



Sorveglianza sulla salute della
Popolazione nei pressi del
Termovalorizzatore di
Torino

Programma SPoTT Report n° 1

Biomonitoraggio della popolazione residente e dei lavoratori impiegati nell'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti di Torino

Primi risultati sullo stato di salute e sui livelli di bioaccumulo di metalli
prima dell'avvio dell'impianto

febbraio 2014

Rapporto a cura di

Antonella Bena¹
Manuela Oreggia¹
Monica Chiusolo²

Alessandro Alimonti³
Beatrice Bocca³
Ennio Cadum²
Elena Farina¹
Martina Gandini²
Anna Pino³
Enrico Procopio⁴
Giuseppe Salamina⁵

¹ Struttura Complessa a Direzione Universitaria Servizio Sovrazonale di Epidemiologia - ASL TO3

² Dipartimento Tematico di Epidemiologia e Salute Ambientale - ARPA Piemonte

³ Istituto Superiore di Sanità - Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria

⁴ Struttura Complessa Servizio Igiene e Sanità Pubblica - ASL TO3

⁵ Dipartimento Integrato della Prevenzione, Struttura Complessa Centro Controllo Malattie, - ASL TO1

Il programma SPoTT è realizzato dal Gruppo di lavoro composto da:

ASL TO3- S.C. a D. U. Servizio Sovrazonale di Epidemiologia

Antonella Bena – Coordinatrice del Programma SPoTT
Elena Farina
Manuela Oreggia

ASL TO3- Struttura Complessa Servizio Igiene e Sanità Pubblica

Enrico Procopio
Nicola Suma

ASL TO1- Dipartimento Integrato della Prevenzione, Struttura Complessa Centro Controllo Malattie, Struttura Semplice Dipartimentale Epidemiologia ed Educazione Sanitaria

Rosa D'Ambrosio
Franca Garabello
Giuseppe Salamina

ARPA Piemonte - Dipartimento Tematico di Epidemiologia e Salute Ambientale

Ennio Cadum
Monica Chiusolo
Moreno Demaria
Martina Gandini
Simona Soldati

ARPA Piemonte - Struttura Rischio e Igiene Industriale

Marco Fontana
Franco Ghione

Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e connessa Prevenzione Primaria

Alessandro Alimonti
Elena De Felip
Simona Giampaoli
Loredana Musmeci

L'estrazione del campione e l'arruolamento sono stati condotti da:

Monica Chiusolo - *ARPA Piemonte*
Moreno Demaria - *ARPA Piemonte*
Claudia Alonzi - *ASL TO1*
Silvia Ciravegna - *ASL TO1*
Rosa D'Ambrosio - *ASL TO1*
Gabriella Garra - *ASL TO1*
Miranda Garzena - *ASL TO1*
Ada Masucci - *ASL TO1*
Giorgia Modolo - *ASL TO1*
Chiara Rossi - *ASL TO1*
Manuela Oreggia - *ASL TO3*

Denis Quarta - *ASL TO3*

L'organizzazione logistica, i prelievi biologici e le interviste sono stati effettuati da:

ASL TO1–Poliambulatorio di Via Farinelli, Torino

Claudia Alonzi
Roberto Capocefalo
Rosa D'Ambrosio
Gabriella Garra
Ada Masucci
Giorgia Modolo
Donatella Nivello
Carmela Richichi
Chiara Rossi
Giuseppe Salamina
Flora Scardigno

ASL TO3–Poliambulatorio di Via Lanza, Grugliasco

Vittoria Albi
Laura Buttera
Renata Donnarummo
Daniela Calandra
Lorella Forno
Pasquale Giuliano
Nunziata Ingrasciotta
Gaetano Montalcino
Laura Pich
Elena Picone
Enrico Procopio
Antonino Racca
Sabrina Ranzani
Doriana Rigotti
Cinzia Rodella
Concetta Saccà
Cristina Saddi
Nicola Suma

Le analisi spirometriche sono state condotte da:

AOU S. Luigi Gonzaga di Orbassano - scuola di specializzazione della facoltà di medicina di Torino

Sara Demichelis
Mattia Chiesa
Rossana Bellezza Fontana
Paolo Pessina
Fabiola Zeraj

Le analisi sui campioni biologici sono state effettuate da:

ASL TO1 - Laboratorio centrale dell'Ospedale Oftalmico

Simona Cifoli
Renata Murisciano
Maria Salvaggio
Maurizio Vana

Università Federico II di Napoli

Pasquale Strazzullo

Istituto Superiore di Sanità - Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria

Beatrice Bocca
Anna Pino

La gestione della banca biologica per lo stoccaggio dei campioni e formazione operatori per la standardizzazione delle interviste e misure antropometriche:

Istituto Superiore di Sanità - Reparto Epidemiologia delle Malattie Cerebro e Cardiovascolare del Centro Nazionale di Epidemiologia Sorveglianza e Promozione della Salute

Franco Dima
Simona Giampaoli
Cinzia Lo Noce

Si ringraziano i responsabili delle strutture che hanno collaborato alla realizzazione del Programma:

Margherita Meda (Dir. Dipartimento Prevenzione ASL TO1)
Giuseppe Costa (Dir. SCaDU Epidemiologia ASL TO3)
Pietro Artuso (Dir. FF SC percorsi di cura, igiene e organizzazione poliambulatori ASL TO1)
Alba Baratta (Dir. SC. Residenzialità Anziani e disabili adulti ASL TO1)
Carlo Albera (Dir. Scuola di Specializzazione in Malattie dell'Apparato Respiratorio- AOU San Luigi Orbassano)
Paola Fasano (Dir. Distretto Sanitario Collegno ASL TO3)
Barbara Vinassa (Dir. Distretto Sanitario Orbassano ASL TO3)
Giuseppe Grandi (Dir. Laboratorio analisi Ospedale Oftalmico ASL TO1)



Indice

Introduzione.....	
1. Il Programma SPoTT	7
1.1. Presentazione.....	7
1.2. Le linee progettuali	7
1.3. Le attività svolte nel 2013	9
1.3.1. <i>Il biomonitoraggio</i>	9
1.3.2. <i>Il monitoraggio indoor</i>	9
1.3.3. <i>La comunicazione</i>	10
2. L'impianto.....	12
2.1. Il combustibile.....	12
2.2. La localizzazione.....	13
2.2.1. <i>Caratteristiche del territorio</i>	14
2.3. L'attività attuale (autunno 2013)	15
3. Biomonitoraggio umano nella popolazione residente	17
3.1. Il disegno di studio	17
3.1.1. <i>Campionamento</i>	18
3.2. Scelta dei parametri fisiologici da valutare.....	21
3.3. Campione effettivo e misurazione dei parametri.....	24
3.3.1. <i>Procedure di contatto e arruolamento e validità interna dello studio campionario</i>	26
3.3.2. <i>Adesione allo studio campionario</i>	26
Primi risultati.....	33
3.3.3. <i>Metodologia</i>	33
3.3.4. <i>Descrizione generale del campione di residenti in studio</i>	35
3.3.5. <i>Stato di salute generale</i>	39
3.3.1. <i>Dose interna: metalli nelle urine e piombo ematico</i>	47
3.3.2. <i>Percezione del rischio</i>	57
3.4. Gli allevatori.....	64
3.4.1. <i>Descrizione generale e stato di salute</i>	65
3.4.2. <i>Risultati analitici: metalli nelle urine e piombo ematico</i>	66
4. Biomonitoraggio umano nei lavoratori	69
4.1. I lavoratori addetti all'impianto	69
4.2. L'esposizione	70
4.2.1. <i>L'impianto</i>	70
4.2.2. <i>Il monitoraggio indoor</i>	72
4.3. Il disegno di studio	73
4.4. L'adesione al programma	74
4.5. Primi risultati.....	75
4.5.1. <i>Metodologia</i>	75
4.5.2. <i>Descrizione generale dei lavoratori coinvolti</i>	76
4.5.3. <i>Stato di salute generale</i>	78
4.5.4. <i>Risultati analitici: metalli nelle urine e piombo ematico</i>	81
4.5.5. <i>Percezione dei rischi</i>	85

Introduzione

Il programma di sorveglianza sulla salute dei residenti e dei lavoratori impegnati nell'impianto di incenerimento dei rifiuti di Torino è composto di più linee di attività che spaziano su vari temi e adottano diverse metodologie con l'obiettivo comune di monitorare e individuare eventuali effetti sulla salute e fornire indicazioni per la prevenzione. Lo stile di lavoro adottato dal programma SPoTT è improntato alla validità scientifica, all'indipendenza ed alla trasparenza. A garanzia della qualità dei protocolli, della fattibilità delle attività proposte, e dell'adeguatezza delle risorse e delle tecnologie impiegate, è stato istituito un Comitato Tecnico Scientifico che opera a titolo gratuito ed è composto da specialisti privi di conflitti di interesse con il ruolo di garanti loro attribuito.

Tutti i materiali, condivisi nella metodologia, nelle procedure e negli esiti dal Comitato Tecnico Scientifico, sono disponibili sul sito web creato per il programma (www.dors.it/spott) e sono presentati e discussi in riunioni organizzate dal Comitato Locale di Controllo.

Data la delicatezza dei temi affrontati e la complessità delle azioni messe in campo, il programma SPoTT si è dotato di uno specifico piano di comunicazione che prevede, tra l'altro, la redazione di report periodici contenenti i risultati aggiornati delle diverse attività svolte. Il presente report inaugura tale linea editoriale con i primi risultati riguardanti lo stato di salute e i livelli di bioaccumulo di metalli prima dell'avvio dell'inceneritore. Dopo una presentazione del programma ed una breve descrizione dell'impianto, i capitoli 3 e 4 presentano e commentano i primi risultati riguardanti rispettivamente i residenti (inclusi gli allevatori) ed i lavoratori. Tre appendici approfondiscono i temi visionando tutte le analisi svolte.

Il documento adotta un linguaggio tecnico adeguato ai temi trattati. È possibile porre domande di chiarimento attraverso l'apposito indirizzo e-mail (rdl@epi.piemonte.it).

Un gruppo di autori si è fatto carico della redazione del report, ma le attività sono state svolte da un ampio gruppo di operatori, ciascuno per la propria competenza. L'elenco delle prime pagine è dunque un doveroso riconoscimento al loro impegno ed una testimonianza concreta della complessità ed articolazione del lavoro svolto.

La coordinatrice del programma SPoTT

Antonella Bena

1. Il Programma SPoTT

1.1. Presentazione

Il programma SPoTT (acronimo per Sorveglianza sulla salute della Popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino) ha l'obiettivo generale di creare un sistema di sorveglianza che consenta di valutare potenziali effetti avversi sulla salute dell'inquinamento ambientale nelle aree circostanti il termovalorizzatore di Torino. Il mandato risiede nell'allegato A dell'Autorizzazione Ambientale Integrata (AIA) rilasciata dalla Provincia di Torino, N. 309 - 557341 del 21/12/2006 e rinnovata nel 2012 con provvedimento N. 27 - 3956, che, tra l'altro, prescrive al gestore dell'impianto di definire un "Piano di sorveglianza sanitaria e di conoscenza della variazione dello stato di salute della popolazione residente". Vista la complessità e rilevanza di tale prescrizione la Provincia di Torino ha chiesto di progettare e condurre il piano ad un team di istituzioni pubbliche riunite in un Gruppo di Lavoro: Servizio di epidemiologia, ASL TO3, ASL TO1, Arpa Piemonte, e Istituto Superiore di Sanità. Il coordinamento è in capo alla dott.ssa Antonella Bena del Servizio Sovrazonale di Epidemiologia dell' ASL TO3.

Un **Comitato tecnico scientifico** ha funzione sia di garante delle metodologie e della pianificazione delle varie linee progettuali, sia di validazione dei risultati.

Conformemente a quanto richiesto dalla Legge, al fine di tutelare i diritti, la sicurezza e il benessere delle persone coinvolte e di fornire pubblica garanzia di tale tutela, SPoTT ha sottomesso il proprio Programma al **Comitato Etico dell'AOU San Luigi Gonzaga di Orbassano** e al **Comitato Etico dell'ASL TO2**, ricevendone l'approvazione nella primavera 2013.

SPoTT è stato ufficialmente presentato alla stampa il 6 giugno 2013 durante una conferenza organizzata dal Presidente della Provincia di Torino.

1.2. Le linee progettuali

Il programma SPoTT è organizzato in 4 linee progettuali che riguardano la popolazione residente (sia nelle aree limitrofe al termovalorizzatore sia in aree più lontane) e i lavoratori

dell'impianto. Ognuna di esse è affidata, per competenza, a gruppi di specialisti dei diversi Enti coinvolti.

SPoTT parte da alcune considerazioni preliminari:

- a) le emissioni derivanti dalla combustione dei rifiuti comportano per le popolazioni interessate la potenziale esposizione ad una gamma di agenti inquinanti;
- b) la letteratura scientifica segnala una serie di effetti avversi rilevabili in alcune realtà indagate ma non in altre;
- c) in una situazione caratterizzata da incertezza scientifica, è importante fornire informazioni specifiche per l'area intorno al Termovalorizzatore del Gerbido.

A partire da queste valutazioni, le indagini epidemiologiche effettuate nel programma, considerano le patologie per le quali vi siano segnalazioni in letteratura di potenziale associazione alla presenza di inceneritori.

Relativamente alla popolazione residente in aree limitrofe il termovalorizzatore, SPoTT si articola in:

- monitoraggio epidemiologico degli effetti a breve termine sulla salute della popolazione residente nell'area di ricaduta delle emissioni dell'impianto;
- sorveglianza epidemiologica degli effetti a lungo termine sulla salute della popolazione residente nell'area di ricaduta delle emissioni dell'impianto;
- biomonitoraggio della popolazione mediante misura di biomarcatori di esposizione su un campione di popolazione residente nell'area di ricaduta delle emissioni.

In aggiunta ad un campione di circa 200 persone in area di esposizione e altrettanti in area di controllo, sono stati selezionati 20 allevatori con aziende situate in un raggio di 5 Km intorno all'impianto. Infatti, i composti organo-alogenati derivanti dal processo di combustione (PCB e diossine) sono altamente lipofili e si bio-accumulano nella catena alimentare concentrandosi nel tessuto adiposo degli animali e dell'uomo. Gli allevatori che gestiscono le aziende presenti nell'area limitrofa al termovalorizzatore, per la tendenza a consumare i prodotti del proprio lavoro, possono essere considerati a maggior esposizione potenziale.

Parallelamente a quanto avviene per i residenti, SPoTT ha scelto di dedicare una linea di attività specifica per i **lavoratori** del termovalorizzatore con l'obiettivo di descrivere se la loro attività

professionale possa portare ad eventuali peggioramenti delle condizioni di salute. Anche i lavoratori sono invitati a partecipare al programma di biomonitoraggio.

1.3. Le attività svolte nel 2013

1.3.1. Il biomonitoraggio

SPoTT ha progettato il più ampio e completo programma italiano di biomonitoraggio sui residenti in prossimità di un impianto di incenerimento di rifiuti solidi urbani.

L'attività di biomonitoraggio è iniziata il 6 giugno 2013 ed è terminata il 15 luglio 2013. Durante tale periodo il termovalorizzatore ha interrotto l'attività di combustione, che era iniziata in esercizio provvisorio il 19.04.2013 e continuata con i tempi e le modalità illustrate in Figura 2, pag 16.

Sono stati coinvolti 198 cittadini dei Comuni di Beinasco, Orbassano, Grugliasco e Rivalta e 196 cittadini residenti nella circoscrizione IX di Torino.

Inoltre hanno partecipato al biomonitoraggio anche 14 allevatori le cui aziende sono collocate nella zona di interesse e 23 lavoratori impiegati a giugno 2013 nell'avvio dell'impianto di termovalbrizzazione.

1.3.2. Il monitoraggio indoor

In collaborazione con la struttura Rischio Industriale e Igiene Industriale di ARPA Piemonte, è stato condotto un monitoraggio negli ambienti di lavoro del termovalorizzatore. Lo scopo principale è di verificare la necessità di un follow-up intermedio per il biomonitoraggio di alcuni inquinanti (diossine e PCB) sugli addetti all'impianto.

La campagna di campionamenti ante-operam, è stata effettuata il 3 e 4 aprile 2013. Dal momento che alcune misurazioni hanno risentito fortemente delle numerose attività di cantiere presenti nell'area del termovalbrizzatore (le attività di carpenteria, le emissioni dei mezzi d'opera e il fumo di sigaretta hanno determinato contributi significativi alle concentrazioni di alcuni metalli e degli Idrocarburi Policiclici Aromatici), di concerto con i membri del Comitato Tecnico Scientifico, si è ritenuto opportuno integrare i risultati della prima campagna con nuovi campionamenti, effettuati i primi giorni di giugno 2013. I nuovi campionamenti sono maggiormente rappresentativi delle condizioni di fondo ambientale.

1.3.3. La comunicazione

Il Programma di sorveglianza sanitaria si colloca in un clima particolarmente delicato ed affronta in modo diretto il tema del rapporto tra le persone e l'ambiente in cui vivono, andando a valutare l'eventuale esposizione individuale a contaminanti ambientali, attraverso il prelievo di liquidi biologici. Sono quindi presenti difficoltà di comunicazione che fanno riferimento ad alcuni problemi di fondo:

- il coinvolgimento emotivo degli interessati;
- la difficoltà, per gli studi di biomonitoraggio, di fornire informazioni direttamente correlabili ai rischi;
- l'adozione, da parte del disegno di studio, di un punto di vista basato sulla comunità ed orientato alla presa di decisioni per migliorare le condizioni sul territorio.

I pubblici di riferimento sono molteplici:

- il comitato locale di controllo;
- gli abitanti dei comuni interessati;
- le persone che verranno biomonitorate;
- la rete sanitaria locale ed in particolare i medici di base;
- l'associazionismo;
- gli enti pubblici locali, provinciali e regionali;
- i media locali, regionali e nazionali.

Per facilitare il dialogo con i diversi attori coinvolti, il gruppo di lavoro di SPoTT ha valutato essenziale dotarsi di un proprio canale comunicativo improntato sulla trasparenza, indipendenza e terzietà dalle altre istituzioni coinvolte. In particolare, tutta la documentazione tecnico-scientifica (es. i protocolli, le attività, e i risultati) ed altre informazioni di interesse pubblico relative a SPoTT sono disponibili dal 17 aprile 2013 su una pagina web (www.dors.it/spott) attualmente ospitata sul sito del Centro Regionale di Documentazione per la Promozione della Salute.

In aggiunta alla comunicazione curata su web, i responsabili di SPoTT partecipano regolarmente agli incontri del Comitato Locale di Controllo.

Particolare attenzione è posta alla comunicazione con le persone partecipanti al programma di biomonitoraggio ed ai medici di medicina generale. Nella primavera 2013 sono stati

organizzati incontri informativi dedicati a questi ultimi, con lo scopo di illustrare obiettivi e motivazioni del programma SPoTT.

Uno specifico piano di comunicazione definisce obiettivi, strumenti, scadenze e indicatori di valutazione.



2. L'impianto

Il termovalorizzatore del Gerbido è un impianto che incenerisce rifiuti urbani (RSU) a valle della raccolta differenziata e rifiuti speciali assimilabili agli urbani (RSA), trasformando il calore prodotto dalla combustione, in energia elettrica e termica. Tecnicamente si tratta di un forno a griglia mobile a valle di tre linee gemelle ed indipendenti di conferimento rifiuti, con le uniche sezioni comuni relative allo stoccaggio/alimentazione ed alla conversione energetica (turbina e generatore).

2.1. Il combustibile

Si prevede che, a pieno regime, il carico di rifiuti annuo sia di 421.000 tonnellate. In particolare:

- RSA (compresi i sovvalli degli impianti di recupero rifiuti urbani e valorizzazione della raccolta differenziata): per un quantitativo massimo di 124.000 t/anno.
- RSU (a valle della raccolta differenziata) per un quantitativo complementare, rispetto a quello degli assimilabili.

Il conferimento dei rifiuti proviene dall'intera zona Sud della Provincia di Torino, come prescritto dal Programma di Gestione dei Rifiuti. Temporaneamente, e fino alla realizzazione di un secondo impianto di trattamento termico a servizio della zona Nord, potranno venire conferiti anche i rifiuti del cosiddetto bacino-16 (area nord-est della Città di Torino).

I rifiuti sono conferiti in una fossa dimensionata per stoccare i rifiuti per più di cinque giorni di esercizio; delle benne a polipo permettono il miscelamento e l'omogeneizzazione del combustibile. I rifiuti ingombranti e non recuperabili, vengono preventivamente trattati mediante un'apposita cesoia per la riduzione di pezzatura. Le condizioni di carico massimo continuo sono di 22,50 t/h, ma la caldaia accetta un sovraccarico termico del 10% rispetto al valore massimo per tempi inferiori ad un'ora.

A pieno regime si prevede che il calore prodotto dall'incenerimento produrrà 350.000 MWh di energia elettrica (coprendo il fabbisogno di 175.000 utenze medie) e 170.000 MWh di energia termica (riscaldando 17.000 utenze medie).

È previsto un funzionamento nell'arco dell'anno per un numero di ore di 7800, pari a 325 giorni. Durante la stagione estiva è atteso un minor conferimento di rifiuti all'impianto e si programma di tener ferma una linea alla volta, per la durata di un mese, nel periodo di giugno – luglio – agosto per gli interventi di manutenzione. Per interventi manutentivi straordinari si ipotizzano altri dieci giorni di fermo impianto complessivo.

2.2. La localizzazione

L'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti si trova nella zona sud del Comune di Torino, posta a confine con i Comuni di Orbassano, Beinasco e Grugliasco.

L'area in cui sorge l'impianto, in particolare, è inserita in una porzione di territorio libera compresa tra strada del Portone, lo scalo ferroviario di Orbassano, la linea ferroviaria per Fiat Mirafiori e il Cimitero Parco. La viabilità di accesso principale è Strada del Portone e, attraverso questa, è collegata alla S.P. 175 del Doirone che la collega al Sistema Tangenziale (uscita SITO) e Autostradale di Torino (figura 1). Nelle vicinanze immediate dell'area si trovano una sede operativa della GTT (Gruppo Torinese Trasporti) e una piattaforma di raccolta/distacco operativo dell'AMIAT (Azienda Multiservizi Igiene Ambientale Torino).

L'estensione dell'area è di circa 100.000 m². La società TRM S.p.A (Trattamento Rifiuti Metropolitan) che gestisce l'impianto è l'attuale proprietaria del terreno, dopo averlo acquistato da GTT nel novembre 2007.

La scelta del sito dove costruire l'impianto ha seguito un iter lungo e complesso che ha coinvolto, almeno in fase iniziale, parte della popolazione mediante meccanismi di democrazia partecipativa (progetto *Non rifiutarti di scegliere*¹). Il processo di localizzazione si avvia sul finire degli anni Novanta e ha visto succedersi una serie di studi di "localizzazione" parziali (riferiti a contesti territoriali diversi) sulla base dei quali la Provincia di Torino è giunta nel 2005 all'individuazione definitiva del sito del Gerbido.

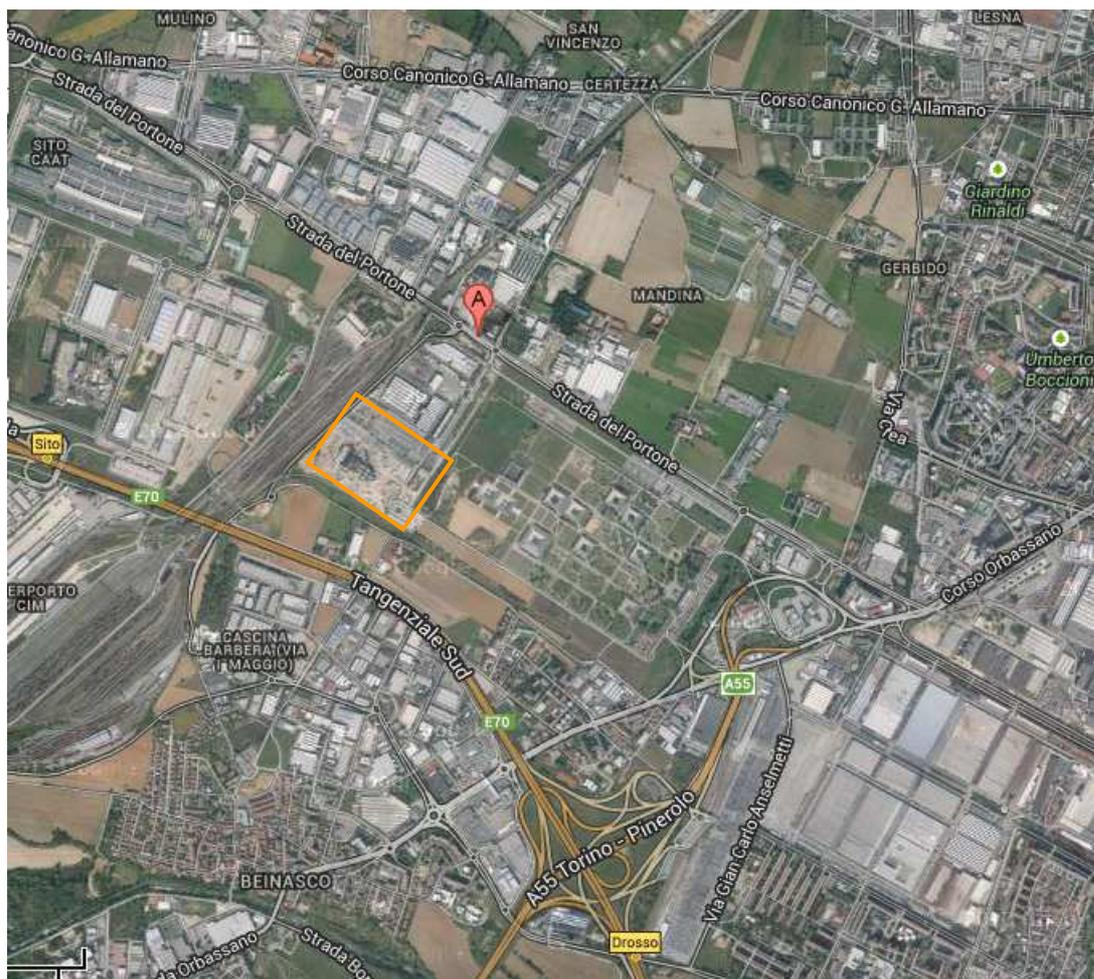


Fig. 1 Mappa satellitare dell'area limitrofa l'impianto di termovalorizzazione

2.2.1. Caratteristiche del territorio

A livello climatico si possono trovare i caratteri del clima temperato che caratterizza la regione piemontese, dipendente dall'alternarsi dell'influenza dei climi mediterraneo e continentale. Sotto il profilo atmosferico, la regione fisica piemontese si comporta come un'area relativamente chiusa. Gli strati più bassi dell'atmosfera sono caratterizzati da frequenti calme di vento o da circolazioni generali deboli, accompagnate a campi di alta pressione. La bassa incidenza dei fattori dinamici determina pertanto una situazione potenzialmente dannosa favorendo la stagnazione e l'accumulo degli inquinanti.

Per quanto concerne le fonti di pressione ambientale che interessano l'area in studio occorre considerare: le vie di traffico veicolare ad elevata percorrenza (es. il tratto di

Tangenziale di Torino), alcuni insediamenti industriali e le attività agricole e zootecniche presenti nel territorio.

