



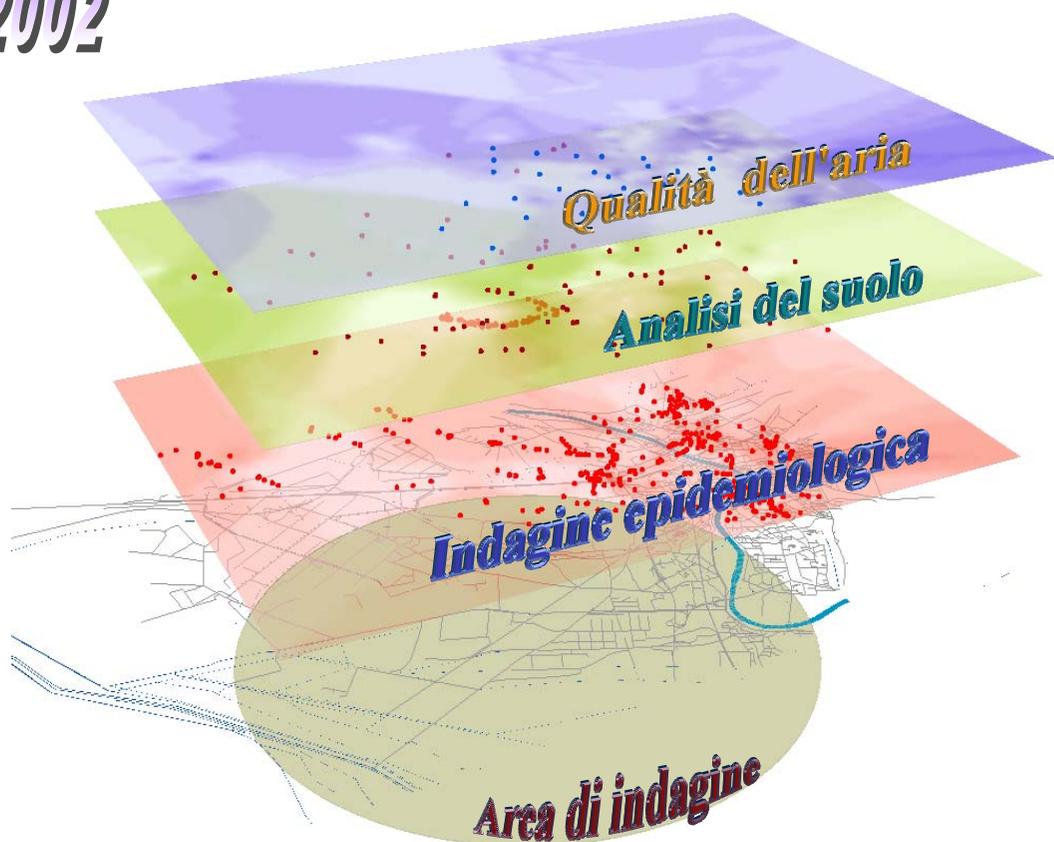
Comune di Pisa



Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Area di Ricerca di Pisa

## INDAGINI EPIDEMIOLOGICHE E AMBIENTALI NELL'AREA SUD-EST DEL COMUNE DI PISA

**Marzo 2002**



*Istituto di Fisiologia Clinica – CNR, in collaborazione con:*

*Istituto C.N.U.C.E – CNR*

*Istituto Chimica del Terreno - CNR*

*Azienda U.S.L. n°5 “area pisana”*

*Azienda Ospedaliera pisana*

*Dipartimento Scienze dell’Uomo e dell’Ambiente, Università di Pisa*

*Agenzia Protezione Ambientale della Toscana*

*Comune di Pisa*

**Pisa, 20 Marzo 2002 - I Relazione**

## **INDICE**

Descrizione sintetica dello studio condotto.....	2
Revisione della letteratura scientifica.....	2
L'area oggetto di studio .....	3
Scopi dell'indagine .....	3
Materiali e metodi: analisi su indicatori di salute .....	4
Piano di analisi.....	4
Potenza dei test statistici.....	6
Potenzialità e limiti del presente studio .....	6
Risultati.....	7
Considerazioni complessive sui risultati dell'analisi su mortalità, morbosità, esiti riproduttivi.....	8
Indagine campionaria su sintomi e malattie respiratori.....	9
Analisi ambientali .....	11
<i>Suolo</i> .....	12
Parametri esaminati. ....	12
Risultati.....	12
<i>Aria</i> .....	13
<i>Acque</i> .....	13
Valutazione attuale di parametri ambientali.....	13
<i>Rumore</i> .....	13
<i>Campi elettromagnetici</i> .....	14
Conclusioni generali.....	14

## Descrizione sintetica dello studio condotto

### Introduzione

La gestione dei rifiuti urbani ed industriali è diventata negli ultimi anni un problema di portata mondiale. Data la limitazione imposta dalle ultime normative sulle quantità di rifiuti da destinare alle discariche, si pone il problema che a fronte della adozione di un sistema di incenerimento come soluzione alternativa per lo smaltimento dei rifiuti, essa avvenga nel rispetto di standard qualitativi che preservino completamente la popolazione e i lavoratori interessati dall'attività dell'impianto. Gli inceneritori risultano essere sistemi di smaltimento controversi in termini di impatti potenziali sull'ambiente e sulla salute umana. Una ampia gamma di effetti sanitari (incluso tumori, effetti avversi sull'apparato respiratorio, malattie del cuore, effetti sul sistema immunitario, allergie) sono stati associati alla residenza vicino ad inceneritore o al lavoro presso l'impianto, principalmente in relazione a vecchi impianti. Tuttavia il numero degli studi effettuati sugli impatti possibili dell'inceneritore è molto limitato, soprattutto di quelli che siano stati condotti con appropriato rigore scientifico, e prevalentemente riferito ad impianti di prima e seconda generazione. Le sostanze chimiche presenti nei gas di combustione sono spesso presenti in ceneri ed altre forme di residuo emesse dall'impianto soggette a ricadute nelle aree circostanti. Queste includono diossine, PCB (bifenili policlorinati), IPA (idrocarburi policiclici aromatici), diversi composti organici volatili e metalli pesanti; di essi molti sono persistenti nell'ambiente, si accumulano nei tessuti degli organismi viventi e hanno carattere di tossicità. Sebbene un ulteriore sviluppo delle conoscenze scientifiche a riguardo degli effetti potenziali delle emissioni di inceneritori si renda necessario, delle situazioni in atto richiedono una azione preventiva della contaminazione ambientale e della degradazione dello stato di salute delle comunità. Questa non può prescindere dalla conoscenza dello stato attuale dell'ambiente e della salute nell'area di indagine.

