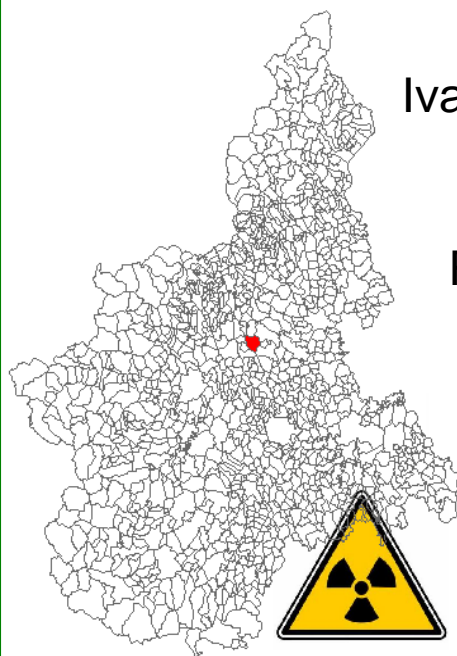




Studio di coorte storica sullo stato di salute dei residenti nel Comune di Saluggia sede di un sito nucleare



Ivaldi Cristiana, Carnà Paolo – ARPA Piemonte

Ottino Marina, Signorile Luisa – ASL TO4
Romeo Denise – Comune di Saluggia (VC)

*V Convegno Nazionale Agenti Fisici
Novara, 8 giugno 2012*



A.S.L. TO4

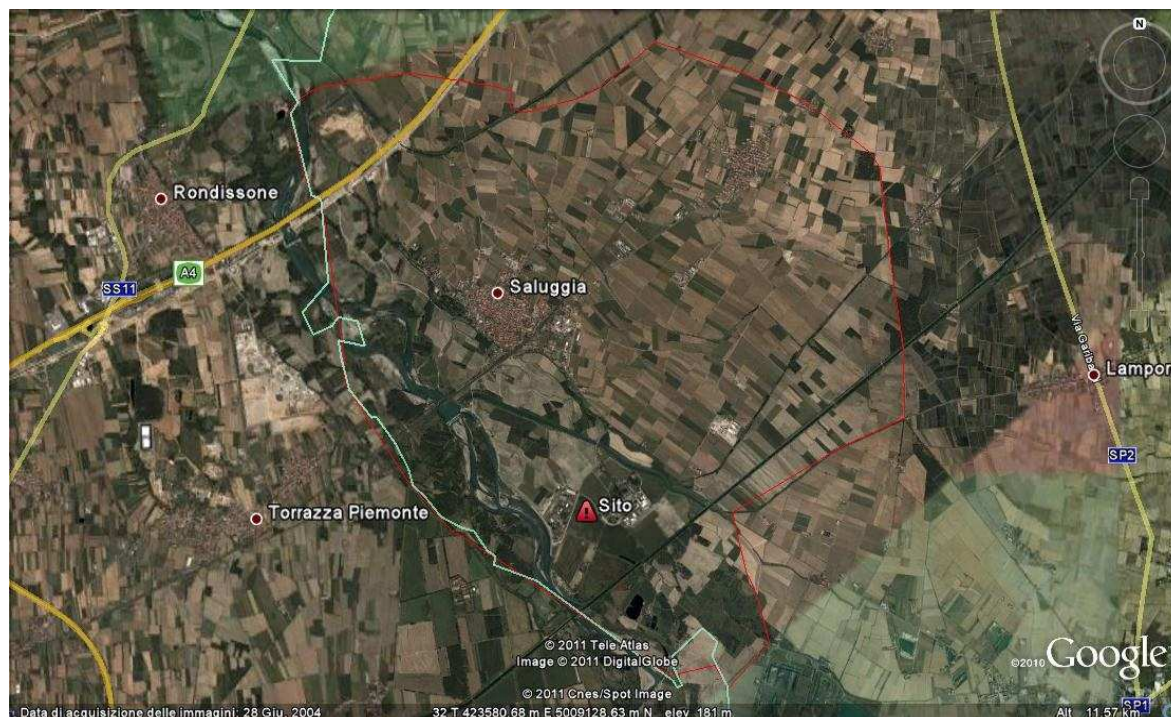
*Azienda Sanitaria Locale
di Cirié, Chivasso e Ivrea*



II SITO NUCLEARE di Saluggia

Il comprensorio nucleare di Saluggia è situato in provincia di Vercelli sulla strada provinciale Saluggia - Crescentino.

È delimitato ad est dal canale Farini, a sud dal canale Cavour, ad ovest dalla Dora Baltea e a nord da proprietà private.



Può essere suddiviso in due aree separate:

- l'impianto EUREX - SO.G.I.N. all'interno del Centro ricerche dell'Enea
- il Complesso Sorin e il Deposito Avogadro.



CARATTERIZZAZIONE DEL SITO NUCLEARE

Il **Deposito Avogadro** è un deposito per elementi di combustibile nucleare irraggiato che trova sede nella piscina del reattore di ricerca Avogadro RS1 che ha cessato la sua attività nell'anno 1971. In esso sono attualmente contenuti elementi di combustibile nucleare irraggiato.

Nel **Complesso Sorin**, fino all'anno 2004, è stata effettuata la produzione di radiofarmaci. Nell'insediamento sono presenti un'area destinata a deposito di rifiuti radioattivi solidi - dove



sono stoccati rifiuti radioattivi di I e II categoria provenienti sia dall'attività produttiva che da attività di raccolta pregressa - e 2 celle calde - destinate in passato alla manipolazione di sorgenti ad alta attività. Nel 2009 Sorin Biomedica, in ottemperanza alle prescrizioni del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, ha ultimato le attività di adeguamento del deposito ed ha iniziato le operazioni di trasferimento dei rifiuti radioattivi.

EUREX - SO.G.I.N. è un impianto per il ritrattamento di elementi di combustibile irraggiati ad alto arricchimento in U-235 di tipo M.T.R. (Material Testing Reactor). L'impianto attualmente non è più in esercizio ma nel corso della sua attività ha prodotto un grosso quantitativo di rifiuti radioattivi sia solidi che liquidi attualmente stoccati all'interno dell'area.



Gli eventi

Nel giugno 2004 si verificò una parziale perdita di contenimento della piscina di stoccaggio del combustibile irraggiato dell'impianto EUREX-SO.G.I.N.

A seguito di ciò Arpa Piemonte ha messo immediatamente in atto un monitoraggio radiologico straordinario che ha consentito la rilevazione nel luglio 2006 di contaminazione da Sr-90 nell'acqua di falda superficiale. Questa situazione ha reso necessario ed inderogabile lo svuotamento della piscina stessa.

Pertanto, nel periodo maggio-luglio 2007, è stato effettuato il trasferimento di tutto il combustibile irraggiato presente alla piscina di stoccaggio del vicino Deposito Avogadro. Successivamente sono iniziate le operazioni di bonifica della piscina EUREX

Da quel momento oltre alle campagne di monitoraggio ordinarie si sono susseguite nel corso degli anni numerose attività di monitoraggio ambientale straordinario.



La preoccupazione dei cittadini

Nonostante i risultati tranquillizzanti emersi dalle numerose attività di sorveglianza e indagini ambientali condotte da ARPA Piemonte, nella popolazione è presente, soprattutto a seguito dell'incidente del 2004, uno stato di allarme sui possibili effetti sulla salute determinati dalla presenza del sito nucleare.

In considerazione di ciò, nel 2009 il comune di Saluggia ha richiesto all'ASL e ad ARPA Piemonte di predisporre un progetto di studio epidemiologico.



Gli obiettivi dello studio erano:

- valutare lo stato di salute degli abitanti ed identificare eventuali incrementi della mortalità generale e per causa specifica, correlabili all'esposizione a materiale radioattivo presente nel sito e contaminante ambiente circostante;
- verificare se esista gradiente nell'andamento del rischio in relazione alla distanza dalla sorgente di esposizione.

