii) analisi complessive, per ogni patologia, relative all'insieme dei Comuni. I risultati sono riportati sia per le singole decadi di osservazione che per l'intero periodo di osservazione 1980–2008. Questo capitolo include complessivamente 11 tabelle.

Nel [Capitolo 5](#) sono riportate le stime del numero di casi *attesi* di mortalità per i tumori per i quali l'esposizione a radiazioni ionizzanti svolge un ruolo eziologico (cioè quelli delle classi B e C definite nel Capitolo 3), sulla base di tre livelli ipotizzati di esposizione della popolazione a rilasci di radioattività dall'impianto nucleare. Tali stime sono confrontate con le analisi dei dati di mortalità riportate nei precedenti capitoli. Le stime sono state effettuate assumendo che il periodo di esposizione sia quello di attività dell'impianto (o quello, un po' più esteso, in cui nell'impianto era comunque presente del materiale radioattivo), al fine di ottenere la stima del numero di decessi attesi nelle singole tre decadi e nei 30 anni complessivi di osservazione presi in considerazione nel presente studio. In questo capitolo, oltre ai risultati delle stime del numero di casi attesi, sono riportati la metodologia, le ipotesi assunte ed una discussione sulla loro validità, nonché i valori dei parametri adottati per effettuare le stime ed una valutazione delle relative incertezze. Questo capitolo include complessivamente 5 figure e 6 tabelle.

Nel [Capitolo 6](#) è riportata una rassegna sintetica degli altri studi epidemiologici sullo stato di salute delle popolazioni residenti nelle vicinanze di impianti nucleari. La gran parte di questi studi, soprattutto quelli di grande dimensione, è stata effettuata in altri Paesi (in particolare in alcuni Paesi con maggiore presenza di impianti nucleari, come Francia, Regno Unito, Germania, ecc.), ma alcuni studi, sia pur di dimensione più limitata, sono stati effettuati anche in Italia. La rassegna si conclude con brevi confronti tra i metodi ed i risultati di tali studi e quelli dello studio presentato in questo rapporto. Questo capitolo include complessivamente 6 tabelle.

Nell'[Appendice](#) viene definito e spiegato il rapporto standardizzato di mortalità (SMR), utilizzato per confrontare la mortalità osservata a livello comunale con la mortalità media regionale. Viene inoltre definito e spiegato il tasso (grezzo e standardizzato) di mortalità.

I risultati principali per ogni Comune sono riportati nell'[Allegato 1](#) (limitatamente a maschi e femmine insieme, alle classi di patologie A, B, e C (per la classe d'età 0–99 anni)

e alla classe di patologie D (per la classe d'età 0–14 anni), il tutto sia per singole decadi che per l'intero periodo 1980–2008), mentre i risultati completi sono riportati nell'Allegato 2. Per ogni Comune i risultati sono seguiti da un breve commento ai risultati stessi. Nella sezione relativa a Roma-Casaccia è anche descritta la metodologia adottata per valutare la mortalità in questa area, un po' diversa ma sostanzialmente equivalente alla metodologia adottata per gli altri 8 Comuni, anche se l'analisi è limitata al periodo 2000–2010. Nell'ultimo paragrafo sono riportate alcune tabelle riassuntive, al fine di facilitare una lettura complessiva dei risultati riportati in questo allegato e nell'Allegato 2. In tali tabelle sono riportati – per tutte le classi di patologie (A,B,C,D,E) prese in esame, sia in questo allegato che nell'Allegato 2 – i Comuni per i quali è stata osservata una mortalità in eccesso o in difetto (al 90%) rispetto ai valori medi regionali, in almeno una decade (Tabelle A1.10.1), in almeno due decadi (Tabella A1.10.2), e in tutte e tre le decadi (Tabella A1.10.3). Questo allegato include complessivamente 43 tabelle.

Nell'Allegato 2 sono riportati, per ogni Comune, i risultati di mortalità completi per tutte le patologie (incluso quindi anche quelle della classe E). Per ogni Comune sono state prodotte 10 tabelle: 9 tabelle sono relative alla mortalità per maschi, femmine, e maschi+femmine per ognuna delle tre decadi, ed 1 tabella è relativa alla mortalità nella classe d'età 0–14. Per l'area Roma-Casaccia sono riportate solo 4 tabelle poiché l'analisi di mortalità si riferisce ad un unico periodo temporale di 10 anni (e non a tre decadi distinte come per gli altri Comuni). Questo allegato include complessivamente 84 tabelle.

