

## ACCORDO DI COLLABORAZIONE

**PER: “ANALISI DI MICROELEMENTI, ELEMENTI IN TRACCIA E POTENZIALE OSSIDATIVO DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO PER LA MAPPATURA SPAZIALE DEI PROCESSI EMISSIVI E DEL LORO IMPATTO NELL'AREA SIDERURGICA DI TERNI”**

**Tra**

Agenzia Regionale Protezione Ambiente dell'Umbria (nel seguito denominata **ARPA Umbria**), con sede e domicilio fiscale in Terni, Via Carlo Alberto Dalla Chiesa, 32, codice fiscale 94086960542, partita IVA 02446620540, rappresentata dall'Ing. Alfonso Morelli in qualità di Direttore Generale, domiciliato per la carica presso la sede sopraindicata;

**e**

Dipartimento di Biologia Ambientale - Università degli Studi di Roma “La Sapienza” (nel seguito denominata **Dipartimento di Biologia Ambientale**), con sede e domicilio fiscale in Roma, Piazzale Aldo Moro, 5, codice fiscale 80209930587, partita IVA 02133771002, rappresentata dalla Direttrice Prof.ssa Laura Sadori, domiciliata per la carica presso la sede sopraindicata;

### **PREMESSO CHE:**

- Con D.G.R. Regione Umbria n. 555 del 09/06/2025 avente per oggetto “*Accordo di Programma per l’attuazione del Piano integrato di messa in sicurezza e di riconversione industriale del sito di Acciai Speciali Terni Spa - (articolo 252-bis del Decreto Legislativo n. 152 del 2006)*” e in particolare con l’art. 5 dell’Accordo soprarichiamato, rubricato “*Impegni di Parte pubblica e privata per il miglioramento della qualità dell’aria*”, la Regione Umbria si impegna a:

*“a. svolgere tramite ARPA Umbria un’attività di analisi sull’area per l’individuazione puntuale delle sorgenti emissive diffuse di nichel all’interno del ciclo produttivo;*

*b. rafforzare la collaborazione tra ARPA Umbria, istituti di ricerca e università, l'attività di studio sulla qualità dell'aria della Conca ternana (anche con monitoraggio ad alta risoluzione spaziale), con focus sul nichel e altri metalli pesanti, garantendo la condivisione dei dati;*

*c. concludere la fase di revisione dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) di AST, valutando l'introduzione di specifiche prescrizioni sulle emissioni di nichel funzionale al progressivo raggiungimento degli obiettivi della nuova Direttiva (UE) 2024/2881, monitorando l'efficacia degli interventi.”*

- Con nota del 28/07/2025 la Regione Umbria comunicava al Dipartimento di Biologia Ambientale - Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, l'intenzione di sviluppare con la stessa un aggiornamento dell'attività di studio sulla Conca ternana già svolta anni prima, denominata "*High resolution spatial mapping of element concentrations in PM10: A powerful tool for localization of emission sources*", anche in riferimento all'indagine svolta più recentemente per conto di INAIL sulle Fonderie Tacconi di Assisi; i risultati di tale attività di studio, oltre ad essere utili nell'ambito dell'Accordo di Programma, potrebbero costituire una base fondamentale anche nell'ambito dello studio epidemiologico di coorte Neoconca, relativamente alle valutazioni rispetto allo stress ossidativo;
- Con Determinazione Dirigenziale n. 11323 del 30/10/2025 la Regione Umbria ha dato atto che (3.) al fine di dare avvio all'attuazione dell'Accordo di cui sopra nonché di onorare gli impegni assunti dalla stessa, ha determinato di assicurare ad ARPA Umbria le condizioni necessarie per assolvere quanto riportato nel suddetto art. 5, con particolare riferimento al punto b) e pertanto, con la stessa D.D. ha precisato che (4.) la somma impegnata a favore di ARPA Umbria con precedente D.D. n. 8990 del 28/08/2025 per l'annualità 2025, ai sensi dell'art. 15 comma 2 lettera b della L.R. n. 9/98, è da ritenersi comprensiva degli oneri necessari ad ARPA Umbria per perfezionare la collaborazione con “istituti di ricerca e università” nell'ambito dell'attività di studio di cui all'art. 5, stabilendo al contempo che (5.) ARPA Umbria dovrà relazionare periodicamente in merito

all'attività di studio e alla collaborazione di cui all'Accordo di Programma;