Per le sue caratteristiche di zona limitrofa alla metropoli conserva un'attività zootecnica di tipo residuale, a causa della forte pressione urbanistica sulle aree agricole ancora disponibili. L'area in esame ha comunque un basso livello di urbanizzazione ed è caratterizzata prevalentemente da una destinazione d'uso di tipo produttivo.

In termini di qualità dell'aria, per quanto riguarda i due inquinanti principali (NO_x e PM10) il contributo percentuale alle emissioni del settore industriale è inferiore a quello del comparto trasporti ma superiore al contributo determinato dall'urbanizzazione. Le percentuali di tali inquinanti unitamente all'ossido di carbonio derivanti dalle emissioni veicolari, raggiungono percentuali molto elevate, confermando l'importanza del settore trasporti quale fonte di pressioni e di impatti sulla qualità della matrice aria.

2.3. L'attività attuale (autunno 2013)

Attualmente l'attività di progettazione costruttiva e di approvvigionamento è conclusa.

L'Appaltatore ha comunicato in data 30/09/2013 la fine dei lavori. Restano da completare lavori di piccola entità che non pregiudicano l'utilizzo e il funzionamento dell'impianto.

Le prime prove di combustione sono iniziate il 19 aprile 2013 e si prevede un anno di **esercizio provvisorio** prima che l'impianto lavori a regime.

Da aprile a dicembre, si registrano 6.000 ore di attività dell'impianto e una quantità di rifiuti combusti pari a circa 95.000 tonnellate (ndr. dati forniti da TRM Spa). Durante il periodo di esercizio provvisorio si stima il conferimento di circa il 50% dei rifiuti previsti in piena attività, 220.000 tonnellate di rifiuti.

L'avvio della Linea 1 è avvenuto il 19/04/2013.

L'avvio della Linea 2 è avvenuto il 20/05/2013.

L'avvio della Linea 3 è avvenuto il 27/09/2013.

Dall'avvio, l'impianto ha interrotto la propria funzione ripetute volte. Di seguito si riporta il calendario di funzionamento aggiornato a dicembre 2013 (figura 2).

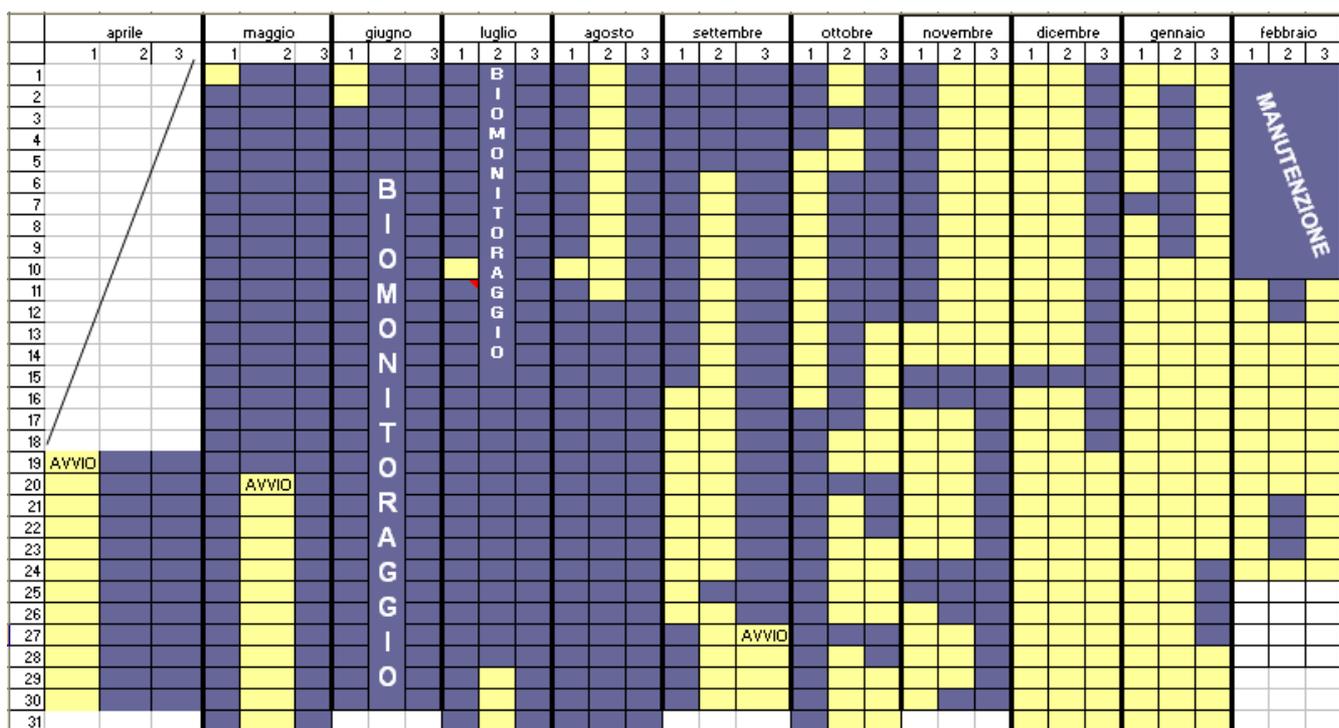


Fig. 2 Calendario di funzionamento dell'impianto suddiviso per linee di combustione. Sono riportate le accensioni (in giallo) e gli spegnimenti (in blu).

3. Biomonitoraggio umano nella popolazione residente

Lo studio condotto sulla popolazione generale ha come obiettivo principale la valutazione di indicatori di esposizione potenzialmente riferibili alle emissioni dell'inceneritore di Torino. In un campione di residenti, rappresentativo della popolazione dell'area metropolitana torinese, tali indicatori sono comparati per area e per periodo temporale di esposizione (prima e dopo l'entrata in funzione dell'inceneritore).

3.1. Il disegno di studio

Il disegno di studio è ibrido, con confronto del campione di popolazione sia in due periodi temporali (prima e dopo l'entrata in funzione dell'impianto), sia in due aree di residenza (all'interno dell'area di ricaduta previsionale – definita dalle deposizioni previsionali secche dei metalli - ed esternamente da quest'area).

Il campione complessivamente costituisce una coorte di popolazione che sarà seguita nel tempo con determinazioni ripetute dei parametri in studio e confronto sia temporale sia spaziale.

La coorte è stata divisa nei due bracci tradizionali di questo tipo di studio:

Esposti

Non esposti

Lo studio è pertanto di tipo comparativo tra residenti nell'area previsionale di ricaduta delle emissioni del termovalorizzatore (gruppo di esposti) e residenti in altra area (gruppo dei non esposti o gruppo di controllo).

Il disegno di coorte utilizzato è schematizzabile nella figura 3.

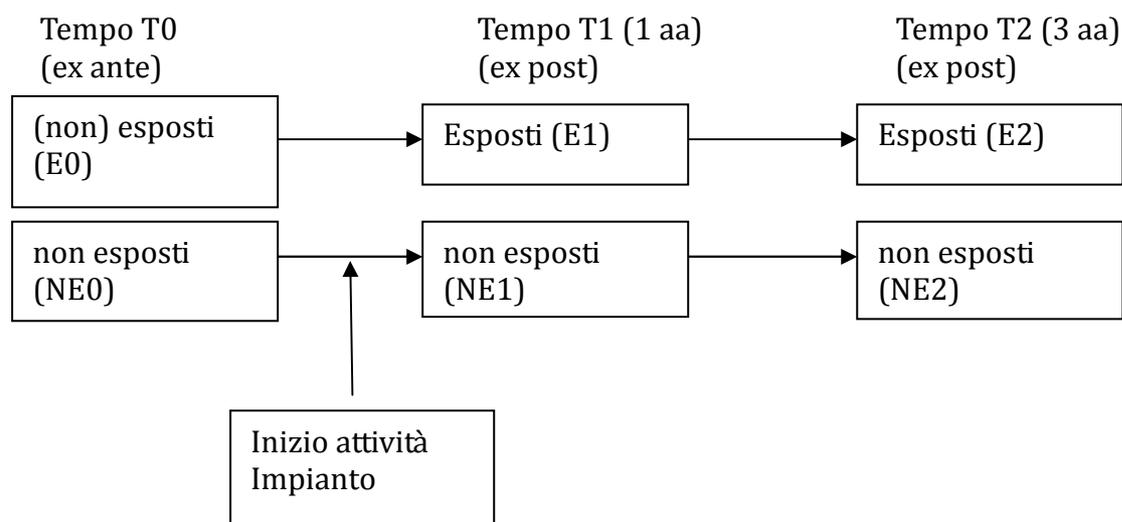


Fig. 3 Disegno dello studio per periodo di calendario ed esposizione

Per ciascun soggetto appartenente alle due categorie di esposizione lo studio prevede la raccolta di un questionario su abitudini voluttuarie, alimentari e comportamentali, l'effettuazione di determinazioni ematochimiche ed urinarie su indicatori di esposizione unitamente a misurazioni della pressione arteriosa e prove spirometriche di funzionalità respiratoria.

3.1.1. Campionamento

I soggetti di entrambi i gruppi sono stati campionati in modo casuale tra la popolazione residente rispettivamente nelle ASL TO1 e ASL TO3. Si rimanda al protocollo dello studio campionario per la descrizione dettagliata del metodo utilizzato.

La numerosità campionaria è stata calcolata in modo tale da consentire di evidenziare sia eventuali scostamenti significativi rispetto ai valori di riferimento nella popolazione generale dei parametri misurati, sia eventuali incrementi medi degli stessi, tra la prima misurazione (T0), la seconda (T1) e la terza (T2).

Il numero di soggetti necessario è stato stimato utilizzando come parametro per la definizione della numerosità campionaria i valori di concentrazione dei metalli nel sangue. È stato preso come valore di riferimento il valore medio di Piombo ematico nella popolazione italiana pari a 1,8 ug/l, e deviazione standard 1,4 ug/l calcolato per il periodo 1990-2009².

Per la stima della numerosità campionaria è stato utilizzato il test T di Student per dati appaiati ad una coda (per evidenziare solo aumenti e non variazioni nei valori osservati), per un rischio $\alpha=0.05$ e una potenza $\beta=0.80$. Il campione necessario corrisponderebbe

pertanto a 200 soggetti per deviazioni standard fisse; nel caso in cui la variazione della deviazione standard nel tempo risulti di tipo incrementale, una numerosità di 200 soggetti consentirebbe comunque di evidenziare incrementi statisticamente significativi a partire dal 20% di incremento.

Per poter costruire 7 classi di età quinquennali (35-39, 40-44, 45-49, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69) di uguale numerosità per entrambi i sessi si è deciso di dimensionare il gruppo di soggetti da estrarre a 392 persone, ossia 196 esposti e 196 non esposti.

E' importante considerare che il 20% è un valore medio di oscillazione per i più comuni parametri fisiologici, quali glicemia, azotemia, colesterolo, etc. Scostamenti inferiori possono non essere significativi sotto il profilo statistico ma anche sotto quello fisiologico, essendo ricompresi in un ambito di valori normali.

Per ragioni economiche la numerosità campionaria per la determinazione dei policlorobifenili (PCB) e delle diossine (PCDD) è stata limitata dai fondi disponibili ad un campione di non più di 100 soggetti in totale (50 esposti e 50 non esposti); tale scelta permette di evidenziare comunque la significatività statistica del confronto tra medie con una differenza del 35% nel caso di deviazioni standard fisse, e del 50% nel caso di deviazioni standard incrementali.

Il campionamento si è basato sulle anagrafi dei residenti dei Comuni di Torino, Beinasco, Rivalta, Orbassano e Grugliasco, compresi nell'area di ricaduta dei metalli, deposizioni secche, utilizzata quale parametro guida per la definizione dell'esposizione.

I valori di esposizione sono stati definiti sulla base delle mappe di ricaduta predisposte dal Politecnico di Torino e validate da Arpa Piemonte. Sono state modellizzate le concentrazioni di diossine, furani e metalli pesanti che verranno emesse dall'impianto, tali mappe previsionali sono state utilizzate per lo studio di caratterizzazione ambientale dell'area interessata (figura 4).

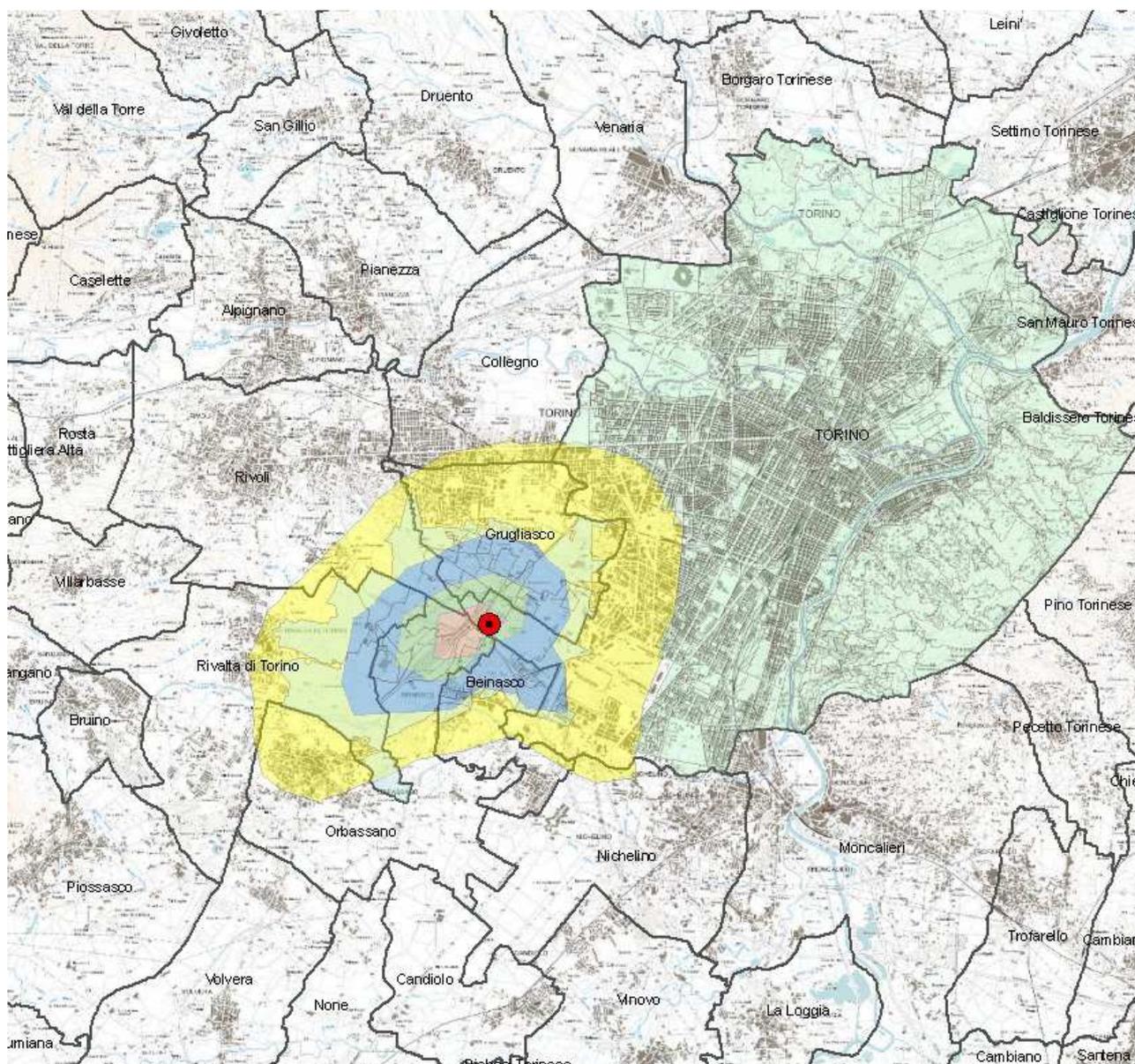


Fig. 4. Area previsionale di ricaduta delle emissioni utilizzata per la definizione dell'esposizione

Legenda (totale annuo previsionale delle deposizioni di metalli pesanti totali in $\text{mg}/\text{m}^2/\text{anno}$):

Area di colore bianco:	()	0,000-0,007 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{anno}$
Area di colore verde chiaro:	()	0,000-0,007 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{anno}$
Area di colore giallo:	()	0,007-0,014 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{anno}$
Area di colore blu:	()	0,014-0,028 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{anno}$
Area di colore verde scuro:	()	0,028-0,055 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{anno}$
Area di colore rosa:	()	0,055-0,110 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{anno}$

Sono pertanto stati considerati esposti i residenti nelle aree con valori di esposizione a metalli superiori a $0,014 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{anno}$ (aree di colore blu, verde scuro e rosa); non esposti i

residenti in aree con valori di esposizione inferiore a 0,007 mg/m²/anno (area di colore verde chiaro e bianco).

E' stata prevista una "area cuscinetto" per i valori compresi tra 0,007 e 0,014 mg/m²/anno (area di colore giallo) i cui residenti non sono ricompresi nel campione in studio.

L'estrazione del campione è avvenuta in 5 passaggi:

- 1) georeferenziazione di tutti gli indirizzi e numeri civici dei Comuni interessati;
- 2) selezione a partire dall'anagrafe e degli indirizzi di residenza dei soggetti da campionare nelle aree di futura esposizione e non esposizione;
- 3) stratificazione dei soggetti risultati residenti nelle 2 aree per fasce di età quinquennali e sesso;
- 4) campionamento casuale semplice di 196 soggetti in ciascuna delle 2 aree di residenza, con estrazione di un numero uguale di soggetti per ciascun sesso e fascia di età (15 per ciascuna fascia di età quinquennale) nelle due aree di residenza (stratificazione per sesso ed età), per un totale di 392 soggetti;
- 5) estrazione di ulteriori 7 soggetti riserve per ciascun soggetto primo campionato in ciascuna lista di fascia di età e sesso;

Il gruppo di controllo è stato estratto tra i residenti della circoscrizione 9 (Nizza Millefonti – Lingotto – Filadelfia) del Comune di Torino. In entrambi i gruppi sono stati selezionati per l'estrazione solo i residenti nell'area da almeno 5 anni.

La lista nominativa contenente i nominativi dei primi estratti e degli estratti "riserve" è stata quindi consegnata alle due ASL per il successivo contatto diretto per l'effettuazione dell'intervista e delle analisi urinarie, ematochimiche e strumentali previste dallo studio.

3.2. Scelta dei parametri fisiologici da valutare

Il protocollo dello studio (cui si rimanda per una trattazione completa) prevede, oltre alla raccolta di campioni biologici, la raccolta di informazioni su abitudini e caratteristiche individuali (storia professionale, abitudini e stili di vita, abitudini al fumo, dieta e anamnesi). Tali informazioni sono necessarie per l'interpretazione dei risultati delle analisi sui campioni biologici. Il consumo di tabacco, l'esposizione alle emissioni da traffico, il consumo di alcuni cibi

possono influire sulle concentrazioni di alcuni degli analiti indagati. In particolare, l'abitudine al fumo di tabacco espone i soggetti a migliaia di sostanze chimiche e rappresenta quindi un rilevante fattore confondente negli studi di biomonitoraggio. Per valutare quantitativamente l'entità di questa esposizione nell'interpretazione dei dati, verrà misurata la cotinina urinaria, specifico metabolita della nicotina.

La scelta degli analiti, quali possibili indicatori di esposizione alle emissioni dell'inceneritore si è basata sia su criteri di letteratura sia su valutazioni ambientali, ed ha riguardato le seguenti categorie: metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, diossine, furani e policlorobifenili.

Nello specifico la scelta dei metalli pesanti da determinare è stata basata sull'elenco dei metalli di cui si prescrive il monitoraggio nell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA n. 309 - 557341/2006); a questi si è ritenuto opportuno aggiungere i metalli iridio, palladio, platino, rodio legati alle emissioni da traffico veicolare in considerazione della loro presenza negli scarichi delle marmitte catalitiche e il berillio, indicatore di emissioni industriali. Pertanto l'analisi dei metalli, che è effettuata sulle urine spot raccolte la mattina del prelievo ematico, prevede la determinazione dei seguenti 19 elementi:

Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Iridio, Mercurio, Manganese, Nichel, Palladio, Platino, Rame, Rodio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco e Piombo (unico elemento determinato nel sangue).

La scelta degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) da ricercare è stata basata sull'elenco degli IPA di cui si prescrive il monitoraggio nell'Autorizzazione Integrata Ambientale, oltre sulla base delle evidenze di letteratura, nello specifico tenendo conto:

- della cancerogenicità di tali composti seconda la classificazione IARC^{3 4 5}
- dell'elenco degli IPA da ricercare in aria negli ambienti di lavoro secondo le indicazioni del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH);
- delle indicazioni dell'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)⁶

La valutazione dell'esposizione a IPA è effettuata mediante la determinazione dei principali metaboliti idrossilati di questi composti e degli IPA tal quali (non metabolizzati).

I metaboliti degli IPA scelti sono i seguenti: 1-idrossinaftalene (1-OH-NAP), 2-idrossinaftalene (2-OH-NAP), 2-idrossifluorene (2-OH-FLU), 3-idrossifluorene (3-OH-FLU), 9-

idrossifluorene (9-OH-FLU), 1-idrossifenantrene (1-OH-PHE), 2-idrossifenantrene (2-OH-PHE), 3-idrossifenantrene (3-OH-PHE), 4-idrossifenantrene (4-OH-PHE), 9-idrossifenantrene (9-OH-PHE), 1-idrossipirene (1-OH-PYR). Tutti sono determinati sulla prima urina del mattino.

Data la breve emivita (12-15 ore) di eliminazione per via urinaria dei metaboliti idrossilati degli IPA, determinarne la loro concentrazione urinaria significa avere un'informazione sull'esposizione recente agli IPA ambientali. Per avere un completo profilo espositivo alle miscele ambientali di IPA è quindi utile la ricerca dei singoli congeneri da determinarsi nelle urine come composti non metabolizzati in quanto la loro eliminazione non dipende dalla velocità di biotrasformazione, come accade per i metaboliti. Un'aliquota di urina verrà pertanto conservata in banca biologica per permettere, in un secondo momento, di poter determinare i 13 IPA non metabolizzati considerati prioritari: naftalene, acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, crisene, benzo(a)antracene, benzo(k)fluorantene, benzo(b)fluorantene, benzo(a)pirene. Alcuni di questi, (acenaftene, acenaftilene, fenantrene e fluorene) sono definiti "IPA leggeri" e, secondo i dati di letteratura^{7 8 9 10}, sono traccianti delle emissioni da inceneritore, rilevanti dal punto di vista tossicologico anche se non cancerogeni.

Si è ritenuto necessario analizzare le diossine su di un gruppo di popolazione suddiviso in base all'esposizione, al sesso e all'età anche per rispondere alla preoccupazione da parte dell'opinione pubblica rispetto alle possibili emissioni dell'inceneritore.

Con il termine diossine si intende un gruppo di sostanze che includono i diversi congeneri delle policlorodibenzo-diossine (PCDD) e i policloro-dibenzofurani (PCDF). La scelta di quali congeneri dosare ha tenuto conto, oltre che delle indicazioni riportate nell'Autorizzazione Integrata Ambientale, soprattutto della necessità di esprimere la tossicità di tali sostanze in termini di toxic equivalency (TEQ). Si è pertanto deciso di dosare i 7 congeneri delle diossine 2,3,7,8-sostituite ed i 10 congeneri di furani 2,3,7,8-sostituiti, che sono utilizzati per il calcolo della TEQ. Per valutare globalmente il rischio da esposizione a tali sostanze viene utilizzata la TEQ calcolata come sommatoria delle concentrazioni ematiche di ogni sostanza moltiplicata per i relativi TEF. Infatti, ogni sostanza è dotata di una sua particolare tossicità definita TEF (toxic equivalency factor) che esprime la tossicità di un determinato congenere in riferimento alla tossicità della 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-p-diossina (TCDD) (TEF=1).

Oltre le diossine viene effettuata la ricerca di 12 congeneri di policlorobifenili dioxin-like (PCBdl), i medesimi monitorati secondo le indicazioni dell'Autorizzazione Integrata Ambientale. A questo elenco di 12 congeneri di PCBdl si aggiunge la determinazione dei PCB totali e di tutti e

30 i congeneri di PCBndI (non dioxin-like), 6 dei quali, basso bollenti, sono tipici delle emissioni degli inceneritori. Sia diossine, che furani e policlorofenili vengono dosati in un campione ematico; per l'elencazione completa dei congeneri analizzati si rimanda al documento del protocollo dello studio.

Per l'elevato costo di ogni singola determinazione, la ricerca di tali microinquinanti è limitata al 25% dei soggetti campionati ed alle tre classi d'età 35-39; 40-44; 45-49 anni; in totale sono quindi effettuate 100 determinazioni (50 nel gruppo di esposti e 50 nel gruppo di controllo), omogeneamente distribuite nei 6 gruppi per sesso ed età. A queste si aggiungono 20 determinazioni nel gruppo degli allevatori con aziende situate nell'area previsionale di ricaduta delle emissioni del termovalorizzatore. Le determinazioni sono effettuate prima dell'entrata in funzione del termovalorizzatore (T0) e dopo tre anni dall'avvio dell'impianto (T2). Tale periodo di tempo è ritenuto sufficiente affinché gli eventuali microinquinanti eventualmente emessi si bio-accumolino nell'organismo dei soggetti.

In aggiunta alla valutazione dei suddetti indicatori di esposizione, lo studio prevede la verifica di possibili indicatori di tossicità. Ciò avviene attraverso esami di parametri indicatori di funzionalità endocrina; è noto da letteratura che PCDD/PCDF e PCB possano agire come *endocrine disruptor* ovvero determinando alterazioni sulla normale funzionalità endocrina. I parametri analizzati, attraverso esami ematochimici, sono FT3, FT4, TSH, cortisolo, ACTH.

Infine, allo scopo di valutare lo stato di salute generale, a tutti i soggetti campionati vengono effettuati esami di laboratorio di ematochimica generale mirati alla valutazione della funzionalità epatica, renale e dei fattori di rischio cardiovascolare. Nello specifico i parametri analizzati sono: glucosio, colesterolo totale, colesterolo HDL, trigliceridi, azotemia, creatinina, fosfatasi alcalina, microalbuminuria, bilirubina diretta, bilirubina indiretta, bilirubina totale, GOT, GPT, gammaGT. Inoltre vengono eseguiti test di funzionalità respiratoria e misurazione della pressione arteriosa.

3.3. Campione effettivo e misurazione dei parametri

Sono stati sottoposti alle analisi di biomonitoraggio 198 soggetti nell'ASL T03 e 196 soggetti nell'ASL T01. La ragione per cui ci sono 2 soggetti in più nell'ASL T03 rispetto al numero programmato di 196, è legata al fatto che in due casi, il soggetto in questione, non avendo risposto all'invito e non essendo stato reperito telefonicamente, è stato rimpiazzato, ma

si è presentato direttamente ai prelievi il giorno indicato dalla lettera insieme al proprio rimpiazzo. E' stato perciò comunque arruolato nello studio.

