REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA

Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico
Centro di Riferimento Oncologico di Aviano

Azienda Sanitaria Universitaria Integrata di Trieste

Azienda per l'Assistenza Sanitaria n. 2
"Bassa Friulana - Isontina"

"Studio pilota di monitoraggio biologico umano" tra i cittadini residenti in prossimità delle aree industriali "*Ferriera di Servola*" (Trieste), e "*Centrale Termoelettrica A2A*", Monfalcone.

A CURA DI:

Dott. Diego Serraino,
Responsabile della ricerca

Direttore, SOC Epidemiologia Oncologica e
Registro Tumori del Friuli Venezia Giulia
IRCCS Centro di Riferimento Oncologico,
Aviano
Contatto: serrainod@cro.it; 0434/659354

Hanno collaborato:

Stesura del protocollo di studio:
Prof. Fabio Barbone
Dipartimento di Area Medica (DAME), Università degli Studi di Udine

Dott. Ettore Bidoli
Dott. Paolo Collarile
SOC Epidemiologia Oncologica e
Registro Tumori del Friuli Venezia Giulia
IRCCS Centro di Riferimento Oncologico,
Aviano

Dott. Loris Zanier
Servizio Epidemiologico e Flussi Informativi
Ente per la Gestione Accentrata dei Servizi condivisi
Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
Udine

Gestione del personale e logistica:
Dott. Paolo Barbina
Dott. Gianni Cavallini
Dipartimento di Prevenzione
Azienda per l'Assistenza Sanitaria n.2 –Bassa Friulana-Isontina

Dott. Valentino Patussi
Dott. Riccardo Tominz
Dipartimento di Prevenzione
Azienda Sanitaria Universitaria Integrata di Trieste

Aspetti organizzativi:
Dott. Paolo Collarile
SOC Epidemiologia Oncologica e
Registro Tumori del Friuli Venezia Giulia
IRCCS Centro di Riferimento Oncologico,
Aviano

Dott.ssa Roberta Greci
Dipartimento di Prevenzione
Azienda per l'Assistenza Sanitaria n.2 –Bassa Friulana-Isontina

Raccolta dati e campioni urine:
Sig.ra Marisa Bortolossi
Sig.ra Antonella Devetti
Dott.ssa Roberta Greci
Sig.ra Maura Nappa
Azienda per l'Assistenza Sanitaria n.2 –Bassa Friulana-Isontina

Sig.ra Daniela Bais
Sig.ra Marilena Geretto
Sig.ra Giovanna Oliveto
Sig.ra Alessandra Pemper
Sig.ra Daniela Steinbock
Azienda Sanitaria Universitaria Integrata di Trieste

Gestione campioni urine:
Dott. Maurizio Ruscio
Dipartimento Assistenziale Integrato di Medicina di Laboratorio
Azienda Sanitaria Universitaria Integrata di Trieste

Input dati:

Dott. Paolo Collarile
Sig.ra Luigina Mei
SOC Epidemiologia Oncologica e
Registro Tumori del Friuli Venezia Giulia
IRCCS Centro di Riferimento Oncologico,
Aviano

Analisi statistica:

Dott. Ettore Bidoli
Dott. Paolo Collarile
SOC Epidemiologia Oncologica e
Registro Tumori del Friuli Venezia Giulia
IRCCS Centro di Riferimento Oncologico, Aviano

Dott.ssa Elena Clagnan
Dott.ssa Stefania Del Zotto
Dott. Michele Gobbato
Servizio Epidemiologico e Flussi Informativi
Ente per la Gestione Accentrata dei Servizi condivisi
Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Udine

Segreteria:

Sig.ra Ilaria Calderan
Sig.ra Luigina Mei
SOC Epidemiologia Oncologica e
Registro Tumori del Friuli Venezia Giulia
IRCCS Centro di Riferimento Oncologico,
Aviano

Scrittura report:
Prof. Fabio Barbone
Dipartimento di Area Medica (DAME), Università degli Studi di Udine

Dott. Ettore Bidoli
Dott. Paolo Collarile
SOC Epidemiologia Oncologica e
Registro Tumori del Friuli Venezia Giulia
IRCCS Centro di Riferimento Oncologico,
Aviano

Dott. Loris Zanier
Servizio Epidemiologico e Flussi Informativi
Ente per la Gestione Accentrata dei Servizi Condivisi
Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
Udine

Monitoraggio Atmosferico Ambientale:

Dott.ssa Simonetta Fuser,
Dott. Fulvio Stel
Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Friuli Venezia Giulia,
Palmanova

Indice Pagina

1. Background 8

1.1 Premessa 8

1.2 Monitoraggio Biologico Umano: l'uso dei biomarcatori nella Ricerca ambientale 9

2. Obiettivi 11

3. Disegno dello studio 12

4. Risultati 17

4.1 Adesione 17

4.2 Descrizione dei cittadini che hanno aderito allo studio 21

4.3 Tabelle e figure 24

5. Sintesi dei risultati per singolo analita: 35

5.1 Alluminio 35

5.2 Antimonio 35

5.3 Arsenico 35

5.4 Bario 36

5.5 Cadmio 36

5.6 Cobalto 36

5.7 Cotinina 37

5.8 Cromo 37

5.9 Ferro 37

5.10 Manganese 37

5.11 Mercurio 38

5.12 Nichel 38

5.13 Piombo 38

	Pagina
5.14 Rame	**39**
5.15 Vanadio	**39**
5.16 Zinco	**39**
5.17 Idrossipirene	**40**
5.18 Acido TT Muconico	**40**
5.19 Berillio	**40**
6. Bibliografia essenziale	**41**
7. Indagine Ambientale ARPA FVG	**43**
7.1 Monfalcone	**46**
7.2 Trieste, quartiere Servola	**50**
8. Conclusioni	**55**
9. Riassunto	**61**

Elenco Allegati:

1) Protocollo dello studio approvato dal Comitato Etico Unico Regionale del Friuli Venezia Giulia

2) Questionario raccolta dati

3) Esempio risposta del laboratorio esame urine

4) Lista Valori di Riferimento

1. Background

1.1 Premessa

L'Osservatorio Ambiente e Salute della Regione Friuli Venezia Giulia (OAS-FVG) ha promosso, dal 2013, numerose indagini epidemiologiche e di monitoraggio ambientale al fine di evidenziare eventuali problematiche di sanità pubblica in diverse aree della regione. Si tratta di aree urbane a elevata attività industriale – quali le aree in prossimità della Centrale A2A nel Comune di Monfalcone, o dello stabilimento "Ferriera", nel quartiere di Servola (Comune di Trieste); in aree extra-urbane a rischio ambientale (e.g., la laguna di Grado e Marano); o in aree sede di impianti a potenziale impatto ambientale (e.g., Cementificio di Fanna e Travesio, provincia di Pordenone; la Zona Industriale di Udine Sud -ZIUD). In questo contesto, inoltre, sono state condotte indagini specifiche volte a definire il rischio per la salute dei residenti in prossimità della strade statali che attraversano il Friuli Venezia Giulia. Come risultato di queste attività congiunte di tipo descrittivo, sono stati pubblicati resoconti scientifici su riviste internazionali sul rischio di sviluppare il tumore polmonare, altre patologie neoplastiche e infarto acuto del miocardio nelle popolazioni residenti in prossimità delle strade statali [1], della Ferriera di Servola [2] e della Centrale A2A di Monfalcone [3].

Nella letteratura medico-scientifica nazionale e internazionale, le indagini descrittive come quelle sopra descritte e condotte in Friuli Venezia Giulia costituiscono i più frequenti tipi di indagini di epidemiologia ambientale, sia per il costo economico relativamente contenuto (si analizzano, per lo più, diversi tipi di dati già raccolti per altri scopi) e per finalità discriminatorie – cioè esse sono utili a indirizzare ulteriori ricerche con

strumenti di indagine più sofisticati [4]. E' in questa logica che - basandosi sulla letteratura medico scientifica nazionale e internazionale e sulle indicazioni degli studi descrittivi condotti in Friuli Venezia Giulia sopra citati - è stata avviata una indagine di Monitoraggio Biologico Umano (MBU) coordinata dall'IRCCS Centro di Riferimento Oncologico di Aviano in collaborazione con la Direzione Centrale Salute del Friuli Venezia Giulia, l'Azienda Sanitaria Universitaria Integrata di Trieste e l'Azienda per l'Assistenza Sanitaria N. 2 Bassa Friulana-Isontina come supporto alle attività dell'OAS-FVG.

1.2 Monitoraggio Biologico Umano: l'uso dei biomarcatori nella ricerca ambientale

Nelle situazioni in cui i livelli di inquinamento sono diminuiti nel corso degli anni grazie all'applicazione di specifiche normative, le esposizioni sperimentate dalla popolazione generale possono essere relativamente basse e gli studi descrittivi possono risultare poco efficaci a definire il rischio per la salute delle popolazioni stesse. In queste condizioni, la capacità di stimare l'esposizione degli individui e la dose degli inquinanti accumulati può essere sostanzialmente aumentata utilizzando indicatori biologici – i cosiddetti biomarcatori. Inizialmente impiegati in popolazioni lavorative (i.e., come misura della esposizione occupazionale), gli indicatori biologici offrono il vantaggio di misurare modifiche indotte dall'esposizione nell'organismo prima che si sviluppi la malattia vera e propria, anche se non sempre il danno è reversibile. L'utilizzo degli indicatori biologici è quindi in sintonia con l'interesse a individuare esiti dell'inquinamento basati più su variazioni fisiopatologiche che precedono i

segni clinici piuttosto che su una malattia clinicamente manifesta.

I biomarcatori possono essere un valido aiuto per la prevenzione, particolarmente se si associano a cambiamenti reversibili (cioè, diminuzione dell'esposizione con conseguente diminuzione del rischio di malattia). Un marcatore biologico può essere definito come un parametro biologico, di tipo biochimico, fisiologico, citologico, morfologico, ottenibile da tessuti o fluidi umani, o gas espirati, che è associato (direttamente o indirettamente) con l'esposizione a un inquinante ambientale. Molti sono i tessuti e i fluidi usati per misurare i marcatori biologici (sangue, urine, feci, denti, aria, saliva, liquido e cellule amniotici, sperma, unghie, capelli, tessuto adiposo sottocutaneo), ma urina, sangue e aria espirata sono i campioni organici maggiormente utilizzati [4].

Negli ultimi due decenni anni è molto cresciuta, anche in Italia, la preoccupazione pubblica sull'impatto sulla salute di sorgenti di contaminazione ambientale. Gli studi di MBU, sebbene ancora condotti raramente per le difficoltà metodologiche e i costi elevati, acquisiscono maggiore importanza per fornire informazioni su entità e andamento temporale di esposizione individuale agli inquinanti. Tuttavia, per i costi sempre maggiori di tali indagini di MBU, gli elementi inquinanti da indagare devono essere ben definiti e mirati, sempre coerenti con le conoscenze più aggiornate e con le informazioni disponibili sulle emissioni presenti.

In Italia, le poche indagini di MBU sono state condotte soprattutto tra le popolazioni residenti in prossimità di impianti di incenerimento rifiuti: ad Arezzo, presso le popolazioni residenti in prossimità dell'inceneritore di san Zeno [5]; a Torino, attraverso l'indagine "Sorveglianza sulla salute della popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino" [6]; a

Modena, presso le popolazioni residenti in prossimità dell'inceneritore di Modena [7]. Nel Lazio, una ampia indagine di MBU è stata svolta presso le popolazioni residenti nell'area industriale di Civitavecchia comprendente la centrale nucleare e il porto [8].

2. Obiettivi

In base alle premesse fornite dagli studi descrittivi condotti in Friuli Venezia Giulia [1-3] e alle esperienze di MBU di cui sopra condotte in Italia [5-8], si è quindi deciso di procedere, anche in Friuli Venezia Giulia, alla verifica della fattibilità degli studi individuali con l'uso dei biomarcatori. Queste tipologie di indagine permettono di verificare e quantificare l'entità dell'esposizione dei singoli cittadini agli inquinanti presenti in atmosfera. Gli obiettivi di questo studio pilota di MBU erano: i)stimare l'adesione dei cittadini di Servola e Monfalcone a uno studio che includesse la misura di parametri biologici (in questo caso specifico, donare un campione di urina); e ii)la fattibilità della indagine stessa, cioè la sostenibilità economica e la reale praticabilità in base alle risorse umane e tecnologiche già presenti in regione, di questa metodologia di indagine complessa, articolata e onerosa.

Lo studio pilota di MBU è stato indirizzato a due gruppi di popolazione residenti 1) in un sito di interesse nazionale per le bonifiche ambientale -il SIN di Servola; e 2) in un'area urbana con un significativo insediamento industriale, quella di Monfalcone.

3. Disegno dello studio

Si tratta di uno studio epidemiologico trasversale individuale di monitoraggio umano su base di popolazione, accompagnato da una raccolta dati ambientali di monitoraggio atmosferico. Lo studio è stato condotto tra novembre 2016 e dicembre 2017. I dettagli di tale studio sono illustrati nel protocollo dello studio nel formato approvato dal Comitato Etico Unico Regionale del Friuli Venezia Giulia nel 2016 (allegato: "MBU_FVG: Protocollo Approvato CEUR FVG"). Di seguito vengono sintetizzati i punti principali:

3.1 Partecipanti

E' stato costruito un campione casuale della popolazione oggetto dello studio, stratificato per sesso ed età, partendo dalle relative anagrafi comunali. In particolare sono state selezionate:

- 50 persone (25 uomini, 25 donne; 18-74 anni di età) residenti da almeno 5 anni a Servola in prossimità (≤800 metri) della Ferriera;
- 50 persone (25 uomini, 25 donne; 18-74 anni di età) residenti da almeno 5 anni in prossimità (≤1.300 metri) della centrale A2A di Monfalcone;
- 53 controlli (27 uomini, 26 donne; 18-74 anni di età) non residenti nei comuni di Trieste o Monfalcone. Si tratta di volontari ricoverati presso l'Ospedale di Gorizia o Monfalcone per eventi traumatici o acuti, e appaiati per età e sesso alle persone dei punti precedenti residenti a Servola o a Monfalcone. L'allargamento ai pazienti ricoverati presso l'Ospedale di Monfalcone non era previsto dal protocollo di studio. Esso si è reso necessario per le difficoltà

riscontrate durante l'arruolamento dei controlli presso l'Ospedale di Gorizia.