Nell'Allegato 3 è riportata l'analisi originale relativa all'area Roma-Casaccia, condotta dal Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio e sulla base della quale sono state elaborate le tabelle relative a quest'area riportate negli Allegati 1 e 2. Questo allegato include complessivamente 1 figura e 3 tabelle.

Nel suo complesso il rapporto consta di 255 pagine e contiene un totale di 16 figure e 155 tabelle.

## Sintesi dei risultati

Nell'analisi della mortalità delle popolazioni residenti in ognuno degli 8 Comuni e nell'area Roma-Casaccia per quel che riguarda l'insieme di tutte le patologie tumorali per le quali vi è un ruolo eziologico delle radiazioni ionizzanti (sia con evidenza sufficiente che limitata, cioè le patologie tumorali rispettivamente delle classi B e C definite nel Capitolo 3), e quindi associabili ad eventuali esposizioni a radioattività rilasciata dagli impianti nucleari, si riscontra (vedi Tabella 4.1.BC) un difetto di mortalità aggregando i dati di tutti i Comuni tranne Latina (nei trent'anni, –9%, e in tutte le decadi, –9%, –7% e –11%), mentre includendo anche Latina non si riscontrano differenze con le mortalità di riferimento regionali. Analizzando l'insieme delle sole patologie della classe B (vedi Tabella 4.1.B), si osserva nell'insieme dei Comuni senza Latina un difetto di mortalità (nei trent'anni, –8%, e nella seconda e terza decade, –7% e –13%), mentre includendo anche Latina non si riscontrano differenze con le mortalità di riferimento regionali. Analizzando l'insieme delle sole patologie della classe C (vedi Tabella 4.1.C), si osserva nell'insieme dei Comuni un difetto di mortalità sia escludendo Latina (nei trent'anni, –12%, e nella prima decade, –23%), che includendo Latina (nei trent'anni, –5%, e nella terza decade, –9%).

Analizzando singolarmente le patologie tumorali della classe B (cioè quelle con evidenza sufficiente di un ruolo eziologico delle radiazioni ionizzanti), nell'analisi complessiva sull'insieme dei Comuni si riscontrano alcuni eccessi di mortalità rispetto alla media regionale in uno o più dei periodi considerati (vedi Tabelle 4.2.B-1 e 4.2.B-2). In particolare, nell'analisi esclusa Latina (vedi Tabella 4.2.B-1), risulta un chiaro eccesso di mortalità per il tumore della tiroide, riscontrabile sia nell'insieme dei 30 anni, +50%, che nella prima decade, +89%. Risultano inoltre eccessi di mortalità anche per i tumori dello stomaco (nella seconda decade, +17%), dell'encefalo e del sistema nervoso centrale (nella prima decade, +33%). Nell'analisi inclusa Latina (vedi Tabella 4.2.B-2), risultano eccessi di mortalità per tumori delle ghiandole salivari (nella seconda decade, +78%), della pelle (nella prima decade, +83%) e del rene (nella seconda decade, +24%). Da notare che si osservano numerosi difetti di mortalità sia nell'analisi escluso Latina (vedi Tabella 4.2.B-1) che con l'inclusione di tale Comune (vedi Tabella 4.2.B-2).

Per le singole patologie tumorali della classe C (cioè quelle con evidenza limitata di un ruolo eziologico delle radiazioni ionizzanti) non si osservano eccessi di mortalità nell'analisi complessiva di tutti i Comuni, ma solo alcuni difetti, sia nell'analisi che include Latina che in quella che non la include (vedi Tabelle 4.2.C-1 e 4.2.C-2).