### Revisione della letteratura scientifica

L'analisi di 45 lavori scientifici pubblicati dal 1980 ad oggi, relativi a studi epidemiologici ha evidenziato:

- per la presenza di biomarcatori di esposizione interna, eccessi significativi di rischio in 13 studi (relativamente ai seguenti marcatori: PCDD/PCDF (policlorodibenzo-p-diossine /policlorodibenzofurani), PCB (policlorobifenili), metalli pesanti, TSH (ormone tireotropo), fitoemoagglutinine, cellule *natural killer*, mutageni e pre-mutageni), a fronte di 3 studi con un rischio inferiore all'atteso e 21 studi con risultati non significativi;
- per la mortalità per neoplasie di alcuni tipi vi è un eccesso significativo in 14 studi (tumori del polmone, esofago, stomaco, laringe, sistema ematopoietico, tumori infantili), a fronte di 9 studi con risultato non significativo; uno studio riporta un eccesso di mortalità per tutte le cause, 4 riportano un difetto di mortalità per tutte le cause; uno studio riporta un eccesso di mortalità per malattie ischemiche cardiache, mentre in un altro studio il risultato non era significativo;
- per l'incidenza (=insorgenza di nuovi casi) di tumori, 10 studi presentano un eccesso di incidenza di tumori di diverse sedi (sarcomi dei tessuti molli, tumori di stomaco, linfoma non Hodkin, tumori del polmone, del colon-retto, del fegato, della vescica, del sistema ematopoietico), a fronte di 5 studi con risultati non significativi;
- per patologie respiratorie, 3 studi riportano un eccesso di rischio, a fronte di 4 con risultati non significativi;
- 5 studi mostrano un eccesso di malformazioni congenite, a fronte di 3 con risultati non significativi.

Disaggregando gli studi secondo la significatività dei risultati e del disegno utilizzato, prevalgono quelli di biomonitoraggio e di coorte, fra i quali sono compresi anche la maggior parte degli studi significativi. Tuttavia, è

da notare che complessivamente scarseggiano i risultati coerenti fra studi, mentre prevalgono risultati scarsamente coerenti.

Pur considerando i limiti (soprattutto ridotto numero di studi, fattori di confondimento, bassa potenza statistica), dalla rassegna si evince che le aree maggiormente rappresentate risultano essere quelle in cui si valutano gli effetti cancerogeni, sia in termini di incidenza o prevalenza che di mortalità, dell'esposizione a NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub> e diossine.

L'analisi per cause specifiche, nonostante l'esiguo numero di evidenze per ogni patologia, ha evidenziato una prevalenza di evidenze significative per il tumore del polmone, il linfoma non-Hodgkin e le neoplasie nei bambini, mentre per il tumore della laringe e del fegato sono emersi risultati non coerenti tra loro.

Fra le patologie non neoplastiche emerge l'incoerenza delle evidenze relative alle patologie respiratorie acute e croniche e la significatività di quelle relative alle malformazioni congenite, ma con i limiti evidenziati in precedenza.

I risultati del monitoraggio dei biomarcatori di esposizione interna sembrerebbero confermare l'effettivo accumulo delle sostanze indagate nei tessuti biologici e quindi ammettere un'azione per lo meno iniziatrice del processo neoplastico o comunque tossico.

### **L'area oggetto di studio**

L'area in oggetto è localizzata nella piana dell'Arno a sud-est della città di Pisa, nell'intorno della frazione di Ospedaletto, ubicata a meno di 5 km dall'abitato cittadino.

Essa è interessata dalla presenza di un inceneritore di RSU funzionante da oltre 20 anni, attualmente in corso di ammodernamento per la sua messa a norma, e include un'area con destinazione industriale-artigianale, quasi completamente occupata da attività di tipo artigianale e da alcune attività produttive, seppure di ridotte dimensioni e non a rischio.

Nella stessa zona opera un impianto "sperimentale" della Teseco per il trattamento di rifiuti speciali ed è stata fatta richiesta di installazione di un grande impianto per il trattamento di varie tipologie di rifiuti pericolosi e non. Immediatamente a nord, entro 4 km dall'inceneritore, sono ubicate alcune frazioni del Comune di Pisa densamente abitate ed attraversate da vie di comunicazione ad alta intensità di traffico veicolare (via Emilia, via Tosco-Romagnola, superstrada LI-PI-FI).

### **Scopi dell'indagine**

Lo studio ha come obiettivo generale la valutazione dello stato dell'ambiente e della salute della comunità residente in una vasta area intorno all'inceneritore e si pone come obiettivi specifici la identificazione dei suoi possibili effetti ambientali-sanitari pregressi e la messa a punto di un sistema informativo di base sullo stato attuale dei suddetti ambiti in grado di produrre indicatori per il monitoraggio ambientale dell'area e la sorveglianza sanitaria della popolazione.

L'indagine viene effettuata tramite un complesso di analisi ambientali e sanitarie su un'area che ingloba gli impianti esistenti (in primis l'inceneritore), l'esame di risultati di studi precedenti, l'acquisizione di dati riguardanti le caratteristiche del territorio e meteorologiche della zona (finalizzate alla definizione di modelli di ricaduta degli inquinanti), diversi outcome sanitari.

## Materiali e metodi: analisi su indicatori di salute

I filoni fondamentali analizzati nell'indagine epidemiologica sono:

- Studio della mortalità
- Studio dei ricoveri ospedalieri
- Studio di eventi sfavorevoli della riproduzione
- Indagine campionaria tramite questionario su malattie e sintomi.

Per georeferenziare l'evento (nascita, ricovero, decesso) i flussi informativi sanitari sono stati linkati con la residenza anagrafica dei soggetti fornita dall'Ufficio Anagrafe del Comune di Pisa. La procedura di linkage ha dato risultati ottimi per la mortalità (99,8%), buoni per i ricoveri (75% sia fuori che dentro l'area di studio, da confrontare con un riferimento regionale attorno al 65%).

