



PROGETTO "SUPERSITO"

Realizzazione di uno studio integrato dell'inquinamento dell'atmosfera nella regione Emilia-Romagna attraverso misure di parametri chimici, fisici, tossicologici e valutazioni sanitarie, epidemiologiche e ambientali mediante modelli interpretativi

1. Premessa

Con il termine "Supersito" s'intende l'insieme di osservazioni dettagliate di alcuni dei parametri chimici, fisici, tossicologici che normalmente non vengono monitorati nella rete di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico della regione Emilia-Romagna e che si evidenziano per il loro valore innovativo e sperimentale nella caratterizzazione dell'inquinamento atmosferico.

Nella elaborazione del presente progetto si è fatto riferimento ad esperienze già consolidate a scala internazionale quali quelle relative ai "Supersiti" di Monaco (D) e degli USA.

La specificità del progetto della regione Emilia-Romagna risiede nella stretta integrazione tra i dati ambientali e quelli di tipo sanitario ed epidemiologico. Infatti parecchi studi epidemiologici hanno da tempo dimostrato la correlazione tra le concentrazioni di particolato presente in aria e una maggiore morbilità e mortalità.

Inoltre, la decisione della Commissione Europea del 28 settembre 2009, che non concede la deroga alle zone della regione Emilia-Romagna all'obbligo di applicare i valori limite di PM 10 in qualità dell'aria, comporta sostanzialmente la necessità di una maggiore conoscenza delle tematiche relative all'aerosol atmosferico, ai suoi precursori e alla sua composizione, anche ai fini di una miglior governance delle tematiche relative alla protezione dell'atmosfera e, di conseguenza, della salute.

I risultati delle misure precedentemente citate saranno dunque a supporto di successive valutazioni sanitarie, epidemiologiche e ambientali mediante modelli interpretativi, le quali diventano parti integranti del progetto "Supersito".

2. Obiettivo generale

L'obiettivo generale del progetto è quello di migliorare le conoscenze relativamente agli aspetti ambientali del particolato fine ed ultrafine, nelle componenti primarie e/o secondarie, presente in atmosfera, al fine di avviare in Emilia-Romagna un programma sull'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico, fondato sull'utilizzo di indicatori ambientali e sanitari affidabili e standardizzati, da poter utilizzare, non solo per promuovere lo sviluppo di politiche di prevenzione, ma anche per valutare l'efficacia degli interventi preventivi intrapresi, a breve e a lungo termine.

3. Obiettivi specifici

Dal punto di vista ambientale risulta importante effettuare approfondimenti specifici relativi alla:

- Formazione e composizione degli inquinanti secondari in atmosfera (particolato fine e ultrafine);
- Identificazione del legame tra la composizione del particolato presente in aria e le fonti di emissione.

La disponibilità di tali informazioni consentirà di:

- Migliorare l'attuale capacità dei modelli matematici di effettuare scenari futuri di qualità dell'aria;
- Rispondere alle eventuali richieste derivanti dal recepimento della Direttiva 50/2008/CE.

Dal punto di vista sanitario il progetto permetterà di:

- Valutare gli effetti tossicologici dei campioni di particolato raccolto al fine di una maggior comprensione degli aspetti infiammatori e di un complessivo risk assessment;
- Valutare con studi epidemiologici gli effetti a breve e lungo termine dell'esposizione a inquinamento atmosferico della popolazione.

In particolare, gli obiettivi specifici sono i seguenti:

- a - Stima del bilancio di massa chimico attraverso una dettagliata speciazione dell'aerosol fine;
- b - Definizione dello spettro dimensionale delle particelle submicroniche, con alta risoluzione temporale;
- c - Caratterizzazione della meteorologia del PBL e del Surface Energy Balance (SEB) durante episodi di nucleazione di UFP e trasporto di particelle di origine crostale;
- d - Valutazione del comportamento e dei fenomeni che portano alla formazione e crescita del particolato secondario inorganico ed organico;
- e - Utilizzo di modellistica meteorologica ad alta risoluzione (COSMO) e di modelli chimici di trasporto (Chimere) per la simulazione delle specie chimiche (particolato) di interesse epidemiologico;
- f - Attribuzione dei pesi alle varie sorgenti di emissione attraverso determinazione della speciazione chimica e mediante modelli al recettore (source apportionment);
- g - Risposta alla Direttiva 50/2008 relativamente a carbonio organico ed elementare, ioni sull'aerosol e al D. Lgs 183/04 per alcuni composti precursori dell'ozono in diverse aree della regione;
- h - Determinazioni di tipo tossicologico per la valutazione delle tipologie di aerosol contenenti sostanze, elementi, composti o miscele di composti che hanno effetti sulla salute;
- i - Realizzazione di indagini epidemiologiche attraverso lo studio degli eventi sanitari rilevanti:
 - A breve termine, mediante correlazioni tra i flussi informativi correnti (SDO, banca dati farmaceutica, etc.) per patologie riconducibili ad esposizione a inquinanti e i valori di alcune sostanze trovate nell'aerosol atmosferico;