A tutti i soggetti arruolati è stato richiesto il consenso ad essere nuovamente esaminati ai tempi T1 e T2. Tenendo conto del turnover dei reclutati compresi nelle ultime fasce di età e della possibilità che i partecipanti cambino residenza, si spera di mantenere il più possibile lo stesso gruppo di persone nei 3 anni successivi. Ipotizzando solo il 75% dei soggetti in ciascun gruppo rimanga lo stesso ai tempi T0, T1 e T2, sarà effettuato un ulteriore campionamento per rimpiazzare la perdita dei soggetti da valutare ai tempi T1 e T2 (campione rotante parziale). Tale strategia permette di valutare sia il confronto intrasoggetto, sia il confronto intersoggetti a tempi successivi e di controllare il confondimento dovuto alla scelta di persone diverse con abitudini potenzialmente differenti. Il gruppo di soggetti invariato ai tempi successivi costituirà una piccola coorte, in cui potrà essere osservato l'andamento dei parametri ematici nel tempo, indipendentemente dal trend temporale generale di popolazione, e con un buon controllo del confondimento derivante da diverse abitudini alimentari e stili di vita particolari, mentre l'intero gruppo, inclusi i soggetti diversi in ogni rilevazione, consentirà di apprezzare l'andamento dei parametri nella popolazione generale in tempi successivi.

Le condizioni di origine personale, voluttuaria od occupazionale potenzialmente correlate con un'esposizione a metalli, PCB e diossine sono valutate mediante questionario somministrato al momento del prelievo o nei giorni successivi. Non sono previste selezioni a priori, né a posteriori, delle persone campionate: l'abitudine al fumo di tabacco e l'assunzione di quantità di alcoolici superiori ai valori medi consigliati dall'OMS non sono criteri di esclusione dei soggetti, così come non lo è la possibile esposizione occupazionale ai composti chimici in studio, emergente al momento della compilazione del questionario. La valutazione dell'influenza di tali condizioni sui parametri ematici è effettuata in sede di analisi delle informazioni raccolte.

In entrambi i gruppi sono stati rilevati i livelli di concentrazione nelle matrici biologiche di alcuni inquinanti (metalli, IPA, diossine e PCB) e sono stati stimati alcuni indicatori di salute, attraverso esami ematochimici di base, prove di funzionalità respiratoria e misurazione della pressione arteriosa. Tali parametri sono stati valutati in entrambi i gruppi prima dell'entrata in funzione del termovalorizzatore (T0); la sorveglianza sarà ripetuta dopo un anno (T1) e dopo tre anni (T2) dall'entrata in funzione. Fanno eccezione diossine e PCB che non saranno nuovamente dosati solo al tempo T2.

3.3.1. Procedure di contatto e arruolamento e validità interna dello studio campionario

Le procedure utilizzate sono descritte nel protocollo di studio.

Le 2 ASL hanno effettuato:

- procedure di intervista standardizzate e assimilabili;
- procedure di prelievo identiche;
- misure della pressione arteriosa con metodo standardizzato, secondo le indicazioni dello Studio Cuore, con addestramento effettuato sotto la supervisione della Responsabile Nazionale dello studio;
- le misure di funzionalità respiratoria sono state effettuate dallo stesso team di fisiopatologi respiratori in entrambe le ASL, utilizzando lo stesso modello di spirometro;
- i tempi medi delle interviste nelle 2 ASL sono stati simili, senza differenze di impegno da parte degli operatori per la rilevazione delle informazioni
- l'orario di effettuazione delle interviste nel corso della giornata è stato lo stesso nelle 2 ASL;
- le interviste sono state effettuate in mesi diversi nelle due ASL, tra giugno e luglio, ma senza grandi differenze tra i due mesi considerati;

La rigorosa standardizzazione delle procedure aveva lo scopo di ridurre al minimo le difformità tra le due ASL nell'adesione allo studio, nelle modalità di raccolta delle interviste, dei parametri fisiologici e dei parametri clinici ed antropometrici. Analogamente, le analisi di laboratorio per i comuni parametri emato-chimici sono state eseguite per i soggetti arruolati di entrambe le ASL da un unico laboratorio, il Laboratorio di analisi dell'Ospedale Oftalmico di Torino presso la ASLTO1.

3.3.2. Adesione allo studio campionario

Allo scopo di evitare diversità nelle procedure di reperimento tra la ASLTO3 e la ASLTO1, un'unica équipe, composta da operatori della ASLTO1, ha gestito le attività di arruolamento dei residenti campionati nei due territori.

ASLTO3

Il 16 maggio 2013 sono state inviate le lettere di invito a partecipare allo studio a 200 “primi estratti” della ASL TO3 (comuni di Beinasco, Grugliasco, Orbassano e Rivalta) e parallelamente analoga lettera è stata inviata al medico curante del soggetto invitato, per informarlo dello studio e per chiedergli di collaborare nel promuoverne l’adesione presso il suo assistito. Atteso qualche giorno dall’invio della lettera, in caso di mancata risposta, i soggetti venivano contattati telefonicamente, per avere conferma dell’adesione allo studio e per confermare o modificare l’appuntamento indicato nella lettera. Se il soggetto si rifiutava di partecipare o, dopo vari tentativi, non vi era possibilità di rintracciarlo telefonicamente, si inviava la lettera al suo rimpiazzo, ovvero al “secondo estratto”, e così di seguito, seguendo la stessa procedura di ricerca attiva descritta. Nel periodo compreso tra il 20 maggio e il 13 giugno 2013, sono state inviate ulteriori 133 lettere ad altrettanti rimpiazzati, per un totale di 333 persone contattate per lettera nell’ASLTO3. Tra i soggetti invitati della ASLTO3, solo 20 (6%) hanno chiamato spontaneamente in risposta alla lettera inviata. Tutti i soggetti invitati, per i quali era disponibile un recapito telefonico, sono stati attivamente ricercati per telefono in diverse ore della giornata. Il recapito telefonico è stato cercato attivamente negli archivi della ASL e richiesto al medico curante. Alla fine il recapito telefonico è risultato disponibile per 285 soggetti estratti (85,6%). Alla conclusione del periodo di arruolamento della ASLTO3, un totale di 53 soggetti (15,9%) non è risultata reperibile.

Dal 6 al 28 giugno 2013, i 198 soggetti arruolati hanno effettuato i prelievi presso il poliambulatorio specialistico di Grugliasco (TO).

ASLTO1

Il 3 giugno 2013 sono state inviate le lettere di invito ai primi 196 soggetti campionati tra i residenti della ASL TO1. Hanno chiamato spontaneamente, in risposta alla lettera inviata, 49 soggetti (11,3%). Malgrado la maggiore reattività dei soggetti campionati nell’ASLTO1 (χ^2 6.52 $p < 0,02$), il periodo di arruolamento è durato un po’ più a lungo che nell’ASLTO3 (27 giorni invece che 23). Infatti, è stato necessario contattare un maggior numero di rimpiazzati: dopo il primo invio postale, sono stati inviati ulteriori 236 inviti, per un totale di 432 persone contattate. Alla fine del periodo di arruolamento della ASLTO1, un totale di 127 soggetti (29,4%) non è risultata reperibile.

Dal 19 giugno al 15 luglio 2013, le 196 persone arruolate tra i residenti della ASLTO1 hanno effettuato i prelievi presso il poliambulatorio specialistico di via Farinelli a Torino.

Tab. 3.1. Sintesi arruolamento

	ASLTO3		ASLTO1	
data primo invio postale	16 maggio 2013		3 giugno 2013	
date prelievi e visite ambulatoriali	6 giugno – 28 giugno 2013		19 giugno – 15 luglio 2013	
durata arruolamento (gg)	23		27	
soggetti contattati	333		432	
	n	%	n	%
soggetti arruolati	198	59,5	196	45,4
ulteriori soggetti contattati dopo primo invio postale	133	39,9	236	54,6
telefono disponibile	285	85,6	202	46,8
hanno chiamato in risposta alla lettera	20	6,0	49	11,3
soggetti campionati non reperibili	53	15,9	127	29,4

Alla fine del periodo di arruolamento, su un totale di 765 soggetti invitati tramite lettera, sono stati arruolati nello studio 394 soggetti (51,5%).

Allo scopo di esaminare possibili distorsioni nell'arruolamento del campione, verificabili per pressioni selettive dovute a caratteristiche personali dei soggetti invitati, sono state analizzate le sole tre informazioni disponibili per tutti: sesso, età, indice di deprivazione. Quest'ultima informazione, è relativa ad un indicatore sintetico¹¹, costruito a partire da informazioni censuali, riguardanti la sezione di censimento dell'individuo considerato, quali: basso livello di istruzione, disoccupazione, mancato possesso dell'abitazione in cui abita, famiglia monogenitoriale e alta densità abitativa. Come si osserva nella tabella 3.2, per le tre informazioni considerate non si osserva nessuna differenza nelle proporzioni di arruolamento, reperimento e rifiuto a partecipare, fatta eccezione per la fascia di età 65-69, in cui si osserva una percentuale più alta di rifiuti, probabilmente causata da un minor interesse in questa fascia d'età ad usufruire del *check up* completo che veniva offerto dallo studio. Non risulta alcuna differenza per quanto riguarda l'indice di deprivazione.

Tab. 3.2. Percentuali di arruolamento, mancato reperimento e rifiuto per sesso, età e indice di deprivazione (ID)

	arruolati (n=394)			non reperiti (n=180)			rifiuti (n=191)			totale (n=765)
	n	%	p	n	%	P	n	%	p	n
femmine	199	52,6	--	83	22,0	--	96	25,4	--	378
maschi	195	50,4	n.s.	97	25,1	n.s.	95	24,5	n.s.	387
35-39	51	60,7	--	17	20,2	--	16	19,0	--	84
40-44	63	55,8	n.s.	29	25,7	n.s.	21	18,6	n.s.	113
45-49	58	54,2	n.s.	26	24,3	n.s.	23	21,5	n.s.	107
50-54	57	56,4	n.s.	25	24,8	n.s.	19	18,8	n.s.	101
55-59	58	50,0	n.s.	27	23,3	n.s.	31	26,7	n.s.	116
60-64	55	51,4	n.s.	23	21,5	n.s.	29	27,1	n.s.	107
65-69	52	38,0	<0.001	33	24,1	n.s.	52	38,0	<0.01	137
ID minimo	84	58,7	--	30	21,0	--	29	20,3	--	143
ID basso	84	49,7	n.s.	44	26,0	n.s.	41	24,3	n.s.	169
ID medio	100	49,0	n.s.	45	22,1	n.s.	59	28,9	n.s.	204
ID alto	73	51,4	n.s.	35	24,6	n.s.	34	23,9	n.s.	142
ID elevato	51	49,0	n.s.	25	24,0	n.s.	28	26,9	n.s.	104
ID missing	2	66,7	n.s.	1	33,3	n.s.	0	0,0	n.s.	3

A causa del maggior numero di rimpiazzi, che si è reso necessario per i campionati della ASLTO1, la percentuale di arruolamento in questa ASL è risultata significativamente più bassa che nella ASLTO3 (45,4% vs. 59,5%; χ^2 14,9 $p < 0,001$) (tabella 3.3). Questa differenza si giustifica in primo luogo per la maggiore difficoltà nel reperimento dei soggetti invitati dell'ASTO1, rispetto a quelli della ASLTO3 (29,4% vs. 15,9%; χ^2 18,97 $p < 0,001$), mentre non si osservano differenze nelle percentuali di rifiuti tra le due ASL. La difficoltà nell'arruolamento del soggetto invitato è stata molto influenzata dalla disponibilità di un recapito telefonico, che ha consentito all'operatore di spiegare meglio le ragioni dello studio e convincere in questo modo il soggetto campionato a partecipare (tabella 3.3). Malgrado il recapito telefonico sia stato ricercato attivamente per tutti i soggetti invitati, nel caso della ASLTO1, il telefono alla fine è risultato disponibile in una percentuale più bassa, rispetto ai soggetti estratti nella ASLTO3 (46,8% vs. 85,6%; χ^2 122,38 $p < 0,01$).

Tab. 3.3. Percentuali di arruolamento, mancato reperimento e rifiuto per ASL e disponibilità di recapito telefonico

	arruolati (n=394)			non reperiti (n=180)			rifiuti (n=191)			totale (n=765)
	n	%	p	n	%	p	n	%	p	n
ASLTO3	198	59,5	--	53	15,9	--	82	24,6	--	333
ASLTO1	196	45,4	<0.001	127	29,4	<0.001	109	25,2	n.s.	432
telefono noto	285	58,5	--	70	14,4	--	132	27,1	--	487
telefono non noto	109	39,2	<0.001	110	39,6	<0.001	59	21,2	n.s.	278

La tabella 3.4 mostra le differenze nelle percentuali di arruolamento tra le due ASL per caratteristiche personali.

Tab. 3.4. Percentuali di arruolamento tra i campionati di ASLTO1 e ASLTO3 per caratteristiche personali.

<i>caratteristiche personali (variabili di stratificazione)</i>	ASLTO3		ASLTO1		p
	arruolati	%	arruolati	%	
femmine	101	57,7	98	48,3	n.s.
maschi	97	61,4	98	42,8	<0.001
35-39	21	56,8	30	63,8	n.s.
40-44	35	61,4	28	50,0	n.s.
45-49	31	62,0	27	47,4	n.s.
50-54	30	69,8	27	46,6	0.02
55-59	27	61,4	31	43,1	n.s.
60-64	29	60,4	26	44,1	n.s.
65-69	25	46,3	27	32,5	n.s.
ID minimo	31	75,6	53	52,0	<0.01
ID basso	58	52,7	26	44,1	n.s.
ID medio	54	60,0	46	40,4	<0.01
ID alto	29	61,7	44	46,3	n.s.
ID elevato	26	57,8	25	42,4	n.s.
ID missing	0	0,0	2	66,7	--

ID: indice di deprivazione

Se si analizzano le differenze di arruolamento nel singolo strato, relativo alla singola caratteristica personale, si osserva tra gli invitati della ASLTO1 una maggior difficoltà nell'arruolamento dei maschi (61,4% vs. 42,8%; χ^2 12,9 $p < 0.001$) e dei soggetti di 50-54 anni (69,8% vs. 46,6%; χ^2 5,4 $p = 0.02$). Per quanto riguarda l'indice di deprivazione, non emerge una chiara tendenza in base al valore dell'indice.

Tab. 3.5. Percentuali di arruolamento tra i campionati di ASLTO1 e ASLTO3 per motivi di rifiuto

motivi di rifiuto	ASLTO3		ASLTO1		p
	arruolati	%	arruolati	%	
non interessato o contrario	23	6,9	22	5,1	n.s.
motivi di salute (inclusa maternità)	21	6,3	20	4,6	n.s.
in ferie o lontano dalla città	8	2,4	26	6,0	0.02
motivo non trascritto in agenda dall'operatore	15	4,5	19	4,4	n.s.
manca di tempo	9	2,7	14	3,2	n.s.
abita lontano / non c'è chi accompagna	6	1,8	1	0,2	0.03*
altro	0	0,0	2	0,5	n.s.
errore anagrafe (inclusi 2 decessi)	0	0,0	5	1,2	0.06*

Tra le due ASL non vi sono differenze nelle ragioni del rifiuto a partecipare, con l'eccezione della maggior percentuale di rifiuti tra i campionati della ASLTO1 perché in ferie (6,0% vs. 2,4%; χ^2 5,78 $p < 0,02$) (tabella 3.5), come era prevedibile a causa del periodo di arruolamento più spostato verso luglio (tabella 3.6).

Tab. 3.6 Arruolamento per ASL e per date di invio postale della lettera di invito allo studio

data	ASLTO3			ASLTO1			Totale		
	arruolati	contattati	%	arruolati	contattati	%	arruolati	contattati	%
16-17 maggio	116	200	58,0				116	200	58,0
20-24 maggio	16	29	55,2				16	29	55,2
27-31 maggio	27	47	57,4				27	47	57,4
4-7 giugno	25	39	64,1	104	205	50,7	129	244	52,9
10-13 giugno	3	7	42,9	17	39	43,6	20	46	43,5
17 giugno				34	100	34,0	34	100	34,0
25 giugno				41	88	46,6	41	88	46,6
Totale	198	333	59,5	196	432	45,4	394	765	51,1

Infine 5 soggetti campionati nella ASLTO1 sono stati rimpiazzati per errori di aggiornamento anagrafico (tabella 3.5). Il dato, seppur esiguo, viene riportato perché coerente con le maggiori difficoltà informative riscontrate per i residenti della ASLTO1, come ad esempio la disponibilità del recapito telefonico, probabilmente legate alla maggior complessità nei processi informativi dell'area cittadina di Torino, rispetto ai piccoli Comuni della cintura torinese.

In conclusione, in base alle informazioni considerate, non sembrano essere intervenuti forti elementi di distorsione nell'arruolamento del campione, né sul suo insieme, né tra i due campioni dell'ASLTO3 e ASLTO1. Le differenze osservate tra le due ASL sarebbero per lo più ascrivibili ad una maggior quota di soggetti non reperibili, spiegabile da un lato per la minor disponibilità di recapito telefonico tra quelli della ASLTO1 e dall'altro forse per una maggior assenza per ferie, a causa del periodo di arruolamento più spostato verso luglio.

Va sottolineato infine che la percentuale di arruolamento del 51,5% che si osserva nello studio SPoTT è confrontabile con quella che si osserva in indagini campionarie di questo genere, come ad esempio nell'*health examination survey* promossa dall'Istituto Superiore di Sanità, il cosiddetto "Studio Cuore", con il quale lo studio SPoTT ha condiviso molti materiali di indagine e procedure. Nello studio Cuore la percentuale complessiva di arruolamento è stata del 55%, ma se si considera la percentuale di arruolamento registrata a Roma, cioè un'area metropolitana con la quale è più appropriato il confronto con l'area dello studio SPoTT, la percentuale di arruolamento nello studio Cuore scende al 40,3%.



Primi risultati

3.3.3. Metodologia

Al tempo T0 dello studio, in assenza di attività del termovalorizzatore, i soggetti campionati sono stati suddivisi in due gruppi: residenti ASL T01, che corrispondono alla definizione di futuri non esposti, e residenti ASL T03, ossia futuri esposti.

I campioni di urina e sangue prelevati, sono diluiti in laboratorio con acqua deionizzata 1:5 e 1:25, rispettivamente. I metalli sono determinati tramite spettrometria di massa a settore magnetico con sorgente a plasma accoppiato induttivamente (SF-ICP-MS). Lo strumento viene usato in bassa, media e alta risoluzione al fine di rimuovere le interferenze sul segnale dei metalli. Il metodo delle aggiunte standard in matrice e la standardizzazione interna vengono usati per correggere eventuali derive strumentali ed *effetti matrice*. Il metodo è stato validato calcolando i seguenti parametri: ripetibilità, riproducibilità intra-laboratorio, esattezza, incertezza di misura, limite di rilevabilità/quantificazione, specificità, sensibilità, linearità, prove valutative inter-laboratorio. Il metodo di prova interno dal titolo "Determinazione degli elementi in siero e urina" (metodo interno, MI-05) è stato accreditato UNI CEI EN ISO/IEC 17025 dall'Ente Italiano di Accreditamento ACCREDIA. Dettagli strumentali e risultati della validazione del metodo sono stati pubblicati in diversi lavori.^{12 13 14 15}

Nella descrizione delle variabili qualitative sono state calcolate le distribuzioni di frequenza e le percentuali suddivise nei due gruppi. Per quanto riguarda le variabili quantitative sono state calcolate media, mediana, deviazione standard, range e 95° percentile, quali misure di distribuzione della concentrazione per i parametri ematici ed urinari dosati; inoltre sono stati costruiti i box-plot e gli istogrammi delle distribuzioni dei valori. Nello specifico per i parametri ematochimici, renali, epatici ed ormonali per i quali sono disponibili degli intervalli di normalità è stato verificato quando il 95° percentile della distribuzione è maggiore al limite superiore di tale intervallo.

Per i metalli urinari sono stati identificati i valori outlier ed estremi sul totale del campione. Specificatamente è considerato outlier un valore che è al di sotto di $Q1 - 1,5 (Q3 - Q1)$ o al di sopra di $Q3 + 1,5 (Q3 - Q1)$; è considerato estremo un valore che è al di sotto di $Q1 - 3 (Q3 - Q1)$ o al di sopra di $Q3 + 3 (Q3 - Q1)$. Le distribuzioni dei metalli sono state calcolate escludendo i valori estremi superiori. Nei casi in cui i valori dei parametri erano al di sotto della soglia di rilevabilità dello strumento (LOQ), questi sono stati sostituiti con un valore pari alla metà del LOQ (LOQ/2).¹⁶

Per studiare le associazioni tra sesso, età, area di residenza, e patologie riferite sono stati impiegati i comuni metodi di analisi statistica univariata e multivariata.

Le distribuzioni dei parametri ematici dosati sono state esaminate con le comuni tecniche statistiche per valutarne l'approssimazione alla gaussiana. Data l'asimmetria riscontrata e la non normalità della distribuzione dei valori di quasi tutti i parametri analizzati, è stata usata come misura di tendenza centrale la mediana.

Per le analisi univariate è stato impiegato un comune test non parametrico, il "Kruskal Wallis test" basato sulla verifica dell'uguaglianza delle mediane di diversi gruppi.

Tutti i test sono stati condotti usando la soglia del 5% ($p=0.05$) per rifiutare l'ipotesi nulla con test a due code, mentre gli intervalli di confidenza sono stati calcolati ponendo un livello di significatività del 95% (IC95%).

Le analisi statistiche sono state condotte usando il software SAS (release 9.2; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Tra tutti i parametri spirometrici, si è scelto di analizzare:

FVC (l)

FVC (%)

FEV1 (l)

FEV1 (%)

FEV1% FVC (l)

FEV1% FVC (%)

PEF (l)

PEF (%)

Legenda degli acronimi:

Il **FEV1** (Forced expiratory volume in the 1st second) o VEMS (Volume Espiratorio Massimo nel I Secondo) è un parametro che misura il volume di aria espirata nel corso del primo secondo di una espirazione massima forzata e indica il grado di pervietà delle grandi vie aeree.

La **CVF** è la capacità vitale forzata (o **FVC** dall'inglese Forced Vital Capacity). Rappresenta il volume d'aria che può essere espirato dopo un'inspirazione massimale. E' normale se superiore all'80% del valore teorico calcolato per età e altezza.

Il rapporto **FEV1/FVC** (Indice di Tiffenau, se moltiplicato per 100) espresso come rapporto tra i due parametri spirometrici valuta il grado di ostruzione bronchiale nelle malattie respiratorie come la broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) e l'asma. I valori normali devono essere superiori a 75-80.

Il **PEF** è il picco di flusso espiratorio. La misurazione del PEF richiede, dopo l'inspirazione massimale, una espirazione velocissima e massimale. Il PEF esprime il flusso nei primi 150 msec dello sforzo espiratorio.

3.3.4. Descrizione generale del campione di residenti in studio

Sono qui descritti e commentati i principali risultati riguardanti lo stato di salute generale e le concentrazioni urinarie dei metalli prima dell'avvio del termovalorizzatore. In appendice A sono riportate le tabelle descrittive di maggiore dettaglio prodotte.

Il campione in studio è costituito da 198 soggetti residenti nell'area dell'ASL TO3 (zona di futura esposizione) e 196 residenti nell'area dell'ASL TO1 (zona di non esposizione). I due gruppi risultano uguali per la distribuzione per sesso e fasce d'età. La percentuale più consistente di soggetti dell'ASL TO3 risiede nel comune di Beinasco (43,4%), nessun residente ad Orbassano è risultato estratto dalla procedura di campionamento causale effettuata, pur avendo incluso il comune tra quelli potenzialmente eleggibili. Per quanto riguarda la zona di nascita, più della metà dei soggetti è nato in un comune del Piemonte (58,1%), a seguire la maggior parte dei campionati è nata al sud e nelle isole (30,7%), tale distribuzione è simile in entrambi i gruppi (tabelle 3.6 - 3.10).

Tab. 3.6. Distribuzione soggetti in studio per sesso e ASL di residenza

ASL	maschi	%	femmine	%	totale	%
resid TO3	97	49.74	101	50.75	198	50.25
resid TO1	98	50.26	98	49.25	196	49.75
totale	195	100.00	199	100.00	394	100.00

Tab. 3.7. Distribuzione soggetti in studio per Comune e ASL di residenza

Comune	ASL	Numero	%
Torino	ASL TO1	196	49.75
Beinasco	ASL TO3	171	43.40
Grugliasco	ASL TO3	17	4.31
Rivalta	ASL TO3	10	2.54
totale	ASL TO3	394	100.00

Tab. 3.8. Distribuzione soggetti in studio per sesso, età e zona di residenza

	<i>classi d'età</i>	<i>maschi</i>	<i>%</i>	<i>femmine</i>	<i>%</i>	<i>totale</i>	<i>%</i>
<i>resid TO3</i>	<i>31-40</i>	14	14.43	11	10.89	25	12.63
	<i>41-50</i>	31	31.96	33	32.67	64	32.32
	<i>51-60</i>	28	28.87	30	29.70	58	29.29
	<i>61-70</i>	24	24.74	27	26.73	51	25.76
	<i>totale</i>	97	100.00	101	100.00	198	100.00
<i>resid TO1</i>	<i>31-40</i>	16	16.33	15	15.31	31	15.82
	<i>41-50</i>	27	27.55	29	29.59	56	28.57
	<i>51-60</i>	27	27.55	31	31.63	58	29.59
	<i>61-70</i>	28	28.57	23	23.47	51	26.02
	<i>totale</i>	98	100.00	98	100.00	196	100.00

Tab. 3.9. Distribuzione soggetti in studio per zona di nascita

<i>Comune</i>	<i>Numero</i>	<i>%</i>
<i>Piemonte</i>	229	58.12
<i>Nord Ovest Piemonte Escluso</i>	8	2.03
<i>Nord Est</i>	10	2.54
<i>Centro</i>	5	1.27
<i>Sud e Isole</i>	121	30.71
<i>Esterio</i>	21	5.33

Tab. 3.10. Distribuzione soggetti in studio per zona di nascita e zona di residenza

	<i>resid TO3</i>	<i>%</i>	<i>resid TO1</i>	<i>%</i>	<i>totale</i>	<i>%</i>
<i>Piemonte</i>	118	59.6	111	56.6	229	58.1
<i>Nord Ovest Piemonte Escluso</i>	4	2.0	4	2.0	8	2.0
<i>Nord Est</i>	6	3.0	4	2.0	10	2.5
<i>Centro</i>	0	0	5	2.6	5	1.3
<i>Sud e Isole</i>	64	32.3	57	29.1	121	30.7
<i>Esterio</i>	6	3.0	15	7.7	21	5.3
<i>totale</i>	198	100.0	196	100.0	394	100.0

La maggior parte dei residenti risulta in possesso del diploma di scuola media superiore, nel gruppo dell'ASL TO1 i laureati sono il 24% del totale rispetto al 10,6% dei residenti nell'ASL TO3 (tabella 3.11). Il possesso di un titolo di studio più elevato nel gruppo di non esposti può rappresentare un fattore in grado di determinare possibili differenze di esposizione a fattori ambientali compresenti. Condizioni economiche, stili di vita e comportamenti sono tutti fattori che influenzano l'esposizione a fattori ambientali.

La distribuzione per stato civile è da considerarsi uguale nei due gruppi, con la prevalenza di soggetti sposati o conviventi (tabella 3.12).