I flussi informativi sanitari utilizzati sono i seguenti:

- I) flusso informativo di mortalità della popolazione residente nel periodo 1990-1999 (Fonte: Ufficio Anagrafe del Comune di Pisa e Archivio delle cause di morte della Azienda USL n.5 area pisana);
- II) scheda di dimissione ospedaliera della popolazione residente (ovunque ricoverata) nel periodo 1996-1999 (Fonte: Azienda USL n.5 area pisana, Azienda Ospedaliera Pisana, Ufficio Anagrafe del Comune di Pisa);
- III) flussi informativi per gli endpoints della riproduzione su:
  - nascite residenti nel Comune di Pisa nel periodo 1996-1998 (Fonte: Ufficio Anagrafe comunale e Certificato di assistenza al parto);
  - nascite con malformazioni congenite residenti nel Comune nel periodo 1992-1999 (Fonte: Registro Toscano Difetti Congeniti);
- IV) flusso informativo ad hoc ricavato da indagine campionaria familiare tramite questionario, effettuata nell'area in studio nel corso del 2001 e da Ufficio Anagrafe del Comune di Pisa .

La caratterizzazione ambientale dell'area è stata effettuata in riferimento a:

- stato di inquinamento delle acque superficiali e sotterranee;
- direzione dei venti prevalenti, frequenza della inversione termica, piovosità;
- stabilità dei suoli e caratteristiche podologiche;
- usi del suolo attuali e pregressi (soprattutto per quegli usi incompatibili con l'attività dell'impianto);
- livello attuale degli inquinanti e stato di degrado ambientale (elettrodotti, ripetitori, direttrici di traffico);
- dati storici, relativi alla zona in studio, che forniscano misure su diversi parametri di inquinamento di aria, acque e suolo.

## Piano di analisi

### *Analisi spaziali*

Tutte le analisi di seguito descritte sono state effettuate per ambiti spaziali, definiti come aree intorno all'impianto di incenerimento, e così identificati:

- 3 CORONE concentriche con distanza dal punto sorgente di Km <2,7; 2,7-3,2; 3,2-4,0;
  - 4 CORONE concentriche con distanza dal punto sorgente di Km <1,4; 1,4-2,7; 2,7-3,2; 3,2-4,0;
  - 7 CORONE concentriche con distanza dal punto sorgente di Km <1,4; 1,4-1,7; 1,7-2,7; 2,7-2,9; 2,9-3,2; 3,2-3,7; 3,7-4,0;
- tutte poste a confronto con Pisa e Toscana 1990-1994.

A) Analisi descrittive

Allo scopo di descrivere la distribuzione degli eventi, sono presentati:

- A.1) distribuzione di frequenza e percentuale,
- A.2) tassi grezzi e standardizzati (per classi di età decennali con popolazione standard: Europa 1990-1999), per sesso e età (classi < 14, 15-64, >64 anni) per:
  - tutte le cause , - grandi gruppi di cause, - alcuni sottogruppi, - alcune cause specifiche.

B) Analisi valutative

- B.1) SMR, cioè rapporti standardizzati di mortalità o morbosità (rapporti tra casi osservati e casi attesi sulla base dei tassi standard di Pisa 1990-99 e Toscana 1990-94), corredati da limiti di confidenza con probabilità poissoniana con errore di I tipo = 5%, in grado di descrivere l'ampiezza della variabilità intorno all'SMR e la significatività del rapporto di rischio (SMR), per sesso e età (classi < 14, 15-64, >64 anni) e per le categorie di cui al punto A.2.
- B.2) Regressione logistica per studiare la relazione tra i vari outcomes (variabile dipendente 1 gruppo o causa specifica, 0 totale altre cause con l'esclusione di incidenti e traumatismi) e la distanza dal punto sorgente, sia come misura continua entro i 4 km rispetto all'area esterna, sia come variabile categoriale (3 tipi di CORONE) sempre rispetto all'esterno, per ciascun genere e classe di età, con aggiustamento per anni di età. L'analisi fornisce la stima del rischio (odds ratio) e i relativi limiti di confidenza, per le diverse corone rispetto all'area esterna. Ciascuna regressione è corredata da test di massima verosimiglianza per la valutazione della bontà di adattamento del modello.
- B.3) Analisi spaziali per la verifica di tendenza alla clusterizzazione (clustering) rispetto alla distanza, su gruppi o cause specifiche per le quali sono emersi eccessi significativi di rischio nelle analisi precedentemente descritte, mediante test statistici non parametrici (Stone 1998) e parametrici (Lawson & Waller 1995) per la verifica di addensamenti rispetto alla distanza dal centroide, test caso-controllo per la verifica di tendenza alla clusterizzazione rispetto alla distanza, di eventi posti a confronto con una popolazione di controllo (Diggle, 1994), test caso-controllo per la identificazione di cluster spaziali inusuali, mediante espansione di corone circolari, con il metodo di Besag and Newell (1991).

Le analisi statistiche sono state effettuate con i pacchetti statistici "STATA", e "ClusterSeer".

C) Analisi eventi riproduttivi

Effettuata per i seguenti endpoints:

- peso alla nascita in rapporto alla durata della gestazione (particolare interesse sul basso peso con durata di gestazione a termine: peso < 2500 gr. e durata gestazione > 34 settimane);
- rapporto tra generi (sex ratio = m/f);
- natimortalità
- malformazioni congenite

Le indagini sono state effettuate tramite analisi descrittive della distribuzione di frequenza e dei tassi sui nati nello stesso periodo (solo per natimortalità e malformazioni congenite), e tramite analisi valutative con l'uso di modelli di regressione logistica con confronto tra aree entro i 4 km e il resto dell'area comunale.