- A lungo termine, attraverso le analisi di fonti informative quali: registro tumori e registro mortalità e i valori di alcune specie chimiche determinate sistematicamente nell'aerosol, nel corso della durata del progetto;

I dati provenienti dai flussi/fonti informative sopra riportati verranno trattati ai sensi del D.lgs. 196/03.

l - Valutazione e stima del rischio (risk assessment) attraverso le elaborazioni dei parametri chimici e tossicologici osservati e dalla comparazione con le analisi epidemiologiche di eventi a breve e a lungo termine;

m - Miglioramenti della valutazione dell'esposizione della popolazione attraverso studi della qualità dell'aria in ambienti indoor relativamente al particolato fine ed ultrafine.

4. Localizzazione dei punti di monitoraggio

Il progetto vedrà il campionamento di particolato atmosferico organizzato su n. 4 stazioni di monitoraggio, le quali verranno dotate di nuova e specifica strumentazione, posizionate nel territorio regionale in:

- area urbana di Bologna (Main Site – MS);
- area rurale di San Pietro Capofiume (Bo) (Rural Satellite 3 – RS3);
- area urbana di Parma (Urban Satellite – US1);
- area urbana di Rimini (Urban Satellite – US2);

Tali dati verranno integrati con quelli provenienti dall'esistente stazione remota di Monte Cimone, nell'Appennino Modenese (Remote Satellite – RS4).

5. Collaborazioni esterne

Vista la complessità del progetto, ARPA instaurerà rapporti di collaborazione con centri di ricerca internazionale di comprovata esperienza scientifica che potranno arricchire il progetto di rilevanti competenze non attualmente rinvenibili all'interno del Servizio Sanitario regionale e di ARPA.

Le collaborazioni che si intendono attivare coinvolgeranno strutture di rilievo internazionale, tra le quali:

- CNR ISAC (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Bologna), relativamente alle attività di misure chimiche, fisiche dell'atmosfera (campionamento ed analisi), elaborazioni dati ed interpretazioni dei fenomeni;
- Università di Bologna (Dipartimento di Patologia Generale), relativamente alle attività di valutazioni del rischio degli inquinanti monitorati;
- Università di Ferrara (Dipartimento di Chimica), relativamente alle attività di analisi chimica di microinquinanti organici polari;
- Università di Helsinki (SF) Dipartimento di Scienze Fisiche ;
- Università di Kuopio (SF), Dipartimento di Fisica;
- Finnish Meteorological Institute (SF), Istituto Meteorologico Finlandese;
I tre gruppi finlandesi sopra citati svolgeranno attività di misure chimico-fisiche di aerosol, elaborazioni dati ed interpretazione dei fenomeni;
- Dipartimento di epidemiologia dell'ASL Roma E, relativamente agli aspetti epidemiologici.

6. Organizzazione del progetto

Il progetto si articola in 7 linee progettuali come di seguito rappresentate:

- LP 1: Campionamento, analisi chimica e distribuzione dimensionale del particolato;
- LP 2: Misure fisiche e modelli di qualità dell'aria;
- LP 3: Campagne di misure intensive in atmosfera;
- LP 4: Tossicologia predittiva;
- LP 5: Campagne di misure intensive in ambienti indoor;
- LP 6: Analisi epidemiologiche sugli effetti a breve e a lungo termine;
- LP 7: Analisi dati ambientali.