Anche per quanto riguarda i risultati disaggregati dei singoli Comuni, la situazione è caratterizzata generalmente da un numero più o meno simile di eccessi e difetti di mortalità, per una descrizione completa dei quali si rimanda all'Allegato 1 (dove sono riportati i risultati principali per ogni Comune e alcune tabelle riassuntive) e agli Allegati 2 e Allegato 3 (dove sono riportati i risultati completi e dettagliati). I Comuni di Bosco Marengo, Caorso, Latina e Rotondella hanno fatto registrare un maggior numero di eccessi di mortalità per patologie tumorali con evidenza sufficiente o limitata di associazione con le radiazioni ionizzanti (patologie di classe B e C), anche se in qualche caso tali eccessi sono basati su un numero esiguo di casi. In particolare, nella popolazione di Bosco Marengo sono emersi nell'intero trentennio eccessi di mortalità per i tumori della tiroide, del polmone, dell'utero e per la malattia di Hodgkin; per queste patologie gli eccessi si sono riscontrati anche in alcuni singoli periodi. Nel Comune di Caorso, si sono registrati nel periodo 1990–1999 eccessi di mortalità per i tumori dello stomaco, delle ghiandole salivari e del rene, nonché per l'insieme delle patologie della classe B. A Latina, eccessi nell'intero trentennio sono emersi per la mortalità per il tumore del polmone, dell'esofago e del rene, nonché per l'insieme delle patologie della classe B. Nel Comune di Rotondella la mortalità per i tumori della tiroide e della vescica è in eccesso nel decennio 1980–1989, e, tra le patologie con evidenza limitata di ruolo eziologico delle radiazioni ionizzanti (classe C), il tumore del fegato ha fatto registrare un eccesso di mortalità nella seconda e terza decade, nonché nel periodo complessivo dei 30 anni analizzati. Negli altri Comuni si osserva un minor numero di eccessi di mortalità per le patologie delle classi B e C. In particolare, nel Comune di Sessa Aurunca si osserva un eccesso di mortalità per tumore allo stomaco e per melanoma della pelle, ognuno in un solo decennio; a Trino Vercellese si osserva un eccesso per tumore dell'encefalo e del sistema nervoso centrale; nell'area di Roma-Casaccia si riscontra un eccesso di mortalità solo per tumori alla pelle, benché basato su due soli casi osservati. Nei Comuni di Ispra e di Saluggia non si osserva alcun eccesso di mortalità per queste patologie. A fronte di questi eccessi di mortalità vi sono anche, come riportato sopra, diversi casi per i quali la mortalità è invece inferiore alla media regionale, per l'analisi dei quali si rimanda all'Allegato 1.

Per la classe di età 0–14 anni, non si riscontrano eccessi di mortalità per le patologie prese in esame nei Comuni di Bosco Marengo, Caorso, Rotondella, Saluggia, Sessa Aurunca, Trino Vercellese, e nell'area di Roma-Casaccia; nel Comune di Ispra si osserva un eccesso di mortalità per tutte le cause nella prima decade e nell'intero periodo 1980–2008, mentre a Latina si ha un eccesso per tutte le cause nel periodo 1990–1999 e per il tumore del sistema nervoso nel periodo 1990–1999 e nel periodo complessivo 1980–2008. Si osserva un difetto solo nel Comune di Caorso per quanto riguarda la mortalità per tutte le cause nel periodo complessivo 1980–2008.

L'analisi di mortalità contribuisce a descrivere lo stato di salute degli abitanti dei Comuni interessati in rapporto alla mortalità media regionale, ma non permette di stabilire un nesso tra la mortalità osservata e la presenza degli impianti nucleari per diversi motivi: innanzitutto le patologie analizzate hanno diverse possibili cause (cosiddette patologie ad *eziologia multifattoriale*), inoltre i livelli di esposizione alla radioattività eventualmente emessa dagli impianti delle popolazioni in esame non sono generalmente noti con sufficiente dettaglio, e, infine, le stesse popolazioni sono comunque esposte in entità variabile tra gli individui anche ad altre sorgenti di radiazioni ionizzanti (radon, radionuclidi nel suolo e nei materiali da costruzione, esami e terapie mediche, ecc.). Al fine di effettuare una valutazione del possibile impatto sanitario degli impianti nucleari dislocati in questi Comuni, è stata quindi effettuata una stima quantitativa dell'entità del rischio plausibile – in termini di mortalità attesa per patologie tumorali per le quali l'esposizione a radiazioni ionizzanti svolge un ruolo eziologico – per tre diversi livelli ipotizzati di dose individuale, corrispondenti a: i) rilasci continui di radioattività tipici per funzionamento normale di impianti nucleari, sulla base di dati ufficiali europei, ii) rilasci continui uguali ai massimi registrati nei dati ufficiali europei per il funzionamento normale di impianti nucleari, iii) rilasci continui e molto consistenti causati da un continuo funzionamento anomalo (cioè continue situazioni incidentali di lieve o moderata intensità), molto diverso comunque da situazioni incidentali gravi, per le quali le dosi alla popolazione circostante sono molto superiori, come nei casi di Chernobyl e Fukushima.