## Potenza dei test statistici

Per potenza di un test statistico si intende la capacità di mettere in evidenza differenze rispetto ai riferimenti esterni all'area in studio mediante "inferenza statistica"; essa è influenzata da tre grandezze distinte, che talvolta vengono riassunte nella frase "incertezza dei piccoli numeri":

- a) la dimensione della popolazione su cui si effettua una "inferenza statistica": più essa è grande più stabile è la stima, più essa è piccola più è instabile la stima (*esempio: nelle corone più esterne dell'area di studio la popolazione è più numerosa e l'inferenza statistica meno incerta; nelle corone più vicine al centro è vero il contrario*);
- b) la frequenza della condizione (causa di mortalità, di ricovero, evento riproduttivo, sintomo indagato tramite questionario, altro) oggetto di investigazione: più essa è ridotta più instabile è la stima e viceversa; (*esempio: ipotizzando un incremento di rischio del 30%, nel caso di una patologia rara, come la leucemia, se il numero osservato è 2 occorrerà attendere 3 casi per evidenziare il rischio, cioè un incremento del 50%; se la patologia è più frequente, come il tumore del polmone, l'incremento del 30% sarà evidenziabile osservando 13 casi e non 15 pari al 50%*);
- c) l'errore statistico che si accetta di commettere per giudicare una differenza non dovuta all'effetto del caso (significativa). Solitamente, ed anche nel presente lavoro, vengono scelti due livelli di errore, uno più permissivo pari al 5%, l'altro più restrittivo pari all'1%: l'errore del 5% consente di evidenziare differenze più piccole ma con più incertezza, nel senso che avremo il 5% di probabilità di errore nell'asserire che la differenza identificata come significativa non è dovuta all'effetto del caso, mentre invece è casuale; per contro il livello di probabilità dell'1% consente una maggiore precisione ma anche una minor sensibilità nell'evidenziare differenze.

Occorre inoltre ricordare il problema generato dalla molteplicità di test statistici eseguiti, ognuno con una probabilità del 5% o dell'1%, che determina la possibilità che un certo numero di risultati significativi tra quelli ottenuti (appunto 5 ogni 100) possono essere dovuti all'effetto del caso.

Nel presente lavoro è stata privilegiata la massima precauzione e sensibilità, utilizzando il livello di errore più permissivo (5%) e non prendendo in considerazione il fatto che alcuni tra i risultati ottenuti possano essere dovuti al caso, dato l'altissimo numero dei confronti eseguiti (centinaia per l'analisi di mortalità e centinaia per quella dei ricoveri).

Tutto ciò indirizza ad una attenzione nella lettura di tutti gli indicatori di rischio presentati, sempre corredati dai rispettivi limiti di confidenza e che rappresentano appunto i limiti d'incertezza delle stime.

## Potenzialità e limiti del presente studio

Il presente studio è di tipo descrittivo-esplorativo, dunque, anche se basato su analisi statistiche valutative talvolta sofisticate, il suo scopo è quello di descrivere ed esplorare la situazione attuale "di base" della popolazione residente per conoscere differenze all'interno dell'area rispetto all'esterno, identificare problemi da approfondire e fornire un quadro conoscitivo dettagliato per mettere a punto indicatori per la sorveglianza epidemiologica.

La scelta di indagare diverse aree delimitate da corone concentriche e di testare possibili addensamenti di eventi, basata sulla residenza come unico stimatore (proxi) di esposizione, è stata obbligata dalla esiguità di dati a nostra disposizione.

La conoscenza di differenze in aree definite è in grado di fornire indicazioni di massima su possibili effetti sullo stato di salute della popolazione residente nell'area, conseguenti a rischi ambientali presenti da tempo sul territorio. Al contempo i risultati dell'indagine ambientale emersi non sono in grado di dare significative informazioni aggiuntive sul versante dell'associazione ambiente-salute.

Si deve, pertanto considerare che il presente studio, proprio in quanto descrittivo:

1. non è in grado di fornire spiegazioni a riguardo delle differenze di rischio in positivo o in negativo riscontrate, ma al più generare ipotesi da vagliare mediante ulteriori approfondimenti;
2. non è adeguato ad attribuire gli eccessi di eventi avversi osservati a specifiche fonti di inquinamento da tempo presenti sul territorio, per tre motivi principali:
  - a) popolazione: la popolazione non è la stessa che è stata esposta (sebbene sia stata abbastanza stabile nel periodo esaminato);
  - b) esposizione: gli eventi sono caratterizzati solo dalla residenza e, dei soggetti, non conosciamo importanti informazioni sulla esposizione individuale attribuibile alle diverse fonti inquinanti (sostanzialmente l'inceneritore e il traffico), a fattori di rischio individuale (in primis occupazione e fumo di sigarette), a possibili fattori predisponenti o di suscettibilità (es. familiarità per malattia specifica);
  - c) periodo di induzione-latenza di malattia: per molte patologie, in particolare la maggior parte dei tumori, il periodo intercorrente tra esposizione a rischio e insorgenza di malattia (periodo di induzione-latenza) è superiore all'arco di tempo per il quale il presente studio è in grado di evidenziare effetti avversi (*esempio: per un decesso per tumore al polmone nel 1995, per il quale è verosimile un periodo di latenza di almeno 25 anni, è presumibile che l'induzione sia avvenuta negli anni '70*).

## Risultati

### *Mortalità*

L'analisi della mortalità decennale nel complesso evidenzia una situazione simile nell'area in studio rispetto al resto del Comune di Pisa, con la sola eccezione di un modesto eccesso di tumori dei genitali esterni (6 femmine pari al numero massimo atteso).

Entrando in maggior dettaglio, analizzando l'area secondo corone concentriche a distanza crescente dal centro, emergono alcune differenze sia in eccesso che in difetto.

Dati i limiti dovuti all'elevato numero di test statistici eseguiti e alla instabilità delle stime (bassa numerosità e ridotta potenza), per precauzione, sono stati presentati e commentati tutti gli scostamenti significativi, con particolare riferimento a quelli in eccesso e riferibili a possibili associazioni con l'ambiente. Tra questi sono considerati degni d'attenzione un addensamento di due decessi per linfoma non-Hodgkin nell'area più vicina al centro, e due eccessi relativi a decessi per tumore maligno del retto e per malattie cronico-ostruttive del polmone nella fascia più esterna dell'area. Il fatto che l'eccesso osservato per le malattie cronico-ostruttive del polmone, confermato anche per l'intero gruppo delle malattie respiratorie, sia risultato solo nei maschi pone problemi interpretativi più complessi rispetto ad una possibile associazione diretta con soli inquinamenti ambientali locali, rimandando ad un approfondimento da effettuarsi mediante un diverso approccio epidemiologico (studio analitico di tipo valutativo).