Tab. 3.11. Distribuzione soggetti in studio per titolo di studio e zona di residenza

	<i>resid T03</i>	%	<i>resid T01</i>	%	<i>totale</i>	%
<i>licenza elementare</i>	11	5.6	16	8.2	27	6.9
<i>licenza medie inf.</i>	80	40.4	52	26.5	132	33.5
<i>diploma medie sup.</i>	86	43.4	79	40.3	165	41.9
<i>laura o diploma univ.</i>	21	10.6	47	24.0	68	17.3
<i>dato mancante</i>	0	0.0	2	1.0	2	0.5
<i>totale</i>	198	100.0	196	100.0	394	100.0

* test statistico significativo per le differenze tra resid T03 e resid T01

Tab. 3.12. Distribuzione soggetti in studio per stato civile e zona di residenza

	<i>resid T03</i>	%	<i>resid T01</i>	%	<i>totale</i>	%
<i>celibe/nubile</i>	16	8.1	26	13.3	42	10.7
<i>sposato/convivente</i>	163	82.3	151	77.0	314	79.7
<i>separato/divorziato</i>	14	7.1	11	5.6	25	6.3
<i>vedovo/a</i>	5	2.5	7	3.6	12	3.0
<i>missing</i>	0	0.0	1	0.5	1	0.3
<i>totale</i>	198	100.0	196	100.0	394	100.0

Per quanto riguarda il fumo (tabelle 3.13 e 3.14) ed il consumo di alcool (tabelle 3.15 e 3.16) le informazioni sono state raccolte tramite questionario. I soggetti sono stati considerati 'fumatori' se hanno dichiarato di fumare attualmente o di aver smesso da meno di due anni, altresì 'non fumatori' se non hanno mai fumato o hanno fumato in passato ma smesso da più di due anni. La maggior parte dei campionati ha dichiarato di non essere fumatore (79,2%), con frequenze sovrapponibili nei due gruppi. Tra i fumatori c'è una prevalenza di residenti nell'ASL T01, in particolare nel sesso maschile (la differenza non è statisticamente significativa). Nella fascia di età più giovane (meno di 40 anni) la percentuale di maschi è più del doppio di quella dei soggetti di sesso femminile.

Tab. 3.13. Distribuzione soggetti in studio per abitudini al fumo, sesso e zona di residenza

		<i>resid T03</i>	%	<i>resid T01</i>	%	<i>totale</i>	%
<i>fumatore/ ex fumatore < 2 anni</i>	<i>maschi</i>	19	9.6	25	12.7	44	11.2
	<i>femmine</i>	21	10.6	17	8.7	38	9.6
	<i>totale</i>	40	20.2	42	21.4	82	20.8
<i>non fumatore</i>	<i>maschi</i>	78	39.4	81	41.3	159	40.4
	<i>femmine</i>	80	40.4	73	37.2	153	38.8
	<i>totale</i>	158	79.8	154	78.6	312	79.2

Tab. 3.14. Distribuzione soggetti in studio per abitudini al fumo, sesso ed età

	classi d'età	fumatore/ ex fumatore < 2 anni	%	non fumatore	%	totale	%
maschi	31-40	12	14.6	18	5.8	30	7.6
	41-50	16	19.5	42	13.5	58	14.7
	51-60	7	8.5	48	15.4	55	14.0
	61-70	9	11.0	43	13.8	52	13.2
	totale	44	53.7	151	48.4	195	49.5
femmine	31-40	5	6.1	21	6.7	26	6.6
	41-50	14	17.1	48	15.4	62	15.7
	51-60	12	14.6	49	15.7	61	15.5
	61-70	7	8.5	43	13.8	50	12.7
	totale	38	46.3	161	51.6	199	50.5

Il consumo di alcool è stato stimato in termini di unità alcooliche assunte, sulla base delle quantità di vino, super alcolici e birra bevute. E' stato definito 'esposto all'alcool' un soggetto che consuma più di due unità alcooliche al giorno, viceversa 'non esposto all'alcool' chi consuma meno di due unità. Un errore nella registrazione della risposta relativa al consumo di birra ha purtroppo determinato una sottostima del consumo totale giornaliero di alcool. E' maggiore il numero di soggetti nell'ASL TO1 che consumano alcool, in particolare nel sesso maschile (differenza statisticamente significativa); le femmine dimostrano una bassissima propensione a consumare bevande alcooliche in entrambi i gruppi.

Come di consueto rilevato in altri studi, anche in questo caso la maggiore propensione all'alcool si sposa con la maggiore propensione al fumo.

Tab. 3.15. Distribuzione soggetti in studio per consumo alcool sesso e zona di residenza

		resid TO3	%	resid TO1	%	totale	%
esposto alcool	maschi	17	8.6	24	12.2	41	10.4
	femmine	2	1.0	4	2.0	6	1.5
	totale	19	9.6	28	14.3	47	11.9
non esposto alcool	maschi	80	40.4	74	37.8	154	39.1
	femmine	99	50	94	48.0	193	49.0
	totale	179	90.4	168	85.8	347	88.0

Tab. 3.16. Distribuzione soggetti in studio per consumo alcool, per sesso e classi d'età

	<i>classi d'età</i>	<i>esposto alcool</i>	<i>%</i>	<i>non esposto alcool</i>	<i>%</i>	<i>totale</i>	<i>%</i>
<i>maschi</i>	<i>31-40</i>	6	12.8	24	6.9	30	7.6
	<i>41-50</i>	11	23.4	47	13.5	58	14.7
	<i>51-60</i>	15	31.9	40	11.5	55	14.0
	<i>61-70</i>	9	19.1	43	12.4	52	13.2
	<i>totale</i>	41	87.2	154	44.4	195	49.5
<i>femmine</i>	<i>31-40</i>	1	2.1	25	7.2	26	6.6
	<i>41-50</i>	2	4.3	60	17.3	62	15.7
	<i>51-60</i>	2	4.3	59	17.0	61	15.5
	<i>61-70</i>	1	2.1	49	14.1	50	12.7
	<i>totale</i>	6	12.8	193	55.6	199	50.5

3.3.5. Stato di salute generale

Lo stato di salute generale dei residenti coinvolti nello studio di biomonitoraggio è stato valutato attraverso esami di laboratorio di ematochimica generale, test di funzionalità respiratoria, misurazione della pressione arteriosa e raccolta di informazioni attraverso apposito questionario.

Il 69,3% dei soggetti intervistati dichiarano un elevato giudizio sullo stato di salute (tabella 3.17), con un punteggio superiore a 7 (su una scala da 1 a 10); quasi la metà dei soggetti (47%) ha dichiarato di non essere affetto da alcuna patologia (tabella 3.18), mentre il 24% riferisce di essere affetto da almeno 2 patologie. In generale il gruppo di residenti nell'ASL T03 che dichiara un buono stato di salute risulta essere leggermente più numeroso rispetto al gruppo dell'ASL T01 (tabella 3.19).

Con i dati raccolti è stato calcolato il punteggio relativo al rischio cardiovascolare in termini di probabilità di avere un primo evento cardiovascolare nei 10 anni successivi secondo: età, sesso, fumo di sigaretta, pressione sistolica, colesterolemia totale, colesterolo HDL, diabete/glicemia, farmaci per l'ipertensione. La mediana del punteggio, uguale nei due gruppi, è pari a 0,2%.

Tab. 3.17. Distribuzione dei soggetti in studio per giudizio sullo stato di salute e zona di residenza

<i>giudizio sullo stato di salute</i>	<i>resid T03</i>	<i>%</i>	<i>resid T01</i>	<i>%</i>	<i>totale</i>	<i>%</i>
<i><=4</i>	0	0.0	3	1.5	3	0.8
<i>5</i>	4	2.0	6	3.1	10	2.5
<i>6</i>	13	6.6	21	10.7	34	8.6
<i>7</i>	40	20.2	34	17.3	74	18.8
<i>8</i>	73	36.9	90	45.9	163	41.4
<i>9</i>	48	24.2	29	14.8	77	19.5
<i>10</i>	20	10.1	13	6.7	33	8.4
<i>totale</i>	198	100.0	196	100.0	394	100.0

Tab. 3.18. Distribuzione dei soggetti in studio per numero di patologie riferite e zona di residenza

<i>numero di patologie riferite</i>	<i>resid T03</i>	<i>%</i>	<i>resid T01</i>	<i>%</i>	<i>totale</i>	<i>%</i>
<i>0</i>	98	49.5	87	44.5	185	47.0
<i>1</i>	61	30.8	53	27.0	114	29.0
<i>2</i>	17	8.6	32	16.3	49	12.4
<i>3 o +</i>	22	11.1	24	12.2	46	11.6
<i>totale</i>	198	100.0	196	100.0	394	100.0

Tab. 3.19. Distribuzione valori del punteggio rischio cardiovascolare per zona di residenza

	<i>n</i>	<i>media</i>	<i>dev std</i>	<i>50° perc</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
<i>resid T03</i>	186	3.1	3.7	1.9	0.1	30.6
<i>resid T01</i>	183	3.0	3.2	1.8	0.1	18.3
<i>totale</i>	369	3.0	3.5	1.8	0.1	30.6

Per quanto riguarda le patologie pregresse (tabella 3.20), i due gruppi non risultano completamente uguali, in particolare per gli accidenti cerebrovascolari, la calcolosi urinaria, la depressione e le malattie endocrine, le differenze tra le percentuali di soggetti calcolate risultano statisticamente significative.

Il 35,5% dei soggetti intervistati risultano ipertesi, ossia con valori medi di pressione sistolica superiori a 140 o diastolica superiori a 90, oppure con valori pressori nella norma ma che assumono regolarmente farmaci per l'ipertensione. Nel gruppo dei residenti nell'ASL T03 la percentuale di ipertesi risulta essere maggiore, anche se la differenza rispetto al gruppo ASL T01 non è statisticamente significativa.

Tab. 3.20. Distribuzione dei soggetti in studio per presenza di alcune patologie riferite e zona di residenza

<i>patologia</i>	<i>residTO3</i>	<i>%</i>	<i>residTO1</i>	<i>%</i>	<i>totale</i>	<i>%</i>
<i>asma</i>	12	6.2	9	4.7	21	5.5
<i>enfisema</i>	5	2.6	0	0.0	5	0.2
<i>bronchite</i>	6	3.1	8	4.2	14	3.7
<i>BPCO</i>	2	1.0	0	0.0	2	0.5
<i>ipertensione</i>	76	38.4	64	32.7	140	35.5
<i>ipertensione calcolata (esclusi soggetti in trattamento)</i>	31	20.3	24	15.4	55	17.8
<i>angina pectoris</i>	4	2.0	7	3.6	11	2.8
<i>infarto del miocardio</i>	1	0.5	2	1.0	3	0.8
<i>aritmie cardiache</i>	14	7.1	20	10.2	34	8.6
<i>claudicatio intermittens</i>	3	1.5	1	0.5	4	1.0
<i>accidenti cerebrovascolari*</i>	7	3.5	1	0.5	8	2.0
<i>altre malattie sistema nervoso centrale</i>	0	0	1	0.5	1	0.2
<i>malattie gastro-enteriche</i>	29	14.6	37	18.9	66	16.7
<i>malattie pancreatiche</i>	1	0.5	0	0.0	1	0.2
<i>insufficienza renale cronica</i>	0	0.0	4	2.0	4	1.0
<i>calcolosi urinaria*</i>	13	6.6	23	11.7	36	9.1
<i>glomerulonefrite</i>	1	0.5	3	1.5	4	1.0
<i>nefropatia interstiziale/pielonefrite</i>	3	1.5	1	0.5	4	1.0
<i>rene policistico</i>	1	0.5	0	0.0	1	0.2
<i>malattie apparato riproduttivo</i>	22	11.1	28	14.3	50	12.7
<i>malattie dermatologiche</i>	27	13.6	26	13.3	53	13.5
<i>malattie endocrine*</i>	15	7.6	24	12.2	39	9.9
<i>malattie autoimmuni</i>	7	3.5	5	2.6	12	3.0
<i>fratture patologiche</i>	3	1.5	0	0.0	3	0.8
<i>depressione*</i>	11	5.6	22	11.2	33	8.4
<i>tumore maligno</i>	9	4.5	5	2.6	14	3.6
<i>endometriosi</i>	7	6.9	6	6.1	13	6.5
<i>aborti spontanei</i>	34	17.9	25	12.6	59	29.6

* test statistico significativo per le differenze tra residenti TO3 e residenti TO1

Nelle tabelle 3.21-3.23, sono riportati i principali risultati riguardanti i parametri ematochimici di base, di funzionalità renale ed epatica.

Per quanto riguarda i parametri di base, i valori medi di glucosio colesterolo e trigliceridi risultano ricompresi negli intervalli di normalità, anche se alcuni soggetti hanno singoli parametri al di sopra dei valori di norma. Nello specifico per il glucosio il 10,4% dei soggetti ha valori superiori alla norma, per il colesterolo il 12,2%, per i trigliceridi il 13,2% (Tabella 58 allegato A). I maschi hanno valori significativamente superiori di glucosio e trigliceridi, nel contempo le femmine hanno valori mediani di colesterolo totale ed HDL più alti. Il valore mediano di glucosio e trigliceridi nel sangue risulta significativamente più alto nelle fasce di età

più anziane (Tabelle 1-10 allegato A). Non vi sono invece differenze significative nel confronto tra i due gruppi di residenza.

Dei parametri di funzionalità renale nessuno ha valori medi al di fuori dell'intervallo di normalità, ma anche in questo casi alcuni soggetti hanno livelli elevati. In particolare per l'azotemia e per la microalbuminuria, rispettivamente l'8,1% e il 15,3% di campioni ha valori sopra il limite. (Tabella 58 allegato A). I maschi hanno valori mediani di azotemia e creatinina più elevati, mentre le femmine hanno valori significativamente più alti di fosfatasi alcalina. I valori di azotemia nel sangue risultano aumentare significativamente con l'età (Tabelle 13-24 allegato A). Nel confronto tra i due gruppi di residenza soltanto il valore mediano della creatinina è significativamente più elevato nell'ASL TO1.

Per la funzionalità epatica vi sono soggetti con valori al di sopra degli intervalli di normalità, ad eccezione della bilirubina diretta; infatti il 95° percentile della distribuzione dei soggetti ha valori di bilirubina indiretta, bilirubina totale, GOT (aspartato transaminasi), GPT (alanina transaminasi) e gGT (gammaglutammiltranspeptidasi) superiori ai valori di norma (Tabelle 25-42 allegato A). Tra i maschi i valori di tutti i parametri epatici risultano più elevati rispetto le femmine, nelle fasce di età maggiori i valori di GOT e gGT sono significativamente più alti (Tabelle 38 e 42 allegato A). Non sono significative statisticamente le differenze nei valori calcolati nei due gruppi di residenza, ad eccezione del parametro GOT che risulta superiore tra i soggetti residenti nell'ASL TO1.

Per quanto riguarda i parametri ormonali (tabella 3.24), l'ACTH risulta con valori superiori alla norma nel 6.1% dei soggetti. Sono significative le differenze nei due sessi con valori più elevati di FT3 (trijodotironina), cortisolo e ACTH (ormone adrenocorticotropo) nei maschi, e valori più elevati di TSH (tireotropina) nelle femmine. I valori di FT3 diminuiscono all'aumentare dell'età in modo statisticamente significativo (Tabelle 43-57 allegato A). Solo il parametro FT4 (tiroxina libera) risulta significativamente diverso tra le due ASL, con valori maggiori nell'ASL TO3.

Nelle tabelle 3.25 e 3.26 sono riportati i principali risultati riguardanti i parametri di funzionalità respiratoria, che è stata misurata attraverso test di spirometria eseguiti con spirometro portatile da personale individuato ad hoc dalla scuola di specializzazione in malattie dell'apparato respiratorio - Ospedale S. Luigi Gonzaga - dell'Università di Torino. I valori misurati indicano una funzionalità respiratoria entro i limiti di normalità. Meno del 10% dei soggetti intervistati riferisce all'anamnesi di soffrire di patologie respiratorie (asma, enfisema, bronchite e BPCO). Confrontando i due gruppi di residenza non vi sono differenze significative

nei valori mediani dei parametri misurati. Confrontando i dati per abitudine al fumo si registra un peggioramento dei parametri nei soggetti fumatori. In entrambi i gruppi più del 95% dei soggetti presenta comunque valori che rientrano nella norma.



Tab. 3.21. Distribuzione dei valori principali parametri ematochimici di base per zona di residenza

	resid T03						resid T01						totale					
	n	media	dev std	50° perc	min	max	n	media	dev std	50° perc	min	max	n	media	dev std	50° perc	min	max
glucosio	198	93,1	18,6	89,5	65	232	196	95,2	21,9	91	68	232	394	94,2	20,3	90,0	65,0	232,0
colesterolo totale	198	210,7	34,7	209,5	124	310	196	205,4	39,4	205,5	104	358	394	208,1	37,1	207,5	104	358
colesterolo HDL	198	57,0	13,3	56	31	107	196	57,1	14,6	55	27	105	394	57,1	13,9	55	27	107
trigliceridi	198	118,5	89,8	93,5	34	803	196	115,2	65,6	100	25	383	394	117,1	78,5	96	25	803

Tab. 3.22. Distribuzione dei valori principali parametri funzionalità renale per zona di residenza

	resid T03						resid T01						totale					
	n	media	dev std	50° perc	min	max	n	media	dev std	50° perc	min	max	n	media	dev std	50° perc	min	max
azotemia	198	36,4	8,8	36	15	64	196	35,9	10,8	34	18	88	394	36,1	9,8	35	15	88
creatinina*	198	0,98	0,15	0,95	0,6	1,58	196	1,02	0,19	0,99	0,58	1,97	394	1,00	0,17	0,97	0,58	1,97
fosfatasi alcalina	195	1,07	0,18	1,07	0,37	1,6	196	1,06	0,19	1,06	0,5	1,56	391	1,06	0,18	1,07	0,37	1,6
microalbuminuria	198	14,88	26,80	7,9	1,7	218,6	195	17,13	32,06	9,8	0,5	321,5	393	16,00	29,52	8,65	0,5	321,5

*test statistico significativo per le differenze tra residenti T03 e residenti T01.

Tab. 3.23. Distribuzione dei valori principali parametri funzionalità epatica per zona di residenza

	resid T03						resid T01						totale					
	n	media	dev std	50° perc	min	max	n	media	dev std	50° perc	min	max	n	media	dev std	50° perc	min	max
<i>bilirubina diretta</i>	198	0,12	0,05	0,11	0,02	0,32	196	0,13	0,06	0,11	0,03	0,39	394	0,12	0,05	0,11	0,02	0,39
<i>bilirubina indiretta</i>	198	0,63	0,41	0,54	0,22	4,43	196	0,65	0,31	0,575	0,25	2,25	394	0,64	0,36	0,56	0,22	4,43
<i>bilirubina totale</i>	198	0,73	0,36	0,63	0,06	2,66	196	0,77	0,36	0,68	0,25	2,52	394	0,75	0,36	0,655	0,06	2,66
<i>GOT</i>	198	22,61	8,45	21	11	88	196	23,76	7,52	22	13	60	394	23,18	8,01	22	11	88
<i>GPT</i>	198	23,92	16,14	21	9	149	196	25,88	15,93	22	7	119	394	24,90	16,05	21	7	149
<i>gammaGT*</i>	198	29,33	25,80	22	6	198	196	32,42	26,62	24	8	204	394	30,87	26,23	23	6	204

*test statistico significativo per le differenze tra residenti T03 e residenti T01.

Tab. 3.24. Distribuzione dei valori principali parametri funzionalità endocrina per zona di residenza

	resid T03						resid T01						totale					
	n	media	dev std	50° perc	min	max	n	media	dev std	50° perc	min	max	n	media	dev std	50° perc	min	max
<i>FT3</i>	197	3,20	0,33	3,19	2,38	4,3	196	3,16	0,40	3,135	2,34	4,76	393	3,18	0,36	3,17	2,34	4,76
<i>FT4*</i>	197	1,2	0,2	1,15	0,4	1,67	196	1,0	0,2	1,02	0,53	1,99	393	1,1	0,2	1,09	0,4	1,99
<i>TSH</i>	197	1,7	3,4	1,37	0,02	46,4	196	1,8	2,5	1,44	0	26,9	393	1,8	3,0	1,4	0	46,4
<i>cortisolo</i>	198	147,9	61,6	135	46,6	609	195	148,0	57,2	139	11,3	493	393	148,0	59,4	136	11,3	609
<i>ACTH</i>	198	19,1	11,8	15,85	3,8	73,1	194	22,4	19,8	16,65	5	158	390	20,8	16,3	16,3	3,8	158

*test statistico significativo per le differenze tra residenti T03 e residenti T01.

Tab. 3.25. Distribuzione dei valori principali parametri spirometrici per zona di residenza

	resid T03						resid T01						totale					
	<i>n</i>	<i>media</i>	<i>dev std</i>	<i>50° perc</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>n</i>	<i>media</i>	<i>dev std</i>	<i>50° perc</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>n</i>	<i>media</i>	<i>dev std</i>	<i>50° perc</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
<i>FVC (l)</i>	197	3.8	0.9	3.74	1.68	6.57	195	3.8	1.0	3.83	1.54	6.86	392	3.8	1.0	3.79	1.54	6.86
<i>FVC (%)</i>	198	110.35	15.09	109.5	57	166	195	109.41	19.68	112	8	155	393	109.88	17.50	111	8	166
<i>FEV1 (l)</i>	198	3.07	0.78	3.04	1.26	5.21	195	3.08	0.81	3.05	1.09	5.32	392	3.08	0.80	3.045	1.09	5.32
<i>FEV1 (%)</i>	198	106.9	15.1	108	54	152	195	106.9	17.9	108	11	148	393	106.9	16.6	108	11	152
<i>FEV1%FVC (l)</i>	198	80.2	5.9	80.8	54.2	94.1	195	80.4	6.8	80.4	51.7	114.8	393	80.3	6.3	80.6	51.7	114.8
<i>FEV1%FVC (%)</i>	198	97.10	6.88	97	69	113	193	97.1	96.25	97.2	9.7	122.7	391	97.12	8.35	97	9.73	122.68
<i>PEF (l)</i>	198	6.90	2.15	6.41	2.77	12.82	195	6.86	2.20	6.57	1.72	12.93	393	6.88	2.18	6.46	1.72	12.93
<i>PEF (%)</i>	198	94.56	20.55	92	50	151	195	93.62	21.23	95	32	152	393	94.09	20.87	94	32	152

Tab. 3.26. Distribuzione dei valori principali parametri spirometrici per abitudine al fumo

	fumatori						non fumatori					
	n	media	dev std	50° perc	min	max	n	media	dev std	50° perc	min	max
FVC (l)	82	3.86	0.97	3.87	1.65	6.86	312	3.83	0.98	3.79	1.54	6.57
FVC (%)	82	105.61	20.19	106	8	158	312	111.01	16.57	112	11	166
FEV1 (l)	82	3.10	0.81	3.02	1.26	5.24	312	3.07	0.79	3,05	1,09	5,32
FEV1 (%)	82	102.88	16.82	103	52	145	312	107.95	16.35	109	11	152
FEV1%FVC (l)	82	80.09	6.40	79.64	59.72	94.41	312	80.38	6.34	80.73	51.66	114.77
FEV1%FVC (%)	82	109,07	112,43	96,86	71	114,4	312	100,05	50,37	97,79	9,73	122,7
PEF (l)	82	6.72	2.36	6.15	2.77	11.89	312	6.92	2.13	6.57	1.72	12.93
PEF (%)	82	89.67	22.58	87	46	139	312	95.26	20.27	95	32	152

3.3.1. Dose interna: metalli nelle urine e piombo ematico

Sono di seguito descritti i risultati delle determinazioni dei metalli nelle urine e del piombo ematico dei soggetti residenti campionati nello studio.

La misurazione della concentrazione di metalli in campioni di urine, così come avviene in uno studio di biomonitoraggio, permette di valutare in modo più realistico qual è l'esposizione di una determinata popolazione ad inquinanti ambientali. I livelli di metalli misurati riflettono la quantità che effettivamente entra nel corpo attraverso tutte le vie di esposizione, ossia ingestione, inalazione e assorbimento cutaneo. La presenza di un metallo nell'organismo può quindi essere indicativo di esposizione, presente e/o pregressa, ma questo non implica necessariamente un effetto negativo sulla salute né un'associazione con l'insorgenza di una malattia.

La produzione di dati di biomonitoraggio necessita la conoscenza di diversi fattori analitici e biologici che possono influire sui risultati. Fattori cruciali da tenere in considerazione sono legati alle vie di assorbimento, alla presenza di diverse fonti di inquinamento ambientale, a variabili fisiologiche e stili di vita.

Caratteristiche personali quali sesso, età, peso e altezza influenzano i livelli, in questo caso dei metalli, nell'organismo. Allo stesso modo la presenza di alcune patologie, anche se ancora a livello subclinico, l'uso di terapie farmacologiche, la presenza di amalgami dentali e

impianti metallici, il consumo di alcol, di fumo, l'attività fisica, la dieta, il consumo di pesce, latte e prodotti caseari, l'uso di integratori ormonali, minerali e farmaci contraccettivi, l'uso di bigiotteria, la presenza di piercing e tatuaggi, sono tutti fattori in grado di alterare la quantità di metalli nell'organismo. Così come lo sono l'esposizione a traffico veicolare e l'esposizione occupazionale.

Nella tabella 3.27 sono riportati il numero di soggetti, la media, la deviazione standard, la mediana, i valori minimo e massimo di tutti i metalli determinati, per l'intero campione in studio e stratificato per zona di residenza.

Le statistiche descrittive sono state calcolate escludendo i valori statistici estremi, in grado di influenzare molto il calcolo dei valori centrali. Tali valori estremi verranno poi riconsiderati effettuando alcune valutazioni:

- valutazione dell'esposizione del soggetto tramite esame del questionario individuale al fine di identificare possibili fonti specifiche di esposizione (es. dieta, residenza, lavoro, consumo di alcool, abitudine al fumo, assunzioni di farmaci e/o integratori, protesi, ecc.) e/o fattori legati alla variabilità biologica individuale (stato di salute, età, sesso, suscettibilità genetica o acquisita, ecc.) che possano aver dato luogo alla dose interna più alta;
- ripetizione della misura al fine di una ulteriore conferma del dato;
- valutazione tossicologica del dato tramite confronto con valori limite, laddove esistenti, al fine di identificare se tale dose interna più alta possa essere caratterizzata da un pericolo e/o rischio di effetti avversi, per es. uso dei valori di biomonitoraggio umano HBM-I e HBM-II stabiliti dalla commissione tedesca sul biomonitoraggio o dei valori di IBE (o dall'inglese BEI), Indice Biologico di Esposizione, forniti dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

I metalli determinati in urina sono soggetti ad una ulteriore variabilità legata alla diversa densità urinaria; per una corretta interpretazione dei risultati, quindi, i dati ottenuti sono stati normalizzati per il peso specifico delle urine per tener conto delle diverse concentrazioni di elettroliti urinari.

In generale i profili elementari risultanti non hanno una distribuzione normale, per cui, nel confronto con i dati di popolazione generale italiana² e/o, dove presenti, con altri dati di letteratura si preferisce dare maggior peso ai valori mediani (vedere Tab. 3.28).

Da una prima comparazione emerge che i livelli di tutti i metalli oggetto di studio risultano rientranti negli intervalli di riferimento riportati in altre campagne di biomonitoraggio effettuate in Italia^{2, 17} o a livello internazionale^{18,20}.

Di seguito vengono discussi solo quegli elementi chimici (Arsenico, Nichel, Palladio e Tallio) per i quali sono stati osservati leggeri scostamenti dai suddetti intervalli di riferimento.