- È dunque interesse di ARPA Umbria rafforzare la collaborazione con l'Università La Sapienza – Dipartimento di Biologia Ambientale per l'attività di studio sulla qualità dell'aria della Conca ternana (anche con monitoraggio ad alta risoluzione spaziale), con focus sul nichel e altri metalli pesanti, garantendo la condivisione dei dati, nonché svolgere un'attività di analisi sull'area per l'individuazione puntuale delle sorgenti emissive diffuse di nichel all'interno del ciclo produttivo dell'acciaieria AST S.p.a.;
- ARPA Umbria, istituita con Legge Regionale n. 9 del 6-03-1998 e s.m. e i., è Ente che svolge attività tecnico-scientifica a favore di enti terzi ai fini dell'espletamento delle funzioni loro attribuite nel campo della prevenzione e tutela ambientale e può stipulare accordi e convenzioni con soggetti pubblici e privati, così come previsto al comma 3, art. 2 della predetta legge istitutiva;
- ARPA Umbria effettua il monitoraggio della qualità dell'aria sulla base del D.Lgs. n. 155/2010 attraverso una rete regionale di centraline di rilevamento fisse e mobili e attraverso l'uso di simulazioni di dispersione degli inquinanti;
- Il Dipartimento di Biologia Ambientale - Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, sulla base degli incontri e dei colloqui con Regione Umbria e ARPA Umbria propedeutici alla stipula del presente Accordo di Collaborazione, ha elaborato un “*Allegato Tecnico: finalità della ricerca e attività previste*”, che, in Allegato 1 al presente Accordo di Collaborazione, ne costituisce parte integrante e sostanziale, contenente le finalità della ricerca, le attività previste nel piano di monitoraggio ed il costo del progetto.

### **TUTTO CIO' PREMESSO**

### **SI CONVIENE E SI STIPULA QUANTO SEGUE:**

## **ART. 1 – PREMESSE**

Le premesse formano parte integrante e sostanziale del presente Accordo di Collaborazione e si intendono integralmente trascritte nel presente articolo.

## **ART. 2 – OGGETTO DELL'ACCORDO DI COLLABORAZIONE**

Oggetto del presente Accordo di Collaborazione è lo studio e l'analisi di microelementi ed elementi in traccia nel particolato atmosferico (PM) e del suo potenziale ossidativo (OP). Come meglio dettagliato in Allegato 1, l'obiettivo è individuare i principali processi emissivi di PM dell'acciaieria, valutare la dispersione delle polveri rilasciate da ciascuna fonte nelle aree indoor e outdoor, e identificare il contributo emissivo di ogni processo alla concentrazione di massa del PM<sub>10</sub> e di elementi potenzialmente tossici (PTE), inclusi gli elementi normati come arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb), attraverso l'impiego di sistemi a basso flusso per il campionamento di PM<sub>10</sub>.

## **ART. 3 – ATTIVITÀ DELLE PARTI**

Il Dipartimento di Biologia Ambientale, sotto la responsabilità scientifica del Dott. Lorenzo Massimi, si impegna a:

- svolgere le attività previste dal presente Accordo di Collaborazione, come dettagliate nell'Allegato n.1 "Allegato Tecnico", con le finalità ivi descritte;
- agire, nell'esecuzione delle succitate attività, in stretto collegamento con ARPA Umbria, onde garantire la massima rispondenza della propria attività alle esigenze dell'Agenzia regionale;
- condividere con ARPA Umbria i dati acquisiti per eventuale analisi congiunta degli stessi;
- produrre una relazione scientifica sulle attività svolte e i risultati ottenuti nell'ambito del presente Accordo di Collaborazione entro 6 mesi dalla fine del progetto;
- svolgere attività formative/divulgative relative allo studio in oggetto e fornire supporto scientifico per la diffusione dei risultati.

ARPA Umbria si impegna a:

- collaborare all'installazione e alla gestione della strumentazione;
- gestire i contatti e le comunicazioni con AST S.p.a., funzionali allo svolgimento delle attività previste nel presente Accordo di Collaborazione, compresi sopralluoghi all'interno dello stabilimento ai fini dell'installazione degli strumenti e dell'esecuzione delle campagne di monitoraggio;
- mettere a disposizione del Dipartimento di Biologia Ambientale i dati di monitoraggio rilevati dalle stazioni della rete regionale gestite da ARPA Umbria ai sensi del D.Lgs. n. 155/2010;
- collaborare con il Dipartimento di Biologia Ambientale all'analisi dei dati acquisiti;
- diffondere attraverso i propri canali di comunicazione i risultati dello studio.

#### **ART. 4 – RESPONSABILI DELL'ACCORDO**

I responsabili scientifici, chiamati a coordinare le attività di ricerca previste dal presente Accordo di collaborazione sono:

- per ARPA Umbria: Ing. Caterina Austeri, in qualità di Direttore del Dipartimento Umbria Sud (ff);
- per il Dipartimento di Biologia Ambientale: Dott. Lorenzo Massimi, in qualità di responsabile scientifico del Progetto di monitoraggio.

#### **ART. 5 – DURATA E DECORRENZA DELL'ACCORDO**

Il presente Accordo di Collaborazione entra in vigore dalla data di perfezionamento dello stesso (firma di entrambi i legali rappresentanti) e scadrà il **30 giugno 2027** e potrà essere prorogato previo accordo scritto tra le Parti che dovrà intervenire prima della scadenza, da inviarsi mediante PEC.