Razionale della ricerca

Gli effetti sulla salute

- Le radiazioni ionizzanti producono effetti patogeni differenti in relazione alla dose, alla durata dell'esposizione, alla sede dell'applicazione ed al tipo di radiazione.
- L'interazione delle radiazioni con il tessuto biologico può causare fenomeni che portano a un possibile danneggiamento delle cellule con alterazioni morfologiche e funzionali.
- Nella maggior parte dei casi il danno viene riparato dai normali meccanismi di difesa dell'organismo ma, in alcuni casi, in funzione anche dell'entità dell'esposizione, le cellule interessate possono risultare compromesse, fino alla morte o alla loro trasformazione; questo può dar luogo, negli individui esposti, a conseguenze sanitarie evidenziabili a livello clinico.
- Gli studi epidemiologici che hanno contribuito ad aumentare le conoscenze su questo tema sono gli studi sui sopravvissuti delle esplosioni nucleari di Hiroshima e Nagasaki, gli studi sui militari e sulle popolazioni esposte a radiazioni per i test nucleari negli anni 50-60, gli studi sulle popolazioni esposte a seguito di incidenti nelle diverse centrali nucleari, in particolare Chernobyl (1986), gli studi effettuati su popolazioni residenti nei pressi di centrali nucleari (Sellafield) e di depositi di scorie e materiale radioattivo, gli studi su esposti occupazionali (miniere, lavoratori nell'industria nucleare) e i recenti dati sui militari esposti a uranio.

- Gli Effetti immediati o a breve termine, sono quelli che si manifestano al di sopra di soglie di esposizione molto elevate quali, ad esempio, quelli avvenuti in seguito a esplosioni nucleari o all'incidente di Chernobyl e Fukushima tra agli operatori dell'impianto e gli addetti ai soccorsi immediati e inducono immediatamente o nel giro di breve tempo lesioni anatomiche e perdita di funzionalità d'organi e tessuti.

Effetti stocastici

Questi effetti, che si manifestano dopo anni, talora decenni dall'irradiazione, sono a carattere probabilistico (*stocastico*), non richiedono il superamento di valore-soglia per comparire.

Organi bersaglio: tiroide, apparato emolinfopoietico, polmone, cute, mammella

Patologie principali: neoplasie della tiroide, del polmone, della mammella melanomi, leucemie.

L'ipotesi a priori

L'ipotesi era che, vista la tipologia delle sostanze presenti nel sito , vi fosse stato un incremento di patologie neoplastiche in particolare di tumori emolinfopoietici



Lo studio epidemiologico

Il modello di studio : coorte storica

Si applica per studiare esposizioni rare a cui vengono esposti gruppi di soggetti, che vengono studiati nel tempo al fine di verificare l'insorgenza di eventuali incrementi di rischio per patologie in relazione all'esposizione.

La coorte in studio era rappresentata da tutti i soggetti che, a partire dal 1980 fino al 2008, avevano avuto un periodo di residenza di almeno 3 mesi a Saluggia, considerando come fattore di esposizione la residenza vicino al sito nucleare

L'indagine è stata avviata a luglio 2010 e si è conclusa a gennaio 2012 (18 mesi).



LA RICOSTRUZIONE DELLA COORTE

Prime attività svolte:

- Costruzione della coorte storica includente tutti i residenti a Saluggia dal 1981 fino al 2008, con elenco dei residenti costruito sulla base degli archivi anagrafici comunali storici (elettronico/cartaceo).
- Predisposizione databases e bonifica qualitativa dei dati.
- Verifica dello stato in vita. Per ogni soggetto la verifica dello stato in vita è svolta presso il comune di residenza; per i soggetti che sono risultati emigrati in un altro comune, è stata ricostruita la storia residenziale tramite follow up postale, ovvero scrivendo ai nuovi comuni di residenza per acquisire le informazioni necessarie.



561 Comuni italiani contattati durante il follow-up



RICOSTRUZIONE DELLA COORTE

STATISTICHE TOTALI

7646 persone risultate residenti a Saluggia nel periodo 1981-2008
di queste:

1540 deceduti a Saluggia

2183 Emigrati iniziali da Saluggia
dei quali:

1840 ancora in vita **84.29%**

171 deceduti **7.83%**

117 irreperibili 5.36%

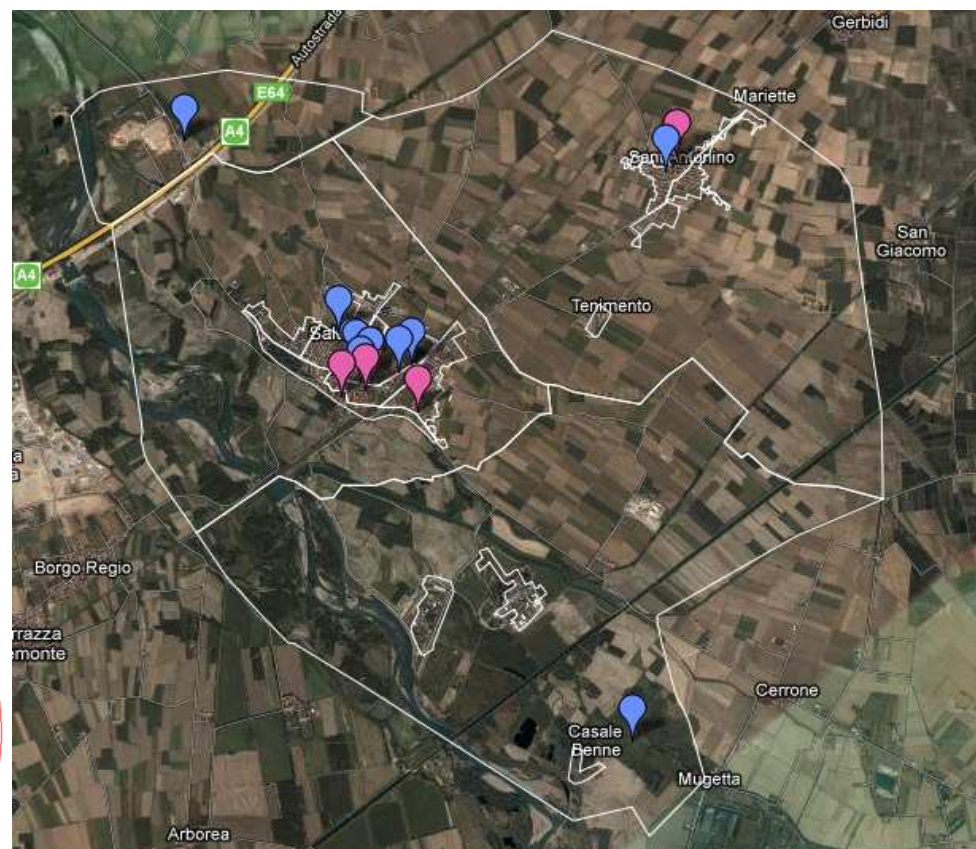
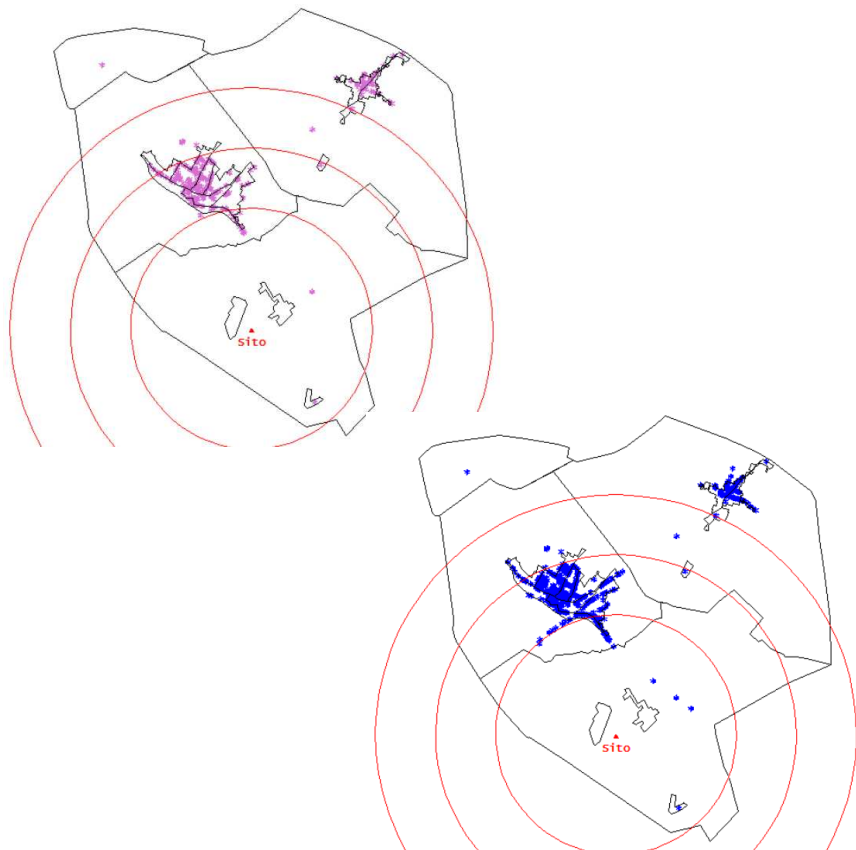
55 emigrati all'estero 2.52%

1711 deceduti totali nella coorte



DEFINIZIONE DELL'ESPOSIZIONE

Per la definizione dell'esposizione, non avendo a disposizione misure dirette sugli individui, si è utilizzato un "proxy" rappresentato dalla distanza delle abitazioni dalla sorgente, ovvero dal sito Euxes. Per lo studio è stato definito arbitrariamente un punto centrale rispetto ai principali insediamenti presenti nel sito, di cui sono state estrapolate le coordinate geografiche; tale punto è stato utilizzato per calcolare le distanze dalla sorgente.