Per quanto riguarda l'arsenico (As) totale urinario, tale metallo presenta una concentrazione media di 26,9 µg/L, mediana di 18,2 µg/L e un valore del 95° percentile pari a 88,3 µg/L. È evidente che media e mediana si discostano tra loro sensibilmente essendo la prima fortemente influenzata dalla presenza di alcuni valori outliers. Considerando quindi la mediana, il dato di As risulta superiore ad alcuni dati di letteratura disponibili. In particolare, il NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) riporta un valore di 8,15 µg/L (mediana) e di 85,6 µg/L (95° percentile) per l'As urinario totale in popolazione adulta generale USA¹⁸. Il GERES¹⁹ (German Human Biomonitoring Commission) riporta un valore di riferimento al 95° percentile di 18,9 µg/L (mediana, 4,1 µg/L) per l'As urinario e un massimo di 157 µg/L in popolazione generale tedesca; mentre nello studio di Heitland & Köstner si riporta, sempre per la Germania, un valore medio di As in urina di 34 µg/L e un massimo di 375 µg/L in 87 individui non esposti²⁰. In Italia una campagna condotta nel 1990¹⁷ su 470 soggetti riferisce un valore medio urinario pari a 16,7 µg/L. In un altro gruppo di riferimento costituito da 100 individui sani volontari la mediana dell'As era pari a 6,2 µg/L e l'intervallo 5°-95° percentile 4,4-14,2 µg/L²¹. È comunque da tenere presente che le differenze osservate tra il presente studio e i dati di letteratura possono essere ascrivibili a differenze tra le popolazioni in esame dovute a diversa dieta e a diversi stili di vita e, quindi, a diversa esposizione non unicamente legata a fattori strettamente ambientali.

Il dato dell'As può essere confrontato anche con l'IBE fornito dalla ACGIH per esposizioni professionali ad arsenico in aria. Tale indice è uno strumento descrittivo utile per valutare se un lavoratore è sottoposto all'esposizione del metallo al di sopra del livello di sicurezza (TLV, Threshold Limit Value per 8 ore del turno lavorativo) ma non rappresenta una linea di demarcazione netta fra esposizione a rischio e non. L'IBE è pari a 35 µg/L per As inorganico urinario più metaboliti²² e, dal confronto, emerge che il valore mediano dell'As nella popolazione in studio non supera tale valore. Il superamento individuale di tale limite è attribuibile, come già detto, alla variabilità biologica, ai differenti stili di vita, dieta, etc.

Va anche considerato che la letteratura riporta effetti avversi non cancerogeni (es. cheratosi cutanea, vasospasmo e neuropatia periferica) associati a livelli di As urinario intorno

a 100 µg/L in popolazioni cronicamente esposte; il livello mediano di As urinario è tale, quindi, da non far prevedere un rischio di effetti avversi per la popolazione in studio.^{23,24}

Per i 27 estremi (143 - 856 µg/L) di As totale riscontrati in alcuni soggetti della popolazione SPoTT sono necessarie alcune considerazioni:

- ✓ l'As totale urinario comprende anche l'As organico che non ha un interesse tossicologico e rappresenta un classico fattore confondente; infatti, i livelli di As organico sono elevati in pesci e frutti di mare e quindi il dato individuale va rivalutato e controllato analizzando il consumo di pesce del singolo soggetto riportato nel questionario;
- ✓ si può rendere necessaria la ripetizione della misura differenziando le specie arsenicali, considerando che le singole misure urinarie di arseniato, arsenito, acido dimetilarsinico (DMA) acido monometilarsinico (MMA) forniscono una stima più affidabile dell'esposizione al solo As inorganico;
- ✓ si possono evidenziare dal questionario altre possibili fonti di esposizione ad As relative all'area oggetto del campionamento, quali residenza nei pressi di impianti industriali attivi e/o dismessi, vicinanza a terreni agricoli, e ingestione di acqua contaminata da As.

Per cui, i dati sull'As non possono essere ad oggi conclusivi né può ancora essere espressa una valutazione tossicologica, ma occorre un riesame dei soggetti, un aggiornamento tecnologico (prevedendo analisi di speciazione quando appropriate) e un'analisi del territorio (es. conoscere i livelli di As nell'acqua e nel cibo a livello locale, riso per esempio).

Anche per il nichel (Ni) la mediana (0,89 µg/L) e il 95° percentile (3,05 µg/L) ottenuta nella popolazione SPoTT viene confrontata con i dati di riferimento e/o i valori limite presenti in letteratura. Il GERES ha indicato un valore di riferimento al 95° percentile pari a 3,0 µg/L per il Ni urinario²⁵. In una campagna di biomonitoraggio condotta nella regione della città di Québec, la media geometrica e il 90° percentile per il Ni urinario erano pari a 1,78 µg/L e 4,46 µg/L, rispettivamente²⁶. Studi su piccola scala hanno riportato per il Ni urinario un valore mediano di 1,7 µg/L nei cittadini del Regno Unito²⁷, un contenuto medio di 0,87 µg/L nella popolazione italiana²⁸, e una media di 0,76 µg/L (max, 7,2 µg/L) in Germania²⁰. In 100 soggetti volontari sani, la mediana è risultata pari a 2,2 µg/L ed è stato proposto un intervallo di riferimento tra 0,04 e 5,31 µg/L (5° e 95° percentile)²¹. I dati ottenuti in SPoTT sono perciò sovrapponibili ai dati sopra riportati e non evidenziano, quindi, un'esposizione rilevante al Ni. Per i 3 soggetti estremi che presentano valori di Ni tra 4,7 e 6,6 µg/L si può riesaminare il questionario, considerando in maggior dettaglio alcuni possibili fonti di esposizione al Ni, quali:

- i) dieta (acqua, cereali e vegetali in genere);

- ii) contatto dermico con leghe di Ni (bigiotteria, piercing, gioielli, bottoni);
- iii) contatto con prodotti per l'igiene personale e la casa,
- iv) utilizzo di cosmetici contenenti Ni.

Il palladio (Pd) presenta un livello mediano pari a 23,5 ng/L (95° percentile, 63,3 ng/L; max, 90,3 ng/L) che supera i valori medi riscontrati nel 2004 in una popolazione generale italiana non esposta (7,7 ng/L)²⁹. Questo metallo viene usato come catalizzatore nelle marmitte catalitiche, pertanto il livello di Pd nelle urine può essere considerato indicatore di esposizione a traffico veicolare. Il Pd non ha un profilo tossicologico rilevante, ma casi di reazioni allergiche e infiammazioni cutanee o del cavo orale sono state riscontrate per contatto con materiali contenenti Pd (ponti e corone in odontoiatria e leghe per bigiotteria). Molti studi hanno riportato un aumento della sua concentrazione in aria, nel suolo e nella polvere di aree urbane caratterizzate da intenso traffico veicolare. In Germania³⁰, il livello di Pd urinario variava tra 13,1 e 48,3 ng/L, e altri due studi su Pd nelle urine in soggetti sani hanno osservato livelli di 9,5 ng/L e 9,1 ng/L^{31,32}. In soggetti professionalmente esposti come odontotecnici, vigili urbani e lavoratori negli stabilimenti di produzione di catalizzatori, i livelli di Pd nelle urine erano superiori a quelli riscontrati nella popolazione generale^{27,33,34}. Come per gli altri Elementi del Gruppo del Platino (PGE) i dati sul Pd rispecchiano il crescente utilizzo di questo metallo nelle marmitte catalitiche per automobili. Infatti, nell'ultimo decennio si sta assistendo alla progressiva sostituzione del platino nella costruzione delle marmitte catalitiche con il più conveniente Pd. Per i 14 individui che hanno presentato i valori più alti di Pd (intervallo, 91,3-266 ng/L) verranno esaminati i questionari individuali al fine di individuare particolari fonti di esposizione a Pd quali:

- i) presenza di materiali dentari;
- ii) contatto con placature a base di Pd in bigiotteria e piercing;
- iii) residenza vicino a zone a traffico elevato.

L'esposizione al tallio (Tl) si verifica principalmente attraverso i processi industriali che comportano combustione del carbone e le fonderie. Il Tl è considerato dall'EPA³⁵ un inquinante prioritario perché è stato la causa di avvelenamenti accidentali ed occupazionali; la sua tossicità è comunque priva di effetti cancerogeni. Se ingerito ad elevate dosi può provocare sintomi gastrointestinali, insufficienza multiorgano e lesioni neurologiche. La mediana e il 95° percentile nelle urine della popolazione adulta statunitense (≥20 anni) dello studio NANHES

sono risultati uguali a 0,16 µg/L e 0,41 µg/L¹⁸. Nella campagna di biomonitoraggio italiana del 1990, è stato riportato un valore medio di Tl in urina pari a 0,42 µg/L¹⁷. Per 100 soggetti sani non esposti Goullé *et al.* riportano una mediana di 0,06 µg/L e un intervallo tra 0,01-0,24 µg/L²¹. In Germania su 87 individui sono stati proposti i seguenti valori di riferimento per il Tl urinario: media 0,15 µg/L, max 1,44 µg/L e 95° percentile 0,43 µg/L²⁰. Infine, la Commissione tedesca riporta un valore di riferimento al 95° percentile per il Tl urinario di 0,5 µg/L³⁶ e un valore limite biologico di HBM-I pari a 5 µg/L³⁷. Ciò detto, i valori mediani (0,27 µg/L), il 95° percentile (0,69 µg/L) e il massimo (1,03 µg/L) per il Tl urinario ottenuti in questa campagna di biomonitoraggio risultano leggermente più alti del valore di riferimento tedesco ma di gran lunga inferiori all'HBM-I tossicologico. Perciò ad oggi, nessun soggetto denota un'esposizione particolarmente più alta del valore basale né tossicologicamente rilevante per la salute umana.

Per quanto riguarda il confronto tra i due gruppi di residenti a questa prima analisi risultano significativamente diversi i valori tra le due ASL dei seguenti metalli: Cadmio, Cobalto, Cromo, Iridio, Manganese, Platino, Antimonio, Stagno e Tallio. Per il gruppo di soggetti residenti nell'ASL TO3 sono più elevati i livelli di Cromo, Iridio, Manganese, Platino e Antimonio, mentre per il gruppo di soggetti residenti nell'ASL TO1 lo sono i livelli di Cadmio, Cobalto, Stagno e Tallio. Inoltre nelle femmine sono risultati significativamente più alti i livelli di Cobalto e Manganese, mentre negli uomini i livelli di Rame, Mercurio, Stagno, Tallio, Vanadio e Zinco (Tabelle 73-129 Allegato A). Anche nel NHANES per quanto riguarda il Co, si osservano valori più alti nelle donne (MG, 0,498 µg/L) rispetto agli uomini (MG, 0,306 µg/L) e livelli di Tl più alti negli uomini (MG, 0,152 µg/L) rispetto alle donne (MG, 0,137 µg/L). Nello studio di Clark *et al.* il contenuto di Hg nel sangue (ma non nelle urine) è più alto negli uomini rispetto alle donne³⁸. Il sesso sembra anche influenzare i livelli urinari del Cu, ma con risultati che evidenziano livelli più alti nel siero delle donne suggerendo come possibile causa l'uso di contraccettivi orali.³⁹

Il Piombo (Pb) è l'unico metallo che è stato determinato nel sangue. Purtroppo per problemi verificatosi durante il trasporto e lo stoccaggio, l'analisi non è stata effettuata per 50 campioni. La popolazione generale è esposta al Pb attraverso il suolo, la polvere domestica, l'aria, il consumo di alimenti e l'acqua potabile. Tale metallo ha un'ampia distribuzione ambientale dovuta all'uso storico di carburanti che lo contenevano. Il profilo tossicologico del Pb è rilevante soprattutto per i composti inorganici. Il livello di Pb riscontrato non è superiore a quelli riportati in altri studi italiani condotti su popolazione generale⁴⁰ nel programma PROBE sono riportati, infatti, livelli mediani di 20,2 µg/L (95° percentile, 51,7 µg/L; valore massimo, 215 µg/L) per la popolazione urbana italiana. In Germania si riporta una mediana di 31 µg/L

con un 95° percentile di 71 µg/L di Pb ed un massimo di 380 µg/L¹⁹, mentre negli USA l'ultima campagna NHANES riporta una mediana di 1,07 µg/L ed un 95° percentile di 3.34 µg/L¹⁸ molto inferiori ai livelli dei Paesi europei (Italia compresa), probabilmente dovuta all'adozione della benzina senza Pb in tempi antecedenti all'Europa. Sono stati riportati Valori Limiti Biologici (VLB, di tipo, quindi, occupazionale) pari a 60 µg/100 mL (cioè, 600 µg/L; 400 µg/L per lavoratrici in età fertile), oltre a un IBE dell'ACGIH di 300 µg/L. e a un BAT (acronimo tedesco per "*livello biologico tollerabile*") pari a 400 µg/L (300 µg/L in donne < 45 anni). Nel confronto tra gruppi di residenza le differenze tra i valori mediani calcolati non sono rilevanti, mentre i livelli di Piombo sono significativamente più alti negli uomini e nelle fasce di età più anziane (allegato A). Vari studi dimostrano una tendenza significativa del Pb ad aumentare con l'età e ad essere più concentrato negli uomini^{38,41}. La differenza legata al sesso sembra dovuta a un più alto livello di estrogeni nelle donne in pre-menopausa, che causa una maggiore ritenzione del Pb nei tessuti e un più lento rilascio del metallo nel sangue.

Per tutti i metalli i dati – come mediane su tutta la popolazione - risultano pressoché sovrapponibili ai valori di biomonitoraggio riscontrati in altre popolazioni generali non esposte e non superano i limiti biologici che identificano un rischio di effetti avversi. Anche i sottogruppi dei lavoratori e degli allevatori (vedi paragrafi successivi) mostrano livelli di metalli basali molto inferiori a quelli riportati per esposizioni professionali.

I valori elevati attualmente riscontrati possono essere principalmente dovuti a esposizioni legate agli stili di vita, alla dieta, alla presenza di patologie pregresse. Analisi di approfondimento che prendano in considerazione tutte le informazioni raccolte tramite questionario potranno chiarire tali aspetti.

Lo studio di biomonitoraggio prevede il dosaggio dei metalli nel tempo, infatti le determinazioni saranno ripetute a distanza di 1 e poi 3 anni dalla prima campagna di prelievi. Questo permetterà di verificare se si manifesteranno modifiche ascrivibili all'esposizione ambientale.

Il gruppo di lavoro sta definendo procedure di accertamento e approfondimento per quei casi che presentano concentrazioni di metalli particolarmente elevate.

Tab. 3.27. Distribuzione dei valori dei metalli nelle urine e Piombo ematico per zona di residenza

Parametro	resid T03							resid T01						totale					
		n	media	dev std	median a	95° perc	media geom	n	media	dev std	mediana	95° perc	media geom	n	media	dev std	mediana	95° perc	media geom
Antimonio*	µg/l	191	0.09	0.05	0.07	0.20	0.07	193	0.07	0.04	0.06	0.15	0.05	384	0.08	0.05	0.07	0.18	0.07
Arsenico	µg/l	185	26.36	27.75	17.45	93.1	15.74	181	27.42	26.30	20.35	87.5	18.09	366	26.88	27.01	18.25	88.9	16.8
Berillio	µg/l	198	0.18	0.08	0.17	0.34	0.16	193	0.17	0.09	0.15	0.35	0.14	391	0.17	0.09	0.16	0.34	0.16
Cadmio*	µg/l	197	0.79	0.55	0.65	1.91	0.62	192	0.89	0.57	0.78	1.98	0.71	389	0.84	0.56	0.71	1.93	0.66
Cobalto*	µg/l	185	0.19	0.14	0.15	0.46	0.14	185	0.23	0.16	0.18	0.59	0.18	370	0.21	0.15	0.16	0.56	0.16
Cromo*	µg/l	192	0.22	0.14	0.19	0.46	0.17	190	0.17	0.12	0.14	0.43	0.13	382	0.19	0.13	0.16	0.44	0.16
Iridio*	ng/l	197	2.20	1.01	1.98	4.37	1.99	194	1.60	0.93	1.42	3.39	1.38	391	1.90	1.01	1.70	3.98	1.60
Manganese*	µg/l	192	0.14	0.06	0.14	0.25	0.12	190	0.13	0.07	0.11	0.29	0.11	382	0.13	0.07	0.12	0.25	0.12
Mercurio	µg/l	195	1.90	1.40	1.36	4.94	1.51	190	1.89	1.55	1.32	5.67	1.40	385	1.89	1.47	1.35	5.16	1.40
Nichel	µg/l	197	1.11	0.84	0.85	3.04	0.85	193	1.18	0.86	0.99	3.23	0.92	390	1.14	0.85	0.89	3.04	0.86
Palladio	ng/l	190	27.85	17.04	23.45	63.70	23.16	189	26.93	16.10	23.55	60.5	22.86	379	27.39	16.56	23.53	63.2	23.0
Platino*	ng/l	194	4.67	2.87	3.93	11.09	3.93	184	2.98	2.17	2.29	8.15	2.41	378	3.85	2.68	2.97	9.98	3.1
Rame	µg/l	196	12.23	7.08	10.79	27.70	10.39	192	11.98	6.94	10.79	24.1	9.76	388	12.11	7.00	10.79	26.6	10.0
Rodio	ng/l	192	23.96	15.59	18.21	57.5	19.52	193	19.18	8.88	17.31	34.3	17.29	385	21.56	12.88	17.77	51.3	18.3
Stagno*	µg/l	192	0.69	0.53	0.56	1.86	0.51	187	0.82	0.64	0.69	2.32	0.59	379	0.75	0.59	0.62	1.99	0.56
Tallio*	µg/l	197	0.29	0.19	0.24	0.66	0.24	194	0.34	0.19	0.31	0.70	0.28	391	0.31	0.19	0.27	0.68	0.26
Vanadio	µg/l	189	0.04	0.03	0.03	0.11	0.03	192	0.04	0.03	0.03	0.11	0.03	381	0.04	0.03	0.03	0.11	0.03
Zinco	µg/l	196	445.30	309.16	367.58	1023	346.57	192	496.31	371.59	401.76	1298	380.16	388	470.55	341.99	389.41	1146	362.0
Piombo	µg/l	152	21,17	12,76	18,01	45,08	17,35	185	22,33	13,17	19,38	48,58	19,07	337	21,81	12,98	18,48	46,95	18,2

* test statistico significativo per le differenze tra residenti T03 e residenti T01

Tab. 3.28. Valori di riferimento e valori limite per i metalli (concentrazioni in µg/L)

	SPOTT			VR GERES			VR NHANES		VALORI LIMITI					
	Mediana	95°	Max	Mediana	95°	Max	Mediana	95°	VLB	ACGIH/IBE	DFG/BAT o EKA	HBM I	HBM II	BE
As	18,2	88,3	132	4,1	18,9	157	8,15	85,6		35	50 (per 0,01 mg/m ³)			
Cd	0,72	1,97	3,21	0,22	0,96	31,5	0,18	1,03		5 (µg/g)	15	1	4	1,5
Co	0,16	0,56	0,80				0,38	1,4		15 (fine turno)	30 (per 0,05 mg/m ³)			
Cr	0,16	0,44	0,70							10 µg/g; aumento durante il turno) 30 (µg/g; fine turno)	12 (per 0,03 mg/m ³)			
Ir*	1,70	4,0	6,14	0,3	1,1	16,5								
Mn	0,12	0,25	0,41					1,19						
Hg	1,35	5,2	7,34	<0,2	1,1	6,7	0,40	2,42	30 (µg/g)	35 (µg/g; prima del turno)	100	7,0	25	
Ni	0,89	3,05	4,33		3,0						15 (per 0,10 mg/m ³)			
Pb	18,5	46,95	63,5	31	71	380	1,07	3,34	60 µg/100 mL (40 µg/100 mL per lavoratrici in età fertile)	30 µg/100 mL	400 300 (in donne < 45 anni)	sospeso	sospeso	
Pt*	2,97	10,03	15,02	1,5	8,9	79,7	9 (<LoD)	16						
Tl	0,27	0,69	1,03		0,5		0,16	0,41				5,0		

* ng/L

HBM I e HBM II:

C. Schulz, J. Angerer, U. Ewers, M. Kolossa-Gehring. The German human biomonitoring commission. Int. J. Hyg. Environ. Health, 210 (2007), pp. 373–382
HBM (Human Biomonitoring) Commission, 2011. Stoffmonographie für Phthalate – Neue und aktualisierte Referenzwerte für Monoester und oxidierte Metabolite im Urin von Kindern und Erwachsenen. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 54

HBM (Human Biomonitoring) Commission, 2011. Stoffmonographie Thallium – Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte für Thallium im Urin. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 54, 516–524.

NHANES

CDC, Centers for Disease Control and Prevention. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention; 2013.

GERES

Christine Schulz, Michael Wilhelm, Ursel Heudorf, Marike Kolossa-Gehring, Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission. International Journal of Hygiene and Environmental Health 215 (2011) 26– 35.

Becker K, Kaus S, Krause C, Lepom P, Schulz C, Seiwert M, et al. German Environmental Survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in blood of the German population. *Int J Hyg Environ Health* 2003;206:15-24.

Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes). Nickel. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 2001;44(12):1243-8.

BE

Sean M. Hays, Lesa L. Aylward, Michelle Gagné, Andy Nong, Kannan Krishnan. Biomonitoring Equivalents for inorganic arsenic. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 58 (2010) 1–9.

Hays SM, Nordberg M, Yager JW, Aylward LL. 2008c. Biomonitoring equivalents (BE) dossier for cadmium (Cd) (CAS No. 7440-43-9). *Regul. Toxicol. pharmacol.* 51: S49–S56.

BAT o EKA

DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft. Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

IBE

ACGIH (American Conference of Government Industrial Hygienists). TLVs and BEIs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Industrial Hygienists.

VLB

Supplemento ordinario n. 142/L alla GAZZETTA UFFICIALE Serie generale - n. 180 del 5/8/2009. ALLEGATO XXXIX. Valori limite biologici obbligatori e procedure di sorveglianza sanitaria. Piombo e i suoi composti.

Linee Guida SIMLII per la sorveglianza sanitaria. Volume n.16: Linee guida per la sorveglianza sanitaria degli esposti ad cadmio e suoi composti, cromo e suoi composti, mercurio inorganico, nichel e suoi composti.

3.3.2. Percezione del rischio

L'ultima sezione del questionario proposto ai residenti campionati comprende una serie di domande volte a rilevare la percezione del rischio nella popolazione coinvolta nello studio. Le domande formulate hanno lo scopo di indagare sulla consapevolezza dei problemi esistenti, delle fonti informative, e dei soggetti ritenuti più affidabili per fornire informazioni sui problemi di ambiente e salute. Segue una breve sintesi dei risultati ottenuti analizzando le risposte fornite ad una serie di domande strutturate in forma chiusa.

Le prime due domande fanno riferimento ad una serie di patologie, sia acute che croniche, ed intendono esplorare come sia percepita la possibilità di ammalarsi abitando in un'area a rischio ambientale (tabelle 3.29 e 3.30). Per ogni patologia è stato chiesto di esprimere un giudizio in termini di probabilità su una scala di cinque alternative: certo, molto, mediamente, poco probabile, non so. Dalle risposte emerge che l'ambiente viene sempre vissuto come fonte di notevole preoccupazione per la salute e ritenuto causa prima di molte patologie considerate. Tuttavia la percentuale di popolazione che ritiene di essere a rischio per alcune malattie che vedono l'ambiente come causa scatenante o aggravante, non è maggiore di quella che non ritiene di essere a rischio nel proprio ambiente di vita; anche se nella zona di residenza ASL TO3 il grado di preoccupazione risulta più elevato.

La domanda successiva è relativa ai 'pericoli' di tipo ambientale, per verificare in che misura ogni intervistato si senta esposto a ciascuno di essi (tabella 3.31). Gli eventi pericolosi di interesse sono stati distinti in naturali (inondazioni, fenomeni meteorologici gravi, terremoti, etc.) e antropici (rumore, trasporto di materiale pericoloso, rifiuti, inquinamento, industrie pericolose, incendi, etc). Per ogni evento è stato chiesto di esprimere un giudizio in termini di preoccupazione (tantissimo, molto, poco, per niente, non so). Considerando la frequenza delle risposte 'tanto' o 'molto' i pericoli naturali preoccupano meno di quelli di causa antropica e per quanto riguarda quest'ultimi la maggiore preoccupazione è riferita all'inquinamento atmosferico, seguito dall'inquinamento delle acque potabili, dalla gestione dei rifiuti e dagli incidenti nucleari. Il pericolo legato alla presenza sul territorio di attività definite antropiche, soprattutto legate all'industria, è percepito come prevalente e maggiore di quello provenienti dall'ambiente naturale. In generale la preoccupazione dei residenti è più evidente nell'area dell'ASL TO3.

E' stato, inoltre, chiesto se l'intervistato si ritiene sufficientemente informato sulla presenza di rischi ambientali nel territorio in cui vive (tabella 3.32). E' molto alta la percentuale

di risposte positive, più dell'80% del campione ritiene di essere sufficientemente, se non molto/tantissimo, informato. In merito a quali fonti di informazione sono utilizzate (tabella 3.33), emerge dalle risposte un ruolo predominante della televisione nazionale, oltre che di internet, mentre tv e giornali locali appaiono avere un ruolo minore. Emerge, inoltre, come una rilevante responsabilità di comunicazione delle informazioni sui rischi ambientali per la salute sia affidata al personale sanitario (tabella 3.34).

Nel complesso ciò che emerge dalla disamina delle risposte fornite è una differenza tra le valutazioni espresse dalla popolazione e quelle degli esperti nei vari campi (figura 5). Tale differenza indica la necessità di un maggiore sforzo da parte di varie istituzioni per informare con la massima correttezza i cittadini degli effetti di alcune esposizioni ambientali. In generale i rischi catastrofici, ma a bassissima probabilità di accadimento, sono particolarmente temuti, mentre rischi quotidiani ad altissima probabilità di accadimento (quali il rumore) e con effetti certi sulla salute della popolazione sono poco considerati e temuti.