### *Morbosità*

L'analisi delle schede di dimissione ospedaliera relative al quinquennio 1996-2000 evidenzia nel complesso una situazione simile dell'area in studio rispetto al resto del Comune di Pisa, fatta eccezione per una maggiore occorrenza di ricoveri nelle femmine per: leucemie (8 ricoveri rispetto ad un massimo atteso di 7), diabete (140 ricoverati rispetto ad un massimo atteso di 135) e cirrosi (67 a fronte di 55 attesi massimi).

L'analisi secondo corone concentriche a distanza crescente a partire dal centro mette in evidenza alcune ulteriori differenze degne di attenzione.

Tra il gruppo di cause “tumori maligni” in eccesso per le femmine nella corona intermedia, risulta confermato un eccesso di ricoveri per leucemie ma nella corona più esterna ed in assenza di trend e un eccesso di ricoveri per tumori del colon nella corona più interna, anch'esso in assenza di trend. Sempre per le donne è emerso una frequenza di ricoveri più elevata per abortività e sofferenza fetale, confermato in una sola corona spaziale ed in assenza di trend.

Alcuni eccessi emergono per i maschi in riferimento a ricoveri per malattie cronico-ostruttive del polmone e polmoniti nell'area più esterna e per tumori del sistema nervoso centrale e linfoma non Hodgkin nell'area più interna, anche se per addensamenti di numerosità estremamente ridotta.

### *Riproduzione*

La gran parte degli eventi riproduttivi considerati sono rari e questo determina una difficoltà intrinseca nell'analizzare indicatori riferiti a aree territoriali ristrette e a serie storiche limitate a causa della bassa potenza statistica, ovvero della ridotta capacità di evidenziare differenze con accettabili margini di incertezza. Nonostante i numerosi confronti effettuati non siano risultati statisticamente significativi, ad eccezione della mortalità infantile, risultata più elevata nell'area in studio per 4 decessi rispetto a 2 attesi nel decennio 1990-1999, alcuni segnali di differenza dell'area in studio emergono per una inversione del rapporto tra sessi e per tassi più elevati di natimortalità e malformazioni congenite. Tali segnali, seppure basati su numerosità estremamente ridotta, se aggiunti al più basso quoziente di natalità osservato nell'area, conferiscono all'area stessa una situazione caratteristica della salute riproduttiva degna di attenzione, in particolare in riferimento a programmi di monitoraggio.

### **Considerazioni complessive sui risultati dell'analisi su mortalità, morbosità, esiti riproduttivi**

I risultati delle analisi di mortalità e morbosità non evidenziano differenze significative fra l'area di studio e il resto del comune di Pisa per quelle patologie maggiormente correlate con gli inquinanti ambientali indagati.

Soltanto l'analisi di morbosità rileva un eccesso di leucemie nel sesso femminile quantificabile in 7 casi attesi a fronte degli 8 casi osservati con un'estrema variabilità nei limiti di confidenza dell' indicatore di rischio (SMR = 262.7; IC95%: 113.3- 517.6).

Le altre patologie per le quali sono emersi risultati significativi (tumori dei genitali esterni nell'analisi di mortalità; diabete e cirrosi nell'analisi di morbosità) sono correlabili con esposizioni di vario genere fra cui assumono particolare peso quelle dovute ad abitudini di vita voluttuarie (dieta, consumo di bevande alcoliche, etc).

Il livello di maggior dettaglio, ottenuto suddividendo l'area in esame in corone concentriche concorda sulla presenza di un eccesso di mortalità e morbosità per le malattie cronico -ostruttive del polmone nella corona più esterna, sebbene tale eccesso sia quantificabile in pochi casi, limitati al solo sesso maschile e non supportati dalla presenza di un trend significativo rispetto alla distanza.

Anche in questo caso, per il quale si può avanzare una ipotesi circa una possibile associazione con l'esposizione ad inquinamento da traffico veicolare, l'eventuale effetto di inquinanti diversi da quelli ambientali non può essere ignorato in seguito alla restrizione del risultato al solo sesso maschile, per il quale risulterebbe plausibile presupporre esposizioni di tipo occupazionale o confondimenti dovuti a stili di vita quali l'abitudine al fumo.

Gli eccessi relativi al tumore del retto (mortalità) e a quello del colon (morbosità), oltre ad essere riconducibili principalmente ad abitudini alimentari non corrette, risultano discordi rispetto al sesso dei soggetti colpiti e alla loro collocazione spaziale.

Di difficile interpretazione appaiono invece gli eccessi di linfoma non-Hodgkin concentrati nelle corone più interne. Anche in questo caso le analisi hanno fornito risultati non pienamente concordanti in merito al sesso dei

casi osservati (un maschio e una femmina per la mortalità e tre maschi per la morbosità) e all'età (sopra i 50 anni per la mortalità e due casi su tre al di sotto dei 30 anni per la morbosità), sebbene entrambe concordino sulla numerosità estremamente ridotta degli addensamenti rilevati.

La lettura congiunta dei risultati delle analisi su mortalità e morbosità fornisce nel complesso un quadro abbastanza coerente, sebbene degno di ulteriori approfondimenti soprattutto in merito a quegli eventi sentinella evidenziati nell'ambito della morbosità, ovvero a quelle patologie per le quali sia stata assunta una plausibilità sufficiente per ipotizzare un ruolo eziologico dell'ambiente.

I risultati dell'analisi relativa agli esiti della riproduzione (paragrafo 6.4), e la considerazione del dato relativo ai ricoveri per abortività e sofferenza fetale, indicano la necessità di approfondire le indagini relative a questo settore.

## **Indagine campionaria su sintomi e malattie respiratori**

### *Scopo dell'indagine*

L'indagine campionaria su soggetti residenti nell'area circostante l'inceneritore di rifiuti solidi urbani di Ospedaletto (Comune di Pisa) ha lo scopo di valutare la distribuzione della morbosità, in termini di tassi di prevalenza di sintomi e malattie prevalentemente respiratori, in relazione alla distanza della residenza dal centro del cerchio che individua l'area in studio, e in relazione a campioni di controllo residenti nelle zone di Coltano e S. Piero.

### *Materiale e metodi*

L'area dello studio, localizzata nella piana dell'Arno a Sud-Est della città di Pisa nell'intorno della frazione di Ospedaletto e rappresentata da un cerchio di raggio 4 Km e centro nell'inceneritore di rifiuti solidi urbani, è stata suddivisa in 5 corone utilizzate per il campionamento dei soggetti, con raggio 0.4, 0.8, 1.4, 2.7, 4.0 Km dal punto della sorgente.