#### **ART. 6 – ONERI E RENDICONTAZIONE**

Le Parti concordano che per il conseguimento degli obiettivi comuni, alla luce delle attività svolte e dei costi indicati nell'Allegato Tecnico, in Allegato 1 al presente Accordo di collaborazione, di cui forma parte integrante e sostanziale, ARPA Umbria, provvederà ad erogare al Dipartimento di Biologia

Ambientale il contributo complessivo di **euro 80.000,00 (ottantamila/00) fuori campo applicazione IVA**, dietro presentazione di nota di debito da parte del Dipartimento di Biologia Ambientale.

Tale somma sarà erogata secondo le seguenti modalità:

- Prima tranche: 20% del finanziamento, pari a euro 16.000,00 (sedecimila/00), al perfezionamento della stipula del presente Accordo di Collaborazione, e comunque entro il 31/01/2026;
- Seconda tranche: 50% del finanziamento, pari a euro 40.000,00 (quarantamila/00), a 6 mesi dall'avvio delle attività di campionamento, previste a gennaio 2026;
- Saldo: 30% del finanziamento, pari a euro 24.000,00 (ventiquattromila/00), alla conclusione delle attività, mediante consegna della relazione finale in cui saranno riportati il numero di campioni prelevati, le analisi chimiche effettuate su ciascun campione, i risultati ottenuti dalle elaborazioni statistiche, l'interpretazione dei dati e la discussione dei risultati del progetto.

Tale somma è comprensiva di ogni onere specifico e costituisce un supporto finanziario alle attività di ricerca a rimborso degli oneri sostenuti per l'esecuzione delle misure, l'elaborazione delle informazioni e dei dati scientifici utili alle finalità sopracitate. Le predette attività rientrano appieno nelle pubbliche finalità affidate dal Legislatore ad entrambe le parti e le stesse soddisfano pubblici interessi in materia di tutela dell'ambiente e di ricerca ambientale. Il contributo è da ritenersi fuori campo applicazione IVA per assenza dei requisiti soggettivi ed oggettivi di applicazione del tributo ai sensi delle disposizioni di cui al DPR 633/72, art 4.

#### **ART. 7 – RISULTATI DELLA RICERCA, BREVETTI E PUBBLICAZIONI**

I risultati scientifici e tecnici delle attività comuni saranno di proprietà, con pari quota, delle parti sottoscrittrici del presente Accordo di Collaborazione che avranno il diritto di utilizzarli per le proprie attività istituzionali di ricerca.

I risultati scientifici e tecnici eventualmente brevettabili, o da proteggere con copyright, e le invenzioni industriali ottenuti nel corso del programma saranno regolamentati in ottemperanza a

quanto previsto dall'art. 65 del D.L. 10 febbraio 2005 n. 30 relativo a "Codice della proprietà industriale, a norma dell'articolo 15 della legge 12 dicembre 2002 n. 273". Essi saranno brevettati a nome, benefici ed oneri congiunti. Qualora una delle parti rinunci a brevettare i risultati dell'attività congiunta, essa lo comunicherà all'altra parte che potrà provvedere a detta brevettazione a proprio nome ed a proprie spese assumendone i relativi diritti. La parte che rinuncia a brevettare avrà comunque una licenza gratuita e non trasferibile sui diritti del brevetto.

In qualunque caso, qualora i risultati del programma vengano brevettati, le parti si impegnano a rispettare il diritto degli autori delle invenzioni brevettate di essere menzionati quali inventori, secondo le designazioni che saranno in proposito fornite dalle parti per quanto loro concerne.

Eventuali compensi dovuti a tali inventori saranno esclusivamente a carico della parte che li ha designati, ciascuna parte operando nel rispetto dei propri regolamenti.

La pubblicazione e la diffusione dei risultati parziali o finali delle ricerche, che è anche scopo del presente Accordo di Collaborazione, potrà avvenire liberamente, salvo motivata opposizione.

Qualora una delle parti intenda procedere alla diffusione dei risultati del presente Accordo di Collaborazione in modo autonomo, avrà cura di dare adeguato risalto al ruolo svolto dal partner nel raggiungimento dei risultati e ne darà adeguata informazione preventiva.

#### **ART. 8 – STRUTTURA E PERSONALE**

Il Dipartimento di Biologia Ambientale potrà avvalersi anche di altro personale esterno all'amministrazione per il raggiungimento dei fini contrattuali, in particolare potranno impiegare borse di studio, incarichi di ricerca e contratti da ricercatore TD nell'ambito del costo globale di cui all'art.5. Tutto il personale del Dipartimento di Biologia Ambientale che si rechi presso l'ARPA Umbria e vi svolga attività oggetto della presente Accordo di Collaborazione, sarà coperto da assicurazione, a carico dei rispettivi Enti. Ciascuna parte provvederà alle coperture assicurative di legge del proprio personale che, in virtù del presente Accordo di Collaborazione, sarà chiamato a frequentare le sedi di esecuzione delle attività.

#### **ART. 9 – OBBLIGHI DELL’AFFIDATARIO**

Il Dipartimento di Biologia Ambientale si assume, a pena di nullità assoluta, gli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari di cui all'art.3 della legge 136 del 13 agosto 2010.