La dimensione del campione di popolazione oggetto dello studio pilota (n=153 persone) è stata definita in base alle risorse disponibili e coerente con altre esperienze nazionali di MBU. Lo studio di MBU condotto ad Arezzo era basato su un numero totale di 57 persone (39 persone maggiormente esposte, e 18 di controllo) [5], mentre lo studio di MBU condotto a Modena includeva complessivamente 65 persone viventi nel raggio di 4 km dall'inceneritore [7].

3.2 Misure di esposizione - esame urine

In tutti i 153 partecipanti, una raccolta spot di urine ha permesso di valutare le concentrazioni urinarie dei seguenti metalli (denominati, d'ora in avanti, semplicemente analiti) noti per essere inquinanti ambientali in vario modo potenzialmente dannosi alla salute [4]:

Alluminio (Al); Antimonio (Sb); Arsenico (As); Bario (Ba); Berillio (Be); Cadmio (Cd); Cobalto (Co); Cotinina; Cromo (Cr); Ferro (Fe); Manganese (Mn); Mercurio (Hg); Piombo (Pb); Rame(Cu); Vanadio (V); Zinco (Zn); 1-Idrossipirene; acido trans,trans-muconico (ac. TT muconico) nelle due popolazioni e nei controlli.

Il protocollo dello studio prevedeva che le analisi dei campioni urinari sarebbero state condotte presso il laboratorio dell'Azienda Ospedaliera di Trieste diretta dal dr Maurizio Ruscio. Tuttavia, a causa di un inconveniente occorso alla strumentazione nelle fasi iniziali della ricerca, si è deciso di affidare le analisi di tutti i campioni urinari ad un laboratorio esterno. A tal scopo, è stato scelto il laboratorio "Centro Diagnostico

Ambrosiano –CEDAM" di Milano, una struttura specializzata in medicina occupazionale certificata ISO_9001 afferente al Sistema Sanitario della Regione Lombardia con il quale erano già state attuate collaborazioni in passato *[www.cedamitalia.it]*. Presso il CEDAM, controlli di qualità interni prodotti dalla ditta Seronorm e Recipe vengono effettuati in ciascuna seduta analitica e per ciascuna matrice: i risultati di tali controlli sono conservati dal laboratorio e disponibili per consultazione. Il dosaggio urinario degli analiti oggetto del presente studio è stato eseguito mediante tecnologia ICP-MS (Nexion 350X fornito dalla ditta Perkin Elmer) per tutti gli analiti su elencati tranne: ac. TT muconico e cotinina (HPLC accoppiata a spettrometria di massa del tipo triplo quadrupolo -Xevo TQD fornito dalla ditta Waters); 1-Idrossipirene (HPLC accoppiato a detector a fluorescenza -Modello SERIE 200ª Fluorescence Detector fornito dalla ditta Pekin Elmer).

Il Laboratorio CEDAM opera su standard qualitativi propri della medicina occupazionale e ha fornito la seguente tabella di riferimento a supporto delle metodiche usate:

Analita	Bibliografia
COBALTO	UCL, ACGIH
COTININA	UCL
CROMO	ACGIH
MANGANESE	UCL
IDROSSIPIRENE	UCL
AC. TT. MUCONICO	AGCIH
ALLUMINIO	UCL
ANTIMONIO	UCL
ARSENICO	ACGIH, Apostoli et al, 1998-2003
BARIO	UCL
CADMIO	UCL, ACGIH
MERCURIO	UCL, ACGIH
NICHEL	UCL
PIOMBO	UCL
RAME	UCL
VANADIO	UCL
ZINCO	UCL

Legenda:

UCL - LTAP: Louvain Centre for Toxicology and Applied Pharmacology;

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists,

tradotto nell'Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene da

parte dell'AIDII (Associazione Italiana degli Igienisti Industriali).

Al contrarioo di quanto previsto dal protocollo, le seguente analisi sono state eseguite per difficoltà tecniche:

4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1- butanol[marcatore fumo];

8 nitro-1-pirenolo conosciuto anche come 8-hydroxy-1-nitropyrene (8-OHNP) [metabolita del nitro pirene, marker molecolare delle emissioni diesel];

DR CALUX® bioassay screening x Polychlorinated dibenzo-p-dioxins.

3.3 Raccolta dati tramite questionario

Attraverso un questionario standardizzato (allegato) somministrato da intervistatrici appositamente istruite, per ogni partecipante sono stati raccolti dati relativi a:

- ✓ Caratteristiche sociodemografiche (p.es., età, sesso, istruzione);
- ✓ Storia residenziale, con particolare riferimento alle residenze in prossimità di strade ad alta intensità di traffico;
- ✓ Stili di vita (p.es., abitudine al fumo, incluse informazioni sul fumo passivo; consumo di bevande alcoliche);
- ✓ Abitudini alimentari;
- ✓ Storia di malattie;
- ✓ Storia occupazionale.

3.4 Monitoraggio ambientale atmosferico

Il monitoraggio ambientale è stato condotto da ARPA FVG che ha provveduto a misurare il valore medio giornaliero in aria nelle aree di studio e nel periodo oggetto di studio dei seguenti inquinanti: Antimonio (Sb); Arsenico (As); Cadmio (Cd); Cromo (Cr); Ferro (Fe); Manganese (Mn); Nichel (Ni); Piombo (Pb); Rame (Cu); Vanadio (V);Zinco (Zn); IPA (Naftalene, Antracene, Fenantrene, Pirene, Fluorene, Fluorantene, Crisene, Benzo(a)pirene, Benzo(e)pirene, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(K)fluorantene, di-benzo (a,h)antracene, ideno (1,2,3,-cd) pirene, dibenzo(a,l)pirene, benzo(ghi)perilene); Benzene (sito Servola); COV (sito Monfalcone)

4. Risultati

4.1 Adesione

Tabella 4.1.a: Adesione all'invito a partecipare allo studio da parte dei cittadini residenti in prossimità della Centrale A2A, Monfalcone.

UOMINI						
Classe di età	**% nella popolazione maschile**	**Numero uomini da arruolare**	**Aderenti**	**Non aderenti**	**Lettere spedite**	**% adesione**
18-39	23	6	6	9	15	40,0
40-54	37	9	9	15	24	37,5
55-74	40	10	10	21	31	32,3
Totale	100	25	25	45	70	35,7

DONNE						
Classe di età	**% nella popolazione femminile**	**Numero di donne da arruolare**	**Aderenti**	**Non aderenti**	**Lettere spedite**	**% adesione**
18-39	22	5	5	7	12	41,7
40-54	35	9	9	7	16	56,3
55-74	44	11	11	16	27	40,7
Totale	100	25	25	30	55	45,5

Tabella 4.1.b: Adesione all'invito a partecipare allo studio da parte dei cittadini residenti in prossimità della Ferriera di Servola, Trieste

UOMINI						
Classe di età	**% nella popolazione maschile**	**Numero di uomini da arruolare**	**Aderenti**	**Non aderenti**	**Lettere spedite totali**	**% adesione sul totale degli inviti**
18-39	23	6	6	10	16	37,5%
40-54	37	9	9	16	25	36%
55-74	40	10	10	17	27	37%
Totale	100	25	25	43	68	36,8%

DONNE						
Classe di età	**% nella popolazione femminile**	**Numero di donne da arruolare**	**Aderenti**	**Non aderenti**	**Lettere spedite totali**	**% adesione sul totale degli inviti**
18-39	20	5	5	4	9	55,6%
40-54	34	9	8	4	12	66,7%
55-74	46	12	12	21	33	36,4%
Totale	100	25	25	29	54	46,3%

Come si può evincere dai dati riportati nella Tabella 4.1.a, per ottenere l'adesione di 25 uomini residenti nei pressi della centrale A2A di Monfalcone è stato necessario invitarne 70, con una adesione complessiva del 35.7%. Guardando la percentuale di adesione in base all'età degli uomini invitati si nota che la percentuale più alta di adesione è stata registrata negli uomini di 18-39 anni (40.0%) e la più bassa tra coloro che avevano un'età compresa tra i 55 e i 74 anni (32.3%). Relativamente alla adesione delle donne residenti nei pressi della centrale A2A di Monfalcone, l'adesione complessiva è risultata pari al 45.5% - è stato quindi necessario invitarne 55 per includere nella ricerca le 25 donne preventivate. Guardando la percentuale di adesione in base all'età delle donne invitate, si nota che la percentuale più alta di adesione è stata registrata in quelle di 40-54 anni (56.3%) e la più bassa tra coloro che avevano un'età compresa tra i 55 e i 74 anni (40.7%).

Per quanto riguarda l'adesione dei residenti nei pressi della Ferriera di Servola (Tabella 4.1.b), per ottenere l'adesione di 25 uomini è stato necessario invitarne 68, con una adesione complessiva del 36.8%. Non sono state registrate differenze nella percentuale di adesione in base all'età degli uomini invitati. Relativamente alla adesione delle donne residenti nei pressi della Ferriera di Servola, l'adesione complessiva è risultata pari al 46.3% - è stato quindi necessario invitarne 54 per includere nella ricerca le 25 donne preventivate. Guardando la percentuale di adesione in base all'età delle donne invitate, si nota che la percentuale più alta di adesione è stata registrata in quelle di 40-54 anni (66.7%) e la più bassa tra coloro che avevano un'età compresa tra i 55 e i 74 anni (36.4%).

Tabella 4.1.c: Adesione dei controlli, i.e. persone ospedalizzate e non residenti nei comuni di Trieste o Monfalcone

UOMINI (n= 27)					
Classe di età	**Numero di uomini da arruolare**	**Eleggibili**	**Aderenti**	**Non aderenti**	**% adesione sul totale degli eleggibili**
18-39	7	14	7	7	50.0%
40-54	9	13	9	4	69,2%
55-74	11	27	11	16	40.4%
Totale	27	54	27	27	50.0%

DONNE (n= 26)					
Classe di età	**Numero di donne da arruolare**	**Eleggibili**	**Aderenti**	**Non aderenti**	**% adesione sul totale degli eleggibili**
18-39	5	10	5	5	50,0%
40-54	9	13	9	4	69,2%
55-74	12	36	12	24	33,3%
Totale	26	58	26	33	43,1%

Nei controlli, l'adesione complessiva degli uomini è risultata pari al 50% e nelle donne al 43.1%. Negli uomini, la più alta percentuale di adesione è stata registrata nella fascia di età 40-54 anni (69.2%), la più bassa (40.0%) nei 55-74 anni. Tra le donne, si nota che la percentuale più alta di adesione è stata registrata in quelle di 40-54 anni (69.2%) e la più bassa tra coloro che avevano un'età compresa tra i 55 e i 74 anni (33.3%).

4.2 Descrizione dei cittadini che hanno aderito allo studio

Tabella 4.2.1: Informazioni ricavate dal questionario, Uomini.

UOMINI			
	Controlli	**Servola/Ferriera**	**Monfalcone/A2A**
	(N=27)	*(N=25)*	*(N=25)*
	No.	*No.*	*No.*
Caratteristica			
Età media (anni)	53	51	52
Durata media residenza (anni)	22	16	18
>= 13 anni di scuola	15	13	18
Residenza in via trafficata	8	11	11
Usa stufa a legna	6	2	4
Fumatore/Ex fumatore	5	9	17
Esposto fumo passivo	3	5	6
Consumo vino gg precedente intervista	10	12	11
Pesce gg precedente intervista	1	2	3
Lavoro in cantiere navale	1	3	5
Lavorio industria fonderia	1	0	1
Lavoro produzione vernici	0	0	0

Tabella 4.2.2: Informazioni ricavate dal questionario, Donne.

DONNE			
	Controlli	**Servola/Ferriera**	**Monfalcone/A2A**
	(N=26)	*(N=25)*	*(N=25)*
	No.	*No.*	*No.*
Caratteristica			
Età media (anni)	53	50	52
Durata residenza (anni)	23	15	21
>= 13 Anni di scuola	16	11	15
Residenza in via trafficata	12	13	9
Usa stufa a legna	10	1	7
Fumatore/Ex fumatore	6	8	17
Esposizione fumo passivo	6	4	8
Consumo vino gg precedente intervista	4	5	9
Pesce gg precedente intervista	2	4	1
Lavoro in cantiere navale	1	0	0
Lavorio industria fonderia	0	0	0
Lavoro produzione vernici	0	0	0

Tra le caratteristiche da menzionare dei cittadini di Servola e Monfalcone che hanno aderito allo studio, vanno segnalate la lunga durata della residenza (minimo 15 anni); la residenza in strade a traffico sostenuto (in circa il 50% dei casi); l'alta prevalenza di fumatori/ex-fumatori (soprattutto tra i partecipanti di Monfalcone, il 68% sia tra gli uomini che tra le donne); il basso consumo di pesce bei giorni precedenti l'intervista; 1 uomo su 5 dei partecipanti di Monfalcone lavorava/aveva lavorato nei cantieri navali mentre solo 1 uomo a Servola ha riportato storia lavorativa in fonderia.

Tabella 4.3: Descrizione dei valori usati dal laboratorio CEDAM, dei valori di riferimento SIVR*, e percentuale di analiti urinari che superavano il limite di sensibilità della metodica usata dal laboratorio CEDAM. Uomini e donne.