Nelle prime 3 corone, ovvero quelle più vicine all'inceneritore, sono stati inclusi nel campione tutti i 359 soggetti che vi risiedono, data la bassa numerosità; nella 4ª corona, sono stati selezionati 364 soggetti e nella 5ª corona, 716 soggetti.

Come campione di controllo, sono stati utilizzati 84 soggetti della zona di Coltano e 196 soggetti della zona di S. Piero.

Pertanto, sono stati selezionati 1719 soggetti corrispondenti complessivamente a 634 famiglie. 1378 su 1640 soggetti investigati hanno partecipato allo studio determinando un elevato tasso di partecipazione (84%).

Ogni soggetto ha completato un questionario autosomministrato su sintomi e malattie dell'apparato respiratorio, tumori e malattie di altri apparati, e fattori di rischio: al momento del ritiro, il questionario è stato controllato dagli operatori incaricati per ridurre il numero di informazioni mancanti.

Il questionario standardizzato, che deriva dai questionari CNR e SEASD utilizzati in precedenti indagini effettuate anche a Pisa, include, oltre alle condizioni ambientali e di salute del soggetto, i principali fattori di rischio che possono confondere o modificare l'associazione tra esposizione ed effetti. Essi sono: l'abitudine al fumo di sigaretta, l'esposizione al fumo passivo, l'esposizione ad agenti chimici e fisici sul luogo di lavoro, l'esposizione a contaminazioni ambientali (traffico pesante, rumore, fumi/gas, cattivi odori, ripetitori di segnale per telefoni cellulari), la valutazione dell'esposizione giornaliera agli aero-inquinanti, il sonno, lo stress ecc.

*Risultati principali*

L'età media dei maschi è di 43±22 anni, quella delle femmine è di 46±22, ed i maschi e le femmine sono equamente distribuiti nel campione.

Sono risultati fumatori di sigarette il 27% dei maschi ed il 15% delle femmine, ex fumatori di sigarette il 27% dei maschi ed il 10% delle femmine. Per quanto riguarda la scolarità, nei maschi esistono differenze significative tra le corone, con una maggiore percentuale di soggetti con basso livello educativo (≤8 anni d'istruzione) nella 1<sup>a</sup>-3<sup>a</sup> corona (74%) e con una maggiore percentuale di soggetti con >13 anni d'istruzione nella zona di controllo (38%). Anche nelle femmine, pur non raggiungendo la significatività statistica, esiste una simile tendenza.

Il 39% dei maschi ed il 18% delle femmine risultano professionalmente esposti, senza differenze significative in relazione alle corone. Le esposizioni specifiche, più frequentemente riportate, sono le esalazioni autoveicolari nei maschi, ed i solventi nelle femmine.

In entrambi i sessi, esiste una significativa maggiore percentuale di esposizione della propria abitazione a contaminazioni ambientali nella 1<sup>a</sup>-3<sup>a</sup> corona.

In entrambi i sessi, i soggetti che ritengono il proprio quartiere più inquinato rispetto sia a Porta Lucca sia a Porta Mare tendono a diminuire dalla 1<sup>a</sup>-3<sup>a</sup> corona (percentuali comprese tra 75 e 59%) all'area di controllo (percentuali comprese tra 14 ed 1%).

Per quanto riguarda la percezione degli odori fastidiosi (57% dei maschi e 61% delle femmine), vi sono differenze significative tra le corone con valori massimi compresi tra 84 e 67% nella 1<sup>a</sup>-3<sup>a</sup> e nella 4<sup>a</sup> corona.

Sia per l'umore sia per lo stress non si sono osservate differenze significative nelle corone.

Mediante modelli di regressione logistica aggiustati per gli effetti indipendenti dell'età, l'abitudine al fumo, la scolarità, la condizione lavorativa ed il tempo di residenza, si sono evidenziate associazioni significative con la zona di residenza per:

<i>Sesso</i>	<i>Effetto</i>	<i>Zona a più alto rischio</i>	<i>Zona a più basso rischio</i>
M	<i>Sibili/fischi</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
M	<i>Dispnea (difficoltà di respiro)</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
M	<i>Costrizione toracica</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
M	<i>Attacchi di difficoltà di respiro</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
M	<i>Eczema</i>	4 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
F	<i>Pleurite</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	4 <sup>a</sup> corona
M - F	<i>Esposizioni a fumi/gas</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
M - F	“ <i>traffico pesante</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
M - F	“ <i>rumore intenso</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona (4 <sup>a</sup> nelle F)	5 <sup>a</sup> corona
M - F	“ <i>cattivi odori</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
M - F	“ <i>ripetitori</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
M - F	<i>Percezione odori fastidiosi</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
M - F	“ <i>inquin. ≥ P.ta Lucca</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona
M - F	“ <i>inquin. ≥ P.ta Mare</i>	1 <sup>a</sup> -3 <sup>a</sup> corona	5 <sup>a</sup> corona

### *Discussione*

In base alle risorse e al tempo disponibili, è stato possibile utilizzare solo il questionario. Ciò rappresenta un limite in quanto i risultati ottenuti si basano su dati soggettivi e quindi suscettibili di potenziali distorsioni dovute a: errori nel ricordare correttamente l'informazione richiesta, attitudine del soggetto nei confronti del questionario, errori nella comprensione della domanda, stato psicologico e percezione soggettiva del rischio. Il questionario, tuttavia, include domande che permettono di valutare lo stato psicologico e l'auto-percezione del rischio.

Nell'insieme, i risultati di questa indagine, pur con le cautele dovute all'impossibilità di tenere in considerazione tutti gli eventuali fattori confondenti e all'utilizzo di uno strumento soggettivo per la raccolta dei dati, consentono di dedurre alcuni commenti generali. Il confronto interno al campione ha evidenziato che i soggetti maschi residenti nelle corone più interne all'area in studio, ovvero quelle più vicine all'inceneritore, hanno riportato valori statisticamente superiori di dispnea, sibili/fischi, attacchi di sibili, costrizione toracica ed eczema. Tali risultati sono stati confermati dalle analisi multivariate, che hanno anche evidenziato una significativa associazione della pleurite nelle femmine. Inoltre, in entrambi i sessi, anche le contaminazioni ambientali e le percezioni soggettive del rischio e degli odori fastidiosi sono risultate più elevate nelle corone più interne con tendenza a decrescere all'aumentare della distanza dall'inceneritore.