Il progetto viene organizzato in alcuni elementi strutturali di seguito definiti:

- *Comitato guida (CG): con funzioni e compiti decisionali di tipo strategico e di garante del corretto svolgimento del progetto*

Tale Comitato ha il compito di:

- verificare il corretto svolgimento del progetto,
- prendere eventuali atti di re-indirizzo delle attività previste,
- definire le eventuali azioni da intraprendere per una corretta realizzazione degli obiettivi

Composizione del Comitato guida:

- Direttore generale ARPA,
- Direttore tecnico ARPA,
- un rappresentante della Direzione generale Ambiente e Difesa del suolo e della costa,
- un rappresentante della Direzione generale Sanità e Politiche Sociali,
- n. 2 Project Manager.

- *Comitato di progetto (CP) con l'obiettivo di assicurare i flussi informativi tra le Linee Progettuali.*

Tale Comitato ha il compito di:

- esplorare i collegamenti le varie Linee Progettuali e le relative sottoarticolazioni,
- garantire il rispetto dei flussi informativi previsti nelle attività,
- elaborare la relazione conclusiva del progetto comprensiva di una valutazione e proposta per il successivo utilizzo delle infrastrutture di monitoraggio.

Composizione del Comitato di progetto:

- n. 2 Project Manager,
- Responsabili delle 7 linee progettuali,
- Responsabile ARPA - Centro Tematico Regionale Qualità dell'Aria

- *n. 2 Project Manager (PM): con funzioni di tipo gestionale-operativo e di coordinamento complessivo delle linee progettuali.*

I due PM, individuati rispettivamente da ARPA per la componente ambientale e dalla Regione Emilia-Romagna (Direzione generale Sanità e Politiche Sociali) per la

componente sanitaria, hanno come obiettivo la verifica del rispetto dei costi, dei tempi e dei risultati attesi definiti nel progetto.

I compiti dei PM sono essenzialmente i seguenti:

- definire la pianificazione e la work breakdown structure dell'intero progetto,
- favorire la comunicazione e la coesione nel Comitato di progetto,
- distribuire le risorse sulle attività e monitorarne lo svolgimento,
- verificare periodicamente, riportandolo al Comitato guida, lo stato di avanzamento dei lavori descrivendo eventuali esigenze di interventi particolari o di azioni da intraprendere,
- partecipare alle riunioni del Comitato guida e metterne in atto le relative decisioni.

Ad ogni riunione del Comitato di progetto potranno essere inoltre invitati gli enti esterni che collaborano al progetto.

Infine, è prevista una Segreteria, composta da un rappresentante della Regione Emilia-Romagna e da un rappresentante di Arpa, con funzioni di supporto logistico ed amministrativo al Comitato Guida, al Project Manager, al Comitato di Progetto.

7. Sintesi degli obiettivi delle linee progettuali

Linea progettuale 1 - Campionamento, analisi chimica e distribuzione dimensionale del particolato

Obiettivi specifici

La linea progettuale 1 ha l'obiettivo di fornire, sul lungo periodo, un flusso di dati sulla composizione chimica del particolato atmosferico PM 2.5. Inoltre lo studio della distribuzione delle particelle sub-microniche in atmosfera è determinante per poter comprendere le reazioni che avvengono e che portano a trasformazioni e crescita. L'analisi delle condizioni chimico-fisiche che pilotano tali reazioni di formazione e distruzione di particelle in un'area urbana e rurale è il secondo obiettivo della LP1.

In primo luogo, la LP1 gestisce ed esegue le attività di campionamento e le analisi chimico-fisiche dei campioni di aerosol nel main site (Bologna, MS) e nei satellites di Parma US1, Rimini US2, San Pietro Capofiume RS3 con frequenze e modalità diverse per ogni sito, relativamente ai parametri:

- carbonio organico ed elementare
- ioni
- metalli

per le valutazioni di tipo epidemiologico di cui alla LP6.

La determinazione di tali parametri permetterà inoltre una valutazione di quanto richiesto dalla Direttiva UE 50/08.

Con il primo obiettivo ci si propone anche di colmare la carenza di informazioni sulla composizione chimica dell'aerosol atmosferico sia primario, emesso direttamente dalle sorgenti, che secondario, derivante da reazioni chimiche in atmosfera.

Inoltre, verrà garantita la misura di alcuni parametri precursori dell'ozono, al rural site di San Pietro Capofiume, mediante un GC FID automatico per la misura di alcuni VOC.

Per quel che concerne il secondo obiettivo, le attività previste sono la gestione e l'esecuzione delle misure in tempo reale della distribuzione dimensionale dell'aerosol.

