

G.B. Corsaro, V. Gabusi, A. Pilisi

Valutazione dei rischi alla salute nell'industria del riciclo dei rottami metallici: il caso di Brescia

Società Consortile per le Ricerche Ambientali per la Metallurgia (RAMET), Brescia

RIASSUNTO. L'industria del riciclo dei rottami metallici rappresenta una tra le principali attività industriali sul territorio della Provincia di Brescia: circa il 40% del rottame metallico circolante in Italia viene recuperato a Brescia. I processi industriali di rifusione causano emissioni in atmosfera di diossine, PCB ed altri inquinanti tipici (1), il cui contributo in termini di concentrazioni in aria e deposizioni al suolo è stato largamente studiato, mentre molto poco è stato fatto nel campo della ricerca scientifica per la stima del reale impatto di queste attività sulla salute dei lavoratori e della popolazione. Il consorzio RAMET, partecipato da 24 tra le maggiori realtà dell'industria siderurgica e metallurgica bresciana, si occupa da diversi anni di queste problematiche, potendo disporre per le proprie ricerche dei 24 impianti dei propri Soci e dell'accesso ai loro database. Partendo da queste condizioni uniche ed in collaborazione con l'Università degli Studi di Brescia, il consorzio RAMET è attualmente impegnato in un progetto di ricerca che ha come obiettivo la stima della reale dose di microinquinanti assorbita dai lavoratori e dalla popolazione provenienti dalle emissioni dell'industria del rottame sul territorio di Brescia. Il documento contiene i risultati delle attività già svolte in questa direzione e ne anticipa gli sviluppi futuri.

Parole chiave: metallurgia del rottame, emissioni in aria di PCDD/F, modellistica diffusionale, dose.

ABSTRACT. *HEALTH RISK ASSESSMENT IN THE METAL SCRAP RECYCLE: THE CASE OF BRESCIA.* The recycle of metal scraps is one of the most important industrial activity of Brescia: almost 40% of the metal scraps produced in Italy are reprocessed in this Province. The melting process currently used produces air emissions containing dioxins, PCB and other pollutants which are dispersed in the atmosphere giving a contribution to the general environment pollution. This contribution has been and is being extensively studied in terms of air concentration and soil deposition but, because of its complexity and the difficulty to gather the necessary data, very little investigation has been made up to now on its impact on the health of workers and population. The difficulties are overcome by RAMET, a research Consortium established and financed by the main 24 metallurgical and siderurgical companies of Brescia, which can take advantage of the availability of the production facilities of its shareholders as pilot plants and has access to their database and experience. Starting from this unique favourable condition and in collaboration with the University of Brescia, RAMET is working on a research project having as main objective the assessment of the POPs dose adsorbed and the relevant consequences on workers and public health. The general scheme and organization of this project are given in this paper together with the outlines and the results of the main activities already completed or in progress.

Key words: secondary metallurgical industry, PCDD/F air emissions, numerical modeling, dose.

Premessa

Nell'immaginario collettivo la produzione di ferro e metalli è stata sempre associata al concetto di inquinamento. Il nome stesso di acciaieria evoca da sempre immagini di camini fumiganti, di antri danteschi con crogioli pieni di metalli infuocati, di polvere nera che si deposita ovunque.

Queste immagini appartengono al passato, non sono più attuali soprattutto per l'industria siderurgica e metallurgica secondaria, quella del riciclo di rottame, che non parte cioè da minerale, i pennacchi bianchi che si vedono uscire dai camini sono oggi condensa di vapor acqueo, cioè semplicemente nebbia.

Ora le leggi ambientali sono molto restrittive e fissano limiti alle concentrazioni degli inquinanti immessi in ambiente sempre più bassi ed impongono anche le tecnologie in grado di farli rispettare.