Il confronto dei dati delle prevalenze dei sintomi e malattie respiratori ottenuti nel 2001 con quelli delle due indagini condotte dal nostro Gruppo nell'area di Pisa-Cascina negli anni 1985-88 (PI1) e 1991-93 (PI2) non evidenzia un preciso andamento generale.

Complessivamente (dati non riportati), rispetto a PI2, la dispnea e la bronchite cronica sono aumentate ed i sibili/fischi sono diminuiti in entrambi i sessi, l'asma è aumentata nei maschi ma diminuita nelle femmine. La tosse e l'espettorato sono aumentati solo nelle femmine. Per patologie respiratorie quali l'enfisema, la pleurite e la tubercolosi, la scarsa numerosità nelle classi di età più giovani rende non applicabile il confronto statistico.

In conclusione, l'indagine epidemiologica ha evidenziato segnali differenziati tra maschi e femmine per quanto riguarda le condizioni di salute in rapporto alla zona di residenza. Le informazioni disponibili, basate unicamente sullo strumento soggettivo rappresentato dal questionario autosomministrato, non consentono di chiarire l'origine di tale diversità. Sarebbe quindi auspicabile un approfondimento del livello di informazione, attraverso test strumentali o esami ematochimici. In ogni caso, l'indagine epidemiologica trasversale rappresenta un'importante base di conoscenza utilizzabile per l'eventuale realizzazione di un sistema di monitoraggio sanitario, accanto a quello ambientale.

## **Analisi ambientali**

### *Programma di indagine ambientale*

Al fine di definire un quadro conoscitivo sufficientemente completo della situazione ambientale attuale dell'area, la caratterizzazione ambientale ha riguardato gli impatti delle attività esistenti su diverse matrici (aria, acqua, suolo).

### *Criteri di scelta dell'area e dei punti di prelievo*

L'area di campionamento è stata scelta prendendo come punto centrale l'inceneritore, considerato la potenziale sorgente primaria di inquinamento, ed è stata suddivisa in 5 cerchi concentrici di 400, 800, 1400, 2700 e 4000 metri, ed è stata approntata una griglia teorica a maglia regolare di punti di prelievo.

## Suolo

### **Parametri esaminati.**

Sono stati analizzati i campioni di terreno derivanti da 100 prelievi, per valutare le caratteristiche chimico fisiche dei terreni: tessitura, pH, sostanza organica e capacità di scambio cationica.

Sono stati inoltre valutati su alcuni campioni i parametri biochimici: attività deidrogenasica, attività zolfo-ossidativa e attività zolfo-ossidante.

I contaminanti che sono stati valutati sono:

- metalli pesanti Cadmio, Cromo, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame e Zinco e l'Arsenico in tutti i campioni, totali ed estraibili;
- diossine (PCDD+PCDF) e idrocarburi policiclici aromatici (IPA) in 16 campioni individuati come più significativi, di cui 15 distribuiti in un intorno dell'inceneritore e 1 nella zona di "controllo". I criteri di scelta di tali punti sono stati basati sulla distanza massima dall'inceneritore entro la quale si ritiene ragionevolmente che siano contenute le ricadute dal camino e la direzione dei venti prevalenti.

### **Risultati**

Diossine: le diossine sono contaminanti caratteristici del processo di combustione degli inceneritori, tuttavia esse non sono facilmente riscontrabili nel terreno per i numerosi processi di alterazione che possono avvenire, inoltre per effetto dei venti prevalenti non si può escludere che esse siano state trasportate in aree non oggetto del presente studio. I valori della sommatoria delle diossine espressi in tossicità equivalente risultati dall'analisi sono, in tutti i terreni, ampiamente inferiori ai limiti riportati nell'allegato 1 del DM 471/99 che, nella situazione più cautelativa relativa ai terreni ad uso residenziale, prevede un limite di  $1 \times 10^{-5}$  mg/Kg, espresso come tossicità equivalente, mentre i valori riscontrati nei campioni oscillano tra  $0,06 \times 10^{-5}$  mg/Kg e  $0,58 \times 10^{-5}$  mg/Kg.

Le concentrazioni estremamente basse delle diossine, consigliano una interpretazione complessiva sull'area analizzata piuttosto che ad una valutazione comparativa sulle differenze di concentrazione tra diversi punti di prelievo.

Idrocarburi Policiclici Aromatici: le concentrazioni degli IPA determinate sui campioni di terreno risultano nella quasi totalità dei casi inferiori ai limiti di rivelabilità analitica, e comunque la loro sommatoria è sempre ampiamente al di sotto dei limiti di cui al DM 471/99.

Metalli pesanti: tutti i terreni analizzati presentano concentrazioni di arsenico, mercurio, cadmio, cromo e nichel ampiamente in linea con i valori caratteristici dei terreni della Toscana ed in particolare con quelli della provincia di Pisa.

Si osservano in alcuni punti valori assai elevati per zinco, piombo e rame, che rappresentano però fenomeni puntiformi in un quadro generale di area che non evidenzia, vista nel suo complesso, sostanziali criticità relativamente a questi elementi.

Anche i valori di concentrazione dei metalli estraibili rientrano, nella maggior parte dei campioni, in quelli caratteristici dei terreni della Toscana.

Parametri biochimici: i parametri indagati rilevano in alcuni punti oggetto di indagine una alterazione dello stato naturale del terreno che necessita di ulteriore approfondimento mediante ampliamento del numero dei campioni.

## Aria

La caratterizzazione dello stato di qualità dell'aria realizzata attraverso una indagine, ripetuta in postazioni diverse e sufficientemente rappresentative di differenti situazioni ambientali seppure concentrata in un ridotto arco di tempo, ha rilevato come i valori di concentrazione di alcuni inquinanti atmosferici quali Biossido di Zolfo, Idrogeno Solforato, particolato PM10, Ossido e Biossido di Azoto, Monossido di Carbonio, Ozono ed Idrocarburi non metanici, siano da considerarsi estremamente contenuti in relazione ai parametri di legge.

## Acque

Acque superficiali: nel territorio oggetto dell'indagine scorrono alcuni corsi d'acqua, a breve percorso e con funzione di drenaggio della campagna, Questi corpi idrici raccolgono i reflui non depurati provenienti dalle frazioni limitrofe alla zona industriale, non ancora allacciate al depuratore di Oratoio.