Verranno effettuate misure in continuo a partire da alcuni nanometri mediante misuratori differenziali di mobilità elettrica. Le determinazioni verranno eseguite sia nel main site di Bologna che nel rural site di San Pietro Capofiume, queste ultime effettuate dalle Università di Helsinki, Kuopio e dal Finnish Meteorological Institute.

I risultati ottenuti forniranno un quadro sulle condizioni e sulle modalità di formazione e di crescita delle particelle, sia nell'area urbana che in quella rurale.

Le analisi, eseguite sui filtri derivanti dal campionamento, riguarderanno i seguenti parametri:

1. metalli totali mediante ICP-MS (per MS, US1, US2, RS3);
2. composti inorganici cationici ed anionici mediante cromatografia ionica (tutte le stazioni);
3. carbonio organico ed elementare mediante un analizzatore termo-ottico (per MS, US1, US2, RS3);
4. carbonio totale e idrosolubile con analizzatore termico (per RS4)

La misura dei composti organici volatili precursori dell'ozono verrà effettuata mediante analizzatore in continuo GC-FID (per RS3).

Risultati attesi

La realizzazione delle attività previste nella presente linea progettuale determinerà il conseguimento dei seguenti risultati:

- circa 800 filtri/anno per il PM2.5 nel main site, campionati giornalmente. Successivamente alla misura della concentrazione in massa, tali filtri verranno destinati alle analisi chimiche: 1/3 per metalli, 1/3 per ioni e 1/3 per EC/OC;
- circa 300 filtri/anno per il PM2.5 per ogni sito satellite, campionati giornalmente (siti satellite: Pr, Rn, San Pietro Capofiume). Successivamente alla misura della concentrazione in massa, tali filtri verranno destinati alle analisi chimiche: circa 1/3 per metalli, 1/3 per ioni e 1/3 per EC/OC. Le analisi chimiche per ioni, metalli e EC/OC si articoleranno come segue: il primo giorno si analizzeranno i metalli, il secondo giorno gli ioni ed il terzo giorno la componente carboniosa per un numero di giorni di campionamento pari a circa 75% dell'anno;
- dati orari di PM al main site e al rural site;
- misure di alcuni precursori VOC dell'ozono nel sito rurale;
- circa 50 filtri/anno di PM1 e altrettanti di PM1-10 per analisi della componente carboniosa (carbonio totale e idrosolubile) e ionica derivante dal campionamento al Monte Cimone;
- distribuzione dello spettro dimensionale dell'aerosol submicronico con alta risoluzione temporale per i tre anni di misure sia al MS che al RS3;
- valutazione degli eventi di trasformazione in relazioni alle condizioni atmosferiche.

Attività della LP1 e loro descrizione

Attività n. 1: Acquisto strumentazione e realizzazione infrastrutture

L'attività 1 sarà volta a:

- a) Acquisizione dei seguenti strumenti e successiva loro manutenzione;
- b) Definizione microubicazione main site (Bo), nella zona nord dell'area urbana di Bologna.
- c) Progettazione e realizzazione infrastrutture:

Relativamente al MS e al RS3 si progetteranno e si realizzeranno le necessarie infrastrutture per l'alloggio degli strumenti di misura, contemplando le necessarie utenze elettriche e di trasmissione dati.

Tale attività sarà anche a supporto delle LP 2, 3 e 4.

Attività n. 2: Campionamento di aerosol e gas

La presente attività ha la finalità di valutare la concentrazione in massa del particolato PM2.5 tramite misuratori automatici e di raccogliere il materiale da sottoporre ad analisi chimiche: carbonio elementare, carbonio organico, metalli, ioni.

Il campionamento sarà effettuato su filtro idoneo per essere sottoposto alle varie speciazioni chimico-fisiche. La scelta del supporto filtrante verrà effettuata sulla base di una indagine dei migliori materiali utilizzabili per le varie tecniche analitiche.

Verrà realizzato il campionamento di aerosol al fine di effettuare la speciazione chimica. I punti di campionamento saranno distribuiti col criterio di seguito descritto:

- PM2.5 (concentrazione in massa)
4 siti di campionamento di cui:
main site (Bo)
rural site (San Pietro Capofiume)
urban satellite site (Pr)
urban satellite site (Rn)
- PM 1 e PM 1 -10 (concentrazione in massa)
remote satellite site (Monte Cimone)
- PM (concentrazione numerica di diverse frazioni)
main site (Bo)
rural site (San Pietro Capofiume)

Per le attività di analisi/campionamento di routine il monitoraggio verrà svolto durante tutto l'anno assicurando circa un 75% di dati validi nel main site e circa il 27% nei siti satelliti di Pr, San Pietro Capofiume e Rn (per ogni specie chimica) per quanto riguarda il PM2.5. Il campionamento del PM 1 e del PM 1-10 verrà eseguito una volta alla settimana al Monte Cimone.