Nonostante i limiti di legge vengano rispettati e le tecnologie imposte vengano adottate dalla generalità delle imprese del settore e quindi l'inquinamento sia oggi il minimo consentito dalle tecnologie esistenti, la pubblica opinione rimane sempre pregiudizialmente sospettosa se non ostile, più sensibile alle facili suggestioni dei gruppi ambientalisti, che comprende, che alle rassicuranti dimostrazioni scientifiche delle aziende e degli enti di controllo. Dimostrazioni che l'uomo della strada, che non ha dimestichezza neppure con le unità di misura come i nanogrammi o i picogrammi con cui si misurano e si confrontano le concentrazioni degli inquinanti, non può capire e non è quello che vuol sapere: cioè quale danno le emissioni e gli scarichi portano all'ambiente in cui vive e lavora e soprattutto alla sua salute.

Curiosità legittima che le leggi attuali non gli consentono di appagare, in quanto le informazioni che gli pervengono riguardano sempre e solo i risultati dei controlli effettuati dalle Istituzioni e che danno conto solo di eventuali scostamenti delle concentrazioni dai limiti tabellari fissati dalla legge, e non delle conseguenze che eventuali superamenti possono causare sulla salute pubblica e su quella dei lavoratori.

A tutt'oggi gli enti preposti controllano le emissioni misurandone la sola concentrazione in testa ai camini con campionamenti sporadici (una, due volte all'anno) e

di breve durata (qualche ora) (2), mai misurando la quantità totale di inquinanti emessa e le conseguenze sul territorio, se non, raramente, con campionamenti delle polveri ricadute al suolo attorno alle aziende. Superare lo stato attuale delle conoscenze e dare una risposta non più in termini presuntivi sui danni all'ambiente ma una loro misura quantitativa diretta, richiede un salto di qualità enorme sia in termini di capacità di ricerca che di impegno finanziario.

Dare una risposta sanitaria soddisfacente alle legittime preoccupazioni della pubblica opinione è infatti possibile solo disponendo di capacità di ricerca al massimo livello scientifico e delle più avanzate competenze nelle molteplici discipline interessate, dalla fisica alla chimica, alla statistica, all'igiene industriale ed alla medicina; è necessario disporre di ingenti capitali e, soprattutto, della piena disponibilità delle aziende a collaborare.

A Brescia esiste una straordinaria congiuntura di condizioni favorevoli forse unica a livello nazionale ed internazionale, in cui si incontrano e fanno sinergia gli interessi dei diversi soggetti che a vario titolo sono interessati ad un approccio nuovo ai problemi del rapporto industria – ambiente – popolazione ed esistono tutte le potenzialità tecnico scientifiche ed economiche per affrontarlo.

Innanzitutto le aziende. Consapevoli della sempre maggiore importanza anche economica dei problemi ambientali, particolarmente complessi nel loro settore, 24 tra le più importanti aziende bresciane del settore siderurgico e metallurgico hanno costituito, circa sei anni fa, il consorzio RAMET affidandogli il compito di svolgere ricerca avanzata sui temi ambientali principali del settore e di dare ad essi una risposta al più alto livello scientifico.

Anche se di recente costituzione, questa società possiede capacità di indagine e ricerca su problematiche ambientali riguardanti il settore siderurgico e metallurgico forse uniche nel suo genere a livello nazionale ed internazionale potendo contare non solo sul patrimonio inestimabile dell'insieme delle conoscenze di tutti i ventiquattro Soci ma soprattutto, potendo disporre di impianti produttivi come impianti pilota e fonti delle informazioni indispensabili per le proprie attività. Il patrimonio di informazioni che già oggi possiede pone RAMET ai massimi livelli tra le società di ricerca del settore ed assicura alle sue attività una autorevolezza difficilmente raggiungibile da altri.

La seconda importante potenzialità su cui poggiano queste attività di ricerca, che ha contribuito in modo decisivo ai successi già conseguiti e che è elemento determinante per quelli attesi nei programmi in corso, è l'Università, in particolare, per l'apporto scientifico assicurato da unità di ricerca delle Università Bresciane, che già avevano svolto attività nello specifico settore.

In questo lavoro vengono: a) presentate le ricerche sinora svolte (valutazione del rischio cancerogeno ai lavoratori dell'industria siderurgica e metallurgica bresciane nell'ambiente interno alle aziende; monitoraggio in continuo di microinquinanti alle emissioni; studi modellistici di diffusione e ricaduta con ricerca dei fingerprint in aria ambiente e suolo); b) anticipati i programmi che si intendono attuare nel futuro, ovvero la valuta-

zione delle dosi alla popolazione degli inquinanti emessi dalle aziende di RAMET.