Tab. 3.29. Quanto ritiene probabile che le seguenti malattie siano dovute all'inquinamento ambientale?

	resid T03					resid T01					totale			
	certo/ molto	media- mente	poco	non so		certo/ molto	media- mente	poco	non so		certo/ molto	media- mente	poco	non so
allergie	127 (64.1%)	49 (24,8%)	17 (8,6%)	5 (2,5%)		121 (62.0%)	45 (23.1%)	20 (10.3%)	9 (4.6%)		248 (63.1%)	94 (23.9%)	37 (9.4%)	14 (3.6%)
malattie respiratorie acute	141 (71.2%)	41 (20.7%)	10 (5.1%)	6 (3.0%)		129 (66.2%)	50 (25.6%)	11 (5.6%)	5 (2.6%)		270 (68.7%)	91 (23.2%)	21 (5.3%)	11 (2.8%)
malattie respiratorie croniche	125 (63.1%)	49 (24.7%)	14 (7.1%)	10 (5.1%)		115 (59.0%)	52 (26.7%)	21 (10.8%)	7 (3.5%)		240 (61.1%)	101 (25.7%)	35 (8.9%)	17 (4.3%)
danni temporanei ai diversi organi*	60 (30.3%)	66 (33.3%)	45 (22.7%)	27 (13.7%)		52 (26.7%)	67 (34.4%)	61 (31.3%)	15 (7.7%)		112 (28.5%)	133 (33.8%)	106 (27.0%)	42 (10.7%)
danni al fegato*	62 (31.3%)	54 (27.3%)	48 (24.2%)	34 (17.2%)		56 (28.7%)	42 (21.5%)	74 (38.0%)	23 (11.8%)		118 (30.0%)	96 (24.4%)	122 (31.1%)	57 (14.5%)
varie forme di cancro*	138 (69.7%)	47 (23.7%)	5 (2.5%)	8 (4.1%)		118 (60.5%)	49 (25.1%)	17 (8.7%)	11 (5.7%)		256 (65.2%)	96 (24.4%)	22 (5.6%)	19 (4.8%)
leucemia*	112 (56.6%)	40 (20.2%)	17 (8.6%)	29 (14.6%)		79 (40.5%)	57 (29.2%)	31 (15.9%)	28 (14.4%)		191 (48.6%)	97 (24.7%)	48 (12.2%)	57 (14.5%)
malformazioni congenite*	94 (47.4%)	37 (18.7%)	35 (17.7%)	32 (16.2%)		69 (35.4%)	39 (20.0%)	53 (27.2%)	34 (17.4%)		163 (41.5%)	76 (19.3%)	88 (22.4%)	66 (16.8%)

* test statistico significativo per le differenze tra residenti T03 e residenti T01

Tab. 3.30. Quanto ritiene probabile di essere a rischio per le seguenti malattie?

	resid T03					resid T01					totale			
	certo/ molto	media- mente	poco	non so		certo/ molto	media- mente	poco	non so		certo/ molto	media- mente	poco	non so
allergie*	80 (40.4%)	43 (21.7%)	65 (32.8%)	10 (5.1%)		47 (24.1%)	40 (20.5%)	100 (51.3%)	8 (4.1%)		127 (32.3%)	83 (21.1%)	165 (42.0%)	18 (4.6%)
malattie respiratorie acute*	72 (36.4%)	64 (32.3%)	55 (27.8%)	7 (3.5%)		41 (21.0%)	51 (26.2%)	94 (48.2%)	9 (4.62%)		113 (28.7%)	115 (29.3%)	149 (37.9%)	16 (4.1%)
malattie respiratorie croniche*	63 (31.8%)	61 (30.8%)	60 (30.3%)	14 (7.07%)		39 (20.0%)	50 (25.6%)	97 (49.7%)	9 (4.6%)		102 (25.9%)	111 (28.2%)	157 (40.0%)	23 (5.8%)
danni temporanei ai diversi organi*	42 (21.2%)	52 (26.3%)	76 (38.4%)	28 (14.1%)		11 (5.6%)	48 (24.6%)	118 (60.5%)	18 (9.2%)		53 (13.5%)	100 (25.5%)	194 (49.3%)	46 (11.7%)
danni al fegato*	49 (24.7%)	49 (24.7%)	79 (39.9%)	21 (10.6%)		15 (7.7%)	52 (26.7%)	109 (55.9%)	19 (9.7%)		64 (16.3%)	101 (25.7%)	118 (47.8%)	40 (10.2%)
varie forme di cancro*	91 (46.0%)	51 (25.8%)	45 (22.7%)	11 (5.6%)		25 (12.8%)	86 (44.1%)	71 (36.4%)	13 (6.7%)		116 (29.5%)	137 (34.9%)	116 (29.5%)	24 (6.1%)
leucemia*	69 (34.8%)	50 (25.2%)	55 (27.8%)	24 (12.1%)		14 (7.2%)	56 (28.7%)	105 (53.8%)	20 (10.3%)		83 (21.1%)	106 (27.0%)	160 (40.7%)	44 (11.2%)
malformazioni congenite*	48 (24.2%)	37 (18.7%)	74 (37.4%)	39 (19.7%)		7 (3.6%)	30 (15.4%)	112 (57.4%)	46 (23.6%)		55 (14.0%)	67 (17.0%)	186 (47.3%)	85 (21.6%)

* test statistico significativo per le differenze tra residenti T03 e residenti T01

Tab. 3.31. In che misura i seguenti eventi la preoccupano?

	resid T03					resid T01					totale			
	tanto/ molto	poco	per niente	non so		tanto/ molto	poco	per niente	non so		tanto/ molto	poco	per niente	non so
cause di origine naturale														
eventi meteorologici gravi*	94 (47.5%)	74 (37.4%)	27 (13.6%)	3 (1.5%)		61 (31.3%)	58 (29.7%)	75 (38.5%)	1 (0.5%)		155 (39.5%)	132 (33.6%)	102 (25.9%)	4 (1.0%)
terremoti*	114 (57.6%)	66 (33.3%)	18 (9.1%)	0 (0%)		79 (40.6%)	57 (29.2%)	56 (28.7%)	3 (1.5%)		183 (49.1%)	123 (31.3%)	74 (18.8%)	3 (0.8%)
inondazioni*	74 (37.4%)	83 (41.9%)	36 (18.2%)	5 (2.5%)		58 (29.8%)	63 (32.3%)	72 (36.9%)	2 (1.0%)		132 (33.5%)	146 (37.2%)	108 (27.5%)	7 (1.8%)
altro*	29 (14.6%)	51 (25.8%)	32 (16.2%)	86 (43.4%)		12 (6.2%)	29 (14.9%)	74 (37.9%)	80 (41.0%)		41 (10.4%)	80 (20.4%)	106 (27.0%)	166 (42.2%)
cause di origine antropica														
rumore	83 (42.0%)	85 (42.9%)	27 (13.6%)	3 (1.5%)		89 (45.6%)	69 (35.4%)	36 (18.5%)	1 (0.5%)		172 (43.8%)	154 (39.2%)	63 (16.0%)	4 (1.0%)
trasporto sostanze pericolose*	134 (67.6%)	52 (26.3%)	9 (4.6%)	3 (1.5%)		110 (56.5%)	49 (25.1%)	32 (16.4%)	4 (2.0%)		244 (62.1%)	101 (25.7%)	41 (10.4%)	7 (1.8%)
eventi nucleari*	152 (76.7%)	32 (16.2%)	11 (5.6%)	3 (1.5%)		132 (67.7%)	37 (19.0%)	25 (12.8%)	1 (0.5%)		284 (74.7%)	69 (17.6%)	36 (9.2%)	4 (1.0%)
gestione rifiuti*	160 (80.9%)	30 (15.1%)	4 (2.0%)	4 (2.0%)		134 (68.7%)	39 (20.0%)	21 (10.8%)	1 (0.5%)		294 (74.7%)	69 (17.6%)	25 (6.4%)	5 (1.3%)
inquinamento atmosferico*	173 (87.4%)	22 (11.1%)	2 (1.0%)	1 (0.5%)		151 (77.4%)	29 (14.9%)	14 (7.2%)	1 (0.5%)		324 (82.4%)	51 (13.0%)	16 (4.1%)	2 (0.5%)
incendi*	97 (49.0%)	75 (37.9%)	22 (11.1%)	4 (2.0%)		105 (53.9%)	57 (29.2%)	31 (15.9%)	2 (1.0%)		202 (51.4%)	132 (33.6%)	53 (13.5%)	6 (1.5%)
inquinamento acque potabili*	160 (80.9%)	29 (14.6%)	7 (3.5%)	2 (1.0%)		144 (73.9%)	34 (17.4%)	16 (8.2%)	1 (0.5%)		304 (77.5%)	63 (16.0%)	23 (5.8%)	3 (0.7%)
altro*	48 (24.3%)	25 (12.6%)	20 (10.1%)	105 (53.0%)		16 (8.2%)	24 (12.3%)	53 (27.2%)	102 (52.3%)		64 (16.2%)	49 (12.5%)	73 (18.6%)	207 (52.7%)

* test statistico significativo per le differenze tra residenti T03 e residenti T01

Tab. 3.32. Si ritiene informato sui rischi di tipo ambientale?

	resid T03	resid T01	totale
tantissimo	9 (4.6%)	4 (2.1%)	13 (3.3%)
molto	38 (19.2%)	50 (25.6%)	88 (22.4%)
sufficientemente	124 (62.6%)	99 (50.8%)	223 (56.7%)
per niente	26 (13.3%)	42 (21.5%)	68 (17.3%)
non so	1 (0.5%)	0 (0%)	1 (0.3%)

test statistico significativo per le differenze tra residenti T03 e residenti T01

Tab. 3.33. Quali fonti informative utilizza?

	resid T03	resid T01	totale
tv nazionale	102 (51.6%)	84 (43.1%)	186 (47.3%)
tv locali	14 (7.1%)	3 (1.5%)	17 (4.3%)
giornali locali	20 (10.1%)	49 (25.1%)	69 (17.6%)
internet	60 (30.3%)	56 (28.7%)	116 (29.6%)
altro	2 (1.0%)	3 (1.5%)	5 (1.3%)

test statistico significativo per le differenze tra residenti T03 e residenti T01

Tab. 3.34. Quali, secondo lei, sono i soggetti più affidabili per fornire informazioni?

	resid T03	resid T01	totale
istituzioni e enti locali (Provincia, Comuni, etc.)	41 (20.7%)	56 (28.7%)	97 (24.7%)
personale sanitario	83 (41.9%)	69 (35.4%)	152 (38.7%)
associazioni ambientaliste	46 (23.25)	61 (31.3%)	107 (27.2%)
altro	28 (14.1%)	9 (4.6%)	37 (9.4%)

test statistico significativo per le differenze tra residenti T03 e residenti T01

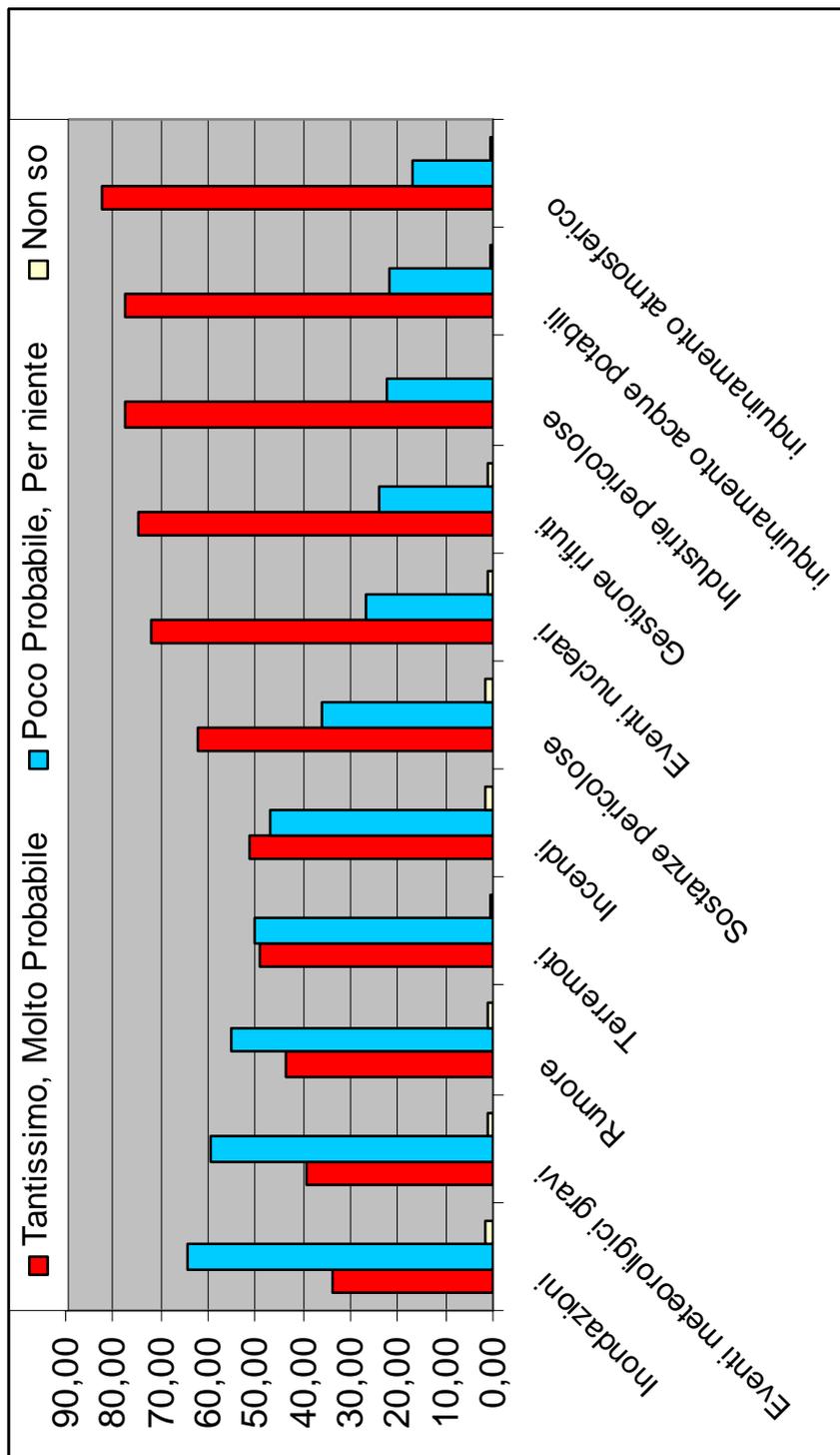


Fig. 5. Quali eventi la preoccupano o disturbano maggiormente?



3.4. Gli allevatori

I composti organo-alogenati derivanti dal processo di combustione degli inceneritori (PCB e diossine) sono altamente lipofili e si bio-accumulano nella catena alimentare concentrandosi nel tessuto adiposo degli animali e dell'uomo. Il consumo di alimenti di origine animale rappresenta la principale via di contaminazione per l'uomo. Gli allevatori che gestiscono le aziende presenti nell'area limitrofa al termovalorizzatore, per la tendenza a consumare i prodotti del proprio lavoro, possono essere considerati a maggior esposizione potenziale. Per tale ragione le attività di biomonitoraggio previste per i residenti sono state proposte a ulteriori 20 persone, campionate tra gli allevatori che gestiscono le aziende situate nella zona.

Dall'anagrafe veterinaria disponibile in Regione Piemonte (ARVET) sono stati selezionati, georeferenziati e mappati gli allevamenti presenti in un'area di 5 km intorno all'inceneritore. Sono stati esclusi gli allevamenti suini, equini, di conigli e di asini. È stata esclusa l'Università di Torino che, pur essendo situata nella zona di massima ricaduta, probabilmente non è soggetta a consumo diretto dei prodotti. Nella mappa sono riportate con colori diversi, le aree di ricaduta nelle zone circostanti l'inceneritore (rappresentato con un cerchio rosso). In viola sono rappresentati gli allevamenti presenti in ARVET e, in verde, i 20 allevamenti selezionati per il biomonitoraggio, tra cui sette già oggetto di biomonitoraggio su matrici alimentari da parte del servizio veterinario area C di Rivoli. Sono stati individuati altri 5 allevamenti da contattare nel caso in cui uno dei primi 20 selezionati rifiutasse di partecipare al programma.

I 25 allevamenti selezionati sono situati nei comuni di Beinasco, Grugliasco, Orbassano, Rivalta e Rivoli. Di questi, 4 non sono stati considerati in fase di arruolamento: 2 persone decedute e 2 aziende per le quali, per errori anagrafici, non è stato possibile risalire ai titolari. 13 allevatori hanno accettato di partecipare allo studio e sono stati convocati tra il 21 e il 28 giugno 2013 per effettuare i prelievi al poliambulatorio di Grugliasco (TO).

Tutti gli allevatori partecipanti al programma sono stati intervistati utilizzando lo stesso questionario preparato per i residenti. È stata aggiunta una domanda che indagava l'autoconsumo di prodotti animali come carne, uova, latte e derivati. In collaborazione con

l'istituto zooprofilattico e con i servizi veterinari dell'ASL T03, le aziende saranno oggetto di un'indagine ad hoc al fine di classificarle in base al tipo di alimentazione animale.

Tutte le tabelle descrittive sono riportate in allegato B.

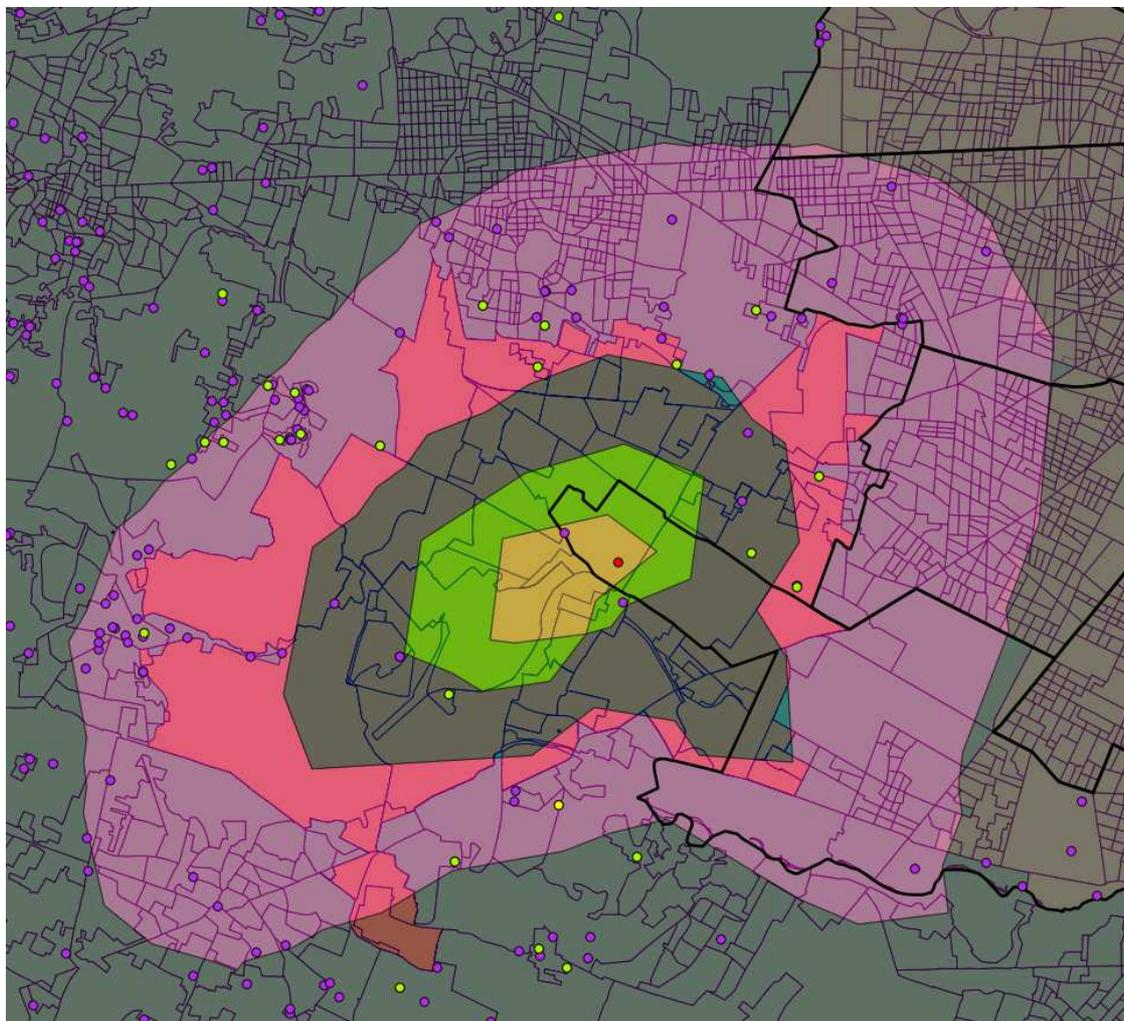


Fig. 6 Aree di ricaduta nelle zone circostanti l'inceneritore (rappresentato con un cerchio rosso). In viola sono rappresentati gli allevamenti presenti in ARVET e in verde gli allevamenti selezionati per il monitoraggio biologico.

3.4.1. Descrizione generale e stato di salute

Complessivamente hanno acconsentito a partecipare al programma 13 allevatori. Le analisi seguenti riguardano tuttavia 14 persone dal momento che un ulteriore allevatore, la cui azienda agricola è compresa nel raggio di 5 Km intorno all'inceneritore, era stato selezionato tra i residenti. Tutti i soggetti sono di sesso maschile; l'età media è superiore (52,5 anni) rispetto a lavoratori e residenti. In base alle risposte fornite al questionario, solo 5 soggetti (pari al 36% degli allevatori partecipanti) risultano fumatori (sono stati classificati come fumatori

coloro che hanno dichiarato di fumare attualmente o di aver smesso di fumare da meno di due anni). Tre allevatori (21% del totale) hanno dichiarato di consumare alcool (è definito esposto all'alcool un soggetto che assume più di 24 grammi di etanolo al giorno stimati sulla base delle quantità di vino, super alcolici e birra bevuti).

Quasi tutti gli allevatori (n=13) coinvolti nello studio di biomonitoraggio riferiscono all'intervista di avere un buono stato di salute (punteggio >7 su una scala da 1 a 10). Questo giudizio è confermato dai risultati delle analisi: in media nessuno tra i parametri ematochimici ed urinari misurati risulta fuori norma. Alcune persone presentano singoli parametri al di sopra o al di sotto dei valori di norma: la valutazione di tali risultati è ovviamente affidata al medico di medicina generale. La mediana del punteggio del rischio cardiovascolare* è 2,95%, inferiore a quello calcolato sui residenti di sesso maschile (3,4%).

Sei persone dichiarano di essere affetti da una o più patologie pregresse. Tre soggetti dichiarano di essere ipertesi in terapia farmacologica; le misurazioni effettuate nel corso dello studio hanno individuato altri tre soggetti con una pressione sistolica superiore a 140 mmHg o diastolica superiore a 90 mmHg. Due soggetti dichiarano di essere in terapia ipocolesterolemizzante ed uno in terapia antidiabetica.

In media la funzionalità respiratoria risulta nella norma; inoltre non emergono differenze stratificando per abitudine al fumo autoriferita. Nessun allevatore riferisce patologie respiratorie (asma, enfisema, bronchite, broncopneumopatie croniche ostruttive) all'anamnesi. La funzionalità respiratoria è stata misurata tramite spirometria eseguita con uno spirometro portatile da personale individuato ad hoc dalla scuola di specializzazione in malattie dell'apparato respiratorio – Ospedale S. Luigi Gonzaga - dell'Università di Torino.

3.4.2. Risultati analitici: metalli nelle urine e piombo ematico

La tabella 3.34 riporta le statistiche descrittive relative ai 18 metalli determinati nelle urine (corretti per peso specifico dell'urina) e al piombo ematico, senza esclusione dei valori estremi. Sulla base della distribuzione dei parametri nel gruppo dei 14 allevatori sono stati calcolati: media, deviazione standard, mediana, valore minimo, valore massimo, range minimo-massimo. In un caso il parametro è al di sotto della soglia di rilevabilità dello strumento (LOQ): seguendo le indicazioni dell'Istituto Superiore di Sanità, per le analisi statistiche è stato sostituito con un valore pari alla metà del LOQ (LOQ/2)⁴². In 7 casi (pari al 2,8% delle determinazioni urinarie effettuate) le determinazioni urinarie si presentano come valori

statistici estremi rispetto alla distribuzione, influenzando molto il calcolo della media. Per tale ragione le statistiche descrittive sono state ricalcolate escludendo tali valori (tabella 29 dell'appendice B). Come già riportato nei paragrafi successivi, definiamo estremo un valore che è al di sotto di $Q1-3(Q3-Q1)$ o al di sopra di $Q3+3(Q3-Q1)$. La tabella 30 dell'appendice B riassume il numero di soggetti con valori outlier o estremi. I valori mediani sono stati confrontati con quelli rilevati

I valori mediani dei metalli urinari determinati negli allevatori sono stati confrontati con quelli riscontrati nei residenti maschi: per la maggior parte dei metalli non si rilevano differenze. Valori più elevati in modo statisticamente significativo ($p=0,031$) si riscontrano per lo zinco. Per la maggior parte dei metalli (antimonio, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, iridio, rame, manganese, mercurio, nichel, platino, stagno, vanadio, zinco) le mediane calcolate sono paragonabili ai valori riscontrati in altri studi condotti su popolazione generale italiana². Per alcuni metalli (palladio e rodio) i valori mediani superano i dati medi di popolazione generale italiana²⁹. Questi due metalli si trovano nelle marmitte catalitiche pertanto i loro livelli possono essere considerati indicatori di esposizione a traffico veicolare. Anche il tallio presenta un valore mediano superiore al dato medio di popolazione generale italiana⁴³. L'esposizione al Tallio si verifica principalmente attraverso i processi industriali che comportano combustione del carbone e le fonderie.

Il piombo ematico presenta valori più elevati rispetto ai residenti (mediana: 32,03; mediana residenti totali maschi senza esclusione dei valori estremi: 21,77) anche se la differenza non raggiunge la significatività statistica. Questo è legato probabilmente all'età più anziana del gruppo di allevatori: lo studio PROBE⁴⁰ ha segnalato un aumento della concentrazione con l'aumentare dell'età. I valori sono confrontabili con il 75° percentile dei soggetti maschi considerati nello stesso studio. La popolazione generale è esposta al Pb attraverso il suolo, la polvere domestica, l'aria, il consumo di alimenti e l'acqua potabile. Tale metallo ha un'ampia distribuzione ambientale dovuta all'uso storico di carburanti che lo contenevano.

Tab. 3.34. Distribuzione dei metalli nelle urine e piombo ematico senza esclusione dei valori estremi*; allevatori.

<i>Parametro</i>	<i>Media</i>	<i>Std Dev</i>	<i>Mediana</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>Range</i>
<i>Antimonio µg/L</i>	0.09	0.06	0.10	0.01	0.22	0.21
<i>Arsenico µg/L</i>	38.02	80.05	13.00	5.22	313.375	308.15
<i>Berillio µg/L</i>	0.19	0.19	0.15	0.02	0.79	0.77
<i>Cadmio µg/L</i>	0.89	0.50	0.82	0.10	2.12	2.02
<i>Cobalto µg/L</i>	0.20	0.11	0.19	0.06	0.47	0.41
<i>Cromo µg/L</i>	0.23	0.16	0.19	0.08	0.67	0.59
<i>Iridio ng/L</i>	2.33	1.30	2.17	0.60	4.60	4.00
<i>Manganese µg/L</i>	0.18	0.08	0.16	0.12	0.44	0.32
<i>Mercurio µg/L</i>	2.28	1.94	1.68	0.80	8.18	7.38
<i>Nichel µg/L</i>	0.84	0.51	0.84	0.16	1.94	1.78
<i>Palladio ng/L</i>	20.39	10.43	17.60	10.01	42.73	32.72
<i>Platino ng/L</i>	5.37	4.86	3.06	1.81	17.45	15.64
<i>Rame µg/L</i>	15.37	10.56	11.58	5.73	47.31	41.58
<i>Rodio ng/L</i>	27.75	21.72	19.22	7.87	78.44	70.57
<i>Stagno µg/L</i>	0.82	0.56	0.64	0.26	2.18	1.92
<i>Tallio µg/L</i>	0.25	0.08	0.24	0.13	0.43	0.30
<i>Vanadio µg/L</i>	0.04	0.03	0.03	0.01	0.10	0.09
<i>Zinco µg/L</i>	720.13	548.11	569.89	245.53	2400.31	2154.78
<i>Piombo µg/L</i>	29.06	15.09	32.03	8.62	53.27	44.65

* i valori sotto la soglia di rilevabilità sono posti uguali alla metà del valore soglia

4. Biomonitoraggio umano nei lavoratori

4.1. I lavoratori addetti all'impianto

A regime il personale di TRM conterà complessivamente di circa 70 persone. Nella documentazione ad oggi fornita, è prevista la possibilità di contatto con sostanze pericolose per circa 15 lavoratori; inoltre è attesa la presenza saltuaria in impianto per circa 30 lavoratori e lavoro d'ufficio per circa 26 impiegati. È previsto che la manutenzione dell'impianto, di norma annuale e della durata di 40 giorni circa, avvenga con l'ausilio di imprese specializzate in subappalto.