#### **ART. 10 – RESPONSABILITÀ**

Il personale del Dipartimento di Biologia Ambientale e di ARPA Umbria o terzi delegati, che si rechino presso altra sede per partecipare ai lavori relativi al presente Accordo di Collaborazione, sono tenuti ad uniformarsi ai regolamenti disciplinari e di sicurezza ivi presenti.

Ciascuna Parte si assume la responsabilità per eventuali danni che dovessero essere provocati da proprio personale o da propri ospiti alle persone, alle infrastrutture o alle attrezzature messe a disposizione dall'altra Parte.

A tal fine, le Parti concordano che, prima dell'avvio di qualunque attività riconducibile al presente Accordo di Collaborazione, provvederanno ad informare e rendere edotto il proprio personale, dipendente e non, dei rischi specifici legati alle prestazioni da eseguire; a tal riguardo dichiarano altresì di avere a disposizione tutti i mezzi e le conoscenze relativi alla prevenzione e sicurezza sui posti di lavoro e che il proprio personale è coperto dalle assicurazioni di legge.

#### **ART. 11 – RISERVATEZZA**

Ciascuna Parte è tenuta ad osservare il segreto nei confronti di qualsiasi persona, istituzione o Ente non autorizzato dall'altra parte per quanto riguarda fatti, informazioni, documenti ed oggetti di proprietà dell'altra parte che gli fossero comunicati in virtù del presente Accordo di collaborazione.

#### **ART. 12 – RISOLUZIONE DELL' ACCORDO DI COLLABORAZIONE**

Ciascuna Parte potrà recedere in qualunque momento dal presente Accordo di Collaborazione con un preavviso scritto di almeno tre mesi da comunicare all'altra Parte mediante PEC. In tal caso, gli impegni già assunti dovranno essere portati a compimento, salvo diverso patto scritto tra le Parti.

La risoluzione consensuale dovrà risultare da documento scritto e controfirmato da entrambe le Parti. I risultati raggiunti fino al momento della risoluzione saranno considerati di proprietà di entrambe le Parti.

Inoltre, salvo cause di forza maggiore o di impossibilità sopravvenuta che produrranno l'estinzione degli obblighi oggetto del presente Accordo di Collaborazione, lo stesso potrà essere risolto su iniziativa di ciascuna delle Parti, prima della scadenza, in caso di inadempimento degli obblighi da essa derivanti.

In ogni caso ARPA Umbria rimborserà al Dipartimento di Biologia Ambientale la quota parte di spese sostenute dallo stesso.

#### **ART. 13 – REGISTRAZIONE**

Il presente Accordo di Collaborazione è redatto in triplice copia e sarà oggetto di registrazione in caso d'uso, con i relativi oneri a carico della Parte richiedente.

#### **ART. 14 – ONERI FISCALI**

Tutti gli oneri fiscali comunque connessi al presente atto, nonché ai relativi allegati, se e in quanto dovuti, sono a carico di entrambe le Parti in eguale misura.

#### **ART. 15 - NORME DI RINVIO**

Per tutto quanto non espressamente previsto nel presente Accordo di Collaborazione si rinvia alle norme del Codice Civile, in quanto applicabili.

#### **ART. 16 – DIVIETO DI CESSIONE**

Il presente Accordo di Collaborazione non potrà essere ceduto, parzialmente o totalmente, a pena di nullità.

#### **ART. 17 – TRATTAMENTO DEI DATI**

Le Parti si impegnano a trattare i dati personali strettamente necessari a dare esecuzione al presente Accordo ed esclusivamente per le finalità istituzionali ad esso correlate, nel rispetto della normativa europea e nazionale contenuta nel Regolamento UE 2016/679 ("GDPR"), relativo alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento dei dati personali, nonché alla libera circolazione di tali

dati, nel D.lgs. n.196/2003 e s.m.i. (“Codice in materia di protezione dei dati personali”) e nelle Regole deontologiche emanate dall’Autorità Garante per la protezione dei dati personali, in particolare, in quelle relative ai trattamenti effettuati per finalità statistiche o di ricerca scientifica.

#### **ART. 18 – FORO COMPETENTE**

Per qualsiasi controversia che dovesse sorgere in materia di interpretazione, esecuzione e/o applicazione di quanto disciplinato nel presente Accordo di collaborazione, è competente in via esclusiva il Foro di Roma.

#### **ART. 19 – FIRMA DIGITALE**

Il presente Accordo di Collaborazione viene firmato dalle parti in modalità di firma digitale ai sensi dell’articolo 15, comma 2 bis della legge n. 241 del 1990,

Il presente atto, che consta di 14 pagine incluso l’allegato, per un totale di 19 articoli, viene letto, approvato e sottoscritto.