Le stime effettuate mostrano che, assumendo che durante tutto il periodo di funzionamento degli impianti in esame i rilasci di radioattività siano stati uguali al livello massimo registrato (sulla base di dati ufficiali europei) per rilasci da impianti nucleari in condizioni normali, il numero di casi di morte (per patologie tumorali correlabili con l'esposizione a radiazioni ionizzanti) attesi nelle popolazioni prese in esame sarebbe inferiore a 1 nell'insieme di tutti i Comuni e per tutto il periodo di osservazione (dal 1980 al 2008). Solo in caso di rilasci consistenti di radioattività (100 volte i livelli massimi registrati in dati ufficiali) per tutto il periodo di funzionamento degli impianti si avrebbe nei circa 30 anni di osservazione un numero di casi attesi a seguito di tali rilasci superiore a 1 (in particolare 45 o 50 a Latina e 13 o 19 nell'insieme degli altri Comuni, a seconda dello scenario di esposizione, come illustrato nel Capitolo 5 e in Tabella 5.6), che rappresenterebbero meno dell'1% del totale di decessi osservati per patologie tumorali per le quali l'esposizione a radiazioni ionizzanti ha un ruolo eziologico.

Per quanto riguarda gli altri studi epidemiologici sullo stato di salute delle popolazioni che vivono attorno ad impianti nucleari – analizzati nella rassegna sintetica presentata in questo rapporto e comprendente sia quelli (più numerosi e di maggiori dimensioni) effettuati in altri Paesi che quelli effettuati in Italia per alcuni singoli impianti – in buona parte dei casi non si sono evidenziati eccessi di mortalità o di incidenza per patologie per

le quali l'esposizione a radiazioni ionizzanti ha un ruolo eziologico. Un incremento di rischio di leucemia infantile per chi risiede in prossimità di impianti nucleari è stato però riscontrato in due studi di grandi dimensioni: nello studio tedesco *KiKK* (pubblicato 2008) e in una delle due analisi dello studio francese *Geocap* (pubblicato 2012), quella in cui si usa come indicatore di esposizione approssimato la distanza dall'impianto (nell'altra analisi, in cui vengono utilizzate stime di esposizione basate sui rilasci di radioattività dichiarati, non vengono invece osservate leucemie in eccesso). In entrambi i casi non sono state trovate finora spiegazioni convincenti dei risultati ottenuti. In precedenza, negli anni '80, era stato osservato (in un periodo di 30 anni) un eccesso di incidenza di leucemie e linfomi non-Hodgkin in bambini, adolescenti e giovani adulti del villaggio di Seascale in prossimità dell'impianto di Sellafield, nel sud-ovest dell'Inghilterra, e un simile eccesso di leucemie in una cittadina nei pressi dell'impianto nucleare di Dounreay, in Scozia. In uno studio recente (pubblicato nel 2014) tali eccessi non risultano più esser presenti dai primi anni '90 in poi. Anche in questi casi, nonostante le numerose analisi effettuate nel corso degli anni, non sono state dimostrate le cause degli eccessi e del loro successivo venir meno. Una delle ipotesi avanzate consiste in una sorta di epidemia a base infettiva prodotta dal rilevante mescolamento di popolazione verificatosi in connessione alla costruzione e sviluppo degli impianti nucleari e di altri impianti industriali nelle due aree.

## Commenti e prospettive

Complessivamente, lo stato di salute delle popolazioni residenti negli 8 Comuni e nell'area attorno all'ENEA-Casaccia non appare, per quel che riguarda la mortalità, scostarsi sistematicamente e significativamente dalla situazione media regionale delle Regioni di appartenenza, ancorché siano stati riscontrati alcuni eccessi di mortalità, ma anche alcuni difetti, rispetto ai corrispondenti valori medi regionali.

Nel commentare gli eccessi di specifiche patologie tumorali per le quali è riconosciuto un ruolo eziologico delle radiazioni ionizzanti, rilevati in alcuni Comuni, va sempre tenuto conto del fatto che si tratta di patologie con una eziologia multifattoriale (che ammettono cioè diversi fattori di rischio). Studi geografici svolti a livello comunale non forniscono indicazioni causali riguardo gli eccessi riscontrati, piuttosto forniscono un quadro dello stato di salute (in questo caso, della mortalità) della popolazione ivi residente e possono individuare i segnali da approfondire con ulteriori indagini. Queste ultime dovrebbero essere caratterizzate da una stima dell'esposizione a livello individuale, nonché da indicatori della sussistenza di altri possibili fattori di rischio, sempre a livello individuale, compresa l'attività lavorativa.