Dai fossi presi in considerazione sono stati prelevati campioni sia a monte che a valle della zona industriale e su questi sono stati determinati i principali parametri chimico-fisici compresi i metalli pesanti ed i solventi clorurati, che caratterizzano le attività civili e quelle produttive della zona.

Tutti i corsi d'acqua presi in esame sono caratterizzati da un carico organico elevato associato a concentrazioni anomale dei principali markers di scarichi civili non depurati, quali azoto ammoniacale e fosforo totale.

In generale i corpi idrici considerati presentano un livello elevato di inquinamento di tipo organico variamente distribuito rispetto alla zona industriale.

Acque sotterranee: l'indagine ha comportato una individuazione preliminare dei pozzi presenti nell'area d'indagine, seguita da una campagna di prelievi per la definizione della qualità delle acque sotterranee, effettuata sulla base dei criteri e dei metodi descritti nell'All. 1 al D.Lgs 152/99.

Il campionamento è stato realizzato in 7 pozzi artesiani ed è stato mirato a determinare i parametri di base e alcuni dei parametri addizionali proposti nell'allegato n.1 del D.Lgs 152/99, indici di contaminazione da attività antropiche.

I parametri addizionali sono stati scelti in base alle attività industriali presenti nell'area ed ai probabili agenti inquinanti provenienti dall'inceneritore, assumendo come traccianti specifici il parametro IPA ed i metalli pesanti. Si può in generale affermare, in base ai risultati ottenuti che nella zona in esame l'acquifero non mostra significative influenze di tipo antropico anche se la qualità complessiva delle acque dei pozzi analizzati risulta decisamente mediocre.

Un ulteriore approfondimento sul rapporto tra qualità dei sistemi acquiferi e qualità dei terreni confinanti, potrebbe fornire informazioni utili a completare il quadro informativo sullo stato dell'ambiente nell'area di Ospedaletto.

## Valutazione attuale di parametri ambientali

### Rumore

In prossimità dei recettori potenzialmente più disturbati dal rumore prodotto dalle infrastrutture stradali presenti nella zona di Ospedaletto, sono stati effettuati rilevamenti a lungo termine e misure a breve termine (*spot*), in modo da ricavare un quadro informativo sufficientemente dettagliato della rumorosità in zone critiche dell'area in studio. Sono, inoltre, disponibili dati di monitoraggio acustico effettuati in precedenza lungo la SGC FI-PI-LI nel tratto che attraversa Ospedaletto.

I dati orari ottenuti sono stati analizzati prendendo in considerazione una settimana tipo, secondo quanto previsto dal DM 16.3.98 relativamente al monitoraggio del rumore stradale.

Per quanto riguarda il monitoraggio acustico della zona emerge che i livelli di rumore presenti, sia nel periodo diurno che in quello notturno, in prossimità di ambienti abitativi posti in stretta vicinanza a tutte le infrastrutture stradali indagate sono con poche eccezioni superiori ai limiti massimi di  $65 \text{ dB(A)}$  (diurno) e  $55 \text{ dB(A)}$  (notturno) ammessi dalla normativa italiana e dall'O.M.S. per le aree abitate. I risultati delle misure spot hanno confermato che, in condizioni analoghe, i livelli di rumore sono simili (oscillazione  $\pm 1 \text{ dB(A)}$ ) a quelli misurati nel lungo termine in siti specifici lungo le stesse strade. Di minor rilievo rispetto al contributo del traffico veicolare sono i contributi da ascrivere alle attività produttive insediate nella zona.

### Campi elettromagnetici

Per quanto riguarda le indagini relative ai campi elettromagnetici, si osserva un generale ampio rispetto dei limiti normativi attualmente in vigore sia per le basse ( $100 \text{ mT}$ ) che per le alte ( $6 \text{ V/m}$ ) frequenze. Bisogna però rilevare che i livelli di induzione magnetica a  $50 \text{ Hz}$  rilevati in prossimità dell'elettrodotto n. 524 hanno fornito valori prossimi al valore  $0.5 \text{ mT}$  che, probabilmente, rappresenterà il nuovo limite normativo per l'esposizione a lungo termine da fissare con l'emanando decreto ai sensi della Legge Quadro n. 36 del 22.02.01 sull'inquinamento elettromagnetico. E' di rilievo evidenziare che i carichi di corrente circolanti in una linea indagata (n. 524) nel periodo considerato per eseguire le stime teoriche, sono stati notevolmente inferiori ai carichi di corrente circolanti nel periodo di esecuzione del monitoraggio strumentale in continua dell'induzione magnetica. Emerge quindi un problema di verifica con l'ente gestore per chiarire la variabilità riscontrata nei carichi delle linee elettriche.

### Conclusioni generali

1. I risultati delle indagini ambientali su parametri riferibili a processi "storici" di inquinamento (sostanzialmente analisi dei terreni), potenzialmente correlati ad effetti a lungo termine sulla salute (mortalità e ricoveri per cause cronico-degenerative), non hanno fornito informazioni su differenze di contaminazioni ambientali tra le zone studiate tali da modificare il modello di studio prescelto.  
Risulta pertanto confermato l'obiettivo di indagare lo stato generale di salute della popolazione residente nell'area di raggio 4 km centrata sull'inceneritore ed attraversata nella porzione nord da strade ad alta intensità di traffico veicolare.  
Alcuni risultati di indagini ambientali su parametri "attuali" (in particolare il rumore) risultano utili alla interpretazione dei risultati emersi dall'analisi sui ricoveri in riferimento a condizioni a breve termine ma soprattutto dall'indagine campionaria su sintomi e percezioni, che seppure complessi e non univoci offrono una immagine abbastanza netta del malessere riferito da parte di una larga parte dei residenti.
2. Benchè nell'area non sia emersa una situazione generale di salute allarmante né problemi specifici di entità tale da rappresentare una dimensione di sanità pubblica, alcuni risultati epidemiologici ottenuti non sono da trascurare e suggeriscono ulteriori e diversificati approfondimenti, in special modo mirati ad un arricchimento ed oggettivazione della esposizione individuale passata e presente, in quei gruppi e in quelle aree che hanno mostrato segnali di morbosità e mortalità più elevata rispetto ai riferimenti esterni.