	Metodo CEDAM	**Limite superiore di riferimento CEDAM per la popolazione generale**	**Valori di Riferimento SIVR* (5°-95° percentile)**	**Limite di sensibilità della metodica CEDAM**	**Analiti con valori superiori al limite di sensibilità della metodica usata dal laboratorio CEDAM**		
Analita					**A2A**	**Ferriera**	**Controlli**
					%	%	%
Alluminio	ICP-MS	30.0 µg/g creatinina	1.5-6.0 µg/L	6.0 µg/L	48	0	0
Antimonio	ICP-MS	3.0 µg/g creatinina	0.01-0.15 µg/L	1.0 µg/L	0	0	0
Arsenico	ICP-MS	350 µg/L	2.0-15 µg/L	1.0 µg/L	100	100	100
Bario	ICP-MS	8.0 µg/g creatinina	0.2-5.0 µg/L	3.0 µg/L	18	20	6
Cadmio	ICP-MS	2.0 µg/g creatinina	0.1-1.5 µg/L	0.05 µg/L	98	96	98
Cobalto	ICP-MS	2.0 µg/L	0.1-1.5 µg/L	0.5 µg/L	42	74	77
Cotinina	LC-MS/MS	100 µg/g creatinina	5.0-4000 µg/L	10 µg/L	30	20	19
Cromo	ICP-MS	0.2 µg/L	0.05-0.35 µg/L	0.2 µg/L	100	100	100
Ferro urinario	ICP-MS	400 µg/L	Non disponibili	1 µg/L	100	100	100
Manganese	ICP-MS	3.0 µg/g creatinina	0.2-4.0 µg/L	0.2 µg/L	100	88	32
Mercurio	ICP-MS	3.0 µg/g creatinina	0.1-5.0 µg/L	0.1 µg/L	82	82	81
Nichel	ICP-MS	5.0 µg/g creatinina	0.1-5.0 µg/L	0.5 µg/L	28	88	89
Piombo	ICP-MS	3.0 µg/g creatinina	0.01-2.0 µg/L	1.0 µg/L	24	18	15
Rame	ICP-MS	50 µg/g creatinina	4.0-15.0 µg/L	2.0 µg/L	100	100	100
Vanadio	ICP-MS	2.0 µg/g creatinina	0.05-0.2 µg/L	0.5 µg/L	42	16	91
Zinco	ICP-MS	0.9 mg/ g creatinina	250-650 µg/L	0.02 mg/L	100	98	100
Idrossipirene	HPLC-FL	2.0 µg/L	0.03-0.50 µg/g creatinina	0.2 µg/L	20	32	13
Ac. TT Muconico	LC-MS/MS	300 µg/g creatinina	15-165 µg/g creatinina	100 µg/L	0	8	2
Berillio	ICP-MS	Non disponibile	10-40 ng/L	0.005 µg/L	64	98	76

*SIVR= Società Italiana valori di Riferimento, versione 2011 (allegato) [www.valoridiriferimento.it]

Tabella 4.4: Distribuzione, negli esposti per residenza e nei controlli, degli sforamenti della soglia massima usata dal laboratorio CEDAM per singolo analita urinario. Uomini.

	Esposti per residenza		**Controlli**
	Monfalcone A2A (n=25)	**Servola, Ferriera (n=25)**	**Ricoverati Ospedali di Gorizia o Monfalcone (n=27)**
	Numero campioni con valore superiore alla soglia massima	*Numero campioni con valore superiore alla soglia massima*	*Numero campioni con valore superiore alla soglia massima*
	N.	*N.*	*N.*
Analita			
Alluminio	1		
Antimonio			
Arsenico			
Bario	1		
Cadmio			
Cobalto		2	2
Cotinina	9	7	4
Cromo			7
Ferro urinario			
Manganese			
Mercurio			
Nichel			1
Piombo		1	
Rame			
Vanadio			
Zinco		1	2
Idrossipirene			
Ac. TT Muconico			
Berillio			

Tabella 4.5: Distribuzione, negli esposti per residenza e nei controlli, degli sforamenti della soglia massima usata dal laboratorio CEDAM per singolo analita urinario. Donne

	Esposti per residenza		**Controlli**
	Monfalcone A2A (n=25)	**Servola, Ferriera (n=25)**	**Ricoverati Ospedale di Gorizia o Monfalcone (n=26)**
	Numero campioni con valore superiore alla soglia massima	*Numero campioni con valore superiore alla soglia massima*	*Numero campioni con valore superiore alla soglia massima*
	N.	*N.*	*N.*
Analita			
Alluminio			
Antimonio			
Arsenico	1	1	
Bario			
Cadmio			1
Cobalto	2	2	3
Cotinina	3	1	3
Cromo	3		3
Ferro urinario			
Manganese			
Mercurio			
Nichel			
Piombo			1
Rame			1
Vanadio			
Zinco		1	3
Idrossipirene			
Ac. TT Muconico			
Berillio			

Tabella 4.6: Distribuzione delle medie geometriche degli analiti urinari nei tre gruppi in studio. Uomini e donne.

	Esposti per residenza		**Controlli**
	Monfalcone, A2A	**Servola, Ferriera**	**Ricoverati negli Ospedali di Gorizia o Monfalcone**
	Media geometrica (n=campioni misurati)	*Media geometrica (n=campioni misurati)*	*Media geometrica (n=campioni misurati)*
Analita			
Alluminio	11,08 (n=24)	Non valutabile	Non valutabile
Antimonio	Non valutabile	Non valutabile	Non valutabile
Arsenico	30,45 (n=50)	26,93 (n=50)	26,04 (n=53)
Bario	4,41 (n=9)	3,62 (n=10)	3,97 (n=3)
Cadmio	0,28 (n=49)	0,22 (n=48)	0,29 (n=52)
Cobalto	0,92 (n=21)	1,01 (n=37)	0,94 (n=41)
Cotinina	583,10 (n=15)	320,00 (n=10)	192,32 (n=10)
Cromo	1,75 (n=50)	0,78 (n=50)	1,33 (n=53)
Ferro urinario	5,73 (n=50)	26,41 (n=50)	34,96 (n=53)
Manganese	0,73 (n=50)	0,42 (n=44)	0,36 (n=17)
Mercurio	0,45 (n=41)	0,32 (n=41)	0,35 (n=43)
Nichel	1,35 (n=14)	1,23 (n=44)	1,20 (n=47)
Piombo	1,64 (n=12)	1,64 (n=9)	1,67 (n=8)
Rame	5,57 (n=50)	0,72 (n=50)	7,61 (n=53)
Vanadio	0,78 (n=21)	0,72 (n=8)	0,79 (n=6)
Zinco	0,31 (n=50)	0,22 (49)	0,33 (n=53)
Idrossipirene	0,62 (n=10)	0,39 (n=16)	0,44 (n=7)
Ac. TT Muconico	Non valutabile	230,20 (n=4)	Non valutabile
Berillio	0,013 (n=32)	0,021 (n=49)	0,014 (n=40)

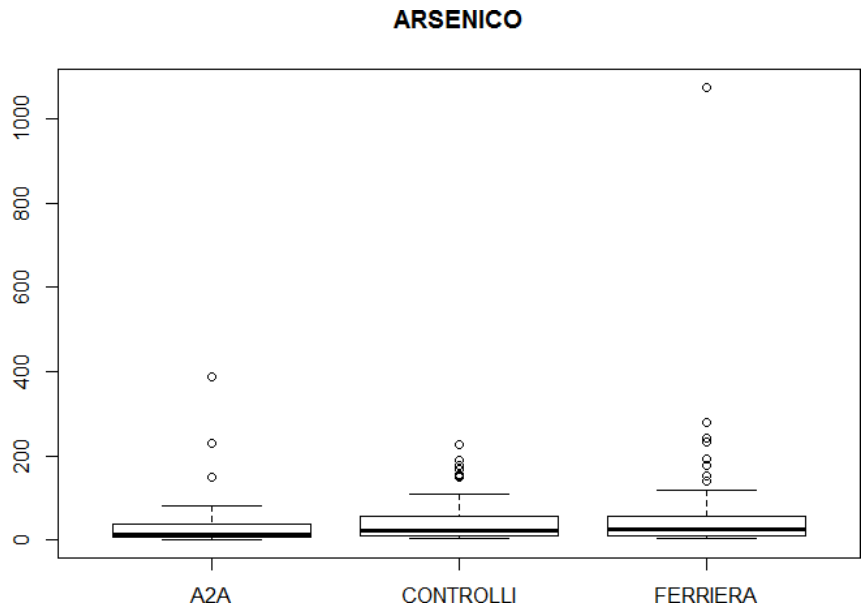
Tabella 4.7: Distribuzione del 5°, 50° e 95° percentile degli analiti urinari nei tre gruppi in studio. Uomini e donne.

	Esposti per residenza						**Controlli**		
	Monfalcone, A2A			**Servola, Ferriera**			**Ricoverati negli Ospedali di Gorizia o Monfalcone**		
	Percentile			*Percentile*			*Percentile*		
	5°	*50°*	*95°*	*5°*	*50°*	*95°*	*5°*	*50°*	*95°*
Analita									
Arsenico	2,93	12,32	185,24	4,50	26,04	259,07	3,74	23,14	180,88
Bario	1,50*	1,50*	4,81	1,50*	1,50*	3,99	1,50*	1,50*	3,66
Cadmio	0,07	0,27	0,89	0,05	0,22	0,54	0,74	0,28	1,09
Cobalto	0,03*	0,03*	2,24	0,03*	0,74	3,12	0,03	0,70	2,52
Cotinina	5,00*	5,00*	1426,79	5,00*	5,00*	532,90	5,00*	5,00*	428,10
Cromo	1,46	1,79	2,13	0,10*	0,79	1,68	0,64	1,17	4,22
Ferro	4,17	5,90	7,43	14,86	25,75	44,28	20,92	32,95	60,98
Manganese	0,27	0,76	1,82	0,10*	0,37	1,04	0,10*	0,10*	0,56
Mercurio	0,005*	0,37	1,53	0,005*	0,25	0,95	0,005*	0,29	1,56
Nichel	0,03*	0,03*	2,49	0,03*	1,09	3,45	0,03*	1,03	2,58
Piombo	0,50*	0,50*	2,77	0,50*	0,50*	2,13	0,50*	0,50	2,03
Rame	2,42	5,79	11,12	3,08	5,70	11,26	2,92	6,60	24,26
Vanadio	0,03*	0,03*	1,31	0,03*	0,03*	0,84	0,03*	0,03*	1,00
Zinco	0,15	0,32	0,82	0,06	0,21	0,73	0,08	0,33	1,04
Idrossipirene	0,10*	0,10*	1,16	0,10*	0,10*	0,73	0,10*	0,10*	0,56
Berillio	0,0003*	0,0095*	0,0300	0,0100	0,0200	0,0645	0,0003*	0,0100	0,0300

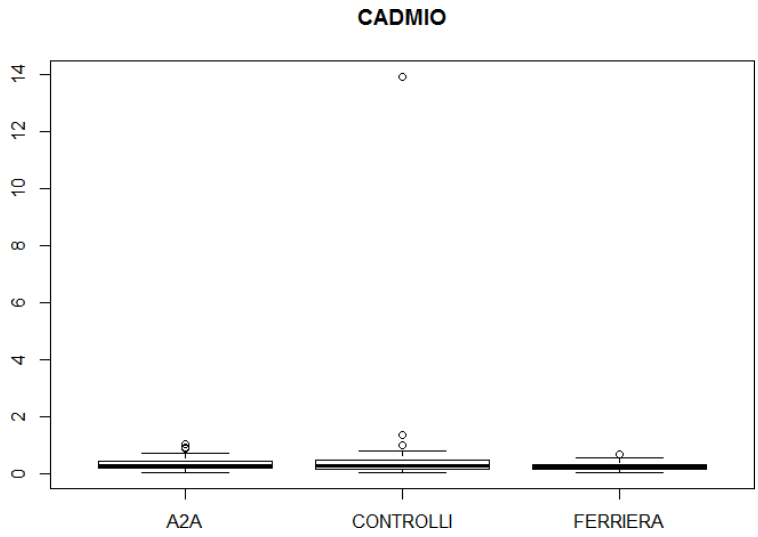
* Valore equivalente al limite di sensibilità della metodica usata dal laboratorio CEDAM

Figura 4.8: Raffigurazione tramite BOX PLOTS delle distribuzioni degli analiti urinari che presentavano valori superiori al limite della sensibilità della metodica usata dal laboratorio CEDAM in più del 15% dei casi nei tre gruppi in studio. Uomini e donne.

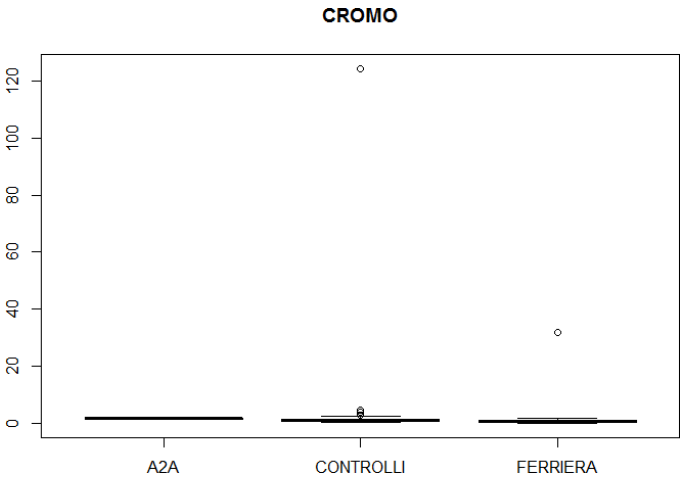
Per gli analiti con un numero complessivo di campioni misurati >=50% in ciascuno dei tre gruppi, sono stati effettuati confronti statistici tramite il test "Kruskal-Wallis rank sum test" (KW_RST).