Malgrado questi limiti, occorre notare che nell'analisi sull'insieme dei Comuni è stato osservato un eccesso di mortalità (rispetto alla popolazione di riferimento) per alcune delle patologie tumorali (tra cui i tumori della tiroide) che, da parte degli organismi internazionali preposti, sono state riconosciute avere tra i loro fattori di rischio anche l'esposizione a radiazioni ionizzanti. A tal riguardo va anche ricordato che in questo rapporto è stato adottato un approccio cautelativo per individuare gli eccessi di mortalità utilizzando un intervallo di confidenza al 90% per i rapporti standardizzati di mortalità.



Va tenuto presente che in questo rapporto l'analisi dello stato di salute delle popolazioni dei Comuni in esame è basata sulla sola *mortalità*, sia pur per ben 62 patologie (singole o gruppi, incluso tutte le patologie per le quali l'esposizione a radiazioni ionizzanti ha un ruolo eziologico), cosa che inevitabilmente comporta una ridotta capacità di osservare patologie a bassa letalità e bassa prevalenza, ad es. i tumori della tiroide nei bambini e le leucemie infantili. Non è stato possibile, inoltre, effettuare un'analisi dell'*incidenza* dei tumori in tutti i Comuni presi in esame in quanto non tutti sono serviti da un registro tumori (l'analisi dell'incidenza è stata comunque effettuata in altri studi epidemiologici limitati alle popolazioni residenti vicino alle due centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano, e al centro di ricerca di Ispra, fornendo risultati simili a quelli di mortalità riportati in questo rapporto).

D'altra parte nel presente studio l'analisi di mortalità è stata condotta con la stessa metodologia per tutti i Comuni sedi di impianti nucleari, utilizzando dati di mortalità codificati in modo uniforme dall'ISTAT per tutti i Comuni, prendendo in esame un insieme molto ampio di patologie, con particolare attenzione a tutte quelle per le quali l'esposizione a radiazioni ionizzanti svolge un ruolo eziologico, e per un ampio periodo di osservazione (di quasi 30 anni, mentre i registri tumori, ove esistenti, sono generalmente attivi da un numero inferiore di anni).

Va sottolineato e ribadito che gli eccessi di mortalità osservati in qualche caso nelle popolazioni dei Comuni in esame non possono essere direttamente attribuibili, in base a questa sola analisi, alla presenza di impianti nucleari, in assenza di dati o indicatori di esposizione degli individui delle popolazioni in esame ai rilasci radioattivi dagli impianti stessi. D'altra parte, eventuali aumenti di mortalità connessi alla presenza di tali impianti potrebbero non risultare statisticamente significativi in questa analisi, sia perché viene analizzata la mortalità complessiva di ogni Comune indipendentemente da quanta parte della popolazione sia stata eventualmente esposta a rilasci di radioattività e dai relativi livelli di esposizione, sia perché la limitata dimensione delle popolazioni in esame comporta una limitata potenza statistica, soprattutto per i tumori infantili, poco frequenti.

La rassegna sintetica degli altri studi epidemiologici condotti finora – studi effettuati principalmente in altri Paesi (tra quelli con maggiore presenza di impianti nucleari, come Francia, Regno Unito, Stati Uniti, Germania, Svizzera, Finlandia) ma alcuni anche in Italia attorno a singoli impianti – ed il confronto con il presente studio mostrano che i risultati presentati in questo rapporto sono sostanzialmente concordi con i risultati ottenuti negli altri studi, pur nella varietà di metodi utilizzati e dimensione delle popolazioni coinvolte.

Nello studio presentato in questo rapporto non è stato possibile analizzare la mortalità in funzione della distanza dall'impianto nucleare (usata in alcuni studi come indicatore approssimato, o *proxy*, della possibile esposizione a radioattività fuoriuscita dall'impianto), in quanto i dati di mortalità ISTAT sono disponibili solo aggregati su base comunale. Negli altri studi in cui tale analisi è stata possibile non sono stati generalmente riscontrati andamenti di mortalità o incidenza decrescenti con la distanza dall'impianto, tranne che in due studi sopra citati (il *KiKK* tedesco e il *Geocap* francese).

Per quanto riguarda possibili ulteriori studi in Italia, l'analisi della mortalità a livello comunale riportata in questo rapporto, con i suoi pregi e difetti sopra sintetizzati, può

essere estesa anche ad altri Comuni limitrofi, la cui popolazione in qualche caso risiede a distanze dall'impianto nucleare simili a quelle della popolazione del Comune sul cui territorio è collocato l'impianto analizzato. Inoltre l'analisi può essere ripetuta nel corso dei prossimi tre decenni per tener conto che dagli studi epidemiologici sui sopravvissuti di Hiroshima e Nagasaki risulta che l'effetto dell'esposizione a radiazioni ionizzanti in termini di aumento di casi di tumore può esplicarsi nell'arco di molti decenni, come mostrato nel Capitolo 5.