Indagine sul rischio cancerogeno nell'industria siderurgica e metallurgica bresciana

Il progetto di "Valutazione del Rischio cancerogeno nei quattro settori della metallurgia secondaria bresciana" promosso da RAMET è nato dall'esigenza di fornire alle aziende socie il necessario supporto per affrontare le problematiche relative all'esposizione ad agenti chimici, in particolare cancerogeni, anche in relazione al progetto obiettivo della regione Lombardia sui tumori professionali, che ha visto come oggetto di studio ed indagine proprio le attività metallurgiche dell'area bresciana (3).

La ricerca promossa da RAMET, partendo dalle situazioni conoscitive, tecniche ed organizzative specifiche delle singole aziende, e con il contributo delle professionalità e competenza delle diverse figure coinvolte nel progetto, ha consentito di fornire, per ogni settore metallurgico (acciaio, alluminio, cuproleghe, ghisa), i dati necessari per la valutazione del rischio cancerogeno tipologica di settore.

Questo obiettivo è stato raggiunto attraverso:

- a) l'individuazione delle sostanze cancerogene presenti nei cicli produttivi metallurgici (sia quelle la cui presenza è caratteristica del settore metallurgico sia quelle presenti per specificità di processo e/o di produzione);
- b) la predisposizione dei criteri e metodiche di valutazione del rischio in relazione alle modalità espositive e alle risultanze degli accertamenti sanitari;
- c) la predisposizione di un sistema di gestione del rischio attraverso procedure formative, organizzative, e linee guida di controllo ambientale e sanitario, nonché criteri di verifica della loro corretta applicazione.

La procedura utilizzata per individuare le mansioni lavorative da sottoporre al monitoraggio biologico ha portato all'individuazione di cinque aree o zone, rintracciabili in tutti i comparti indagati (Tabella I).

I criteri individuati per definire il numero di campioni da prelevare per ogni azienda coinvolta sono sintetizzati nella Tabella II.

Fermo restando la centralità del monitoraggio biologico per la valutazione della esposizione ad agenti cancerogeni all'interno degli luoghi di lavoro della metallurgia bresciana, si è comunque ritenuto opportuno correlare ad esso dati di monitoraggio ambientale.

I risultati dei campionamenti biologici dei lavoratori esposti ed i campionamenti ambientali, riportati nella Tabella III, sono presentati dettagliatamente in un'altra comunicazione di questo Congresso.

Monitoraggio in continuo di microinquinanti alle emissioni

Sin dalla sua costituzione RAMET ha concentrato le sue attività di ricerca sulla misura della quantità integrale degli inquinanti (in particolare microinquinanti) emessi

Tabella I. Aree fasi lavorative

ID	ZONA	FASE DI LAVORO	Settori
1	Parco materie prime	Lavorazioni a freddo (movimentazione e preparazione della carica, prelievi di campioni, ...)	Tutti
2	Zona forno fusorio	Fusione della carica, spillaggio, scorifica, aggiunte di alliganti, prelievi di campioni ...	Tutti
3	Zona di attesa/affinazione	Aggiunta di alliganti, scorifica, prelievi di campioni ...	Tutti
4	Zona di colata continua, in lingotti o in forma	Colata, solidificazione, taglio	Tutti
5	Varie	Mansioni di servizio (manutenzione, carrellisti, addetti alle pulizie reparti, ...)	Tutti
6	Varie	Produzione anime, formatura, ramolaggio, distaffatura e smaterozzatura, ...	Ghisa

Tabella II. Criteri per l'identificazione dei campioni per i prelievi biologici

Tipo di inquinante	Indicatore biologico	Prelievo ematico	Prelievo urine	ZONA						
				1 rottame	2 fusione	3 affin.	4 colata	6 ghisa	5 servizi	
Metallo cancerogeno	As		x	100%						variabile
	Ni		x							
	Cd		x							
	Cr		x							
	Be		x							
Metallo tossico	Pb	x		50%	50%		-			
Tracciante di settore	Al (alluminio)		x	100%						
	Cu -Zn (cuproleghe)		x							
	Mn (acciaio)		x							
PCB	PCB	x		50%	50%		-			
IPA	idrossipirene		x	100%						
Benzene	Acido μ -muconico		x	-	-	-	100%	100%		