Roma,

Per ARPA Umbria

Il Direttore Generale

(Ing. Alfonso Morelli)

F.to digitalmente

Per il Dipartimento di Biologia Ambientale

Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

La Direttrice

(Prof.ssa Laura Sadori)

F.to digitalmente

## ALLEGATO 1

### Accordo di Collaborazione ARPA Umbria - Dipartimento di Biologia Ambientale Allegato Tecnico: finalità della ricerca e attività previste nel piano di monitoraggio

#### Università di Roma “La Sapienza” - Dipartimento di Biologia Ambientale

**Responsabilità scientifica:** L. Massimi

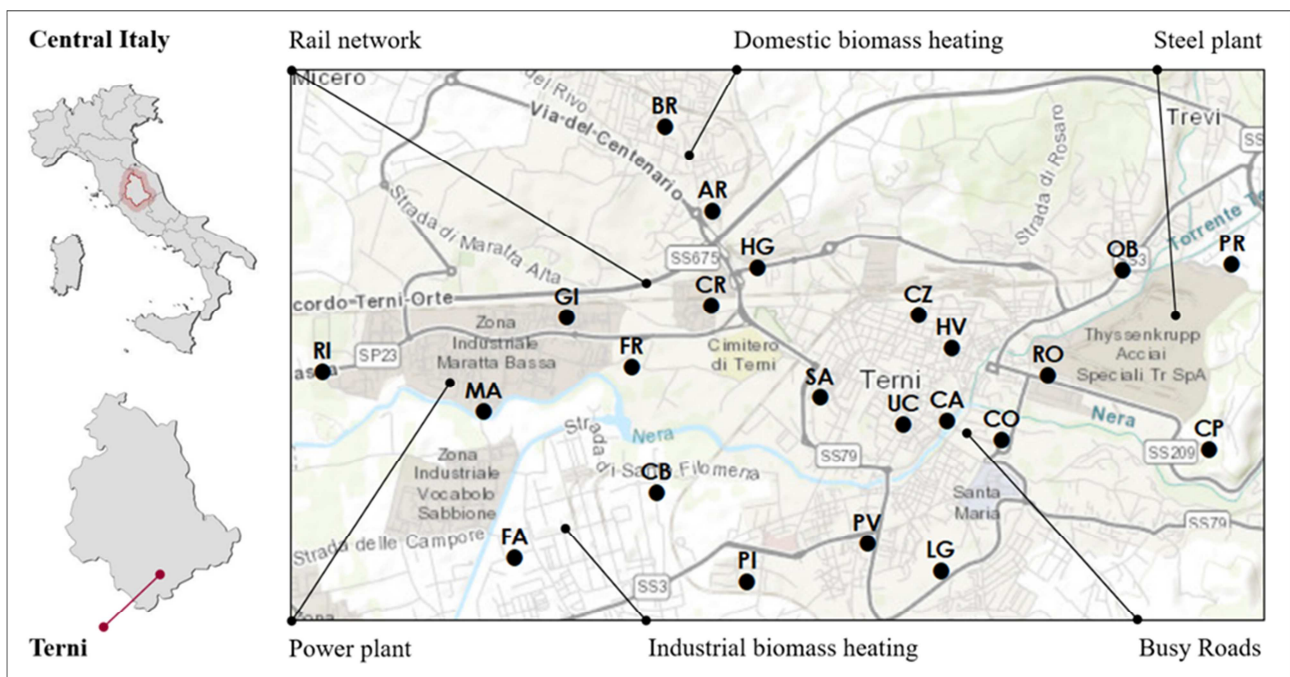
**Coordinamento:** L. Massimi e S. Canepari

**Gruppo di lavoro:** C. Tiraboschi (coordinamento fase analitica, elaborazione dati)

A. Pastore (collaborazione fase analitica ed elaborazione dati)

Lo studio prevede l'analisi di microelementi ed elementi in traccia nel particolato atmosferico (PM) e del suo potenziale ossidativo (OP). Queste analisi verranno effettuate su circa 30 siti di misura: 20-25 postazioni collocate negli ambienti interni dell'acciaiera AST di Terni e 5-10 postazioni nell'area esterna all'impianto. L'obiettivo è individuare i principali processi emissivi di PM dell'acciaiera, valutare la dispersione delle polveri rilasciate da ciascuna fonte nelle aree indoor e outdoor, e identificare il contributo emissivo di ogni processo alla concentrazione di massa del PM<sub>10</sub> e di elementi potenzialmente tossici (PTE), inclusi gli elementi normati come arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb).

Il progetto si basa sull'impiego di sistemi a basso flusso (0.5 L min<sup>-1</sup>) per il campionamento di PM<sub>10</sub> su membrana filtrante per lunghi periodi (7-60 giorni), fornendo un campione altamente rappresentativo del sito, idoneo all'analisi di molteplici parametri chimici e allo studio delle variazioni spaziali della composizione del PM in funzione della distanza dalle sorgenti emissive. L'equivalenza tra i risultati ottenuti mediante l'utilizzo di questi campionatori e i sistemi di campionamento certificati delle centraline ARPA è stata dimostrata in uno studio recente [1].



**Fig.1.** Siti di monitoraggio del PM<sub>10</sub> dello studio precedente condotto nella Conca Ternana dal 2016 al 2018 [2-4].