I campioni totali per anno ottenuti dal monitoraggio saranno in numero di circa:
800 (PM2.5 main site),
900 (PM2.5 satelliti di Pr, Rn e San Pietro Capofiume),
50 PM1 e 50 PM1-10 (Monte Cimone).

Presso le sezioni di Bologna, Parma e Rimini verranno validate le misure giornaliere di PM2.5 acquisiti mediante campionatori automatici.

Presso la sezione di Bologna verranno inoltre validate:

- le misure orarie di concentrazione numerica di PM;
- le misure di concentrazione di composti organici volatili mediante il misuratore in continuo GC/FID posto al rural site di San Pietro Capofiume.

L'attività di campionamento verrà intensificata nel main site e nel rural site con alcune campagne di misura intensiva, per il cui dettaglio si veda la LP 3.

Come già specificato, il campionamento al Monte Cimone avverrà con cadenza settimanale. Ogni campione avrà durata di 36 ore, cumulate su tre notti consecutive. La scelta del campionamento nelle sole ore notturne è motivata dall'esigenza di evitare gli effetti delle brezze di valle che trasportano inquinanti in quota.

Attività n. 3: Analisi chimica di metalli totali

Presso la sezione Arpa di Ferrara verranno svolte le analisi dei metalli totali. Dopo mineralizzazione acida i supporti filtranti verranno analizzati mediante Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry per l'analisi dei seguenti metalli: Ni, V, As, Cr, Zn, Fe, Mn, Al. Verranno restituiti i risultati in termini di concentrazioni di ognuno dei metalli elencati.

Attività n. 4: Analisi chimica della componente inorganica ionica

Presso la sezione Arpa di Ferrara verranno inoltre eseguite le analisi della componente inorganica ionica: NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Br^- , Cl^- , K^+ , Mg^{2+} e, se possibile dal punto di vista analitico, anche Na^+ .

Dopo estrazione dei supporti filtranti con acqua Milli-Q e successiva filtrazione, le soluzioni acquose sono analizzate mediante cromatografia ionica. Verranno restituiti i risultati in termini di concentrazioni dei singoli composti inorganici ionici.

Attività n. 5: Analisi chimica di carbonio organico ed elementare

Verranno svolte le analisi del carbonio organico ed elementare mediante un analizzatore termo-ottico.

Verranno restituiti i risultati in termini di concentrazioni di carbonio organico ed elementare.

Attività n. 6: Analisi chimica di carbonio totale, idrosolubile e composti ionici

Presso il CNR-ISAC, verranno eseguite le analisi dei campioni derivanti dal "remote satellite site" di Monte Cimone per la determinazione di carbonio totale, idrosolubile e composti ionici (NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Cl^- , K^+ , Na^+ , Mg^{2+}). Il carbonio totale e l'idrosolubile verranno determinati con analizzatore termico (Multi N/C 2100, Analytik Jena). Il metodo per il carbonio totale è conforme a quello della tecnica termooptica, come dimostrato da prove di intercomparison con campioni di particolato atmosferico. Gli ioni inorganici verranno determinati per cromatografia ionica.

Verranno restituiti i risultati in termini di concentrazioni per il carbonio totale ed idrosolubile e per la componente ionica

Attività n. 7: Misura della distribuzione dimensionale dell'aerosol

Presso il main site di Bologna e il rural site di San Pietro Capofiume verranno posizionati gli strumenti per le successive misure di distribuzione dimensionale dell'aerosol mediante misuratori di mobilità differenziale. Le misure saranno eseguite negli anni 2011, 2012, 2013 compatibilmente con le esigenze di manutenzione degli strumenti. Tali misure verranno effettuate da Arpa e da FMI, Università di Kuopio e Università di Helsinki.

Attività n. 8: Analisi dati della distribuzione dimensionale dell'aerosol

Verranno analizzati i dati ottenuti dall'attività 7 al fine di valutare gli eventi di nucleazione e crescita delle particelle con particolare riferimento alle condizioni meteorologiche. Verranno inoltre valutate le correlazioni con i risultati ottenuti dalla LP 3, in particolare con

i risultati derivanti dalle analisi dell' AMS e dalla speciazione derivante dal campionamento mediante gli impattori Berner.