Tabella III. Numerosità dei campionamenti biologici ed ambientali

Settore	Campionamenti punti fissi metalli + PCB	Campionamenti personali IPA + metalli	Campionamenti personali benzene	Campionamenti Biologici
Alluminio	6	30	0	172
Ghisa	8	31	10	167
Cuproleghe	6	34	0	158
Acciaio	-	-	-	340
Tot.	20	95	10	837

dagli impianti delle sue aziende associate, sulla loro evoluzione nel tempo e sulle condizioni meteorologiche in cui esse hanno luogo.

La disponibilità di tali dati risponde a tre obiettivi.

Il primo: fornire input corrispondenti alla realtà ai programmi di valutazione delle ricadute sul territorio descritti nel paragrafo seguente ed alle indagini del Proget-

to Dosi oggetto della presente memoria. La grande attenzione prestata a questa attività è giustificata dal fatto che le ricerche sull'impatto sull'atmosfera e sul territorio delle emissioni da attività industriali sinora svolte da enti di ricerca, aziende ed Istituzioni, hanno, per i microinquinanti, un grosso limite: essere basate su dati di campionamenti alle emissioni di breve durata, su estrapolazioni di

dati delle poche situazioni conosciute o semplicemente su stime che raramente sono rappresentative della realtà. Le ricerche conosciute forniscono informazioni di carattere generale utili per lo studio degli aspetti riguardanti la salute pubblica e la programmazione del territorio svolti dalle Istituzioni ma non consentono di valutare il reale impatto di singole aziende o di un insieme di aziende per il quale è indispensabile conoscere la reale quantità di elementi inquinanti emessi in un periodo di tempo significativo e le condizioni atmosferiche in cui le emissioni hanno avuto luogo.

Il secondo, ma non meno importante obiettivo, è fornire le informazioni necessarie per lo studio del rapporto dei parametri di gestione degli impianti e la produzione di questi inquinanti sulla base dei quali progettare le misure per minimizzarla.

Il terzo: acquisire esperienza nella gestione dei sistemi di campionamento in continuo per microinquinanti in vista dell'attesa normativa che li imporrà presto a tutte le aziende, alcune delle quali, utilizzando l'esperienza acquisita da RAMET, si sono già dotate di sistemi di campionamento in continuo propri.

In attesa che tutte le aziende associate si dotino di sistemi propri, la raccolta dati di RAMET è stata affidata ad uno strumento di campionamento "mobile" per microin-

quinanti installato a rotazione su tutti i camini delle aziende dei Soci per periodi di tempo significativi ai fini della ricerca.

Ad oggi le attività di monitoraggio in continuo hanno coinvolto 11 aziende rappresentative dei quattro settori della metallurgia secondaria sul territorio bresciano: acciaio (7 aziende campionate), ghisa (1), alluminio (2), cuproleghe (1).

Nelle tabelle e figure che seguono si riportano i risultati di una tipica campagna di monitoraggio mensile alle emissioni di un camino da forno fusorio svolta presso un'acciaiera elettrica. In evidenza la verifica in simultanea con una linea di prelievo tradizionale e lo studio delle correlazioni tra il dato di concentrazione finale ed i parametri di produzione e di processo relativi ai periodi di campionamento.

I dati di monitoraggio alle emissioni così raccolti hanno consentito di effettuare le prime valutazioni realistiche e credibili della distribuzione e della concentrazione delle ricadute delle emissioni sul territorio.

Il programma di campionamento, che verrà probabilmente potenziato con l'impiego di un altro strumento mobile ed arricchito dai dati forniti dagli strumenti montati dalle aziende, costituirà il caposaldo del Progetto Dosi descritto in questa memoria.