Le postazioni indoor saranno distribuite omogeneamente per rappresentare efficacemente la variabilità della composizione del PM dovuta ai numerosi processi emissivi interni all'impianto (e.g. fusorio, laminazione a caldo, laminazione a freddo). La selezione delle postazioni e della risoluzione temporale dei prelievi di PM<sub>10</sub> indoor sarà successiva a sopralluoghi preliminari durante i quali saranno effettuate misurazioni con contatore ottico delle concentrazioni in numero e della distribuzione dimensionale delle particelle nei diversi ambienti dell'azienda. Le postazioni outdoor saranno invece collocate nelle 5 centraline ARPA di Terni (Borgo Rivo, Carrara, Le Grazie, Maratta e Prisciano) e in 3-5 siti perimetrali all'acciaieria (e.g. siti CO, CP, HV, OB, RO) selezionati per monitorare la dispersione del PM<sub>10</sub> dall'impianto (Fig.1) in base ai risultati di studi precedenti condotti nella Conca Ternana [2-4].

La prima applicazione di questa tecnica di monitoraggio nell'area outdoor di Terni ha previsto campionamenti di 30-45 giorni per 15 periodi consecutivi tra il 19/11/2016 e il 19/02/2018 su 23 siti di misura [2-4]. I risultati ottenuti hanno permesso la realizzazione di mappe spaziali della concentrazione delle componenti chimiche analizzate [2], delle sorgenti emissive individuate mediante fattorizzazione a matrice positiva (PMF) [4] e del loro OP [3]. A titolo esemplificativo, le mappe spaziali dei contributi emissivi di due sorgenti outdoor (combustione di biomasse ed emissioni dall'acciaieria) al rischio associato all'esposizione inalatoria a PTE nel PM<sub>10</sub> [4] hanno mostrato che l'area urbana maggiormente influenzata è diversa per le due sorgenti (Fig. 2): le emissioni dell'acciaieria influenzano principalmente l'area circostante all'impianto nella parte ovest della conca. Le emissioni dovute alla combustione di biomasse influenzano invece principalmente la zona a nord della conca, nella quale la maggior parte delle abitazioni, per lo più piccole costruzioni mono-familiari, utilizza legna o pellet per il riscaldamento domestico, e la zona a sud-est, dove sono presenti imprese di lavorazione, anche a caldo, di biomasse.