Esempi di georeferenziazione puntuale



DEFINIZIONE DELL'ESPOSIZIONE

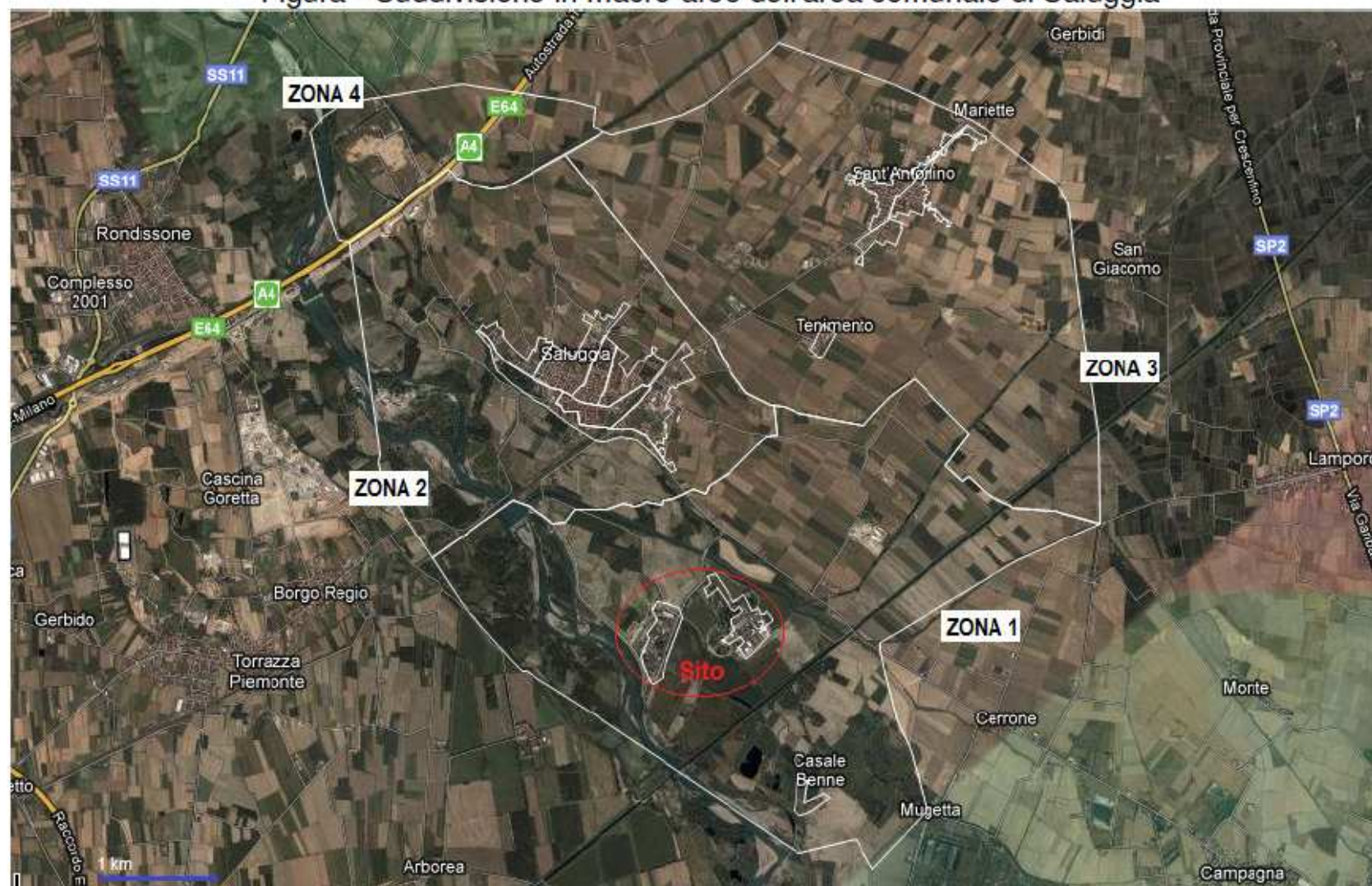
Due metodi per la suddivisione del territorio comunale di Saluggia:

- Sulla base delle risultanze dei campionamenti ambientali effettuati dalla Struttura delle Radiazioni ionizzanti di Vercelli, è stata suddivisa in 4 aree a distanza decrescente dal sito e con una perimetrazione che seguisse alcune definizioni di confini naturali, e agglomerati di frazioni e distribuzioni delle abitazioni . A ogni area così definita è stato attribuito un valore formale di rischio decrescente da 1 a 4.
- Il territorio è poi stato anche suddiviso in aree concentriche con centro situato nel mezzo del sito e con raggio crescente, e sulla base di questa differente divisione territoriale sono poi stati calcolati i diversi indici di rischio.



DEFINIZIONE DELL'ESPOSIZIONE

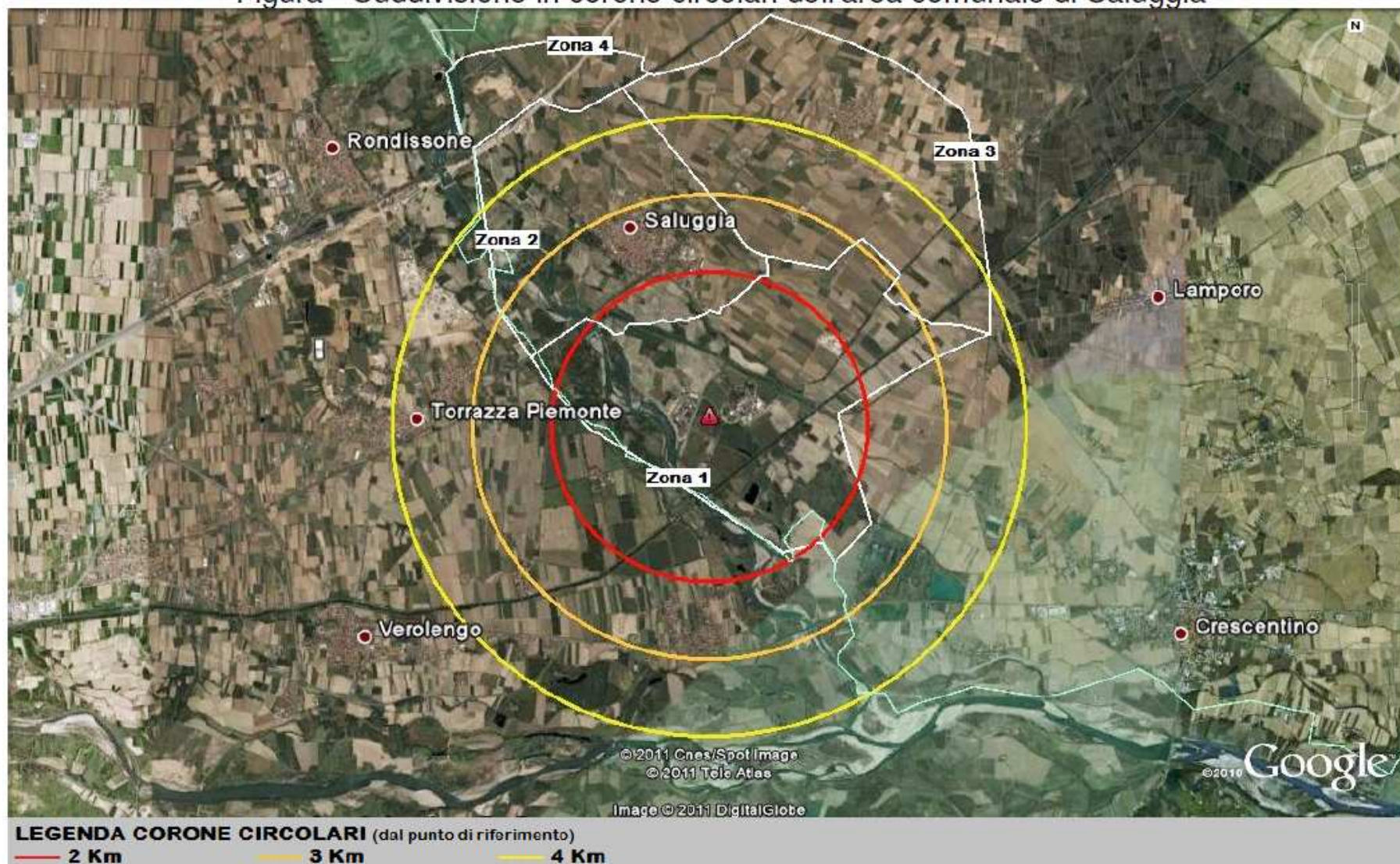
Figura - Suddivisione in macro-aree dell'area comunale di Saluggia