Tabella IV. Prelievi effettuati e risultati in termini di concentrazioni equivalenti

Prelievi effettuati	Intervallo di prelievo	Campione	Nm ³ Campionati	ng I-TEQ/Nm ³ PCDD+PCDF	pg/ton acciaio PCDD+PCDF
campionamento #1	8 ore	strumento continuo	4,193	0,258	10.736
campionamento #1	8 ore	linea manuale	4,648	0,190	8.076
campionamento #2	10 giorni	strumento continuo	130,652	0,296	12.216
campionamento #3	15 giorni	strumento continuo	198,92	0,208	9.315

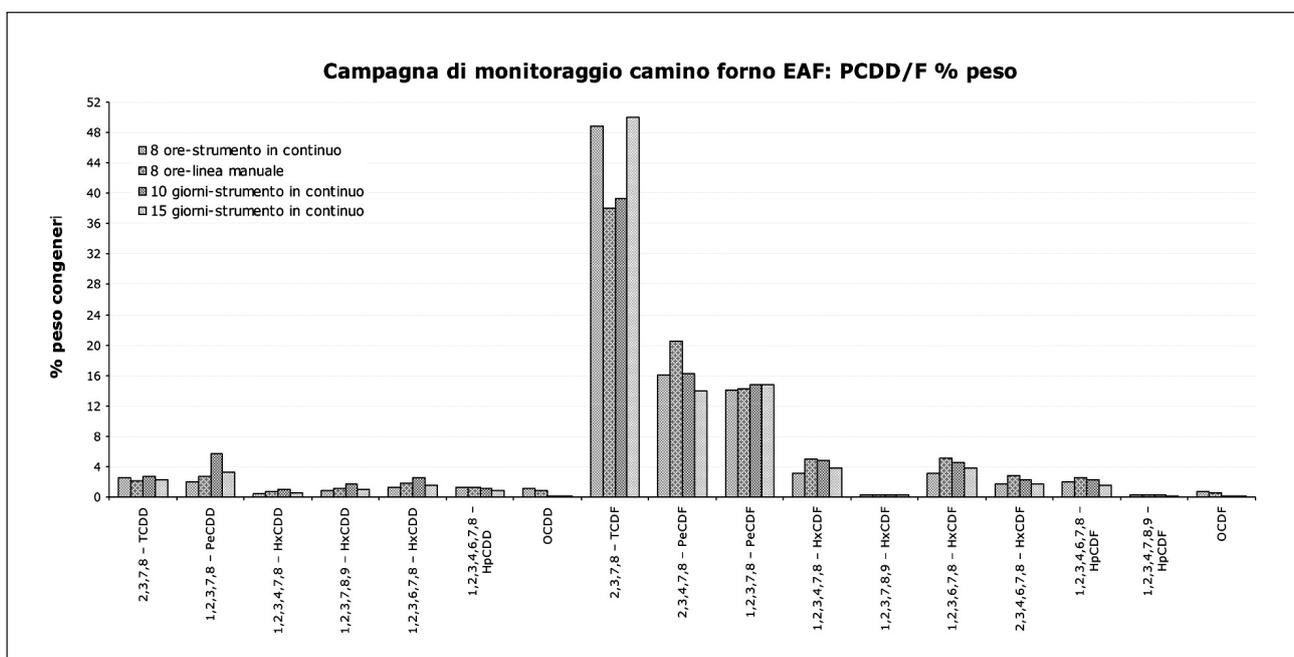


Figura 1. Confronto tra i profili dei congeneri di PCDD/F in termini di peso percentuale