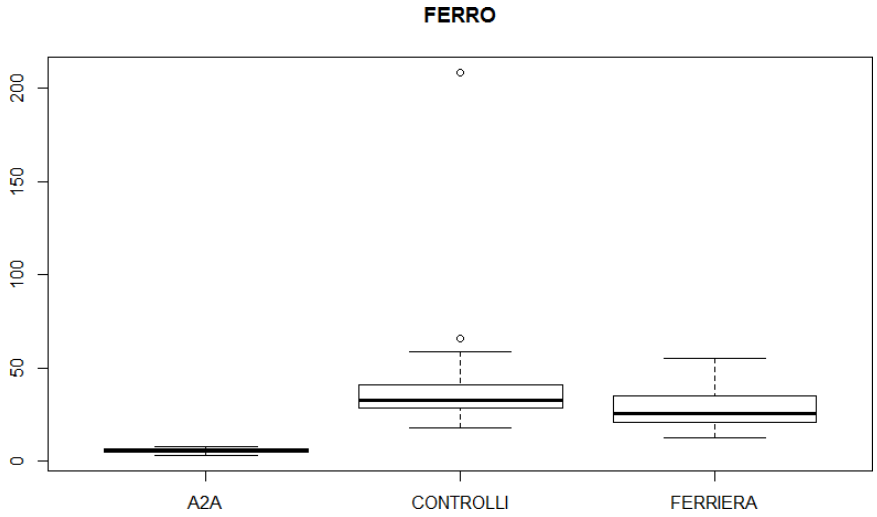
KW_RST, p=0.038



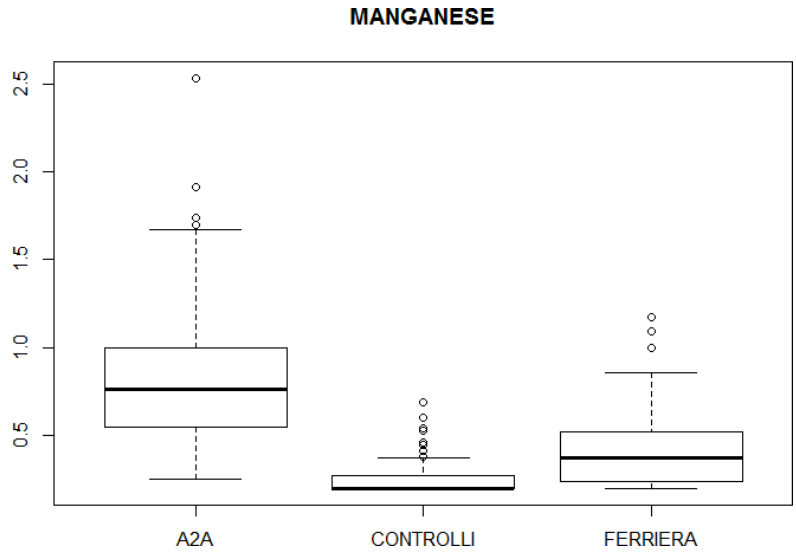
KW_RST, p=0.097



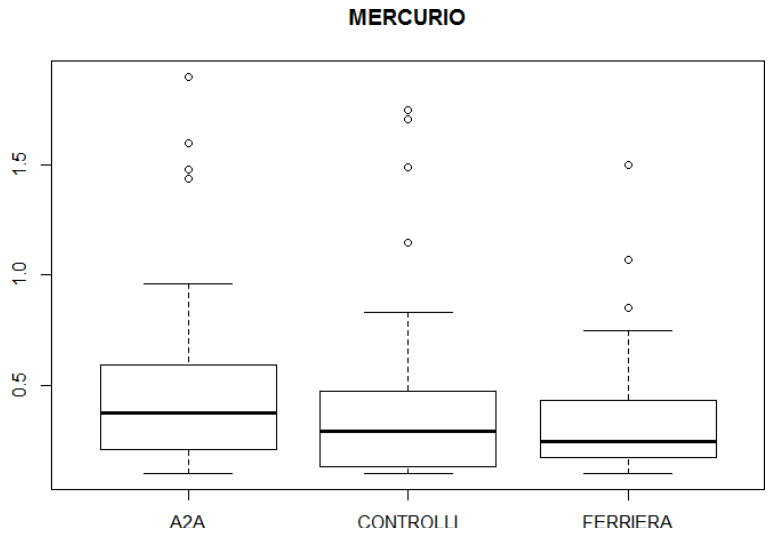
KW_RST, p<0.001



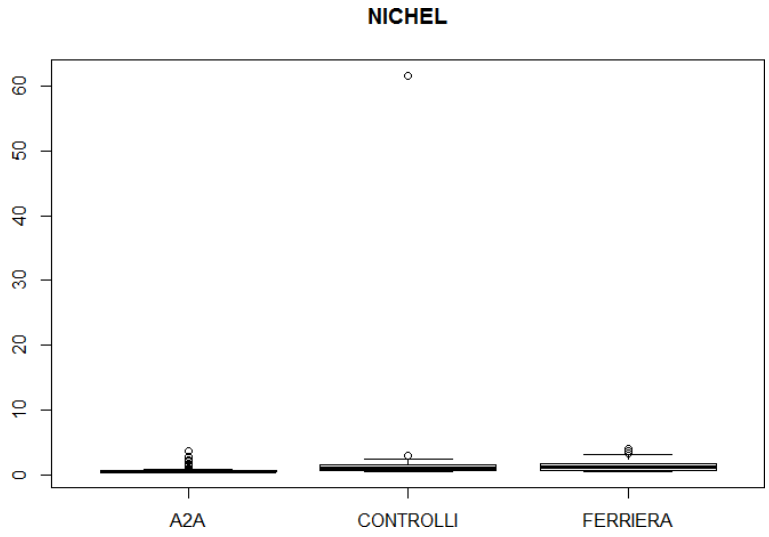
KW_RST, p<0.001



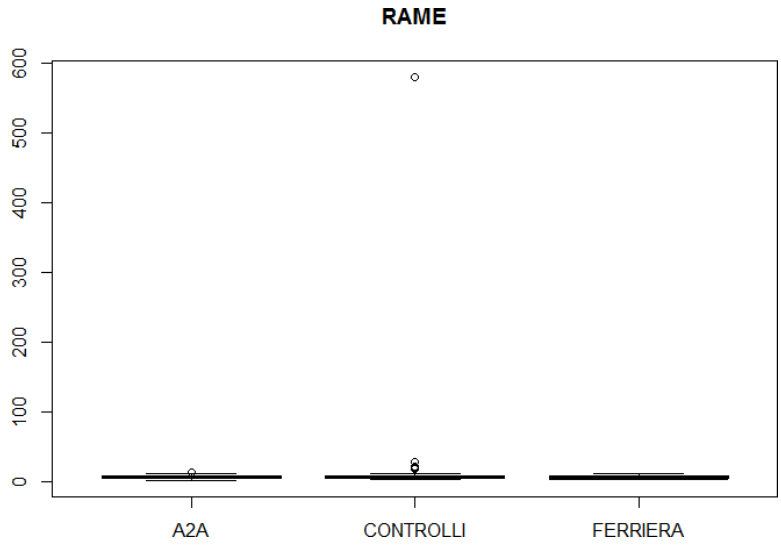
KW_RST, p<0.001



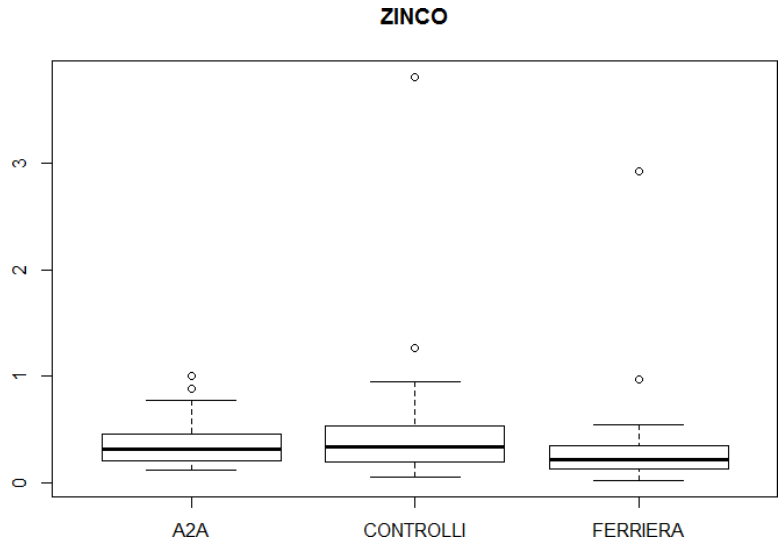
KW_RST, p=0.168



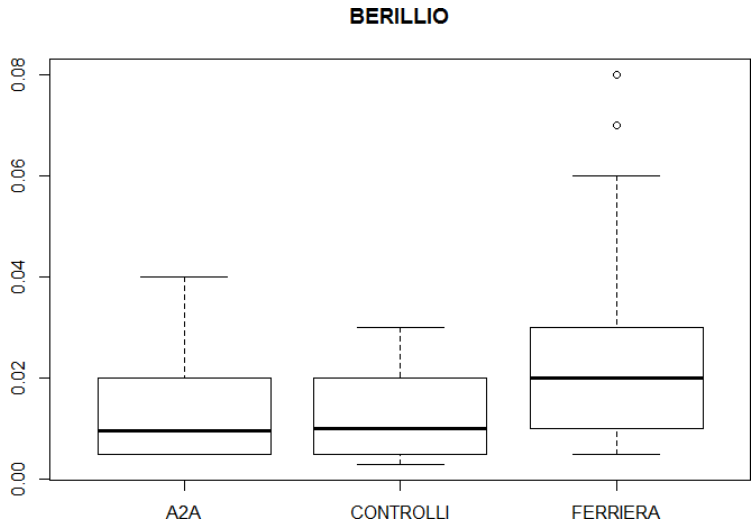
KW_RST, p<0.001



KW_RST, p=0.074



KW_RST, p=0.002



KW_RST, $p<0.001$

5. Sintesi dei risultati per singolo analita

5.1 Alluminio

In base ai limiti di sensibilità della metodica, la misurazione dell'alluminio urinario è stata effettuata in 24 campioni urinari sui 50 raccolti tra i partecipanti residenti in prossimità della centrale A2A di Monfalcone, e in nessun campione proveniente dai residenti a Servola o dai controlli. In uno di questi 24 campioni, la concentrazione urinaria di alluminio è risultata superiore alla soglia massima definita dal laboratorio. A causa della mancanza di misure quantitative dell'alluminio urinario nei campioni provenienti da Servola o nei controlli, non è stato possibile effettuare ulteriori analisi statistiche tranne definire la media geometrica nei 24 campioni provenienti da Monfalcone (i.e., 11,08).

5.2 Antimonio

In nessuno di 153 campioni urinari è stato possibile misurare la concentrazione di antimonio in quanto tutti presentavano concentrazioni inferiori al limite di sensibilità della metodica.

5.3 Arsenico

In tutti i 153 campioni urinari è stato possibile misurare la concentrazione di arsenico. Valori superiori alla soglia massima fissata dal laboratorio sono stati riscontrati in due campioni provenienti, rispettivamente, da una donna di Monfalcone e da una donna di Servola. La media geometrica risultava più elevata nei campioni di Monfalcone, una differenza non confermata dalla distribuzione dei valori percentili nei tre gruppi in studio. L'analisi tramite box plot ha messo in evidenza un valore molto elevato (i.e., un

outlier) tra i residenti in prossimità della Ferriera di Servola, con una differenza statisticamente significativa (p=0.038).

5.4 Bario

I livelli di bario urinario sono risultati superiori al limite di sensibilità della metodica del laboratorio nel 18% dei campioni di Monfalcone, nel 20% di quali della Ferriera e nel 6% dei controlli. In uno dei 9 campioni provenienti da Monfalcone, la concentrazione urinaria di bario è risultata superiore alla soglia massima definita dal laboratorio. Il basso numero di campioni analizzati non permette ulteriori confronti, ma si segnala un apparente livello più elevato nei campioni di Monfalcone per quanto riguarda la media geometrica e il 95° percentile (Monfalcone vs Servola).

5.5 Cadmio

La concentrazione di cadmio è stata misurata in 149 dei 153 campioni di urina, e in nessun campione è stata riscontrata una concentrazione superiore alla soglia massima fissata dal laboratorio. Le concentrazioni più alte (media geometrica e distribuzione percentile) risultavano più alte nei controlli, ma le differenze non sono risultate statisticamente significative.

5.6 Cobalto

Le concentrazioni urinarie di cobalto (un analita i cui valori sono elevati in fumatori o in persone esposte al fumo passivo) sono risultate misurabili nel 42% dei campioni di Monfalcone, nel 74% dei campioni di Servola e nel 77% dei controlli. Valori superiori alla soglia massima del laboratorio sono stati riscontrati in 11 campioni: 2 di Monfalcone, 4 di Servola, e 5 controlli. Le media geometriche e le distribuzioni per percentile mostrano valori più elevati per i campioni di Servola.

5.7 Cotinina

Le concentrazioni urinarie di cotinina rappresentano un indicatore biologico dell'abitudine al fumo di sigarette. La cotinina è risultata misurabile nel 30% dei campioni di Monfalcone, nel 20% dei campioni di Servola e nel 19% dei controlli. Valori superiori alla soglia massima del laboratorio sono stati riscontrati in 20 campioni negli uomini e in 4 campioni nelle donne. Le media geometriche e le distribuzioni per percentile hanno evidenziato valori particolarmente elevati per i campioni di Monfalcone.