DEFINIZIONE DELL'ESPOSIZIONE

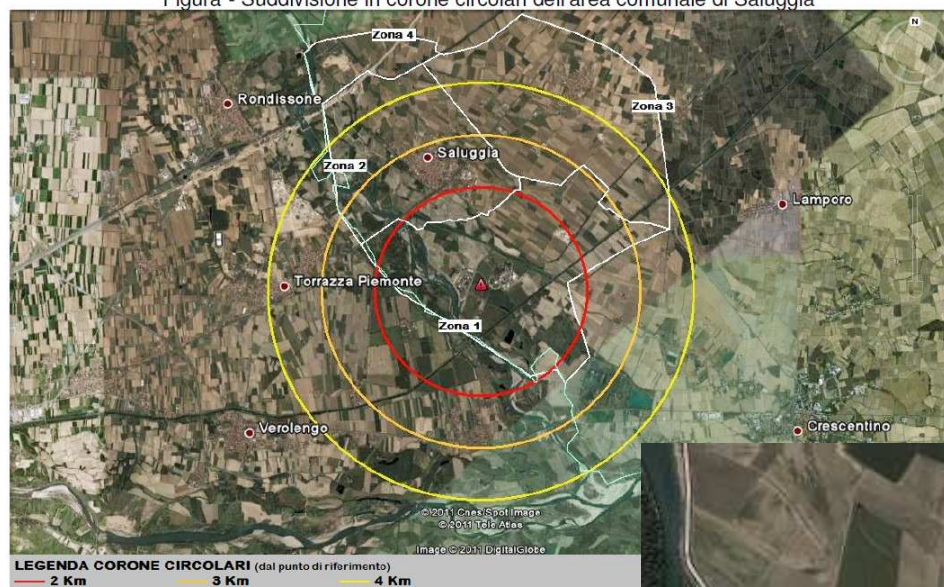
Figura - Suddivisione in corone circolari dell'area comunale di Saluggia





DEFINIZIONE DELL'ESPOSIZIONE

Figura - Suddivisione in corone circolari dell'area comunale di Saluggia





I dati sanitari

Una volta verificato lo stato in vita di tutti coloro che avevano avuto un periodo di residenza a Saluggia (compresi gli immigrati) è stato necessario, per valutare lo stato di salute della coorte ricostruire la mortalità e della morbosità, e quindi reperire le informazioni specifiche rispetto alle cause di decesso o di ricovero.

Per tutti i soggetti deceduti, l'ASL TO4 ha recuperato i certificati delle cause di morte che sono state successivamente codificate secondo l'ICD9.

Sono state inoltre acquisite le dimissioni ospedaliere regionali (SDO) dal 1996 al 2009.

Sia per le cause di morte che per i ricoveri ospedalieri, sono state indagate con particolare attenzione alcune cause (tumori emolinfopoietici e tumori della tiroide) per le quali la letteratura scientifica identifica tra i vari fattori di rischio l'esposizione a radiazioni.



le patologie in studio

Tabella - Cause (non tumorali) di decesso / primo ricovero

Codice ICD-9	Cause non tumorali
(000-999)	Tutte le diagnosi (tranne I.V.G. parto e cataratta)
(3900-4599)	Malattie del Sistema Circolatorio
(4600-5199)	Malattie App. Respiratorio
(4930-4939)	Asma
(5710-5719)	Cirrosi Epatica
(2500-2509)	Diabete
(5800-6299)	Malattie dell'Apparato Genito-urinario
(3200-3899)	Malattie del Sistema Nervoso e Organi di senso
(3310-3310)	Malattia di Alzheimer
(3320-3321)	Morbo di Parkinson
(3352-3352)	Malattia dei neuroni motori
(7800-7999)	Cause mal definite
(8000-9999)	Traumi e Avvelenamenti

Tabella - Cause (tumorali) di decesso / primo ricovero

Codice ICD-9	Cause tumorali
(1400-2399)	Tutti i Tumori
(1510-1519)	Stomaco
(1530-1548)	Colon - retto
(1550-1551 1560-1569)	Fegato e dotti biliari
(1570-1579)	Pancreas
(1580-1589)	Peritoneo
(1600-1600)	Nasale
(1610-1619)	Laringe
(1620-1629)	Trachea Bronchi e Polmoni
(1630-1639)	Pleura
(1720-1729)	Melanoma
(1740-1759)	Mammella
(1790-1809 1820-1829)	Utero
(1860-1869)	Testicolo
(1880-1889)	Vescica
(1850-1850)	Prostata
(1910-1919)	Encefalo
(1930)	Tiroide
(2000-2008) (2020-2029)	Linfomi non Hodgkin
(2010-2019)	Morbo di Hodgkin
(2030-2030)	Mieloma Multiplo
(2040-2089)	Leucemie



ANALISI DEI DATI

Le prime analisi effettuate sono state di tipo descrittivo, dove si è valutata la mortalità e la morbosità nella coorte, utilizzando come indicatori di rischio:

- **SMR** (Rapporti Standardizzati di Mortalità) per l'analisi della mortalità
- **SmR** (Rapporti Standardizzati di Morbosità) per l'analisi di primo ricovero.

Questi indicatori si ottengono dal rapporto tra il numero di casi osservati (decessi o ricoveri) nella coorte e il numero di casi attesi, calcolati utilizzando i tassi di riferimento di un'altra popolazione, specifici per patologia, sesso, fascia d'età e periodo di calendario e applicandoli alla popolazione in studio.