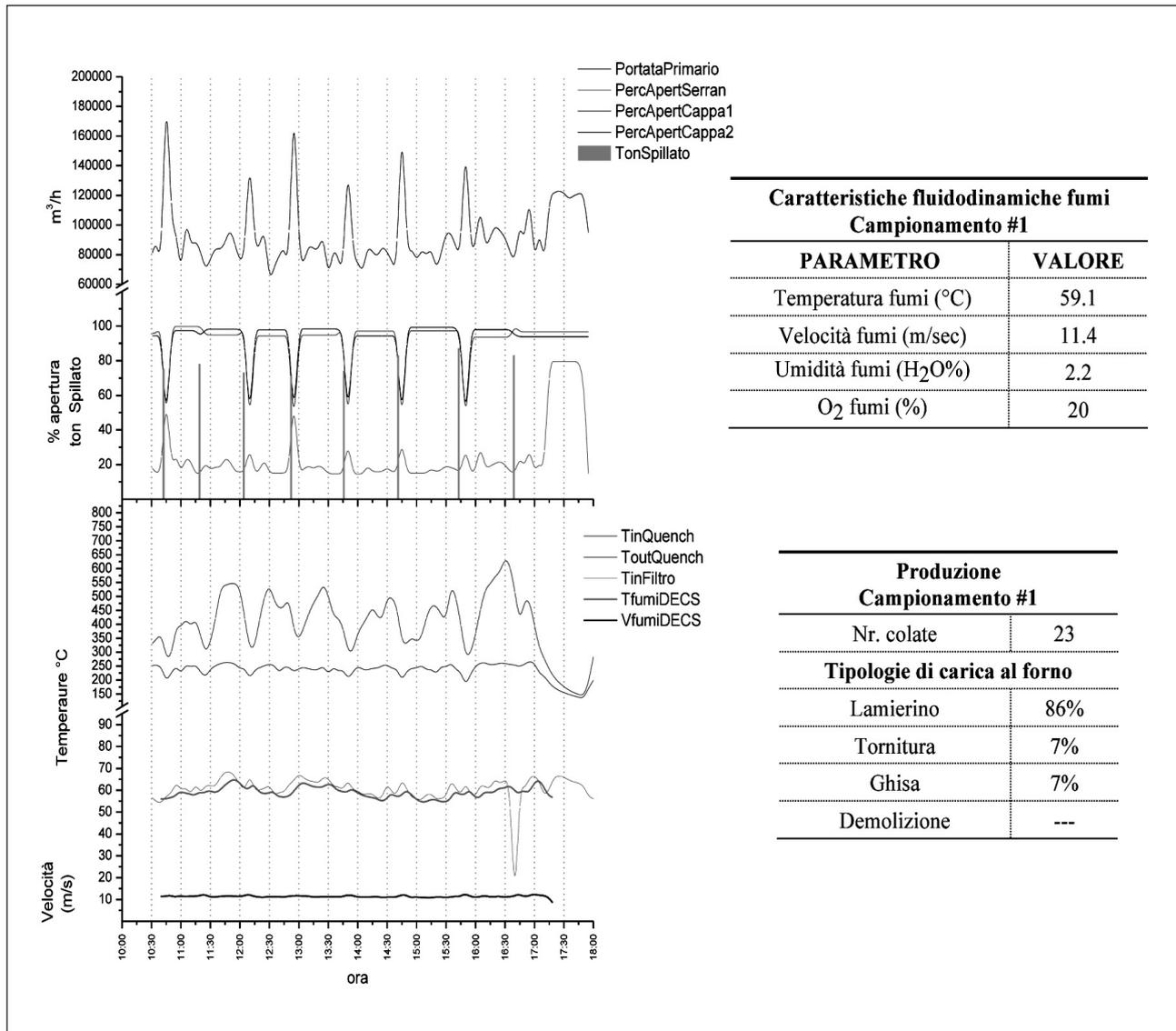


Figura 2. Parametri di produzione e di processo

Valutazioni modellistiche e ricerca dei fingerprint in aria ambiente e suolo

A completamento della numerosa mole di dati emissivi raccolti, RAMET si è dotata di altri strumenti di indagine di natura matematica, ovvero dei modelli matematici che descrivono il trasporto, le trasformazioni chimiche delle sostanze inquinanti ed i fenomeni di deposizione al suolo, modelli che consentano, oltre che la valutazione di impatto ambientale delle sostanze inquinanti, la definizione di opportune strategie di controllo ed abbattimento delle emissioni (4).

Le valutazioni modellistiche di impatto ambientale condotte da RAMET si sono articolate in diverse fasi che possono essere così schematizzate:

- analisi preliminare del contesto emissivo e di qualità dell'aria;
- caratterizzazione meteorologica del dominio di indagine;

- predisposizione dei dati di ingresso ai modelli e run modellistico;
- valutazione dei risultati delle simulazioni, sia in termini di analisi statistica che grafica.