5.8 Cromo

In tutti i 153 campioni urinari è stato possibile misurare la concentrazione di cromo. Valori superiori alla soglia massima del laboratorio sono stati riscontrati in 10 controlli e in 3 campioni di Monfalcone. La media geometrica e la distribuzione percentile dei valori di cromo urinario hanno evidenziato valori particolarmente elevati nei controlli (probabilmente legato alla presenza di portatori di protesi di anca ne controlli) e nei residenti a Servola ($p<0.001$).

5.9 Ferro

In tutti i 153 campioni urinari è stato possibile misurare la concentrazione di ferro, e nessuno dei valori è risultato superiore alla soglia massima del laboratorio. La media geometrica e la distribuzione percentile dei valori di ferro urinario hanno evidenziato valori particolarmente elevati nei controlli e nei residenti a Servola ($p<0.001$).

5.10 Manganese

La concentrazione urinaria di manganese è risultata superiore ai limiti di sensibilità del laboratorio in tutti i 50 campioni di Monfalcone, nell'88% di quelli della Ferriera e nel

32% dei controlli. Nessun campione presentava concentrazioni superiori alla soglia massima del laboratorio. Il confronto delle medie geometriche e la distribuzione dei percentili mostravano valori di manganese urinario più elevati nei cittadini di Monfalcone rispetto ai cittadini di Servola o ai controlli ($p<0.001$).

5.11 Mercurio

Le concentrazioni urinarie di mercurio sono risultate superiori ai limiti di sensibilità del laboratorio in circa l'80% dei campioni in ciascun gruppo in studio. Nessun campione presentava concentrazioni superiori alla soglia massima fissata dal laboratorio. La media geometrica più elevata è stata registrata nei campioni di Monfalcone, mentre le distribuzioni dei valori in base ai percentili non differivano tra i campioni di Monfalcone e i controlli ($p=0.168$).

5.12 Nichel

Il 28% dei campioni di Monfalcone e quasi il 90% dei campioni di urine degli altri due gruppi presentavano concentrazioni di nichel superiori al limite di sensibilità del laboratorio. Solo in un campione di urina proveniente dai controlli la concentrazione di nichel era superiore alla soglia massima fissata dal laboratorio. La media geometrica è risultata più elevata nei campioni di Monfalcone, mentre le distribuzioni dei percentili delle concentrazioni urinarie risultavano più elevata nei campioni raccolti a Servola o tra i controlli ($p<0.001$).

5.13 Piombo

Una percentuale poco rilevante dei campioni urinari presentava concentrazioni di piombo superiori ai limiti di sensibilità della metodica del laboratorio (i.e., 24% a

Monfalcone, 18% a Servola e 15% dei controlli). Tra questi, in 1 campione di Servola e in 1 campione tra i controlli la concentrazione urinaria di piombo era superiore alla soglia massima fissata dal laboratorio. Le medie geometriche e la distribuzione dei percentili non suggerivano differenze di rilievo tra i tre gruppi.

5.14 Rame

In tutti i 153 campioni urinari è stato possibile misurare la concentrazione di rame, e solo in 1 campione tra i controlli la concentrazione urinaria di rame era superiore alla soglia massima fissata dal laboratorio. Valori elevati sono stati riscontrati tra i controlli, sia per quanto riguarda la media geometrica che la distribuzione percentile, ma nel complesso le differenze di concentrazioni tra i tre gruppi non sono risultate statisticamente significative (p=0.074).

5.15 Vanadio

La percentuale dei campioni urinari che presentavano concentrazioni di vanadio superiori ai limiti di sensibilità della metodica del laboratorio variava dal 91% dei controlli al 16 % dei campioni cittadini di Servola. Nessun campione presentava concentrazioni superiori alla soglia massima fissata dal laboratorio. Nessuna differenza di rilevo è emersa, tra i tre gruppi, per quanto riguarda le medie geometriche e le distribuzioni dei valori percentili di vanadio.

5.16 Zinco

Per 152 dei 153 campioni di urina esaminati, le concentrazioni di zinco sono risultate superiori ai limiti di sensibilità della metodica del laboratorio. In 7 campioni (1 uomo e 1 donna a Servola; 2 uomini e 3 donne tra i controlli) la concentrazione di zinco era superiore alla soglia massima fissata dal laboratorio. Concentrazioni statisticamente elevate sono emerse tra i controlli e tra i campioni raccolti a Servola, rispetto alle concentrazioni documentate a Monfalcone (p=0.002).

5.17 Idrossipirene

La percentuale dei campioni urinari che presentavano concentrazioni di idrossipirene (un indicatore della dispersione degli idrocarburi policiclici aromatici in atmosfera) superiori ai limiti di sensibilità della metodica del laboratorio era bassa, variando dal 13% dei controlli al 32 % dei campioni dei cittadini di Servola. Nessun campione presentava concentrazioni superiori alla soglia massima fissata dal laboratorio. Nonostante il basso numero di campioni per cui è stato possibile misurare la concentrazione urinaria di idrossipirene, sia la media geometrica che il 95° percentile sono risultati più elevati nei campioni di urne raccolti a Monfalcone.

5.18 Acido trans-trans muconico

Le concentrazioni di acido trans-tans muconico sono state misurate in un piccolo numero di campioni urinari in quanto le concentrazioni erano quasi tutte al di sotto del limite di sensibilità del laboratorio. In nessun campione raccolto a Monfalcone, in 4 dei campioni raccolti a Servola e in un campione tra i controlli. Nessuno dei 5 campioni per cui sono disponibili misure presentava concentrazioni superiori alla soglia massima fissata dal laboratorio.

5.19 Berillio

Le concentrazioni di berillio sono state misurate nel 64% dei campioni di Monfalcone, nel 98% dei campioni di Servola e nel 76% dei controlli. Nessuno dei campioni presentava concentrazioni superiori alla soglia massima fissata dal laboratorio. Sia la media geometrica che il 95° percentile dei valori urinari del berillio sono risultati più elevati nei campioni raccolti a Servola rispetto a quelli raccolti negli altri due gruppi ($p<0.001$).

6. Bibliografia essenziale

1) Bidoli E et al. Residential Proximity to Major Roadways and Lung Cancer Mortality. Italy, 1990–2010: An Observational Study. Int. J. Environ. Res. Public Health 2016, 13, 191-.

2) Bidoli E. et al. Residence in Proximity of an Iron Foundry and Risk of Lung Cancer in the Municipality of Trieste, Italy, 1995–2009. Int. J. Environ. Res. Public Health 2015, 12, 9025-9035.

3) Collarile P. et al. Residence in Proximity of a Coal-Oil-Fired Thermal Power Plant and Risk of Lung and Bladder Cancer in North-Eastern Italy. A Population-Based Study: 1995–2009. Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 14, 860-;

4) Quaderni E&P: Inquinamento atmosferico e salute umana: ovvero come orientarsi nella lettura e interpretazione di studi ambientali, tossicologici ed epidemiologici. Seconda Edizione. Epidemiologia e Prevenzione, supplemento 2, numero 4/5, anno 37, luglio-ottobre 2013.

5) Chellini E et al. Inquinanti emessi da un impianto di incenerimento di rifiuti speciali nell'area di Arezzo: studio preliminare di monitoraggio biologico umano per identificare la possibile tipologia di esposizione residenziale. Epidemiol Prev 2015; 39(1):28-35

6) www.dors.it/spott

7) Ranzi A et al, Biomonitoring of the general population living near a modern solid waste incinerator: A pilot study in Modena, Italy. Environment International 61 (2013) 88–97.

8) Ancona C et al. A survey on lifestyle and level of biomarkers of environmental exposure in residents in Civitavecchia (Italy). Ann Ist Super Sanita, 2016, 52:488-494.

7. Indagine ambientale contemporanea svolta da ARPA FVG per la misurazione dei metalli in atmosfera a Monfalcone e a Servola

Misure di esposizione ambientale

Per il monitoraggio dell'esposizione ambientale, ARPA FVG ha provveduto a misurare il valore medio giornaliero in aria - in siti selezionati delle aree oggetto di studio - per: Antimonio (Sb); Arsenico (As); Cadmio (Cd); Cromo (Cr); Ferro (Fe); Manganese (Mn); Nichel (Ni); Piombo (Pb); Rame (Cu); Vanadio (V);Zinco (Zn); IPA (Naftalene, Antracene, Fenantrene, Pirene, Fluorene, Fluorantene, Crisene, Benzo(a)pirene, Benzo(e)pirene, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(K)fluorantene, di-benzo (a,h)antracene, ideno (1,2,3,-cd) pirene, dibenzo(a,l)pirene, benzo(ghi)perilene); Benzene (sito Servola); Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni (sito Monfalcone).

La scelta del posizionamento dei punti di monitoraggio è stata eseguita per supportare la finalità dello studio pilota di MBU. Tale monitoraggio giornaliero è stato ritenuto strumento utile e funzionale alla lettura del dato ambientale per valutare l'eventuale relazione tra componente ambientale (emissione in atmosfera) e individuale (assorbimento ed escrezione tramite urine) nella popolazione oggetto.

Per l'area di Monfalcone, il cui obiettivo era la misura dell'esposizione in prossimità del contesto industriale "centrale termoelettrica A2A", i punti di monitoraggio sono stati posti nel quartiere "Panzano", nell'area denominata "Area Verde" e nel quartiere "Enel" (vedi Figura 7.1).

Per l'area di Servola, il cui obiettivo era la misura dell'esposizione in prossimità del contesto industriale "Ferriera di Servola", i punti di monitoraggio sono stati posti in Via Carpineto, Via San Lorenzo in Selva (stazione RFI), e in Via Ponticello.

Come area urbana non industrializzata di confronto esterno è stato scelto un sito ubicato nel centro di Gorizia (stazione di Via Duca d'Aosta), in cui sono state fatte contemporaneamente le stesse rilevazioni dei metalli pesanti in atmosfera condotte a Monfalcone e a Servola.

Dal punto di vista temporale, il monitoraggio ambientale è stato coordinato con le attività di raccolta delle urine e dei dati personali tramite questionario. A tal scopo sono stati eseguiti prelievi per 48 giorni consecutivi nell'area di Monfalcone (dal 28/10/2016 al 14/12/216); e per 123 giorni consecutivi (dal 01/05/2017 al 31/08/2017) nell'area di Servola per un totale di:

- 96 campioni giornalieri di metalli per l'area di Monfalcone;
- 48 campioni giornalieri di IPA per l'area di Monfalcone;
- 44 giornate per la stima dei BTEX per l'area di Monfalcone;
- 123 campioni giornalieri di metalli per l'area di Servola;
- 369 campioni giornalieri di IPA per l'area di Servola;
- 369 campioni giornalieri di benzene per l'area di Servola.

Rispetto all'insieme di analiti previsti dallo studio, non sono stati utilizzati i dati del Cromo per problemi analitici e i dati degli IPA più volatili (Naftalene, Antracene, Fenantrene, Fluorene, Fluorantene) per scarsa significatività ambientale ed elevata incertezza nella risposta analitica.

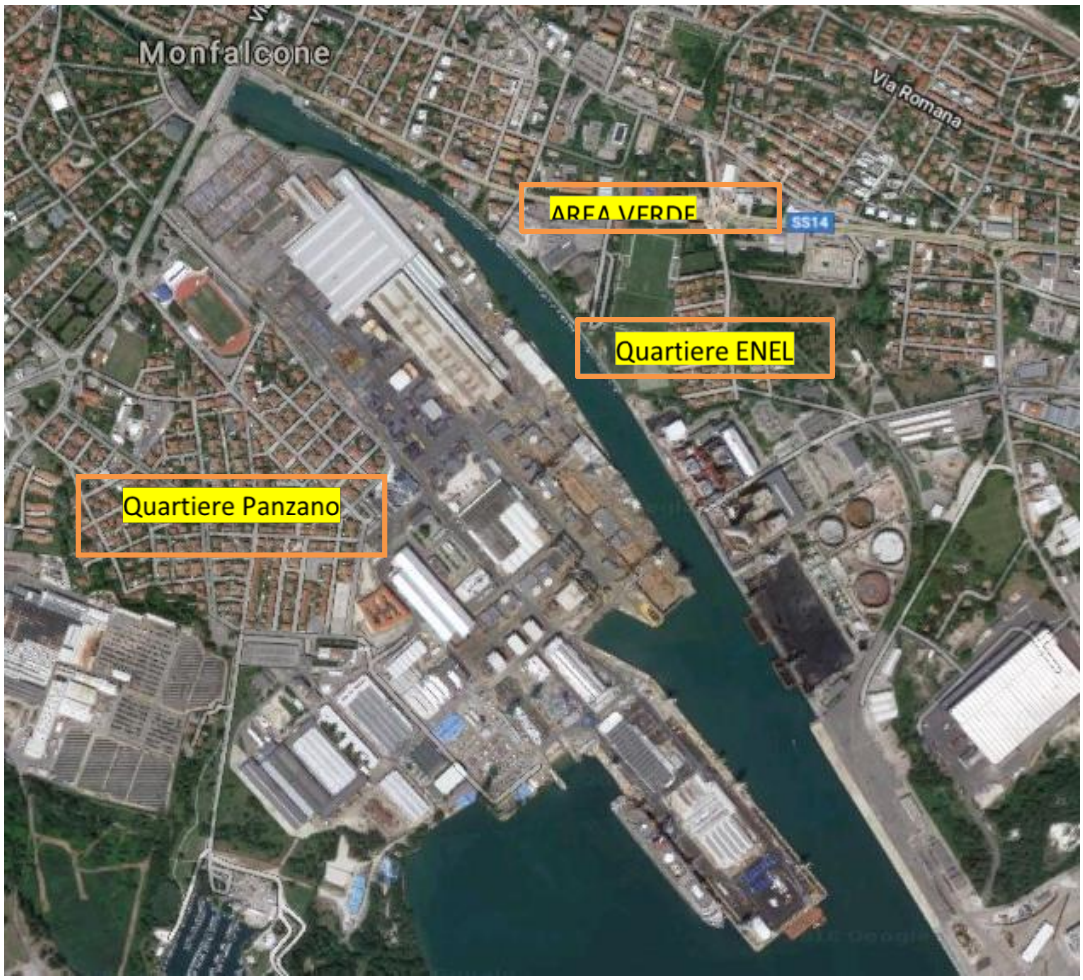


Figura 7.1 : Le tre aree di Monfalcone oggetto di monitoraggio ambientale: quartiere Panzano, quartiere Enel e Area Verde