Nel nostro studio sono impiegati i tassi di 3 diverse popolazioni di riferimento e di diversa scala:

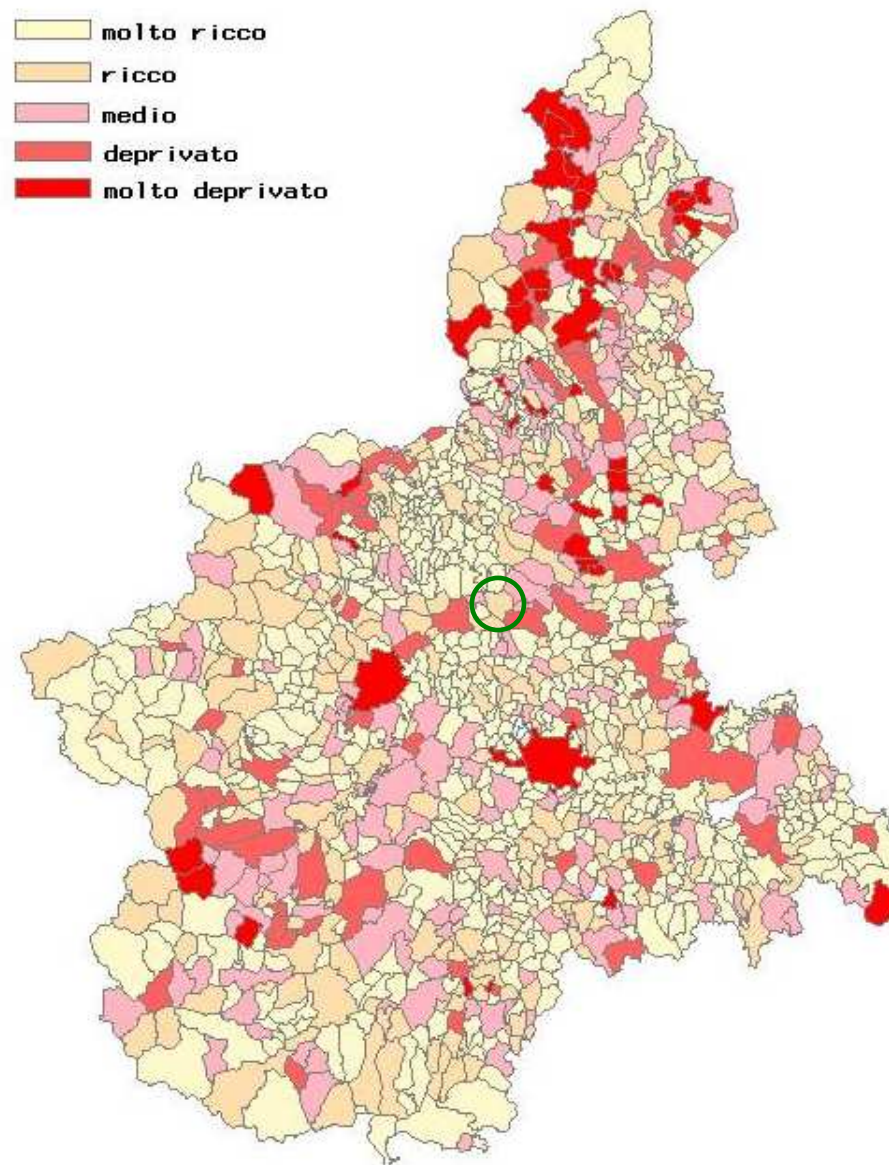
- popolazione della Regione Piemonte
- popolazione della Provincia di Vercelli
- popolazione dei Comuni limitrofi a Saluggia (entro 15 km).



LA STANDARDIZZAZIONE

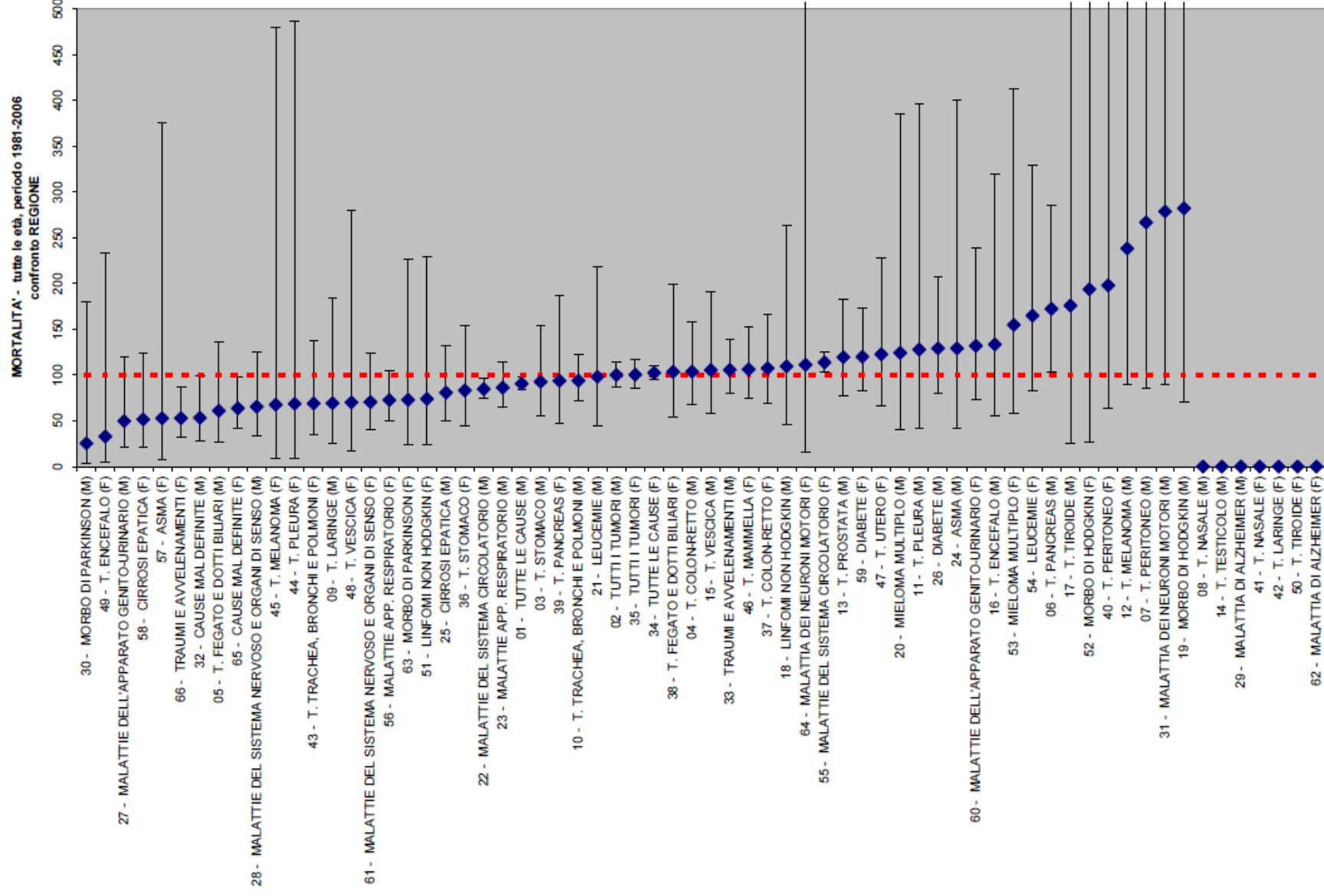
Questi tassi sono stati anche corretti per **indice di deprivazione**. Si tratta di un indicatore su base geografica che ha lo scopo di rilevare disuguaglianze socio-economiche nelle sue diverse dimensioni, su base aggregata. L'indice è stato costruito attraverso una selezione delle variabili disponibili a livello comunale rilevate con l'ultimo censimento disponibile (2001) e sono:

- % di popolazione con età maggiore di 6 anni con istruzione pari o inferiore alla licenza elementare
- % di abitazioni occupate in affitto
- numero di occupanti per 100 mq nelle abitazioni
- % di popolazione attiva disoccupata o in cerca di prima occupazione
- % di famiglie monogenitoriali con figli