Maggiori informazioni sulla situazione in Italia potrebbero derivare da un nuovo studio che coinvolga ancora tutti gli impianti nucleari e le popolazioni circostanti, cercando però di utilizzare per ogni individuo indicatori quantitativi di esposizione a radiazioni ionizzanti connessi a rilasci di radioattività dagli impianti – indicatori sia approssimati o *proxy* (quali la distanza dall'impianto) che basati su una adeguata ricostruzione retrospettiva delle dosi – ed utilizzando ove possibile dati di incidenza per le patologie per le quali le radiazioni ionizzanti hanno un ruolo eziologico, più informativi dei dati di mortalità nei casi di patologie a bassa letalità.

Uno studio del genere è reso molto complesso dalla sostanziale attuale assenza di dati di esposizione individuale e dalla carenza di dati di incidenza, dovuta al fatto che solo una parte del territorio italiano è coperto da un registro tumori. Eventuali futuri impianti nucleari, o comunque impianti che possano produrre rilasci consistenti di radioattività, incluso il deposito nazionale di rifiuti radioattivi, andrebbero quindi progettati prevedendo da subito un'adeguata valutazione della situazione di esposizione alla radioattività (che inizi prima della costruzione dell'impianto) e un adeguato sistema di sorveglianza dello stato di salute della popolazione circostante. In tal modo sarà possibile fornire risposte più esaurienti ai quesiti sull'impatto sanitario di tali impianti.

La miglior valutazione dei rischi sanitari per le popolazioni che vivono attorno ad impianti nucleari deriverebbe comunque da un'analisi combinata (o *pooled analysis*) di tutti gli studi effettuati nei vari Paesi, utilizzando dati individuali di esposizione e di stato di salute, così come recentemente proposto per cercare di chiarire le differenze dei risultati ottenuti in alcuni grandi studi effettuati in Germania, Francia e Gran Bretagna.

## Conclusioni

In sintesi, in questo studio di analisi della mortalità delle popolazioni residenti nei Comuni sedi di impianti nucleari sono stati osservati alcuni eccessi di mortalità per alcune patologie che possono essere legate alla esposizione a radiazioni ionizzanti. Da rilevare che tali eccessi si verificano solo in alcuni Comuni e in singole decadi di osservazione e che si rilevano anche un numero simile di difetti di mortalità, rispetto ai valori medi delle Regioni di appartenenza. Gli eccessi di mortalità osservati non possono essere direttamente attribuibili, se non in piccola parte, all'esposizione della popolazione a dosi di radiazioni ionizzanti causate da rilasci di radioattività dagli impianti, in quanto (sulla base delle stime riportate in questo rapporto) le dosi che possono causare effetti osservabili in termini di incremento di mortalità avrebbero potuto essere prodotte solo da un continuo e rilevante funzionamento anomalo degli impianti. I risultati riportati in questo rapporto sono consistenti con quelli ottenuti nella gran parte degli altri studi

epidemiologici condotti finora, tenendo conto delle differenze di metodi utilizzati e di dimensione delle popolazioni coinvolte.

In conclusione, le analisi presentate in questo rapporto (l'analisi di mortalità a livello comunale, la stima dei casi attesi per diverse ipotesi di esposizione a radiazioni ionizzanti e la rassegna degli altri studi epidemiologici) descrivono, con metodologia uniforme e sulla base dei dati attualmente disponibili, lo stato di salute degli abitanti degli 8 Comuni (più l'area di Roma-Casaccia) interessati, e costituiscono una base di conoscenza utile per definire criteri, necessità e fattibilità di eventuali specifici programmi per ulteriori valutazioni dello stato di salute di queste popolazioni e, più in generale, per la sorveglianza dello stato di salute delle popolazioni residenti in prossimità di impianti che possano produrre rilasci di radioattività.

Per eventuali impianti futuri, incluso il Deposito Nazionale dei rifiuti radioattivi, andrà predisposta una adeguata sorveglianza radiologica e sanitaria, con particolare attenzione per le patologie correlate con l'esposizione a radiazioni ionizzanti, che possa permettere di rispondere adeguatamente alle domande sull'eventuale impatto sanitario di tali impianti.