La realizzazione del termovalorizzatore è stata affidata dal committente TRM, tramite una gara di appalto, all'Associazione Temporanea di Imprese (A.T.I.) composta da CNIM S.A. , UNIECO Soc. Coop. e COOPSETTE Soc. Coop. A sua volta l'Appaltatore (CNIM) ha subappaltato alcune lavorazioni ad altre imprese. In particolare, l'attività di Commissioning è stata affidata a Powertech. che ha messo in campo 42 addetti, di cui 24 risultano ancora attivi a dicembre 2013., 2 sono stati sostituiti da altro personale Powertech e 1 da personale CNIM.

Al momento sono state raccolte informazioni per un totale di 59 lavoratori: 18 lavoratori TRM; 36 lavoratori Powertech; 5 lavoratori UNIECO (azienda che si occupa principalmente della sezione di produzione di energia, trasporto materiali solidi, e impiantistica elettrica). Undici lavoratori hanno già terminato il rapporto di lavoro: 2 di UNIECO (impiegati) e 9 di POWERTECH (4 impiegati e 5 operai). Non si hanno informazioni relative ai lavoratori della CNIM.

Nel 2013 i lavoratori di TRM occupano le posizioni direttive e alcune posizioni impiegatizie, mentre gli operai appartengono tutti alla ditta POWERTECH.

I 27 operai POWERTECH svolgono diverse mansioni e sono così suddivisi:

- 5 operatori DCS (acronimo inglese per "sistemi di controllo distribuito")
- 10 operatori esterni
- 2 addetti scorie/ceneri
- 5 addetti carroponte
- 3 addetti pala meccanica-avanfossa
- per 2 operai non è disponibile l'informazione sulla mansione

I 9 impiegati POWERTECH sono così suddivisi:

- 1 Direttore tecnico cantiere
- 1 HSE supervisor
- 1 Commissioning manager
- 1 Commissioning assistant
- 5 capoturno

4.2. L'esposizione

4.2.1. L'impianto

L'impianto di termovalorizzazione si compone di un edificio principale e di una serie di edifici accessori al suo corretto funzionamento. Nelle sue componenti basilari, l'impianto è costituito da:

- una **fossa di accumulo**, in depressione, dove vengono scaricati i rifiuti trasportati dai camion; delle benne (teleguidate da un gruista posto all'interno di un'apposita cabina) provvedono ad una miscelazione costante al fine di ottimizzare la composizione del combustibile e tre tramogge di carico spingono il rifiuto sulle griglie di combustione;
- un **impianto di combustione** operante su tre griglie inclinate, di tipo "mobile" per consentire il continuo rimestamento del rifiuto anche in fase di combustione. Il rifiuto permane in fornace per un periodo compreso tra 30 minuti-1 ora. La post-combustione avviene per almeno due secondi ad una temperatura superiore a 850°C. L'impianto è progettato per smaltire 22,5 t/h ogni linea;
- una **sezione di recupero termico** mediante caldaie a recupero per produzione di vapore surriscaldato, operanti su tre linee in parallelo (una per ciascuna linea di incenerimento); il **ciclo termico** produce energia elettrica e vapore di cogenerazione per uso teleriscaldamento;
- un **sistema di trattamento fumi** per ciascuna linea di termovalorizzazione, necessario per ridurre le concentrazioni di inquinanti presenti nei fumi di combustione dei rifiuti. Come mostrato in figura 6 i fumi vengono prima "depolverati" attraverso un elettrofiltro; un reattore a secco provvede all'abbattimento della maggior parte dei gas acidi, delle diossine, dei furani e dei metalli pesanti grazie all'immissione ed al mescolamento nei fumi di bicarbonato di sodio e carbone attivo in forma di polvere. I prodotti solidi non

trattenuti dall'elettrofiltro e i prodotti sodici residui (PSR), formati nel reattore a secco, sono rimossi da un filtro a maniche. La pulizia delle maniche avviene con cadenza periodica, durante il servizio, tramite impulsi d'aria compressa in contropressione, che scuotendo le maniche, fanno cadere le polveri depositate sulla loro superficie nelle sottostanti tramogge. L'ultimo stadio di depurazione prevede l'ingresso dei fumi in un reattore catalitico per l'abbattimento degli ossidi di azoto. Al termine del percorso, i fumi depurati di ciascuna linea vengono inviati alla rispettiva canna fumaria di espulsione;

- un **camino** progettato per convogliare le tre canne fumarie delle tre linee di termovalorizzazione. Ciascuna canna risale il camino in modo indipendente e consente l'evacuazione dei fumi in atmosfera ad una temperatura di circa 120°C ad una quota di 120 metri.

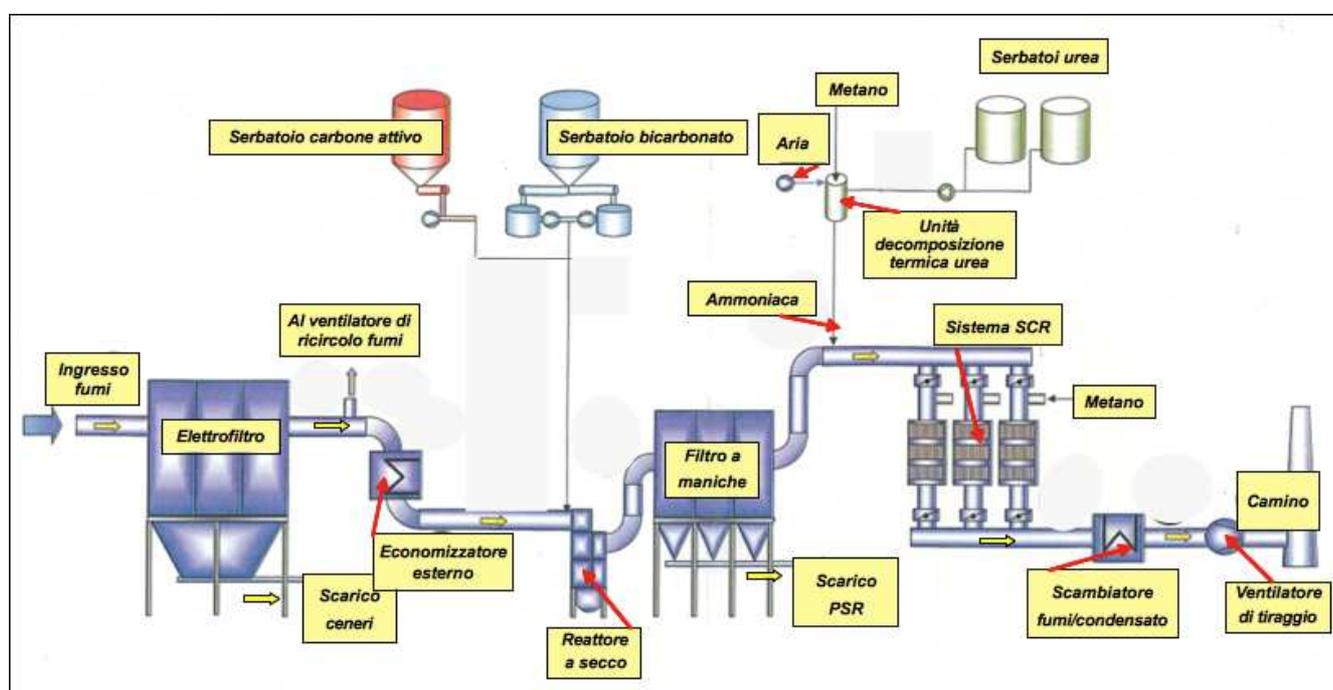


Fig. 6 Schema dell'impianto di trattamento fumi (tratto dal sito www.trm.it)

E' stato previsto un sistema di monitoraggio delle emissioni aeriformi complementare a quanto prescritto dalla normativa e che si compone di:

- un sistema di controllo e monitoraggio in continuo dei macroinquinanti in ingresso alla linea di trattamento;
- due serie gemelle di analizzatori al camino per ciascuna linea di trattamento;
- un sistema di monitoraggio in continuo del mercurio;
- un sistema di campionamento permanente dei microinquinanti organici.

Al termine del processo di incenerimento, le scorie, previo recupero dei metalli e delle ceneri, e dopo inertizzazione, vengono conferite in discariche speciali. La quantità di rifiuto residuo post-incenerimento è di circa il 25% del rifiuto iniziale.

4.2.2. Il monitoraggio indoor

Per meglio descrivere l'esposizione cui sono sottoposti i lavoratori dell'impianto, in collaborazione con la struttura Rischio Industriale e Igiene Industriale di ARPA Piemonte, si è ritenuto utile effettuare un monitoraggio negli ambienti di lavoro del termovalorizzatore. Lo scopo principale è di verificare la necessità di un follow up intermedio per il biomonitoraggio di alcuni inquinanti (diossine, PBC e IPA).

La prima campagna di campionamento è stata effettuata prima dell'avvio dell'incenerimento ed è prevista la ripetizione delle determinazioni ad 1 e 3 anni dall'entrata in funzione.

Gli agenti chimici che si è scelto di monitorare sono:

- idrocarburi policiclici aromatici (IPA), sostanze organiche volatili (SOV) e metalli pesanti, con campionatori personali;
- microinquinanti clorurati (PCB, diossine) campionati con prelievi ambientali a postazione fissa.

Entrambi i campionamenti hanno avuto durata corrispondente all'intero turno lavorativo.

La scelta delle postazioni oggetto di monitoraggio prende spunto dalla documentazione fornita da TRM, che illustra il processo di lavorazione dell'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti e descrive le mansioni dei lavoratori. Secondo tale documentazione, i lavoratori sono suddivisi secondo tre principali categorie di contatto con gli agenti chimici presenti nei rifiuti:

- Contatto con sostanze pericolose e/o rifiuti;
- Presenza in aree impianti;
- Altri.

Al termine del primo ciclo di follow-up, sulla base dei risultati dei monitoraggi ambientali, sarà valutata in itinere l'opportunità di modificare l'elenco dei biomarcatori o di sospendere il BMU.

Le analisi condotte nei mesi di aprile e giugno 2013, non hanno evidenziato la presenza ambientale di metalli, idrocarburi policiclici aromatici e composti organici volatili (COV). Il polo microinquinanti dell'ARPA ha effettuato anche misurazioni di policlorobifenili (PCB) e diossine in due postazioni situate all'interno dell'impianto (zona gruista/sala controllo; area sili di

stoccaggio reagenti chimici). Le misurazioni in ambiente di lavoro sono state confrontate con gli esiti analitici della determinazione di PCDD/DF e PCB realizzata sulla medesima tipologia di campione prelevato nel corso del mese di marzo presso la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria situata in Via Aldo Mei a Beinasco. La sommatoria di diossine totali e PCB dioxin like determinata nelle due postazioni interne all'impianto risulta inferiore a quella misurata nella stazione Aldo Mei e tutte sono inferiori al livello massimo pari a 120 fg TEQ-WHO1998/m³ indicato dalla Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale (ISS 1998).

4.3. Il disegno di studio

Il programma di biomonitoraggio è stato disegnato in modo analogo a quello effettuato sulla popolazione residente.

Il progetto prevede il coinvolgimento di 3 diversi gruppi di lavoratori:

- A)** lavoratori addetti all'avviamento del termovalorizzatore e con attività continuativa in impianto per un periodo superiore a un mese;
 - Valutazione ex ante (tempo T0): aprile-giugno 2013
 - Valutazione ex post (tempo T1): dopo 1 anno dall'entrata in funzione dell'impianto

- B)** lavoratori addetti alla conduzione a regime dell'impianto (previsti 70 soggetti, per 15 dei quali è possibile il contatto con sostanze pericolose);
 - Valutazione ex ante (tempo T0): aprile 2013 – fino a termine delle assunzioni
 - Valutazione ex post (tempo T1): dopo 1 anno dall'entrata in funzione dell'impianto
 - Valutazione ex post (tempo T2): aprile-giugno 2016

- C)** lavoratori addetti alla manutenzione annuale del termovalorizzatore (previsti 10 soggetti);

Tale gruppo di lavoratori verrà valutato una tantum al momento dell'entrata a regime del termovalorizzatore, attuando un monitoraggio in fase pre e post manutenzione

Nel dettaglio le determinazioni biologiche riguardano:

- metalli pesanti: per i gruppi A, B e C nelle urine si determinano Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Iridio, Manganese, Mercurio, Nichel, Palladio, Platino, Rame, Rodio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco; Piombo nel sangue

- composti organici clorurati: per i gruppi A e B (limitatamente ai soggetti per i quali è previsto il contatto con sostanze pericolose) si determinano nel sangue le diossine, i PCB totali, i PCB diossino simili e i PCB non diossino simili
- idrocarburi policiclici aromatici – IPA: per i gruppi A, B e C, si determinano nelle urine si determinano i metaboliti idrossilati di: 1-idrossinaftalene, 2-idrossinaftalene, 2-idrossifluorene, 3-idrossifluorene, 9-idrossifluorene, 1-idrossifenantrene, 2-idrossifenantrene, 3-idrossifenantrene, 4-idrossifenantrene, 1-idrossipirene

Gli esami emato-chimici generali relativi alla funzionalità endocrina, la valutazione della funzionalità respiratoria e l'esame urine completo, sono effettuate su tutti e 3 i gruppi.

Una parte dei campioni prelevati è conservata in una banca di campioni biologici dell'Istituto Superiore di Sanità in modo da consentire eventuali approfondimenti futuri.

4.4. L'adesione al programma

Contestualmente ai residenti, sono stati arruolati per il biomonitoraggio, anche i lavoratori. A giugno 2013, erano presenti nell'impianto 54 lavoratori, 18 dipendenti TRM e 36 di imprese in subappalto incaricate delle procedure di avvio dell'inceneritore. Per ragioni di fattibilità, sulla base delle dichiarazioni di TRM, il progetto prevedeva di coinvolgere solo 12 lavoratori delle imprese in subappalto impegnate nella fase di avvio. Per individuare tali lavoratori è stata operata una scelta, con la collaborazione della Struttura Igiene Industriale dell'ARPA che ha condotto i campionamenti dell'aria in ambiente di lavoro. Partendo dai documenti forniti dalle ditte incaricate dell'avviamento sono state selezionate le mansioni che risultano potenzialmente più esposte ai rischi derivanti da esposizioni a polveri e fumi con possibili danni all'apparato respiratorio: addetto carroponete, operatore esterno, operatori avanfossa, addetto scorie/ceneri, capo turno. Si è inoltre deciso di considerare anche gli operatori DCS (sistema di controllo distribuito) perché facenti parte delle squadre di lavoro insieme alle mansioni sopracitate.

Per ciascuna mansione è stato chiesto al Commissioning Manager di Powertech di individuare due persone da invitare al programma di biomonitoraggio.

I 12 lavoratori in subappalto hanno effettuato i prelievi al poliambulatorio specialistico di Grugliasco il 25-26 giugno 2013. Per uno dei lavoratori non è stato possibile compilare il questionario per problemi linguistici; sono però stati raccolti i dati anagrafici di base ed è stato fatto il prelievo di sangue per l'analisi.

Ai lavoratori delle ditte in subappalto, si aggiungeranno, mano a mano che si procederà con le assunzioni da parte di TRM, nuovi soggetti che andranno ad implementare la coorte selezionata per il biomonitoraggio. Le prime assunzioni di lavoratori con mansioni operative sull'impianto avverranno nel mese di gennaio 2014.

I 18 lavoratori TRM, tutti con mansioni di dirigenza o amministrative, sono stati invitati a partecipare al programma di biomonitoraggio dall'ufficio Personale dell'azienda e, se necessario, successivamente contattati dal coordinamento SPoTT. 11 persone hanno accettato di partecipare al biomonitoraggio, mentre sette lavoratori invitati hanno rifiutato di partecipare. I motivi di rifiuto sono legati a motivazioni strettamente personali (per lo più legati all'entità del prelievo o a motivazioni pratiche di gestione orario). I prelievi sono stati effettuati presso il poliambulatorio di via Farinelli a Torino tra il 19 e il 21 giugno 2013.

In totale hanno partecipato al programma di biomonitoraggio 23 lavoratori (17 maschi e 6 femmine). In tabella 4.1 si riporta una sintesi dell'arruolamento dei lavoratori.

Tab 4.1. Partecipazione alla fase di biomonitoraggio

Partecipazione	Dipendenti TRM	Dipendenti ditta in sub-appaltato	Totale
Questionario e prelievo	11 (60%)	11 (92%)	22 (74%)
Solo prelievo	0	1 (8%)	1 (3%)
Rifiuto	7 (40%)	0	7 (23%)
Totale soggetti	18 (100%)	12 (100%)	30 (100%)

Le procedure sono le stesse utilizzate per i residenti descritte al capitolo precedente.

4.5. Primi risultati

4.5.1. Metodologia

I lavoratori sono stati sistematicamente stratificati in due grosse categorie: personale amministrativo e dirigenziale (NE: non esposti); personale addetto alle linee (PE: potenzialmente esposti).

Per quanto riguarda le variabili qualitative sono state riportate le distribuzioni di frequenza e le percentuali suddivise nei due gruppi.

Per quanto riguarda le variabili quantitative sono stati calcolati: la media, la deviazione standard, la mediana, il minimo, il massimo ed il range. In particolare per i parametri ematochimici, renali, epatici ed ormonali, per cui sono disponibili degli intervalli di normalità, sono stati calcolati il numero e la percentuale di soggetti con valori al di fuori della norma.

I metalli urinari sono stati corretti per il peso specifico dell'urina, sono stati identificati i valori estremi e outlier sul totale dei lavoratori. E' considerato outlier un valore che è al di sotto di $Q_1 - 1.5(Q_3 - Q_1)$ o al di sopra di $Q_3 + 1.5(Q_3 - Q_1)$; è considerato estremo un valore che è al di sotto di $Q_1 - 3(Q_3 - Q_1)$ o al di sopra di $Q_3 + 3(Q_3 - Q_1)$.

In due casi il valore del parametro era al di sotto della soglia di rilevabilità dello strumento (LOQ): seguendo le indicazioni dell'Istituto Superiore di Sanità⁴¹, per le analisi statistiche è stato sostituito con un valore pari alla metà del LOQ (LOQ/2). Le distribuzioni dei metalli sono state calcolate sia sul totale dei valori, sia escludendo i valori estremi.

Data la bassa numerosità, per confrontare i due gruppi di lavoratori per i parametri ematochimici, spirometrici e per i metalli è stato utilizzato il test non parametrico di Wilcoxon Mann-Whitney. E' stata considerata un'ipotesi alternativa del test bilaterale e il livello di significatività è stato fissato al 5%.

L'ultima parte del questionario relativa alla percezione del rischio prevedeva per ogni domanda, cinque risposte in forma chiusa. Le risposte sono state raggruppate in due categorie: molto probabile (certo o molto probabile) vs poco probabile (mediamente probabile, poco probabile o non so); alta preoccupazione (tantissimo o molto) vs bassa preoccupazione (poco, per niente, o non so).

Le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il software SAS 9.2.

4.5.2. Descrizione generale dei lavoratori coinvolti

Nei paragrafi che seguono sono descritti e commentati i principali risultati riguardanti lo stato di salute generale e i livelli di accumulo di metalli prima dell'avvio dell'impianto. In appendice C sono riportate tutte le tabelle descrittive prodotte.

I risultati presentati in questo report riguardano 23 lavoratori presenti in impianto a giugno 2013. Tutti i lavoratori che saranno assunti nel corso dell'anno di avvio dell'impianto saranno sottoposti a biomonitoraggio e concorreranno a definire i livelli medi e mediani al tempo T0. I valori riportati in questo report sono dunque da considerarsi preliminari.

I 12 lavoratori addetti alla fase di avvio sono stati individuati tra coloro che svolgevano le mansioni potenzialmente più esposte: addetto carroponete, operatore esterno, addetto pala meccanica, addetto scorie/ceneri, operatore DCS, capo turno.

Nessun lavoratore abita nella zona di esposizione in base ai modelli previsionali. I lavoratori coinvolti non hanno mai lavorato prima in un impianto di incenerimento di rifiuti. Nel passato 4 persone hanno ricoperto mansioni all'interno del comparto metalmeccanico che potrebbero aver determinato esposizioni professionali alle sostanze incluse nel programma SPoTT, in particolare ai metalli.

I soggetti PE sono tutti maschi ed hanno un'età media superiore (46,7) ai colleghi NE (41,27).

Le informazioni sull'abitudine al fumo ed il consumo di alcool, sono state raccolte tramite questionario.

Per quel che riguarda il fumo (tabella 4.2), i soggetti sono stati classificati in due categorie: fumatori (fumano attualmente o hanno smesso di fumare da meno di due anni) e non fumatori (non hanno mai fumato o hanno fumato ma smesso da più di due anni). In totale il 50% dei soggetti risultano fumatori, con una frequenza maggiore nei PE (73%).

Tab 4.2. Distribuzione soggetti per abitudine al fumo

	Fumatore	Non fumatore	Totale
PE	8 (73%)	3 (27%)	11
NE	3 (27%)	8 (73%)	11
Totale	11 (50%)	11 (50%)	22

Il consumo di alcool (tabella 4.3) è stato misurato in termini di grammi di etanolo giornalieri, stimati sulla base delle quantità di vino, super alcolici e birra bevuti. E' stato definito non esposto all'alcool un soggetto che assume meno di 24 grammi di etanolo al giorno (corrispondenti a due unità alcoliche); viceversa è definito esposto all'alcool un soggetto che assume più di 24 grammi di etanolo al giorno. Purtroppo un errore nella registrazione della risposta relativa al consumo di birra ha portato a sottostimare i grammi giornalieri, per cui solo 3 lavoratori PE risultano esposti.

Tab 4.3. Distribuzione soggetti per consumo di alcool

	Esposto alcool	Non esposto alcool	Totale
PE	3 (27%)	8 (73%)	11
NE	0 (0%)	11 (100%)	11
Totale	3 (14%)	19 (86%)	22

4.5.3. Stato di salute generale

I lavoratori coinvolti nello studio di biomonitoraggio hanno un buono stato di salute generale. Diciassette lavoratori su 22 (77%) riferiscono all'intervista di avere un buono stato di salute (punteggio maggiore di 7 su una scala da 1 a 10) e in media nessuno tra i parametri ematochimici ed urinari misurati risulta fuori norma. Il punteggio relativo al rischio cardiovascolare è calcolato in termini di probabilità di avere un primo evento cardiovascolare nei 10 anni successivi secondo: età, sesso, fumo di sigaretta, pressione sistolica, colesterolemia totale, HDL, diabete/glicemia, farmaci per l'ipertensione. La mediana del punteggio è 2,05% nei lavoratori PE e 0,80% nei lavoratori NE, differenza probabilmente ascrivibile al fatto che l'età dei lavoratori PE è mediamente più alta rispetto a quella dei lavoratori NE, così come la proporzione di fumatori.

Rispetto alle patologie riferite:

- 11 soggetti dichiarano di aver sofferto di una o più patologie pregresse
- 7 soggetti dichiarano di avere avuto una diagnosi di colesterolo alto
- 4 soggetti risultano ipertesi (con valori di pressione diastolica e/o sistolica superiori alla norma o con valori normali ma in trattamento farmacologico).

In tabella 4.4 sono riportati i principali risultati riguardanti i parametri ormonali, urinari e di funzionalità epatica. La media dei valori risulta sempre nella norma. Alcune persone hanno singoli parametri al di sopra o al di sotto dei valori di norma: la valutazione di tali risultati è ovviamente affidata al medico di medicina generale.

Per quanto riguarda i parametri ormonali i lavoratori NE hanno valori di ACTH e cortisolo inferiori rispetto ai lavoratori PE in modo statisticamente significativo. Nessuno dei parametri renali risulta significativamente differente tra i due gruppi.

Tra i parametri epatici, invece, risultano significative le differenze nei valori di GPT (Alanina transaminasi) e gGT (Gammaglutamiltranspeptidasi), entrambi superiori tra i lavoratori PE.

Tab 4.4. Parametri ormonali, renali ed epatici, media (dev. std) e mediana

Parametro	PE		NE		Totale lavoratori		Residenti	
	Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana
FT3	3,6 (0,35)	3,51	3,25 (0,41)	3,31	3,43 (0,41)	3,41	3,18 (0,36)	3,17
FT4	1,25 (0,15)	1,24	1,34 (0,16)	1,37	1,29 (0,16)	1,31	1,1 (0,2)	1,09
TSH	1,09 (0,50)	0,92	1,20 (0,64)	1,31	1,15 (0,56)	1,18	1,8 (3,0)	1,4
ACTH*	24,7 (14,58)	20,75	12,05 (6,44)	10,80	18,65 (12,91)	14,9	20,8 (16,3)	16,3
Cortisolo*	151,6 (40,11)	155,0	103,56 (31,65)	92,6	128,65 (43,16)	125	148,0 (59,4)	136
Azotemia	35,6 (6,58)	35	35,36 (8,02)	36	35,47 (7,14)	36	36,1 (9,8)	35
Creatininemia	1 (0,13)	1,01	1,04 (0,14)	1,08	1,02 (0,14)	1,04	1 (0,17)	0,97
Microalbuminuria	32,57 (48,16)	19,35	11,09 (6,05)	10,5	22,29 (36,01)	11,6	16,0 (29,52)	8,65
Fosforemia	1,12 (0,22)	1,12	1,12 (0,17)	1,08	1,12 (0,19)	1,08	1,06 (0,18)	1,07
Bilirubina totale	0,66 (0,28)	0,55	0,93 (0,49)	0,83	0,79 (0,41)	0,63	0,75 (0,36)	0,65
Bilirubina diretta	0,14 (0,11)	0,10	0,16 (0,08)	0,15	0,15 (0,09)	0,11	0,12 (0,05)	0,11
Bilirubina indiretta	0,56 (0,24)	0,50	0,77 (0,42)	0,68	0,66 (0,34)	0,54	0,64 (0,36)	0,56
GOT	23,08 (8,18)	20	21,91 (4,11)	21	22,52 (6,44)	21	23,18 (8,01)	22
GPT*	27,58 (15,25)	23,5	15,64 (2,97)	16	21,87 (12,55)	18	24,90 (16,05)	21
gGT*	59,33 (80,03)	28,5	17,18 (6,22)	15	39,17 (60,69)	19	30,87 (26,23)	23

* Differenza tra lavoratori PE e NE statisticamente significativa

In tabella 4.5 sono riportati i principali risultati riguardanti la funzionalità respiratoria. La funzionalità respiratoria è stata misurata tramite spirometria eseguita con uno spirometro portatile da personale individuato ad hoc dalla scuola di specializzazione in malattie dell'apparato respiratorio – Ospedale S. Luigi Gonzaga - dell'Università di Torino. In media la funzionalità respiratoria risulta nella norma. Confrontando i lavoratori PE e NE non vi sono differenze statisticamente significative. In 2 soggetti PE la funzionalità respiratoria è risultata ai limiti inferiori o con alterazione ostruttiva lieve. La media dei soggetti PE fumatori ha una funzionalità inferiore rispetto ai colleghi non fumatori (tabella 28 allegato C). Nessun lavoratore riferisce patologie respiratorie (asma, enfisema, bronchite, BPCO) all'anamnesi.