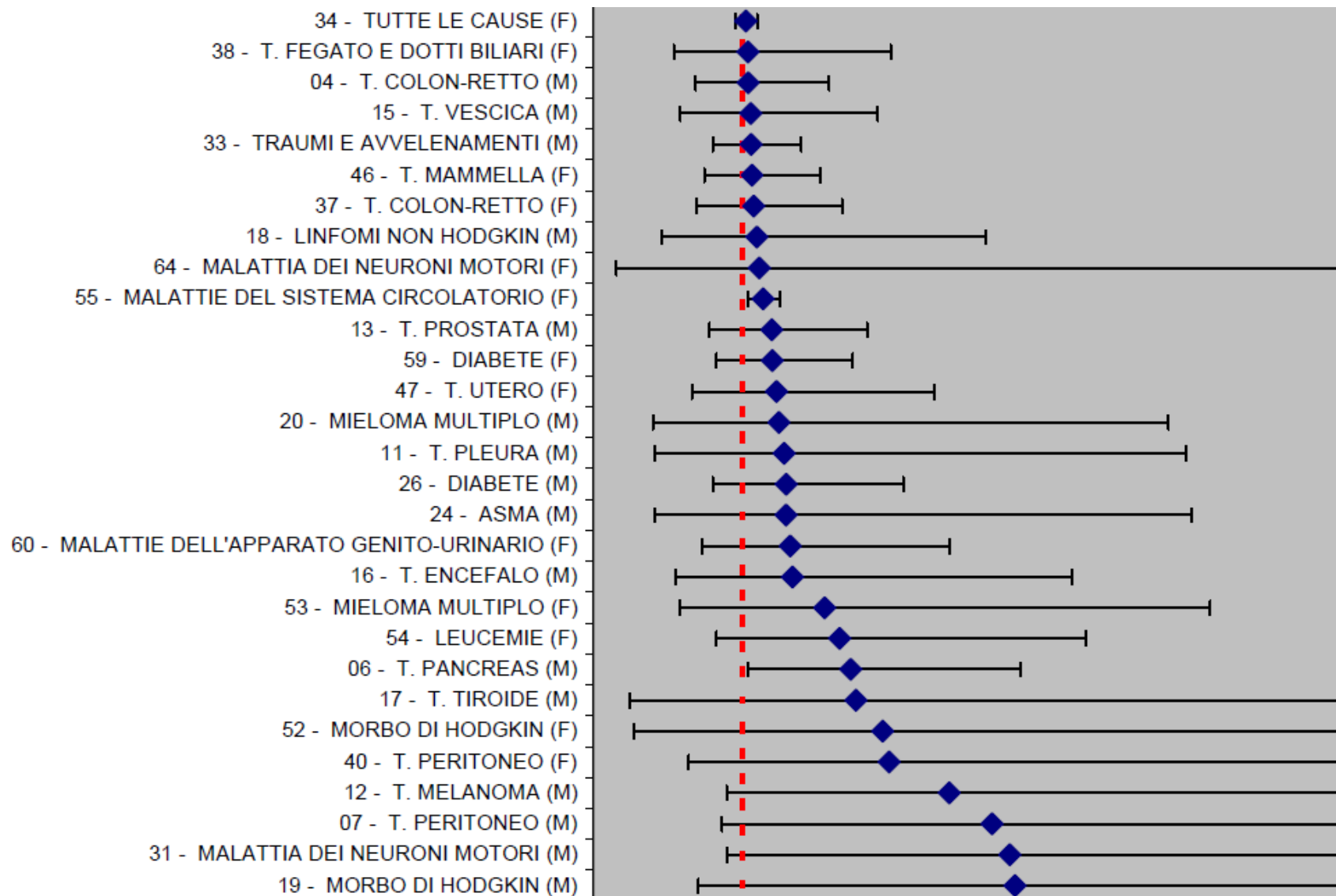


RISULTATI





RISULTATI





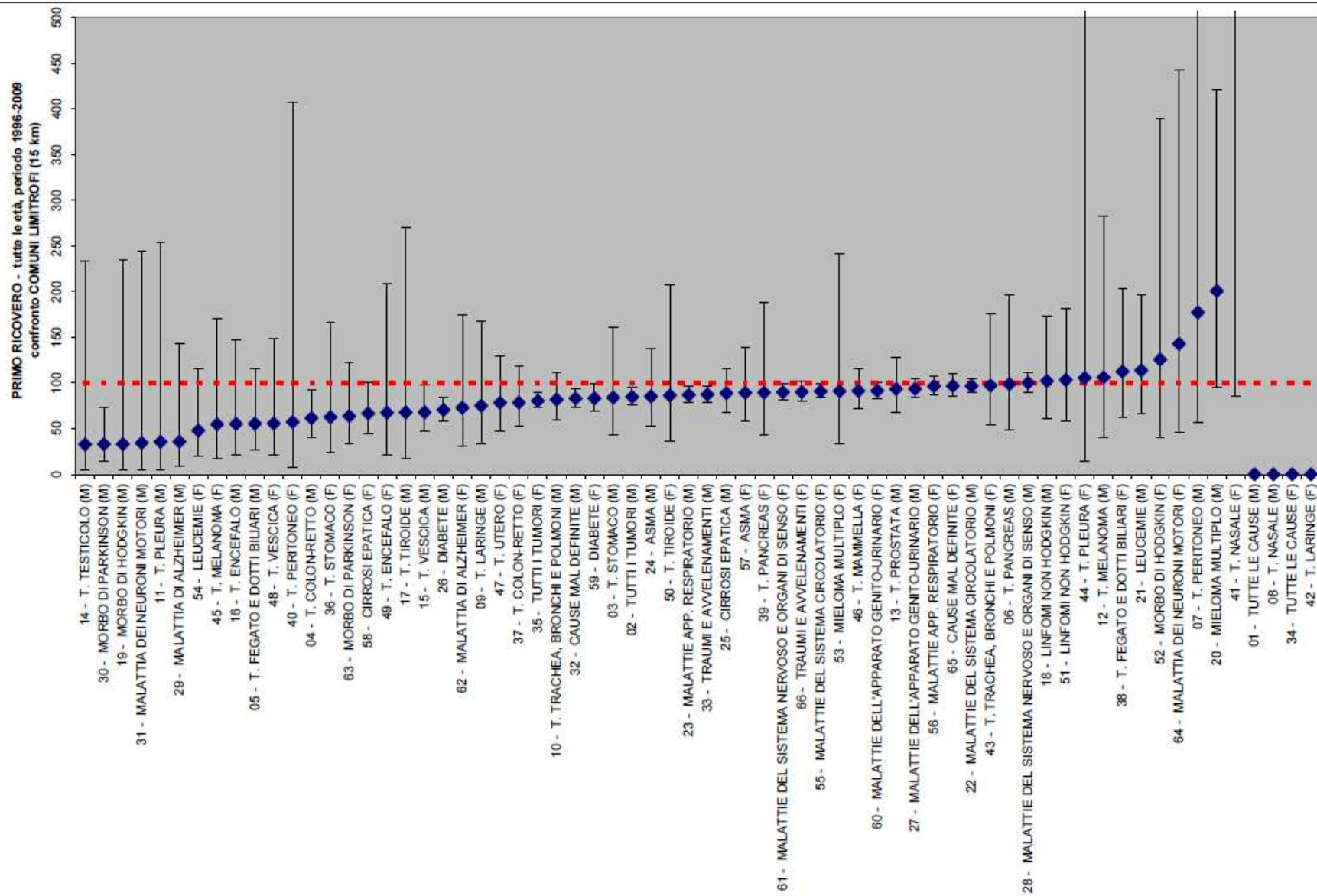
RISULTATI : la mortalità

Mortalità, 1981-2006 - confronto REGIONE

		IC 95%		
		SMR	IC INF	IC SUP
19 - MORBO DI HODGKIN (M)	*	282.11	70.55	1128
31 - MALATTIA DEI NEURONI MOTORI (M)	*	278.77	89.91	864.35
07 - T. PERITONEO (M)	*	266.77	86.04	827.13
12 - T. MELANOMA (M)		238.35	89.46	635.07
40 - T. PERITONEO (F)	*	198	63.86	613.92
52 - MORBO DI HODGKIN (F)	*	193.68	27.28	1374.9
17 - T. TIROIDE (M)	*	175.86	24.77	1248.4
06 - T. PANCREAS (M)		172.4	103.9	285.9
54 - LEUCEMIE (F)		164.9	82.47	329.74
53 - MIELOMA MULTIPLO (F)		154.89	58.13	412.69
16 - T. ENCEFALO (M)		133.34	55.5	320.36
60 - MALATTIE DELL'APPARATO GENITO-URINARIO (F)		132.02	73.11	238.39
24 - ASMA (M)	*	129.09	41.64	400.27
26 - DIABETE (M)		129.06	80.23	207.6
11 - T. PLEURA (M)	*	127.9	41.25	396.55
20 - MIELOMA MULTIPLO (M)	*	124.15	40.04	384.93
47 - T. UTERO (F)		122.77	66.06	228.18
59 - DIABETE (F)		119.91	82.8	173.67
13 - T. PROSTATA (M)		119.53	77.93	183.32
55 - MALATTIE DEL SISTEMA CIRCOLATORIO (F)		113.8	103.4	125.3
64 - MALATTIA DEI NEURONI MOTORI (F)	*	111.34	15.68	790.4
18 - LINFOMI NON HODGKIN (M)		109.47	45.56	263.01