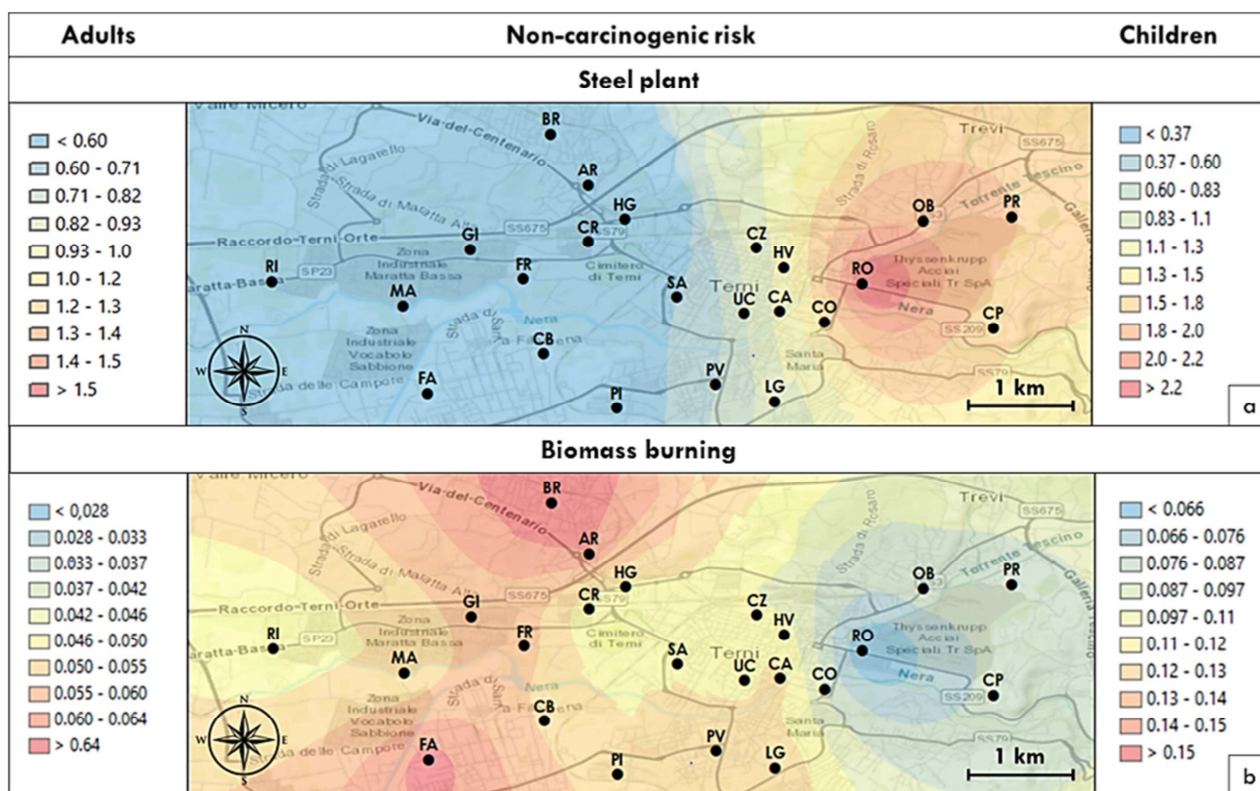
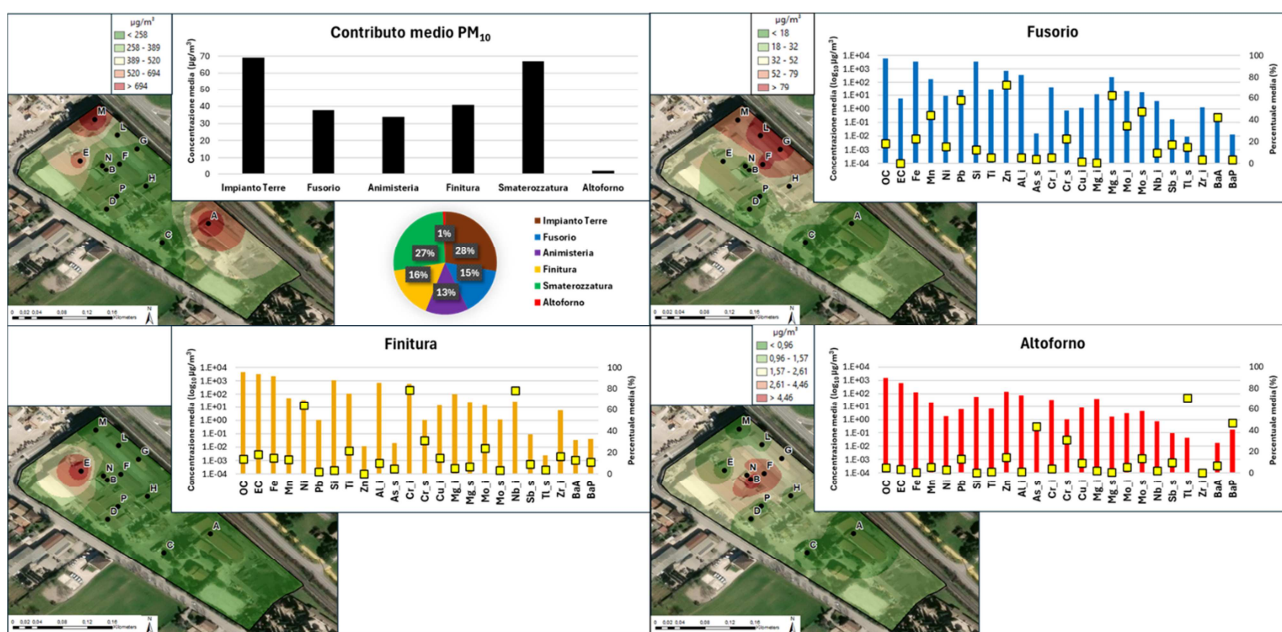


Fig. 2. Contributo al rischio non cancerogeno associato all'esposizione inalatoria a PTE nel PM<sub>10</sub> nella Conca Ternana [4].

Nel presente piano di monitoraggio, i campionamenti outdoor (n. 9 prelievi) avranno una risoluzione temporale di 45 giorni ciascuno, coprendo un intero anno di misura (Gennaio - Dicembre 2026) mentre i campionamenti indoor saranno eseguiti per 3-4 periodi con risoluzione temporale di 7-15 giorni (a causa delle maggiori concentrazioni di PM negli ambienti indoor che possono intasare le linee di prelievo), a seconda dei risultati ottenuti dal conteggio ottico delle particelle effettuato in fase di sopralluogo. I campionamenti indoor saranno svolti nel medesimo arco temporale del campionamento outdoor, al fine di calcolare la dispersione del PM<sub>10</sub> e delle sue componenti dagli ambienti interni all'area esterna (outdoor/indoor). Inoltre, all'interno dell'acciaiera, saranno selezionati 3 siti di misura per campionamenti di PM della durata di 7-15 giorni mediante impattore multistadio (frazionamento dimensionale su 10 stadi). L'analisi dimensionale fornirà informazioni cruciali per l'identificazione dei processi emissivi indoor e la valutazione del range dimensionale delle polveri emesse da ciascun processo.



**Fig. 3.** Mappatura spaziale della concentrazione di massa del PM<sub>10</sub> e del contributo medio al PM<sub>10</sub> dei processi emissivi “Fusorio”, “Finitura” e “Altoforno” individuati dal modello PMF all’interno delle Fonderie di Assisi (Santa Maria degli Angeli).