Per l'analisi emissiva preliminare, RAMET si avvale di diverse banche date finalizzate alla raccolta delle sorgenti emissive presenti sul territorio, tra cui quella promossa dall'Associazione Industriale di Brescia attraverso il progetto MAP, oltre che degli inventari nazionali e locali delle emissioni (5).

Per migliorare le informazioni in ingresso ai modelli, RAMET ha da un lato utilizzato i dati ottenuti dai monitoraggio in continuo alle emissioni dei camini, e dall'altro ha installato, presso tutte le aziende associate, delle stazioni meteorologiche.

A titolo di esempio, nella Figura 3 sono riportati una rosa dei venti, misurata dalla stazione automatica installata presso una delle aziende associate (immagine a), ed il campo di vento utilizzato nella simulazione modellistica che integra tali misure (immagine b).

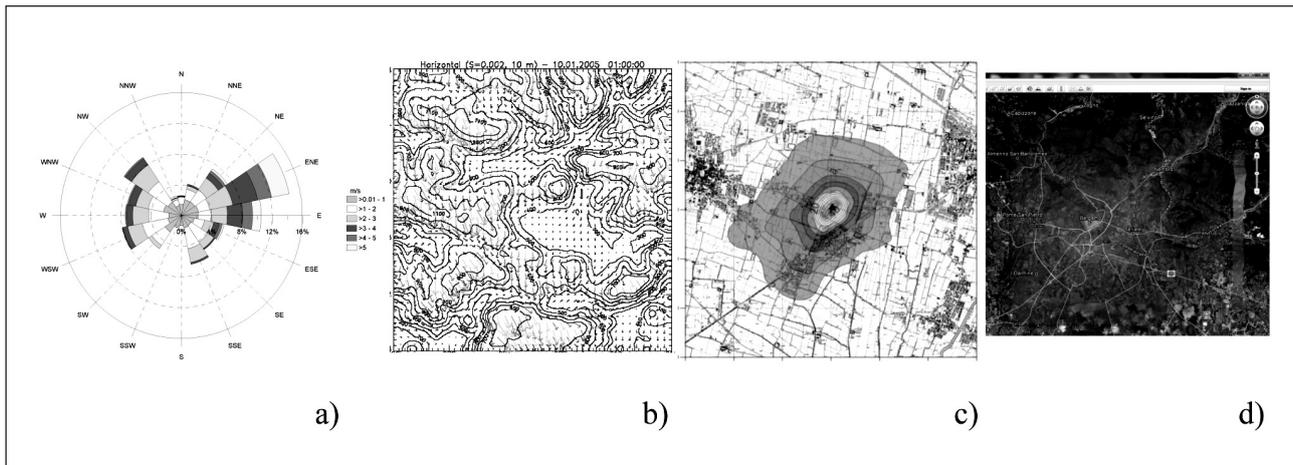


Figura 3. Analisi meteorologica e modellistica

I risultati delle valutazioni modellistiche sono stati quindi elaborati per effettuare gli opportuni confronti con i vigenti limiti normativi non solo in termini quantitativi, ma soprattutto valutando le distribuzioni spaziali degli inquinanti, come illustrato nelle immagini *c* e *d* della Figura 3.

Per la verifica dell'attendibilità del dato numerico prodotto dai modelli e per le attività di ricerca volte alla identificazione in aria ambiente e suolo di quei fingerprint determinati ai camini con i monitoraggi in continuo, RAMET ha pianificato una serie di campagne di misura aggiuntive mediante:

- campionatori ad alto volume, sia di tipo tradizione che direzionali in grado di discriminare il contributo specifico di una sorgente;
- deposimetri convenzionali e specifici per la separazione della frazione secca da quella umida;
- analisi dei terreni.

Queste misure consentiranno in definitiva di fornire quei dati di concentrazione in aria ambiente e deposizione suolo che rappresenteranno la base del futuro sviluppo progettuale di calcolo delle dosi.