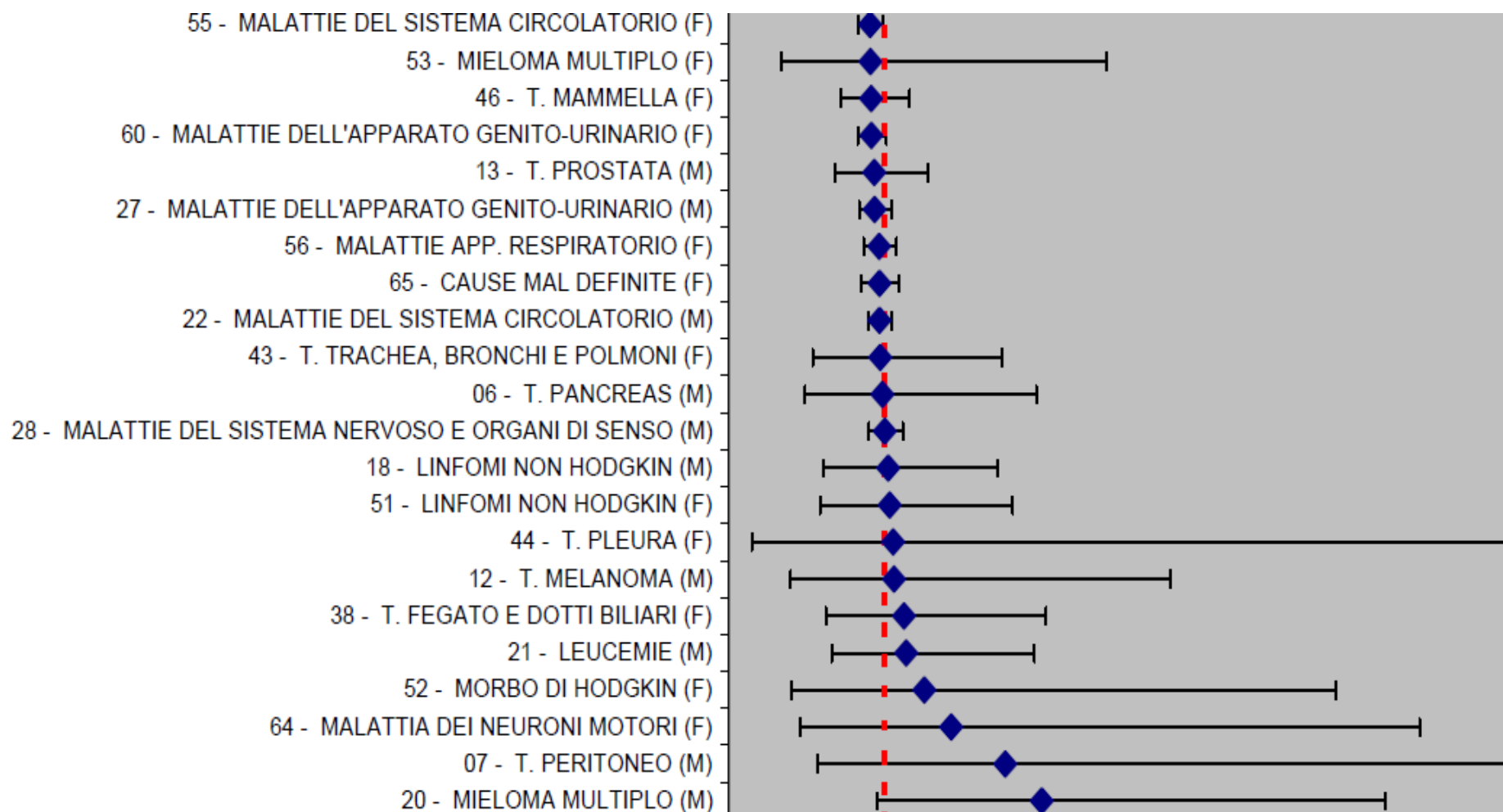
Alcuni risultati dell'analisi di mortalità per valori alti di SMR (x100).

* Casi osservati inferiori a 4





RISULTATI





RISULTATI : i ricoveri

Primo ricovero, 1996-2009 - confronto COMUNI LIMITROFI		IC 95%		
		SMR	IC INF	IC SUP
41 - T. NASALE (F)	*	608.58	85.73	4320.3
20 - MIELOMA MULTIPLO (M)		200.7	95.68	420.99
07 - T. PERITONEO (M)	*	177.26	57.17	549.61
64 - MALATTIA DEI NEURONI MOTORI (F)	*	142.75	46.04	442.59
52 - MORBO DI HODGKIN (F)	*	125.47	40.47	389.02
21 - LEUCEMIE (M)		113.79	66.07	195.97
38 - T. FEGATO E DOTTI BILIARI (F)		112.6	62.36	203.32
12 - T. MELANOMA (M)		106.22	39.87	283
44 - T. PLEURA (F)	*	105.58	14.87	749.52
51 - LINFOMI NON HODGKIN (F)		103.36	58.7	181.99
18 - LINFOMI NON HODGKIN (M)		102.2	60.53	172.57
28 - MALATTIE DEL SISTEMA NERVOSO E ORGANI DI SENSO (M)		100.22	89.98	111.62

Alcuni risultati dell'analisi di morbosità per valori alti di SMR (x100).

* Casi osservati inferiori a 4



I soggetti sensibili

Sono state inoltre condotte analisi su alcune categorie a rischio, in particolare si è valutata la mortalità e la morbosità perinatale e in età pediatrica (0 - 14 anni).

Non si sono riscontrati significativi eccessi per la mortalità e per la morbosità generale. Inoltre in queste elaborazioni, sono state studiate anche altre cause, tipiche di queste età, non considerate nelle analisi su tutte le classi, come:

- **le malformazioni congenite** (ICD-9: 7400-7599)
- **alcune condizioni morbose di origine perinatale** (ICD-9: 7600-7799).