L’analisi chimica di tutti i campioni includerà la determinazione degli elementi nella loro frazione solubile (maggiormente bio-accessibile) e insolubile [2,4] e la misurazione dell’OP mediante i saggi più consolidati in letteratura (OP<sup>DCFH</sup>, OP<sup>AA</sup> e OP<sup>DTT</sup>) [3]. L’uso delle due frazioni di solubilità incrementa la selettività degli elementi come traccianti di sorgente, poiché diverse sorgenti rilasciano elementi prevalentemente come specie solubili o insolubili [2,4]. Questo approccio si è già dimostrato efficace nell’individuazione di diverse fonti di PM<sub>10</sub> nella Conca Ternana [2,4] e può essere uno strumento molto utile per l’identificazione di diversi processi emissivi all’interno dell’acciaiera, come dimostrato in uno studio condotto recentemente all’interno delle Fonderie di Assisi (Santa Maria degli Angeli, Fig. 3). Nell’impianto siderurgico di Assisi è stato applicato l’approccio sperimentale proposto in questo studio. Questo approccio ha permesso di identificare i profili chimici e i contributi di numerosi processi emissivi di PM<sub>10</sub>, successivamente mappati in ambiente GIS per localizzare le sorgenti, valutare la dispersione delle polveri e individuare le aree critiche di esposizione (Fig.3).

La misurazione dell'OP mira a fornire una stima della capacità del PM di indurre stress ossidativo nei sistemi biologici. L'OP è un parametro la cui valutazione è stata inserita nella nuova direttiva europea sulla qualità dell'aria (Direttiva 2024/2881/EU) per stimare i potenziali effetti da stress ossidativo delle polveri ed è considerato dall'OMS un parametro meritevole di approfondimento come metrica alternativa alla concentrazione di massa per la valutazione degli effetti sulla salute del PM.

In ciascun sito e per ogni periodo di campionamento saranno effettuate le seguenti analisi:

1. Conteggio ottico delle concentrazioni in numero e della distribuzione dimensionale delle particelle;
2. Analisi gravimetrica della concentrazione di massa del PM<sub>10</sub>;
3. Frazione solubile (bio-accessibile) di microelementi ed elementi in traccia (Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, K, La, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, W, Zn, Zr);
4. Frazione insolubile di microelementi ed elementi in traccia (Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, K, La, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, W, Zn, Zr);
5. Potenziale ossidativo delle polveri mediante i saggi di OP<sup>DCFH</sup>, OP<sup>AA</sup> e OP<sup>DTT</sup>.

L'insieme dei dati ottenuti sarà elaborato mediante PMF per ottenere una stima quantitativa del contributo dei principali processi emissivi interni all'acciaieria alla concentrazione di massa del PM<sub>10</sub> e dei PTE, nonché al rischio inalatorio e all'OP del PM. I dati ottenuti in ciascun sito di misura saranno interpolati mediante tecniche geo-statistiche avanzate (es. distanza inversa ponderata, *ordinary kriging*) e mappati in ambiente GIS per ottenere mappe spaziali del PM<sub>10</sub>, dei PTE (inclusi As, Cd, Ni e Pb), dell'OP e dei relativi contributi dai singoli processi emissivi individuati. Questo approccio permetterà di localizzare i principali processi emissivi di PM<sub>10</sub> e PTE nei diversi ambienti dell'acciaieria e di valutare la dispersione delle polveri rilasciate da ciascun processo. Questo studio consentirà dunque di identificare i processi emissivi a maggiore impatto per poter intervenire con azioni mirate di mitigazione dell'inquinamento atmosferico.

Il costo del progetto copre le spese di campionamento, analisi chimica, potenziale ossidativo, elaborazione e interpretazione dei dati, nonché la stesura della relazione scientifica entro 6 mesi dalla fine del progetto (euro 400 a campione per n. 200 campioni, per un totale di € 80.000, fuori campo IVA). Il personale Sapienza si impegna inoltre a svolgere attività formative e divulgative relative allo studio in oggetto e a fornire supporto scientifico per la diffusione dei risultati.

[1] Catrambone, M., Canepari, S., Cerasa, M., Sargolini, T., & Perrino, C. (2019). Performance evaluation of a very-low-volume sampler for atmospheric particulate matter. *Aerosol and Air Quality Research*, 19(10), 2160-2172. DOI:10.4209/aaqr.2019.04.0195.

[2] Massimi, L., Ristorini, M., Astolfi, M. L., Perrino, C., Canepari, S. 2020. High resolution spatial mapping of element concentrations in PM10: A powerful tool for localization of emission sources. *Atmospheric Research*, 105060. DOI: 10.1016/j.atmosres.2020.105060.

[3] Massimi, L., Ristorini, M., Simonetti, G., Frezzini, M. A., Astolfi, M. L., Canepari, S. 2020. Spatial Mapping and Size Distribution of Oxidative Potential of Particulate Matter Released by Spatially Disaggregated Sources. *Environmental Pollution*, 115271. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115271.

[4] Massimi, L., Pietrantonio, E., Astolfi, M. L., Canepari, S. 2022. Innovative experimental approach for spatial mapping of source-specific risk contributions of potentially toxic trace elements in PM<sub>10</sub>. *Chemosphere*, 307, 135871. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.135871.