Tab 4.5. Parametri di funzionalità respiratoria, media (dev. std) e mediana

Parametro		PE		NE		Totale lavoratori		Residenti	
		Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana
FEV1	l	3,69 (0,60)	3,87	3,70 (0,81)	3,52	3,70 (0,69)	3,77	3,08 (0,80)	3,04
	%*	98,75 (13,14)	101	111,64 (11,32)	112	104,91 (13,71)	104	106,89 (16,56)	108
FVC	l	4,82 (0,89)	4,77	4,73 (1,49)	4,12	4,78 (1,19)	4,56	3,83 (0,98)	3,79
	%	104,67 (15,32)	107,5	119,45 (19,56)	117,0	111,74 (18,66)	112	109,88 (17,5)	111
PEF	l	8,34 (2,47)	8,45	7,19 (2,38)	7,23	7,79 (2,44)	8,07	6,88 (2,18)	6,46
	%	92,58 (25,39)	96	94,54 (29,09)	102	93,52 (26,60)	101	94,09 (20,87)	94
FEV1/FVC	l	77,09 (5,7)	77,32	80,06 (10,77)	80,92	78,51 (8,49)	79,2	80,32 (6,35)	80,57
	%	94,83 (7,51)	95,5	94,98 (13,14)	94,92	94,90 (10,33)	95	97,25 (7,55)	97

*Differenza tra lavoratori PE e NE statisticamente significativa

4.5.4. Risultati analitici: metalli nelle urine e piombo ematico

La tabella 4.6 riporta la media, la deviazione standard e la mediana per tutti i metalli determinati corretti per il peso specifico dell'urina, senza esclusione dei valori estremi. La tabella riporta anche i valori riscontrati nei residenti totali e di sesso maschile senza esclusione dei valori estremi. In 15 casi (pari al 3,4% delle determinazioni urinarie effettuate) le determinazioni si presentano come valori statistici estremi rispetto alla distribuzione, influenzando molto il calcolo della media. Per tale ragione le statistiche descrittive sono state ricalcolate escludendo tali valori (tabella 31, appendice C). La tabella 32 dell'appendice C riepiloga il numero di soggetti con valori outlier e/o estremi. Le analisi relative al cadmio, i cui livelli urinari sono molto influenzati dall'abitudine al fumo sono state stratificate in base alle risposte fornite all'intervista (tabella 33, appendice C). Per un lavoratore non sono disponibili le determinazioni per il piombo ematico a causa della rottura della provetta.

Le concentrazioni urinarie dei metalli considerati sono nella maggior parte dei casi sovrapponibili nei lavoratori PE e NE. L'unica differenza che risulta statisticamente significativa è quella del mercurio (mediana PE: 1,37 µg/l; mediana NE: 2,75 µg/l; $p = 0,04$). La differenza riguardante il vanadio (mediana PE: 0,06 µg/l; mediana NE: 0,03 µg/l; $p = 0,05$) è al limite della significatività; in entrambi i casi si tratta di valori paragonabili a quelli riscontrati in altri studi condotti su popolazione generale italiana²⁷.

Per alcuni dei metalli determinati, sono disponibili valori di riferimento occupazionali definiti dallo SCOEL** (cadmio, mercurio, nichel) o dall'ACGIH²² (arsenico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio). In entrambi i casi si è preso in considerazione l'indice biologico di esposizione. Il monitoraggio dell'aria fornisce, infatti, indicazioni circa la potenziale esposizione per inalazione di una sostanza da parte di un lavoratore; gli IBE rappresentano un indice dell'introduzione di tale sostanza nell'organismo e i valori del livello dell'indicatore biologico che è possibile riscontrare in campioni prelevati su lavoratori sani esposti a livelli di concentrazione nell'aria dell'ordine di grandezza dei TLV-TWA. Essi non rappresentano linee rigide di demarcazione fra concentrazioni sicure e concentrazioni tossico logicamente rilevanti.

**SCOEL: Il *Scientific Committee on Occupational Exposure Limits* è il Comitato istituito in seno alla Comunità Europea nel 1995 con lo scopo di formulare proposte ed indicazioni sui valori limite di esposizione professionale alle sostanze chimiche.

L'indicatore biologico può essere la stessa sostanza chimica, uno o più metaboliti, una caratteristica variazione biochimica reversibile indotta dalla sostanza.

Gli IBE ACGIH²², tutti relativamente alle urine, ad eccezione del piombo, ematico, sono:

arsenico: 35 µg/l;

cadmio: 5 µg/g creatinina;

cobalto: 15 µg/l;

cromo (fine turno): 25 µg/l

mercurio: 35 µg/g creatinina

piombo (nel sangue): 30 µg/100 ml

Gli IBE SCOEL sono:

cadmio: 2 µg/g creatinina

mercurio: 35 µg/g creatinina

nicel: 3 µg/l

piombo (nel sangue): 30 µg/100 ml

I valori della mediana dei due gruppi di lavoratori considerati sono al di sotto di tali limiti. Se si considerano i valori dei singoli individui, per l'arsenico si segnalano 7 valori superiori a 35 µg/l, di cui 5 superiori a 70 µg/l, per il cobalto nessuno supera i 15 µg/l, per il nichel 2 valori sono appena superiori a 3 µg/l, per il cadmio un lavoratore presenta valori superiori a 5 µg/g creatinina.

Analogamente a quanto stabilito per i residenti, anche i lavoratori con valori particolarmente elevati, saranno oggetto di attenzione sul piano individuale.

Per la maggior parte dei metalli determinati nelle urine (antimonio, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, iridio, manganese, mercurio, nichel, platino, rame, stagno, vanadio) i valori mediani sono paragonabili con quelli riscontrati in altri studi condotti su popolazione generale italiana². Per quel che riguarda il cadmio, la stratificazione per abitudine al fumo evidenzia i differenti livelli del metabolita nelle urine e, anche in questo caso i valori rientrano all'interno dei range.

Palladio, platino e rodio sono indicatori di esposizione a traffico veicolare (sono infatti presenti nelle marmitte catalitiche). I valori di palladio e rodio riscontrati nelle urine dei lavoratori e dei residenti considerati in questo report sono più elevati di quelli riportati in altri studi italiani condotti su popolazione generale²⁹. Ciò riflette la diversa composizione dei prodotti utilizzati nei

catalizzatori, cambiata nel corso del tempo e contribuisce a definire dei nuovi valori cui riferirsi per valutarne la presenza nelle urine in occasione di futuri studi di biomonitoraggio umano. Infatti nell'ultimo decennio si sta assistendo alla progressiva sostituzione del platino con il palladio³⁴.

I valori di tallio riscontrati nelle urine dei lavoratori e dei residenti considerati in questo report sono più elevati di quelli riportati in altri studi italiani condotti su popolazione generale⁴³. Il tallio è un indicatore di inquinamento industriale (cementifici, raffinerie, fonderie, cokerie). I livelli individuati nel presente report rientrano nei livelli biologici di esposizione presenti in un'area metropolitana a forte sviluppo industriale.

I valori mediani di zinco nei lavoratori si attestano intorno al valore superiore rispetto a quello riscontrato in altre popolazioni italiane.

Il piombo ematico presenta valori paragonabili rispetto ai residenti (mediana sul totale dei lavoratori: 22,57 µg/l; mediana sul totale dei residenti senza esclusione dei valori estremi: 18,90 µg/l). In entrambi i casi, i valori riflettono quelli riscontrati in altre popolazioni generali italiane⁴⁰. Il valore mediano riscontrato nei soggetti potenzialmente esposti (31,28 µg/l) è più elevato sia di quello dei lavoratori NE (14,95 µg/l), sia di quello dei residenti maschi (21,77 µg/l), ma non raggiunge in nessun caso la significatività statistica. I valori sono confrontabili con il 75° percentile dei soggetti maschi considerati nel già citato studio PROBE.

Per il piombo sono disponibili valori di riferimento occupazionali definiti dallo SCOEL e dall'ACGIH. L'IBE per il piombo è pari a 300 µg/l: tutti i lavoratori considerati nel progetto di biomonitoraggio presentano valori di molto inferiori.



Tab 4.6. Metalli nelle urine e piombo ematico,* media (dev. std) e mediana, senza esclusione dei valori estremi

Parametro		PE		NE		Totale lavoratori		Residenti	
		Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana	Mediana maschi	Mediana totale
Antimonio	µg/l	0.10 (0.05)	0.09	0.09 (0.06)	0.08	0.10 (0.06)	0.09	0.07	0.07
Arsenico	µg/l	42.06 (55.97)	19.07	40.32 (50.14)	10.14	41.23 (52.06)	15.88	21.04	20.32
Berillio	µg/l	0.13 (0.04)	0.12	0.12 (0.09)	0.10	0.13 (0.07)	0.11	0.17	0.16
Cadmio	µg/l	1.44 (1.14)	1.29	0.94 (0.64)	0.92	1.20 (0.95)	1.03	0.72	0.72
Cobalto	µg/l	0.20 (0.12)	0.17	0.42 (0.57)	0.27	0.31 (0.41)	0.18	0.16	0.16
Cromo	µg/l	0.27 (0.36)	0.17	0.34 (0.65)	0.15	0.30 (0.51)	0.15	0.17	0.17
Iridio	ng/l	2.31(0.95)	2.15	2.38 (1.21)	2.00	2.34 (1.06)	2.12	1.63	1.70
Manganese	µg/l	0.24 (0.24)	0.19	0.15 (0.04)	0.15	0.20 (0.18)	0.16	0.12	0.13
Mercurio**	µg/l	1.64 (0.98)	1.37	3.14 (1.91)	2.75	2.36 (1.66)	2.14	1.46	1.36
Nichel	µg/l	1.45 (1.02)	1.33	1.53 (1.11)	1.70	1.49 (1.04)	1.52	0.90	0.90
Palladio	ng/l	30.19 (25.19)	23.41	32.27 (27.76)	26.78	31.18 (25.86)	24.03	23.93	24.40
Platino	ng/l	5.28 (5.10)	3.11	5.95 (8.73)	3.43	5.60 (6.91)	3.40	2.96	3.04
Rame	µg/l	16.15 (8.09)	15.13	13.41 (7.01)	12.38	14.84 (7.56)	13.50	12.26	10.86
Rodio	ng/l	25.88 (14.83)	23.61	21.38 (8.10)	20.21	23.73 (12.05)	21.44	18.28	17.98
Stagno	µg/l	1.95 (2.67)	0.84	0.85 (0.66)	0.72	1.43 (2.02)	0.72	0.69	0.64
Tallio	µg/l	0.22 (0.13)	0.17	0.37 (0.22)	0.32	0.29 (0.19)	0.27	0.29	0.27
Vanadio	µg/l	0.07 (0.04)	0.06	0.03 (0.01)	0.03	0.05 (0.03)	0.04	0.04	0.03
Zinco	µg/l	671.12 (266.47)	710.20	522.97 (363.21)	583.35	600.27 (318.11)	627.35	509.52	391.74
Piombo**	µg/l	79.71 (11.39)	31.28	20.11 (16.97)	14.95	25.3 (14.67)	22.57	21.77	18.90

* i valori sotto la soglia di rilevabilità sono posti uguali alla metà del valore soglia

** Differenza tra lavoratori PE e NE statisticamente significativa

4.5.5. Percezione dei rischi

Il questionario prevedeva la rilevazione della percezione del rischio nei soggetti partecipanti al programma, con particolare riferimento alla consapevolezza dei problemi esistenti nell'area. Le domande, strutturate in forma chiusa, sono state utilizzate anche in altri studi italiani di biomonitoraggio umano (Sebioec, Sebiomag).

Una delle domande è relativa ai pericoli di tipo ambientale, per verificare in quale misura ogni intervistato si senta personalmente esposto a ciascuno di essi. Per ogni pericolo indicato si è richiesto all'intervistato d'esprimere un giudizio in termini di preoccupazione, su una scala di cinque alternative: tantissimo, molto, poco, per niente, non so. I pericoli d'interesse sono stati distinti in naturali (inondazioni, fenomeni meteorologici gravi, terremoti, etc.), e antropici (rumore, trasporto di materiale pericoloso, rifiuti, inquinamento, industrie pericolose, incendi, etc.). Considerando la frequenza cumulata delle risposte "tantissimo" o "molto probabile", i rischi antropici preoccupano maggiormente di quelli naturali (figura 7). Per quanto riguarda i pericoli antropici si nota come la maggiore preoccupazione sia riferita all'inquinamento delle acque potabili ed all'inquinamento atmosferico. I rifiuti non sono elemento di preoccupazione o disturbo per la maggior parte dei lavoratori intervistati.

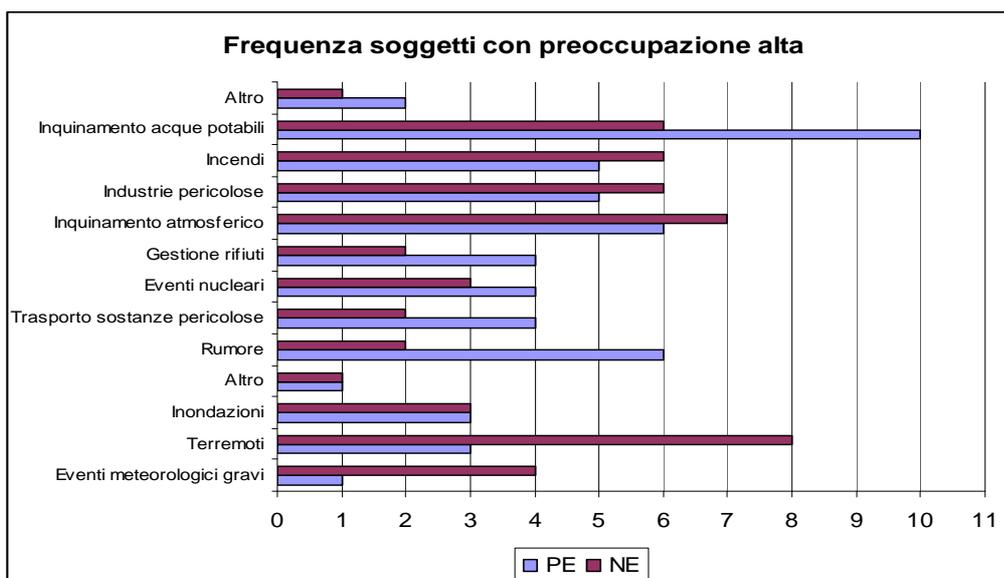


Figura 7 Quali di questi eventi la preoccupano o disturbano maggiormente?

Con riferimento a una serie di patologie, due domande intendevano esplorare la percezione del rischio di tipo sanitario. Una riguardava le conoscenze riferite all'inquinamento ambientale: percentuali elevate di intervistati (figura 8) ritengono certo o molto probabile che l'inquinamento ambientale provochi patologie sia acute (malattie respiratorie, danni temporanei a diversi organi), sia croniche (malattie respiratorie; varie forme di cancro). La percezione riferita a leucemie e malformazioni congenite è diversa nei due gruppi di lavoratori considerati: sono soprattutto i PE che le ritengono con elevata probabilità legate all'inquinamento ambientale. Nel complesso tuttavia i lavoratori non ritengono di essere ad elevato rischio per queste malattie: solo i NE (64%) ritengono certo o molto probabile di essere a rischio per allergie.

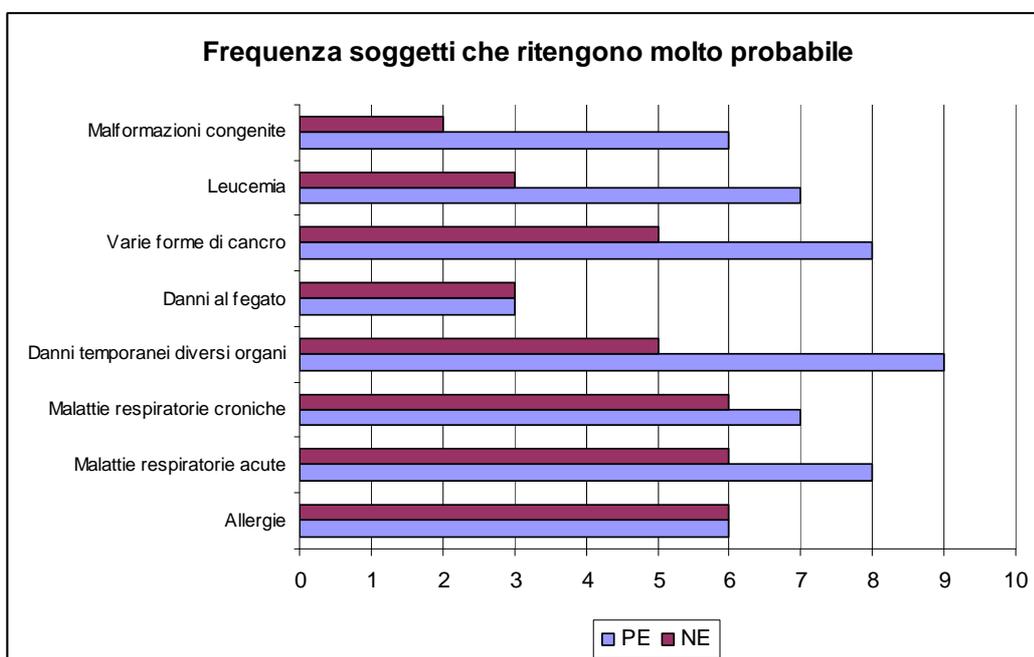


Figura 8. Ritiene che le seguenti malattie siano dovute all'inquinamento ambientale?

È stato chiesto se l'intervistato si ritenga sufficientemente informato sui rischi di tipo ambientale. I lavoratori NE hanno risposto positivamente (tantissimo; molto) mentre 8 lavoratori su 11 PE si ritengono poco informati. Questi dati appaiono d'interesse per comprendere dove, come e quanto informare. L'esplorazione delle fonti informative utilizzate, con l'obiettivo di capire i canali preferenziali d'utilizzo dei mezzi disponibili da parte delle persone coinvolte nella ricerca, ha evidenziato una distribuzione omogenea tra TV nazionali, giornali locali e internet. Le fonti informative sul rischio ritenute attendibili differiscono tra i due gruppi di lavoratori: sono prevalentemente gli enti locali per i NE mentre si riferiscono ad altri soggetti i PE.

5. Bibliografia

- 1 M Bonjean, A Pillon "Non rifiutarti di scegliere": un'esperienza di valutazione partecipata. *Rassegna italiana di valutazione*, a VII, n 25, 2003.
- 2 Alimonti A, Bocca B, Mattei D, Pino A. *Biomonitoraggio della popolazione italiana per l'esposizione a metalli: valori di riferimento 1990-2009. Rapporti Istisan 10/22.*
- 3 IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, *Some Traditional Herbal Medicines, Some Mycotoxins, Naphthalene and Styrene*, Volume 82 (2002).
- 4 IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, *Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures*, Volume 92 (2010)
- 5 IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, *A Review of Human Carcinogens: Chemical Agents and Related Occupations*, Volume 100F (2012).
- 6 ATSDR-Agency for Toxic Substances and Disease Registry *Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*, August 1995.
- 7 Liu, Tong, Luong, Zhang, Sun. *A source study of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Shenzhen, South China. Environ Monit Assess (2010) 163:599-606*
- 8 Ravindra, Sokhi, Van Grieken. *Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution, emission factors and regulation. Atmospheric Environment 42 (2008) 2895-2921*
- 9 Kulkarni P & Venkataraman C. *Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Mumbai, India. Atmospheric Environment 34 (2000) 2785-2790.*
- 10 Wang, Ye, Yin, Zhuang, Wu, Mu, Hong. *Contamination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Bound to PM10/PM2.5 in Xiamen, China. Aerosol and Air Quality Research, Vol. 7, No. 2, pp. 260-276, 2007*
- 11 Nicola Caranci, Annibale Biggeri, Laura Grisotto, Barbara Pacelli, Teresa Spadea, Giuseppe Costa *L'indice di deprivazione italiano a livello di sezione di censimento: definizione, descrizione e associazione con la mortalità Epidemiol Prev 2010; 34 (4) 167-176 Stampa*
- 12 A Pino, A Amato, A Alimonti, D Mattei, B Bocca. *Human biomonitoring for metals in Italian urban adolescents: data from Latium Region. Int j of hyg environl health 2012;215(2):185-190*
- 13 B Bocca, D Mattei, A Pino, A Alimonti. *Uncertainty evaluation in the analysis of biological samples by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry. Part B: measurements of As, Co, Cr, Mn, Mo, Ni, Sn and V in human serum. Rapid comm mass spectr 2011;25(3):453-458;*
- 14 B Bocca, D Mattei, A Pino, A Alimonti. *Uncertainty evaluation in the analysis of biological samples by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry. Part A: measurements of Be, Cd, Hg, Ir, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, U, Tl and W in human serum. Rapid comm mass spectr 2010;24(16):2363-2369;*
- 15 B Bocca, D Mattei, A Pino, A Alimonti. *Monitoring of environmental metals in human blood: the need for data validation. Curr anal chem 2011;7(4):269-276.*
- 16 Menichini E. Viviano. *Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità nel calcolo dei risultati analitici. Metodiche per il rilevamento delle emissioni in atmosfera da impianti industriali. Istituto Superiore di Sanità (ISS). Rapporti ISTISAN 04/1*
- 17 Minoia C, Sabbioni E, Apostoli P, Pietra R, Pozzoli L, Gallorini M, Nicolaou G, Alessio L, Capodaglio E. *Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Community. I. A study of 46 elements in urine, blood and serum of Italian subjects. Sci Total Environ 1990;95:89-105*
- 18 CDC, Centers for Disease Control and Prevention). *Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention; 2013*
- 19 Becker K, Kaus S, Krause C, Lepom P, Schulz C, Seiwert M, et al. *German Environmental Survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in blood of the German population. Int J Hyg Environ Health 2003;206:15-2*
- 20 Heitland P, Köster HD. *Biomonitoring of 37 trace elements in blood samples from inhabitants of northern Germany by ICP-MS. J Trace Elem Med Biol 2006;20:253-62*

-
- 21 JP Goullé, L Mahieu, J Castermant, N Neveu, L Bonneau, G Lainé, D Bouige, C Lacroix. *Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair: Reference values.* *Forensic Sci Int* 2005;153:39-44
- 22 ACGIH, American Conference of Government Industrial Hygienists. *TLVs and BEIs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices.* Cincinnati, OH: American Conference of Industrial Hygienists; 2012
- 23 Tseng CH, Huang YK, Huang YL, Chung CJ, Yang MH, Chen CJ, et al. *Arsenic exposure, urinary arsenic speciation, and peripheral vascular disease in blackfoot disease-hyperendemic villages in Taiwan.* *Toxicol Appl Pharmacol* 2005;206(3):299-308. Erratum in: *Toxicol Appl Pharmacol* 2006;211(2):175
- 24 Valenzuela OL, Borja-Aburto VH, Garcia-Vargas GG, Cruz-Gonzalez MB, Garcia-Montalvo EA, Calderon-Aranda ES, et al. *Urinary trivalent methylated arsenic species in a population chronically exposed to inorganic arsenic.* *Environ Health Perspect* 2005;113(3):250-254
- 25 German Human Biomonitoring Commission (Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes). *Nickel.* *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 2001;44(12):1243-8
- 26 INSPQ, Institut national de santé publique du Québec. *Étude sur l'établissement de valeurs de référence d'éléments traces et de métaux dans le sang, le sérum et l'urine de la population de la grande région de Québec.* Québec: Institut national de santé publique du Québec; 2004
- 27 White MA, Sabbioni E. *Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Union. X. A study of 13 elements in blood and urine of a United Kingdom population.* *Sci Total Environ* 1998;216:253-70
- 28 Alimonti A, Bocca B, Mattei D, Lamazza A, Fiori E, De Masi E, Pino A, Forte G. *Composition of essential and non-essential elements in tissues and body fluids of healthy subjects and patients with colorectal polyps.* *Int J Environ Health* 2009;3(2):224-37
- 29 Bocca B, Alimonti A, Cristaudo A et al. *Monitoring of the exposure to platinum-group elements for two Italian population group through urine analysis.* *Anal Chim Acta* 2004; 512 (1): 19-25.
- 30 Begerow J, Dunemann L. *Internal platinum and palladium exposure of the general population with emphasis on the exposure from automobile exhaust and dental restorative alloys.* In: Zereini F, Alt F (Ed.). *Anthropogenic platinum-group element emissions. Their impact on man and environment.* Berlin, Germany: Springer-Verlag; 2000. p. 227-36.
- 31 Benkhedda K, Dimitrova B, Goenaga Infante H, Ivanova E, Adams FC. *Simultaneous on-line preconcentration and determination of Pt, Rh and Pd in urine, serum and road dust by flow injection combined with inductively coupled plasma time-of-flight mass spectrometry.* *J Anal At Spectrom* 2003;18:1019-25
- 32 Krachler M, Alimonti A, Petrucci F, Irgolic KJ, Forastiere F, Caroli S. *Analytical problems in the determination of platinum-group metals in urine by quadrupole and magnetic sector field inductively coupled plasma mass spectrometry.* *Anal Chim Acta* 1998;363:1-10.
- 33 Begerow J, Sensen U, Wiesmüller GA, Dunemann L. *Internal platinum, palladium, and gold exposure in environmentally and occupationally exposed persons.* *Zentralbl Hyg Umweltmed*, 1999;202:411-24.
- 34 Violante N, Petrucci F, Senofonte O, Cristaudo A, Di Gregorio M, Forte G, Alimonti A. *Assessment of workers' exposure to palladium in a catalyst production plant.* *J Environ Monit* 2005;7:463-8.
- 35 US EPA Drinking water criteria document for thallium. Washington, DC, Office of water, 1992
- 36 Schulz C, Wilhelm M, Heudorf U, Kolossa-Gehring M, Reprint of "Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission" *Int J Hyg Environ Health*, 215, 2012, 150-8.
- 37 HBM Human Biomonitoring) Commission, 2011. *Stoffmonographie Thallium – Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte für Thallium im Urin.* *Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz* 54, 516–524
- 38 Clark NA, Teschke K, Rideout K, Copes R. *Trace elements in adults from the west of Canada and association with age, gender, diet, activities, and levels of other elements.* *Chemosphere* 2007, 70, 155-164.
- 39 Rahil-Khazen R, Bolann BJ, Ulvik RJ. 200. *Trace element reference values in serum determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry.* *Clin Chem Lab Med* 38,765-772.
- 40 A Alimonti, B Bocca, D Mattei, A Pino. *programma di biomonitoraggio dell'esposizione della popolazione italiana (PROBE): dose interna dei metalli.* *Rapporti Istituzionali* 11/9.

41 Smolders R, Alimonti A, Cerna M, Den Hond E, Kristiansen J, Palkovicova L, Ranft U, Seldén AI, Telišman S, Schoeters G Availability and comparability of human biomonitoring data across Europe. A case-study on blood-lead levels. *Science of Total Environment* 2010,408(6):1437-45

42 Istituto Superiore di Sanità (ISS). Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità nel calcolo dei risultati analitici. In: Menichini E, Viviano, the Working group Istituto Superiore di Sanità, editors. *Treatment of data below the detection limit in the calculation of analytical results. Metodiche per il rilevamento delle emissioni in atmosfera da impianti industriali. Rapporti ISTISAN 04/15* Roma, Italy: Istituto Superiore di Sanità; 2004.

43 Sabbioni E, Minoia C, Ronchi A et al. Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Union. Thallium in the Italian population. *Sci Total Environ* 1994; 158 (1-3): 227-36.