7.1. Monfalcone

Tabella 7.1: Valori percentili dei metalli misurati da ARPA FVG dal 28/10/2016 al 14/12/216 nell'area circostante la centrale termoelettrica A2A (Area Panzano e Area Verde)

	PERCENTILI DI DISTRIBUZIONE							
Valori in ng/m³	*5%*	*25%*	*50%*	*75%*	*95%*	*MEDIA*	*MAX*	*MIN*
AREA VERDE:								
Antimonio	0,23	0,72	1,08	1,51	2,33	1,12	2,46	0,23
Arsenico	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Cadmio	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Ferro	118,38	259,42	422,21	566,39	791,53	427,86	860,99	82,41
Manganese	2,29	2,29	9,72	26,16	49,66	17,97	85,33	2,29
Nichel	0,46	1,05	1,65	2,68	6,18	2,78	25,47	0,46
Piombo	0,46	0,46	1,16	4,05	5,88	2,12	6,51	0,46
Rame	3,30	7,80	10,82	13,27	19,62	10,59	21,10	2,29
Vanadio	0,46	0,46	0,46	1,01	3,26	0,94	3,98	0,46
Zinco	9,16	9,17	26,69	54,76	110,96	38,78	153,85	9,16
PANZANO:								
Antimonio	0,23	0,70	0,93	1,31	1,63	0,95	1,88	0,23
Arsenico	0,46	0,46	0,46	0,46	1,26	0,57	1,43	0,46
Cadmio	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,52	0,23
Ferro	192,89	440,05	651,62	1008,17	1635,53	778,32	2729,23	131,21
Manganese	8,51	60,39	99,86	142,74	256,81	106,53	399,34	2,29
Nichel	1,07	1,71	2,60	3,95	36,05	10,61	230,37	0,95
Piombo	0,46	0,46	1,79	4,73	7,28	2,63	9,11	0,46
Rame	3,44	6,97	9,73	14,42	21,07	11,47	58,33	0,46
Vanadio	0,46	0,46	0,46	1,44	4,10	1,44	12,14	0,46
Zinco	11,89	75,26	154,01	209,89	372,06	157,10	400,99	9,14

Tabella 7.2: Valori percentili dei metalli misurati da ARPA FVG nel centro di Gorizia

	PERCENTILI DI DISTRIBUZIONE							
Valori in ng/m³	*5%*	*25%*	*50%*	*75%*	*95%*	*MEDIA*	*MAX*	*MIN*
GORIZIA:								
Antimonio	0,95	0,95	1,55	2,40	3,36	1,77	8,97	0,23
Arsenico	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,48	1,33	0,45
Cadmio	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Ferro	231,37	231,37	494,02	672,38	815,35	469,46	1033,22	48,92
Manganese	2,28	2,28	8,99	12,89	19,66	8,77	21,13	2,27
Nichel	0,46	0,46	0,46	1,25	2,76	1,24	11,65	0,46
Piombo	0,46	0,46	2,89	5,57	8,40	3,40	11,86	0,45
Rame	8,39	8,39	16,90	22,87	119,61	24,10	162,27	0,46
Vanadio	0,46	0,46	0,46	0,46	1,03	0,53	1,75	0,45
Zinco	9,14	9,14	26,07	44,53	90,06	32,15	113,28	9,10

I dati espressi in ng/m^3 rappresentati nei valori percentili massimo, minimo e medio hanno messo in luce, in particolare per tre dei metalli normati (arsenico, cadmio, piombo), caratteristiche quantitative al di sotto della Soglia Valutazione Inferiore (SVI) di cui al Dlgs 155/2010. Il confronto fra le due aree di Monfalcone ha evidenziato un andamento dei percentili pressoché simile per molti metalli, eccetto **manganese, zinco, nichel e ferro** che nell'area di Panzano presentavano valori marcatamente superiori rispetto all'area denominata "Area Verde".

Il manganese nell'area di Panzano è risultato diffuso con valori significativamente superiori all'Area Verde e a Gorizia di circa 10 volte (valore mediano, i.e., 50° percentile: 99.86; 9.72; e 8,99, rispettivamente) (tabella 7.1 e 7.2).

In modo simile, la concentrazione dello **zinco** in atmosfera è risultata presente in quantitativi maggiori a Panzano (valore mediano,154.01) rispetto ad Area Verde e Gorizia) (26.69 e 26.07, rispettivamente).

Per quanto riguarda **il nichel,** il valori mediano registrato a Panzano era superiore di 1.6 volte rispetto a quello registrato in Area Verde, mentre in entrambe le aree i valori erano molto più alti di quelli registrati a Gorizia.

L'andamento nella distribuzione dei percentili della concentrazione del **ferro** in atmosfera è risultata simile nei tre siti. Dal punto di vista quantitativo, il valore mediano della concentrazione del ferro in atmosfera è risultata di circa 1.5 volte più alta rispetto a quanto riscontrato in Area Verde che nella città di Gorizia.

Tabella 7.3: IPA: Valori percentili misurati da ARPA FVG dal 28/10/2016 al 14/12/216 nell'area circostante la centrale termoelettrica (Area Verde)

	PERCENTILI DI DISTRIBUZIONE							
IPA AREA VERDE:	***5%***	***25%***	***50%***	***75%***	***95%***	***MEDIA***	***MAX***	***MIN***
valori in g/m3								
Benzo(a)antracene	0,05	0,09	0,24	0,37	0,74	0,28	1,03	0,05
Benzo(a)pirene	0,11	0,18	0,43	0,59	1,53	0,51	1,78	0,05
Benzo(b)fluorantene	0,11	0,22	0,41	0,61	1,26	0,47	1,49	0,05
Benzo(ghi)perilene	0,13	0,20	0,45	0,54	1,30	0,47	1,49	0,05
Benzo(k)fluorantene	0,05	0,11	0,22	0,31	0,68	0,24	0,77	0,05
Crisene	0,06	0,18	0,36	0,57	0,93	0,41	1,32	0,05
Dibenzo(ah)antracene	0,05	0,05	0,11	0,15	0,31	0,12	0,39	0,05
Indeno(123)pirene	0,10	0,18	0,38	0,48	0,94	0,39	1,23	0,05
Pirene	0,06	0,21	0,43	0,62	0,87	0,44	1,52	0,05
Benzo(e)pirene	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Considerando che nel periodo invernale gli IPA vengono misurati generalmente a concentrazioni superiori, dai dati relativi ai percentili di distribuzione dei vari IPA esposti in tabella non emergono particolari criticità.

Tabella 7.4. BTEX: valori percentili misurati da ARPA FVG dal 14/11/2016 al 27/12/216 nell'area circostante la centrale termoelettrica (Area Verde).

BTEX	LOCALITA' AREA VERDE	Periodo 1 14/11-28/11/2016	Periodo 2 28/11-12/12/2016	Periodo 3 12/12-27/12/2016
		media (µg/m3)	*media (µg/m3)*	*media (µg/m3)*
benzene	v. Lisert (quartiere Enel)		1,77	1,95
	p. Esposti Amianto (quartiere Panzano)	1,88	2,14	2,10
	v. Palermo (quartiere Panzano)	1,76	1,76	2,00
	v. Manin (quartiere Panzano)	1,91	2,52	2,42
toluene	v. Lisert (quartiere Enel)		2,36	2,35
	p. Esposti Amianto (quartiere Panzano)	4,73	4,49	3,76
	v. Palermo (quartiere Panzano)	3,91	3,02	2,96
	v. Manin (quartiere Panzano)	4,43	5,66	4,05
etilbenzene	v. Lisert (quartiere Enel)		0,88	0,54
	p. Esposti Amianto (quartiere Panzano)	2,05	1,47	1,05
	v. Palermo (quartiere Panzano)	1,97	1,01	0,86
	v. Manin (quartiere Panzano)	1,56	1,30	1,02
o-xilene	v. Lisert (quartiere Enel)		1,85	0,86
	p. Esposti Amianto (quartiere Panzano)	1,95	4,66	3,24
	v. Palermo (quartiere Panzano)	1,87	2,99	1,93
	v. Manin (quartiere Panzano)	5,01	3,61	2,46
m+p-xilene	v. Lisert (quartiere Enel)		0,90	0,42
	p. Esposti Amianto (quartiere Panzano)	5,89	1,32	0,94
	v. Palermo (quartiere Panzano)	6,06	1,07	0,83
	v. Manin (quartiere Panzano)	1,43	1,20	0,94

I BTEX (benzene, toluene, etilbenzene, o-xilene, m+p-xilene) in tutte le 4 stazioni presentano delle concentrazioni medie molto variabili; per il benzene (unico normato) i valori risultano sempre al di sotto del limite di legge, pari ad una media annua di 5 µg/m3. I valori del quartiere Panzano di xileni ed etilbenzene, composti volatili espressamente associati ad attività di verniciatura, hanno un andamento correlato nei tre periodi indagati, probabilmente legato alle attività industriali svolte.

7.2 Trieste, quartiere Servola

Tabella 7.5: Valori percentili dei metalli misurati da ARPA FVG dal 01/05/2017 al 31/08/2017 nell'area circostante la Ferriera di Servola (Via Ponticello).

	PERCENTILI DI DISTRIBUZIONE							
Valori in g/m³	*5%*	*25%*	*50%*	*75%*	*95%*	*MEDIA*	*MAX*	*MIN*
Metalli:								
Antimonio	0,23	0,77	1,12	1,54	2,26	1,16	2,75	0,23
Arsenico	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Cadmio	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,59	0,23
Ferro	9,15	1463,32	2783,00	4109,99	6348,13	2944,09	11059,79	9,15
Manganese	2,29	12,12	21,25	31,34	48,21	22,75	73,78	2,29
Nichel	0,46	1,09	2,92	4,17	7,58	3,20	16,54	0,46
Piombo	0,46	5,24	11,04	18,89	33,98	13,48	60,19	0,46
Rame	2,82	5,82	8,84	10,72	13,90	8,44	19,79	0,46
Vanadio	0,46	1,83	4,78	7,65	12,22	5,11	16,11	0,46
Zinco	9,15	9,15	19,73	29,72	52,66	22,72	125,20	9,15

I dati relativi ai metalli presenti nell'area di Servola rappresentano la situazione comune in Friuli Venezia Giulia (si vedano i corrispondenti valori di analiti registrati a Gorizia) tranne che per l'elemento Ferro di derivazione dall'impianto siderurgico "Ferriera". Il valore mediano del Ferro in atmosfera nei pressi della Ferrera è risultato 4.3 volte superiore a quanto registrato a Panzano e 5.6 volte più alto di quello registrato a Gorizia.

Tabella 7.6: Valori percentili del benzene misurato da ARPA FVG dal 01/05/2017 al 31/08/2017 nell'area circostante la Ferriera di Servola.

BENZENE	**PERCENTILI DI DISTRIBUZIONE**							
valori in µg/m3	*5%*	*25%*	*50%*	*75%*	*95%*	*MEDIA*	*MAX*	*MIN*
Via PITACCO	0,26	1,79	3,66	6,61	13,59	4,78	17,14	0,02
Stazione RFI	0,35	4,73	8,88	12,27	17,04	8,55	21,64	0,16
Via PONTICELLO	0,21	0,73	1,26	1,79	2,65	1,32	3,52	0,11

Per quanto riguarda il benzene, i quantitativi presenti nella tabella 7.6, in particolare per la stazione RFI e la stazione di Via Pitacco, sono da considerarsi significativi e riconducibili alle emissioni della cokeria presente nello stabilimento siderurgico. Rispetto ai dati rilevati in via Ponticello, infatti, i siti limitrofi alla cokeria hanno infatti presenza di concentrazioni medie decisamente superiori.

Tabella 7.7. IPA: valori percentili misurati da ARPA FVG dal 01/05/2017 al 31/08/2017 nell'area circostante la Ferriera di Servola.