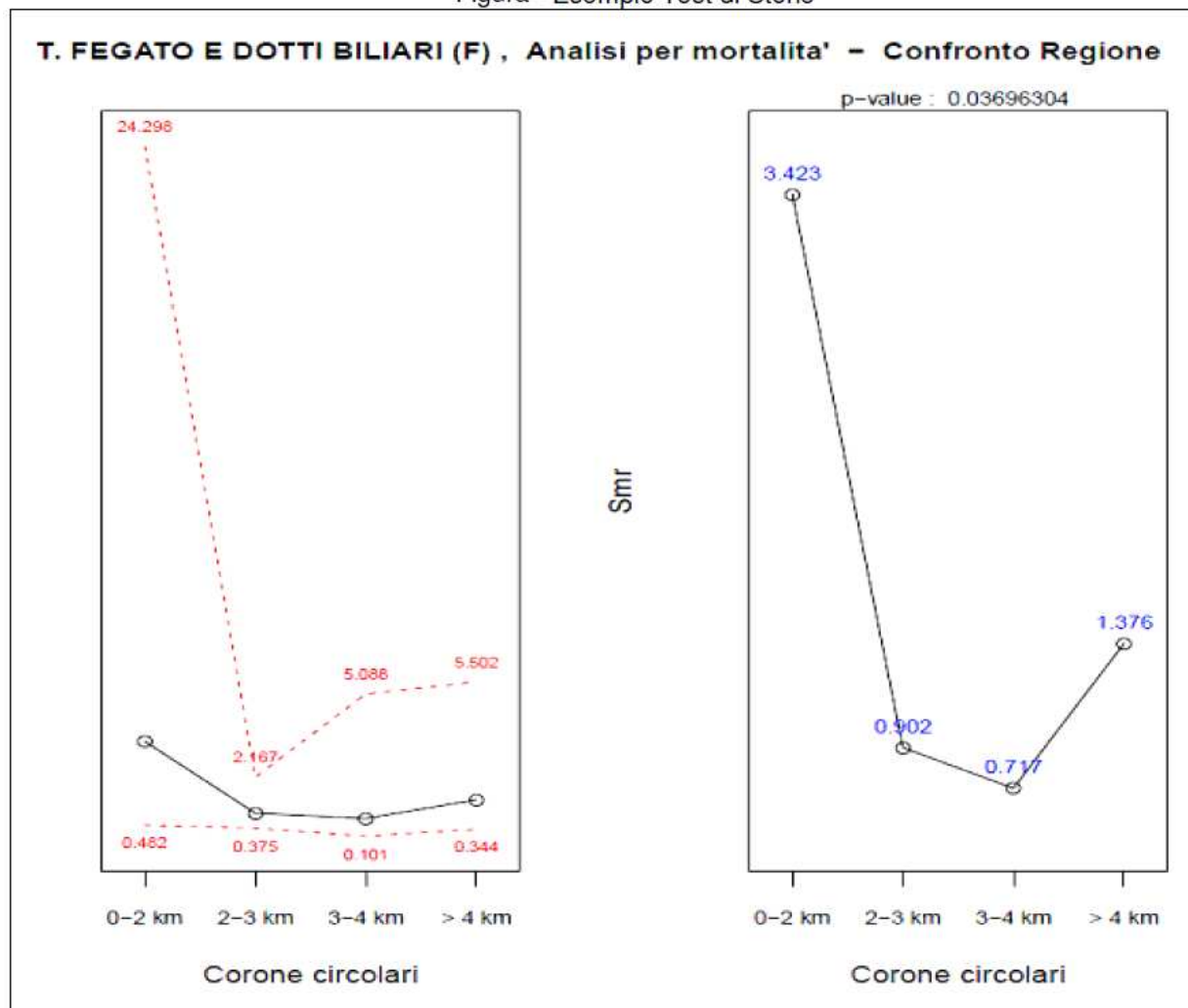
Le analisi specifiche

- Analisi per latenza
- Analisi per durata di esposizione
- Analisi spaziali per zone e corone circolari
- Analisi sull'andamento del rischio: il test di Stone



ANALISI SPECIFICHE: ESEMPIO TEST DI STONE

Figura - Esempio Test di Stone



Inoltre per evidenziare eventuali andamenti di rischio in relazione alla distanza dalla sorgente di esposizione, è stato calcolato il **test di Stone**.

Questo è un test non parametrico per verificare la significatività del gradiente rischio in funzione della distanza da una sorgente di inquinamento (Stone, 1988).



Commento ai RISULTATI

Le analisi statistiche effettuate non hanno evidenziato significativi eccessi per la mortalità e la morbosità generale e per le cause considerate nel loro insieme.

Tra le singole cause è emerso un incremento statisticamente significativo della mortalità per il **tumore del pancreas negli uomini**.

Si segnalano inoltre un eccesso di decessi (ma nessuno ha raggiunto la significatività statistica) per:

- **Melanoma** (uomini)
- **Malattie dell'apparato genito-urinario** (donne)
- **Malattie del sistema circolatorio** (donne)

Per i tumori della **tiroide** non si riscontrano incrementi mentre per i tumori emolinfopoietici si segnala un lieve eccesso di mortalità per le donne (**Leucemie**) e per gli uomini (**Linfomi non Hodgkin**) ma nessuno di questi statisticamente significativo.



CONCLUSIONI

Limiti e criticità

La popolazione in esame è molto piccola e ciò rappresenta un limite dal punto di vista epidemiologico per poter evidenziare eventuali incrementi di rischio statisticamente significativi. Le analisi effettuate non hanno mostrato incrementi significativi anche se si è rilevato un aumento di mortalità per Leucemie e Linfomi non Hodgkin, basato su pochissimi casi, che rendono le stime instabili e complessa la valutazione dei risultati.

Non erano disponibili misure dirette rispetto all'esposizione e quindi si è ricorsi a una valutazione basata sul proxy della distanza delle residenze dal punto sorgente di esposizione, che potrebbe non aver stimato in modo adeguato il reale rischio di esposizione.

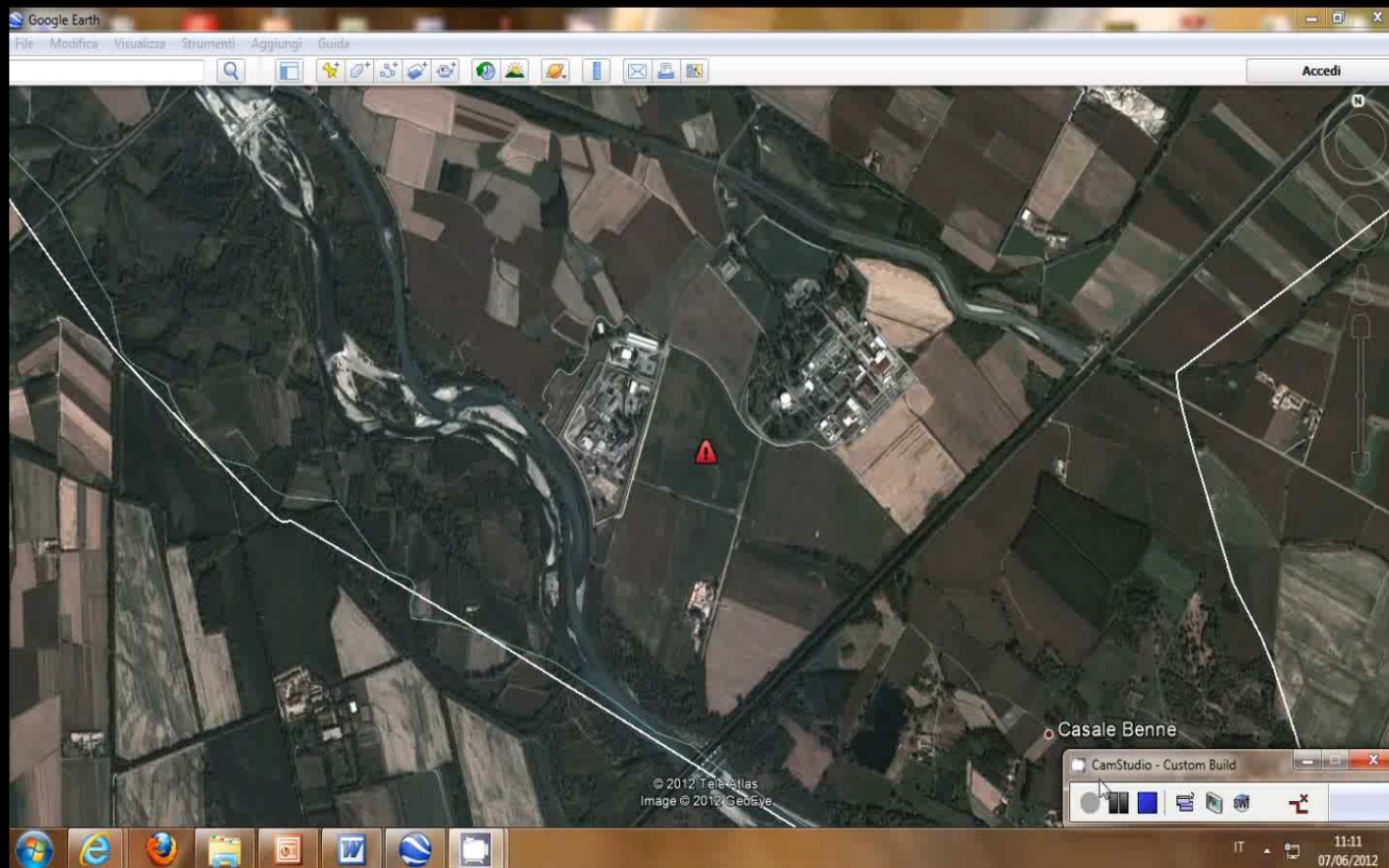
Ulteriore criticità è la mancanza delle informazioni sulle esposizioni di tipo occupazionale, che potrebbero aver determinato alcuni degli incrementi osservati.



CONCLUSIONI

Per le esposizioni a basse dosi gli esiti considerati, ovvero mortalità e morbosità, potrebbero non essere adeguati per mettere in luce effetti di tipo biologico, e a questo proposito potrebbe essere utile effettuare un ulteriore studio di approfondimento con biomonitoraggi umani per rilevare alterazioni di tipo, ad esempio, cromosomico.

Infine si evidenzia una limitazione dovuta al fatto che sarebbe stato necessario estendere l'indagine anche altri comuni limitrofi, in quanto per la posizione geografica del sito rispetto ai confini comunali, è evidente che alcuni nuclei abitativi di altri comuni si trovano a distanza ravvicinata al sito stesso e quindi potenzialmente esposti (es. Torrazza Piemonte e Verolengo), come mostrato chiaramente dall'osservazione delle mappe precedenti.





Grazie a tutti per l'attenzione!