Progetto quadro - Studio delle Dosi alla Popolazione

Il Progetto Dosi si articola, come si è visto, su un insieme di attività di ricerca teorica e applicata, su indagini sul campo, su valutazioni ingegneristiche e sanitarie molto complesso, affidato ad una molteplicità soggetti diversi per cultura, tradizione, mentalità e organizzazione.

Il suo successo dipende non solo dalla qualificazione di questi soggetti ma anche e forse soprattutto dalla bontà del coordinamento delle loro attività e contributi. Gli enti di ricerca, le aziende, l'università, i laboratori di analisi, i fornitori di servizi che partecipano all'esecuzione del progetto sono chiamati al rispetto di precisi programmi temporali non sempre compatibili con le proprie autonome attività ed a seguire criteri di progetto ed operativi con i quali spesso non hanno familiarità. In particolare, data la delicatezza del tema ambientale e la

sensibilità della pubblica opinione per i problemi dell'inquinamento e delle connesse conseguenze sanitarie, tutti i soggetti impegnati nel Progetto Dosi dovranno operare rispettando rigidi protocolli di garanzia della qualità. In particolare dovranno fornire referenze certe sulla loro specifica esperienza sui temi loro assegnati, garantendo la qualificazione tecnico scientifica del personale impiegato nelle operazioni più critiche; dovranno impiegare tecnologie provate e ricorrere per le analisi a laboratori interqualificati; dovranno provvedere alla verifica indipendente delle fasi più critiche delle loro attività progettuali e dovranno coordinare temporalmente e operativamente le proprie attività con quelle degli altri operatori adeguandole alle risultanze dei confronti periodici previsti dai Programmi di Garanzia di Qualità (PGQ).

Per far convivere ed operare nello stesso progetto soggetti tanti diversi ed in un progetto tanto complesso, questo è stato suddiviso in sottoprogetti (chiamati in gergo Commesse) seguendo il criterio di assegnare a ciascuno soggetto (Ente, Azienda, Università, Istituzione, etc) obiettivi precisi e perseguibili in modo autonomo, attribuendo piena responsabilità per il loro raggiungimento nei tempi e con i costi preventivamente concordati nella fase iniziale di programmazione. Il coordinamento di tutti i sottoprogetti, che gioca un ruolo decisivo per il successo dell'iniziativa, è affidato ad un responsabile cui rispondono i capi delle sottocommesse che operativamente sono indipendenti dalle organizzazioni di provenienza.

Sono programmati a date prefissate e su argomenti specifici riunioni di coordinamento sullo stato di avanzamento e sui risultati raggiunti tra i vari responsabili delle sottocommesse per un continuo adeguamento di programmi temporali e soluzioni tecniche alle risultanze delle attività svolte.

A titolo esemplificativo è riportato in forma semplificata nella figura che segue uno schema che mostra il coordinamento tra le attività svolte nel quadro del Progetto Dosi da RAMET e da una unità di ricerca dell'Università degli Studi di Brescia.

Bibliografia

- 1) ENEA, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Associazione Industriale Bresciana. Valutazione delle emissioni di inquinanti organici persistenti da parte dell'industria metallurgica secondaria. Pubblicazioni AIB ENEA 2003.
- 2) UNI EN 1948-1. Emissioni da fonte fissa - Determinazione della concentrazione in massa di PCDD/PCDF - Campionamento, 2006.
- 3) Apostoli P, De Palma G, Tomasi C, Corsini A, Gandellini A, Gabusi V, Tagliani G. Exposure to some metallic elements, polychlorobiphenyls and 1-OH pyrene: a research in four metallurgical sectors. Università degli Studi di Brescia, Pubblicazioni RAMET 2008.
- 4) Finzi G, Pirovano G, Volta M L, Gestione delle qualità dell'aria. McGraw-Hill, 2001.
- 5) Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, GU n. 216 del 15-9-2010 - Suppl. Ordinario n. 217.

Richiesta estratti: *Ing. G. Brunella Corsaro - RAMET, Società Consortile per le Ricerche Ambientali per la Metallurgia, Via Cefalonia 60, 25125 Brescia, Italy - Tel: + 39 0302292263, Fax: +39 0302292293, E-mail: corsaro@aib.bs.it*