	PERCENTILI DI DISTRIBUZIONE							
IPA via Ponticello:	*5%*	*25%*	*50%*	*75%*	*95%*	*MEDIA*	*MAX*	*MIN*
Valori in g/m^3								
Benzo(a)antracene	0,11	0,11	0,24	0,33	0,59	0,26	2,38	0,11
Benzo(a)pirene	0,11	0,11	0,11	0,11	0,33	0,15	0,46	0,11
Benzo(b)fluorantene	0,11	0,11	0,11	0,24	0,35	0,17	0,51	0,11
Benzo(ghi)perilene	0,11	0,11	0,11	0,36	0,57	0,24	0,80	0,11
Benzo(k)fluorantene	0,11	0,11	0,11	0,11	0,24	0,12	0,31	0,11
Crisene	0,11	0,11	0,29	0,40	0,52	0,29	0,64	0,11
Dibenzo(ah)antracene	0,11	0,11	0,11	0,11	0,29	0,14	0,31	0,11
Indeno(123)pirene	0,11	0,11	0,11	0,23	0,33	0,16	0,69	0,05
Pirene	0,11	0,31	0,42	0,55	0,73	0,43	1,01	0,11
Benzo(e)pirene	0,11	0,11	0,26	0,40	0,68	0,29	1,01	0,11

	PERCENTILI DI DISTRIBUZIONE							
IPA via Pitacco:	*5%*	*25%*	*50%*	*75%*	*95%*	*MEDIA*	*MAX*	*MIN*
Valori in g/m^3								
Benzo(a)antracene	0,11	0,11	0,11	0,24	0,38	0,18	1,37	0,05
Benzo(a)pirene	0,11	0,11	0,11	0,11	0,27	0,14	1,06	0,05
Benzo(b)fluorantene	0,11	0,11	0,11	0,11	0,38	0,17	1,41	0,05
Benzo(ghi)perilene	0,11	0,11	0,11	0,11	0,31	0,15	1,11	0,05
Benzo(k)fluorantene	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,79	0,05
Crisene	0,11	0,11	0,11	0,29	0,46	0,22	1,68	0,11
Dibenzo(ah)antracene	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,37	0,05
Indeno(123)pirene	0,11	0,11	0,11	0,11	0,31	0,15	1,14	0,05
Pirene	0,27	0,37	0,47	0,69	0,95	0,54	1,55	0,11
Benzo(e)pirene	0,11	0,11	0,11	0,33	0,63	0,26	2,59	0,11

	PERCENTILI DI DISTRIBUZIONE							
IPA Rfi:	*5%*	*25%*	*50%*	*75%*	*95%*	*MEDIA*	*MAX*	*MIN*
valori in g/m^3								
Benzo(a)antracene	0,11	0,38	0,64	1,03	1,67	0,75	3,82	0,11
Benzo(a)pirene	0,11	0,34	0,69	1,18	1,75	0,80	4,14	0,11
Benzo(b)fluorantene	0,11	0,37	0,71	1,25	2,03	0,90	4,74	0,11
Benzo(ghi)perilene	0,11	0,47	0,72	1,25	2,00	0,87	3,73	0,11
Benzo(k)fluorantene	0,11	0,11	0,40	0,66	1,15	0,48	2,76	0,11
Crisene	0,11	0,42	0,71	1,16	1,94	0,89	4,15	0,11
Dibenzo(ah)antracene	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Indeno(123)pirene	0,11	0,36	0,60	1,05	1,87	0,77	3,50	0,05
Pirene	0,26	0,58	0,95	1,46	2,47	1,09	3,50	0,11
Benzo(e)pirene	0,11	0,66	1,43	2,51	3,96	1,68	8,80	0,11

Per quanto riguarda gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) - in particolare il benzo(a)pirene, unico normato- si evidenzia come l'impatto interessi in particolare il sito denominato RFI con valori superiori ad 1 ng/m^3 dal 75° percentile in avanti. Al contrario, le concentrazioni risultano notevolmente più contenute man mano che ci si allontana dalla cokeria della Ferrera, sia in via Pitacco che in Via Ponticello (vedi Figura 7.2).

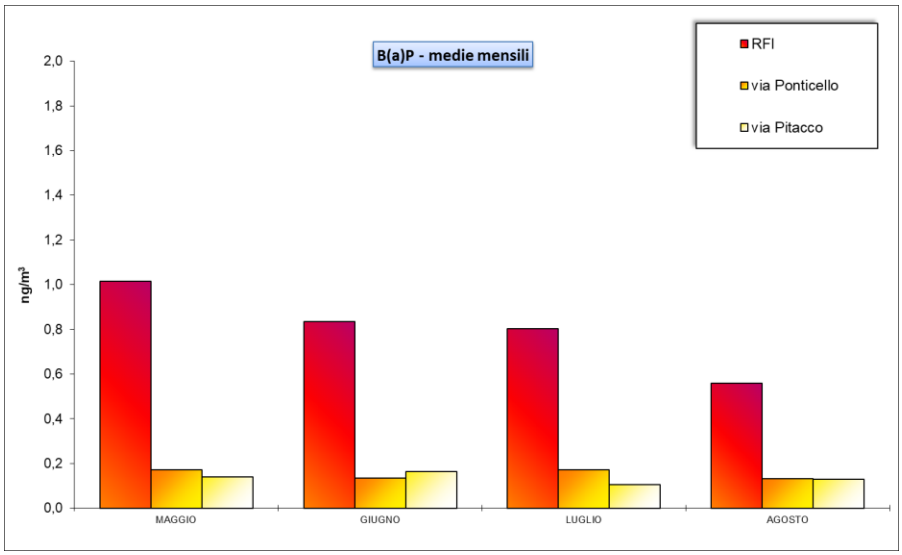


Figura 7.2: Confronto dei valori medi mensili nelle tre stazioni di riferimento RFI, Via Ponticello e Via Pitacco.

A differenza delle altre aree regionali dove i valori di IPA in estate sono trascurabili (al limite della rilevabilità strumentale) per quanto riguarda l'area di Servola (Figura 7.3) le concentrazioni rimangono abbastanza elevate anche nella stagione calda. Tale comportamento è imputabile alla ciclicità nel regime anemologico locale: nel periodo estivo il vento tende a spirare più spesso dal mare (da ovest) rendendo l'abitato di Servola più spesso sottovento all'impianto di produzione del coke (Figura 7.3).

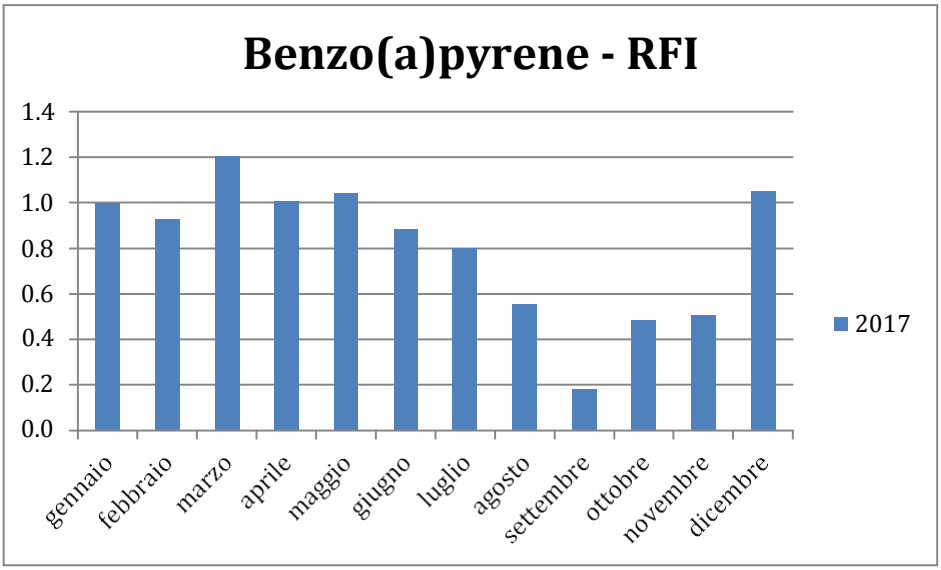


Figura 7.3: Andamento medio mensile per il benzo(a)pyrene nella stazione RFI durante l'anno 2017

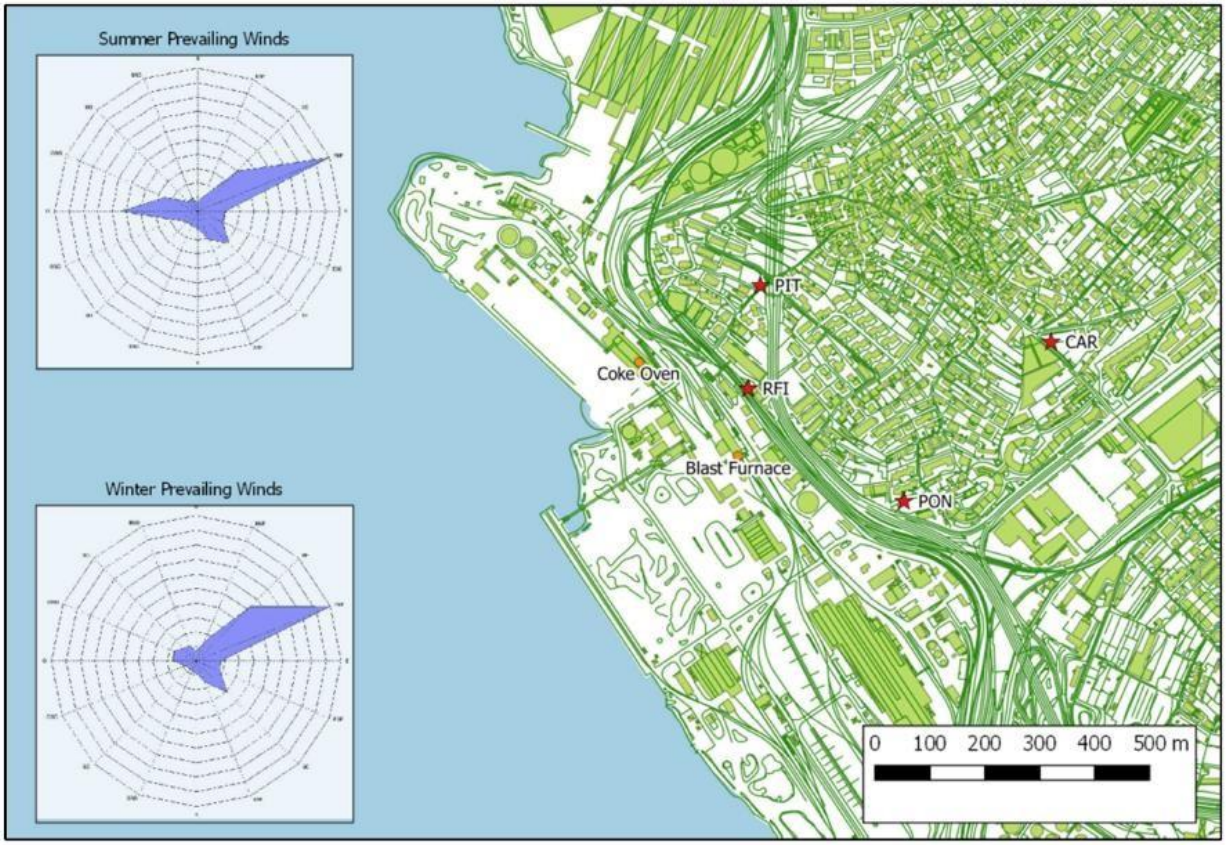


Figura 7.4: Localizzazione dei punti di monitoraggio (Via Pitacco, Via Ponticello e RFI) con rose dei venti nel periodo estivo (in alto) e nel periodo invernale (in basso), si noti come nel periodo invernale la componente da ovest (vento di Ponente) quasi scompare. La direzione del vento riportata nelle rose dei venti è quella di provenienza del vento stesso, più lungo è il lobo più spesso il vento spira da quella direzione

Riferimenti bibliografici e sitografici

http://www.arpa.fvg.it/cms/focus_ambientali/Area_Monfalcone/intro_focus.html (microsito Monfalconese);

http://www.arpa.fvg.it/cms/focus_ambientali/Ferriera_Servola/intro_focus.html (microsito Ferriera)

8. Conclusioni

8.1 Adesione

La valutazione del grado di adesione allo studio rappresentava uno dei principali obiettivi di questa indagine pilota, inteso a orientare un eventuale ampliamento della indagine di monitoraggio biologico umano a più vasti gruppi di popolazione. Da questo punto di vista, una percentuale di adesione oscillante tra il 36% e il 46% tra le popolazioni residenzialmente esposte e del 50% tra i controlli non può essere definita soddisfacente. In vista di un eventuale ampliamento dello studio, si ritiene utile procedere preventivamente ad una analisi motivazionale delle popolazioni coinvolte per identificare i determinanti della bassa adesione riscontrata in questa indagine pilota.

8.2 Sforamento della soglia massima delle concentrazioni

Gli episodi di sforamento della soglia massima adottata dal laboratorio sono stati molto contenuti –a parte quelli dei derivati del fumo di sigaretta (e.g., cotinina). In totale, 4 sforamenti (alluminio, bario, piombo, zinco) tra i 50 uomini e 6 (arsenico, cromo, zinco) tra le 50 donne esposte per residenza, in aggiunta a 21 sforamenti tra i controlli.

8.3 Confronto delle concentrazioni degli analiti nei tre gruppi studiati

I confronti riguardano, nella gran maggioranza dei casi, valori di concentrazione degli analiti al di sotto della soglia massima stabilita dal laboratorio. Alcune differenze meritano di essere commentate per eventuali approfondimenti:

i) **Arsenico:** l'aumento significativo delle concentrazioni osservato nei campioni di urina della popolazione di Servola sembra in parte influenzato da un solo valore particolarmente elevato;

ii) **Cromo:** anche in questo caso, un valore particolarmente elevato nei controlli ha influenzato il risultato statistico. Tuttavia, permane una indicazione che la

concentrazione di cromo potrebbe essere più elevata nei campioni di urina di Monfalcone rispetto a quelli raccolti a Servola;

iii) **Ferro**: i dati indicano che le concentrazioni di ferro urinario sono più alte nei campioni di urina raccolti a Servola rispetto a quelli di Monfalcone, ma simili a quelle dei controlli. Un dato in accordo con quanto rilevato da ARPA FVG nell'indagine di monitoraggio ambientale;

iv) **Manganese**: i parametri analizzati indicano concentrazioni più elevate di manganese nei campioni di urine raccolti a Monfalcone rispetto a quelle dei campioni raccolti a Servola o tra i controlli. Anche in questo caso, un dato in accordo con quanto rilevato da ARPA FVG nell'indagine di monitoraggio ambientale;

v) **Berillio:** i dati raccolti indirizzano verso concentrazioni più elevate nei campioni di urina raccolti a Servola. Va tuttavia valutato il ruolo di due valori anomali che possono aver influenzato il test statistico.

8.4 Confronto dati ambientali e dati esposizione individuale

i) **Monfalcone:** Il monitoraggio ambientale condotto da ARPA FVG ha messo in evidenza, nel sito di Panzano, valori elevati per le concentrazioni di manganese, zinco, nichel e ferro rispetto all'Area Verde. Una corrispondenza con i risultati della ricerca nelle urine di tali metalli è emersa solo per il manganese, la cui concentrazione è risultata particolarmente elevata nelle urine dei cittadini residenti nei pressi della centrale A2A.

ii) **Servola:** Il monitoraggio ambientale condotto da ARPA FVG ha messo in evidenza, nel sito di Servola, valori elevati per le concentrazioni di **ferro.** Questa osservazione è concorde con i risultati della ricerca nelle urine di tale metallo, la cui concentrazione è risultata particolarmente elevata nelle urine dei cittadini residenti nei pressi della Ferriera di Servola.

8.5 Punti di forza dello studio

Studio di popolazione georeferenziato condotto tramite un campionamento casuale dalle anagrafi comunali. I due campioni di popolazione di Monfalcone e Servola sono stati identificati dopo stratificazione per sesso ed età in base alla popolazione residente da almeno 5 anni in prossimità dei due siti;

Le interviste e la raccolta delle urine sono state condotte da personale appositamente istruito in sessioni formative comuni;

A tutti i 153 partecipanti è stata offerta la possibilità di essere informati sul risultato degli esami di laboratorio e di poterne discutere il significato individualmente con il personale sanitario, o con il responsabile scientifico della ricerca;

Il contemporaneo monitoraggio ambientale a Monfalcone e a Servola da ARPA FVG ha permesso di verificare lo stato della qualità dell'aria per gli stessi biomarcatori oggetto di studio negli individui ivi residenti. Per i metalli normati (arsenico, cadmio, nichel, piombo), i valori rilevati da ARPA FVG nel 2016 e nel 2017 nelle postazioni di Monfalcone e Servola sono risultati al di sotto del limite obiettivo e della soglia di valutazione inferiore stabiliti dalla norma.

8.5 Limiti dello studio

i) Deviazioni dal protocollo dello studio:
   a. Il laboratorio inizialmente identificato per condurre l'esame delle urine non ha potuto svolgere tale funzione per un inconveniente tecnico. Ciò ha comportato la ricerca, in corso di attività, di un altro laboratorio a cui è stato chiesto di condurre le analisi preventivate;
   b. Non è stato possibile misurare alcuni analiti urinari da parte del laboratorio a cui è stato richiesto di condurre le analisi delle urine;

c. I controlli – tutti residenti al di fuori dei comuni di Monfalcone o Trieste - sono stati arruolati anche nell'Ospedale di Monfalcone anziché nel solo Ospedale di Gorizia per difficoltà di arruolamento emerse in corso di attività presso l'Ospedale di Gorizia.

ii) I limiti di sensibilità delle metodiche del laboratorio CEDAM (cioè, i valori al di sotto dei quali il laboratorio non ha potuto quantificare la concentrazione dei metalli/analiti) sono risultati elevati per alcuni degli elementi studiati. Questo fatto deriva da una combinazione di bassi livelli di esposizione ambientale a Monfalcone e Servola per molti metalli e dall'uso di parametri laboratoristici comuni alla medicina occupazionale, in cui i livelli di esposizione sono generalmente più elevati di quelli della popolazione generale. Come conseguenza, non è stato possibile effettuare una misurazione più circostanziata di analiti, tra cui l'alluminio, l'antimonio, l'idrossipirene e l'acido tt-muconico;

iii) Ulteriori aliquote di urina non sono risultate disponibili per tutti le 153 persone che hanno partecipato allo studio. Non è stato quindi possibile rifare le analisi dei metalli urinari usando i limiti di sensibilità indicati dalla Società Italiana Valori di Riferimento (di cui alla Tabella 4.3);

iv) La dimensione del campione di questo studio pilota (153 persone), sebbene maggiore di quanto effettuato in alcuni degli studi Italiani di MBU, in parallelo alle limitazioni numeriche derivanti dai limiti laboratoristici sopra menzionati, ha parzialmente limitato la valutazione statistica delle differenti concentrazioni tra i gruppi di popolazione studiati;

v) La scelta dei controlli ospedalieri è motivata dal fatto che le persone ricoverate in ospedale sono più propense della popolazione generale ad aderire a studi condotti in ambito sanitario. Va però sottolineato, in questo contesto, che la concentrazione urinaria di alcuni analiti investigati (p.es., il cromo, la cui

diffusione nei liquidi biologici può essere influenzata dall'inserimento di protesi ortopediche) può risultare associata a malattie che sono la causa di ricovero. Un fatto che può influire sulla validità dei relativi confronti.

8.6 Commento conclusivo

Le risposte ottenute ai due obiettivi generali (adesione e fattibilità) di questo studio pilota di MBU a Monfalcone e a Servola possono essere così riassunte:

i) Adesione allo studio: la risposta è stata insoddisfacente sia per le persone potenzialmente esposte a Monfalcone o a Servola, che per i controlli ospedalieri;

ii) Fattibilità: il gruppo collaborativo regionale - attivo all'interno dell'Osservatorio Ambiente e Salute FVG- ha dimostrato di poter condurre, con i dovuti accorgimenti, tale tipologia di indagine. Lo svolgimento dello studio pilota ha evidenziato alcune criticità metodologiche –in particolare quelle legate alle analisi di laboratorio- che vanno superate.

Altre risposte di interesse generale fornite dallo studio:

a.) Sono stati registrati pochi casi di superamenti dei limiti massimi delle concentrazioni urinarie dei metalli analizzati. Questi dati sono stati segnalati sia alle persone stesse che ai Direttori dei Dipartimenti di Prevenzione delle due aree. Alcune di queste persone hanno chiesto e ottenuto un incontro di approfondimento con i medici responsabili. I medici non hanno ritenuto di dover procedere alla ripetizione dell'esame delle urine nelle persone residenti a Servola o a Monfalcone. Una nuova raccolta urine e ripetizione dell'esame è stata effettuata in due controlli con valori elevati di cromo per la presenza di una protesi di anca;

b.) La contemporanea raccolta di dati biologici individuali e dei parametri ambientali ha messo in luce valori coerentemente più elevati in entrambe le rilevazioni per il manganese a Monfalcone e per il ferro a Servola. Sebbene per tali metalli non esistano limiti normativi, questa osservazione va contestualizzata e approfondita per eventuali implicazioni di carattere sanitario.

9. Riassunto

Le indagini di epidemiologia ambientale che si avvalgono di biomarcatori rappresentano uno strumento di ricerca avanzato che permette di misurare direttamente in ciascun individuo l'esposizione a inquinanti dispersi nell'ambiente. In genere, questa tipologia di indagine è preceduta da indagini di tipo descrittivo osservazionale basate su dati tratti da statistiche correnti (e.g., registro tumori, registri di patologie, schede di dimissioni ospedaliere, certificati di morte) e finalizzate a mettere in evidenza eventuali situazioni di salute pubblica che necessitano di approfondimenti specifici. In Friuli Venezia Giulia, studi descrittivi condotti nel contesto delle attività dell'Osservatorio Ambiente e Salute hanno preceduto questa indagine pilota di monitoraggio biologico umano (MBU) rivolta alle popolazioni residenti nei pressi della centrale termoelettrica A2A di Monfalcone e dello stabilimento siderurgico "Ferriera" di Servola (Trieste).

Gli obiettivi di questo studio pilota di MBU erano: i)stimare la adesione dei cittadini di Servola e Monfalcone a uno studio che includa la misura di parametri biologici (in questo caso specifico, donare un campione di urina); e ii)la fattibilità della indagine stessa, cioè la sostenibilità economica e la reale praticabilità in base alle risorse umane e tecnologiche già presenti in regione, di questa metodologia di indagine complessa, articolata e onerosa.

Attraverso una procedura casuale, 50 uomini e 50 donne residenti in prossimità della centrale A2A di Monfalcone o della Ferriera di Servola sono stati invitati a partecipare allo studio che comprendeva una intervista tramite questionario somministrato da intervistatrici e la raccolta spot di un campione di urina. Come controlli, è stato identificato un gruppo di 53 persone (27 uomini e 26 donne) appaiate per sesso ed età alle persone esposte a inquinamento ambientale a Monfalcone o a Servola, ricoverate negli ospedali di Gorizia o Monfalcone ma non residenti a Trieste o a Monfalcone.

L'adesione dei cittadini alla richiesta di partecipazione a questo studio pilota non può

essere definita soddisfacente, in quanto variava tra 36% e il 46% tra le popolazioni residenzialmente esposte, ed è risultata del 50% tra i controlli. Molto contenuto è risultato il numero di sforamento della soglia massima di concentrazione dei metalli -a parte quelli relativi alla cotinina (un derivato del fumo di sigaretta). In totale, 4 sforamenti della soglia massima (alluminio, bario, piombo, zinco) tra i 50 uomini e 6 sforamenti della soglia massima (arsenico, cromo, zinco) tra le 50 donne esposte per residenza, in aggiunta a 21 sforamenti tra i controlli.

La dimensione campionaria di questo studio pilota non è stata specificamente disegnata per testare eventuali differenze statistiche nelle concentrazioni degli analiti oggetto di studio tra i tre gruppi di popolazione. In questo contesto va comunque tenuto presente che i confronti statistici sono stati comunque condotti e hanno riguardano, nella gran maggioranza dei casi, valori di concentrazione degli analiti al di sotto della soglia massima stabilita dal laboratorio. Alcune differenze meritano di essere evidenziate in vista di eventuali approfondimenti:

-l'aumento significativo delle concentrazioni di arsenico osservato nei campioni di urina della popolazione di Servola;

- l'indicazione che la concentrazione di cromo potrebbe essere più elevata nei campioni di urina di Monfalcone rispetto a quelli raccolti a Servola;

-le concentrazioni di ferro urinario più alte nei campioni di urina raccolti a Servola rispetto a quelli di Monfalcone, in accordo a quanto evidenziato dai rilevamenti atmosferici condotti da ARPA FVG;

-le concentrazioni di manganese nei campioni di urine raccolti a Monfalcone superiori a quelle dei campioni di urina raccolti a Servola o tra i controlli, in accordo a quanto evidenziato dai rilevamenti atmosferici condotti da ARPA FVG.

Tra i punti di forza di questo studio pilota di MBU va menzionato il disegno di popolazione condotto tramite un campionamento casuale partendo dalle anagrafi

comunali; le interviste e la raccolta delle urine sono state condotte da personale appositamente istruito in sessioni formative comuni; a tutti i 153 partecipanti è stata offerta la possibilità di essere informati sul risultato degli esami di laboratorio e di poterne discutere il significato personalmente con il personale sanitario o con il responsabile scientifico della ricerca; Il contemporaneo monitoraggio ambientale a Monfalcone e a Servola da ARPA FVG ha permesso di verificare lo stato della qualità dell'aria per gli stessi biomarcatori oggetto di studio negli individui ivi residenti. Per i metalli normati (arsenico, cadmio, nichel, piombo), i valori rilevati da ARPA FVG nel 2016 e nel 2017 nelle postazioni di Monfalcone e Servola sono risultati al di sotto del limite obiettivo e della soglia di valutazione inferiore stabiliti dalla norma.

Il principale limite riscontrato studio è risultato dal livello relativamente elevato dei limiti di sensibilità del laboratorio CEDAM, cioè i valori al di sotto dei quali il laboratorio non ha potuto quantificare la concentrazione dei metalli oggetto di questa indagine. Questi limiti sono risultati troppo elevati per molti degli elementi studiati, impedendo una misurazione più circostanziata di essi, tra cui l'alluminio, l'antimonio, l'idrossipirene e l'acido tt-muconico. Questo fatto deriva dall'uso di parametri comuni alla medicina occupazionale, in cui i livelli di esposizione sono generalmente più elevati di quelli della popolazione generale, che non è risultato adeguato nel contesto ambientale di Monfalcone e Servola. Anche la scelta dei controlli ospedaliera ha mostrato dei limiti metodologici, poiché la concentrazione urinaria di alcuni analiti investigati (p.es., il cromo, la cui diffusione nei liquidi biologici può essere influenzata dall'inserimento di protesi ortopediche) è risultata associata a malattie che sono la causa di ricovero (p.es., sostituzione della testa del femore).

In conclusione, le risposte ottenute ai due obiettivi generali (adesione e fattibilità) di questo studio pilota di MBU a Monfalcone e a Servola indicano che, per quanto riguarda l'adesione allo studio, la risposta è stata insoddisfacente sia per le persone potenzialmente esposte a Monfalcone o a Servola, che per i controlli ospedalieri. Per la

fattibilità, il gruppo collaborativo regionale attivo all'interno dell'Osservatorio Ambiente e Salute FVG ha dimostrato di poter condurre tale tipologia di indagine sebbene lo svolgimento dello studio pilota ha evidenziato alcune criticità metodologiche –in particolare quelle legate alle analisi di laboratorio. Va anche segnalato nelle conclusioni che sono stati registrati pochi casi di superamenti dei limiti massimi delle concentrazioni urinarie dei metalli analizzati, e che per nessuna delle persone coinvolte (a parte due controlli portatori di protesi di anca) i medici dei Dipartimenti di Prevenzione delle due aree hanno ritenuto necessari ulteriori approfondimenti. La contemporanea raccolta di dati biologici individuali e dei parametri ambientali ha messo in luce valori coerentemente più elevati in entrambe le rilevazioni per il manganese a Monfalcone e per il ferro a Servola. Sebbene per tali metalli non esistano limiti normativi delle loro concentrazioni in atmosfera, questa osservazione va contestualizzata e approfondita per eventuali implicazioni di carattere sanitario.

Firmato:

Dr. Diego Serraino, Responsabile della ricerca