La linea progettuale 1 svolgerà le proprie attività dal 2010 al 2014, in particolare:

- 2010: acquisto dei necessari investimenti attraverso le opportune procedure di gara, messa a punto delle metodiche e organizzazione delle attività degli anni seguenti.
- 2011: campionamento e analisi chimiche
- 2012: campionamento e analisi chimiche
- 2013: campionamento e analisi chimiche
- 2014: elaborazione ed analisi dati

Linea progettuale 2 - Misure fisiche e modelli di qualità dell'aria

Gli obiettivi specifici della linea progettuale 2 sono:

- la caratterizzazione della meteorologia dello strato limite planetario (PBL) e del bilancio energetico superficiale (SEB) durante episodi di nucleazione e di trasporto di aerosol di origine crostale.
- l'utilizzo di modellistica meteorologica ad alta risoluzione (COSMO) e di modelli chimici di trasporto (Chimere) per la simulazione delle specie chimiche (particolato) di interesse epidemiologico.

I risultati attesi sono:

- fornitura di dati meteo di supporto alle altre LP, nel corso del Routine Measurements Program triennale;
- fornitura di dati meteo speciali, focalizzati sullo strato limite atmosferico e sulla turbolenza, nel corso programma intensivo di osservazione (IOP);
- algoritmi per il calcolo dell'altezza dello strato rimescolato;
- caratterizzazione meteo di episodi di nucleazione e di trasporto di aerosol di origine crostale;
- verifica/diagnostica del modello di trasporto chimico Chimere, con particolare riferimento al PM2.5;
- sviluppo/miglioramento delle parametrizzazioni e dei post-processing di Chimere;
- verifica/diagnostica del modello meteo COSMO, con particolare riferimento allo strato limite planetario (PBL) e al bilancio energetico superficiale (SEB);
- sviluppo/miglioramento delle parametrizzazioni e dei post-processing di COSMO, con particolare riferimento a SEB e PBL.

Attività della LP2 e loro descrizione

Attività n. 1: Misure meteo tradizionali

Fornitura di dati meteo (durante tutti i 3 anni di RMP) di supporto, dalla rete di stazioni meteo al suolo e dai radiosondaggi di S. Pietro Capofiume; durante gli IOP, in alcune giornate selezionate, verrà intensificata la frequenza di lancio delle radiosonde, che nella configurazione routinaria vengono lanciate alle 00 UTC. I dati della rete di stazioni al suolo saranno disponibili quasi in tempo reale tramite interfaccia web.

Attività n. 2: Misure lidar

Misure lidar; sviluppo, test e applicazione (durante i 3 anni di RMP) di codici per il calcolo dell'altezza dello strato rimescolato da lidar/ceilometer. Un lidar-ceilometer sarà operativo H24 per i tre anni di misura per fornire profili verticali dell'evoluzione dello strato mescolato, dello strato di entrainment, dello strato residuo, della base delle nubi, della presenza di nebbie e, in generale, della densità di aerosol in funzione della quota tra i 50 m ed i 4 km sls (dati mediati su 15 minuti e con risoluzione verticale di 7.5m).

Attività n. 3: Misure meteo speciali

Misure meteo speciali con stazione micrometeo (SEB) includente anemometro sonico e analizzatore di CO₂ e H₂O ad alta frequenza integrati, radiometro a 4 vie, sensore di flusso di calore nel terreno, profilo di sensori (TDR) di umidità e temperatura nel terreno (durante i 3 anni di RPM). I dati della stazione micrometeo saranno elaborati con tecniche di *eddy covariance*, per calcolare i flussi energetici turbolenti tra suolo e atmosfera, determinanti le caratteristiche di stabilità dello strato limite superficiale (PBL) e dunque cruciali per la dispersione di inquinanti. Indicativamente 100 giorni/anno di misure.

Attività n. 4: Analisi episodi

Caratterizzazione meteo di episodi di nucleazione e di trasporto di aerosol di origine crostale (max 6 episodi analizzati). Specifici episodi della durata di pochi giorni, caratterizzati da episodi di nucleazione o di trasporto di aerosol di origine crostale, identificati e segnalati dai responsabili delle linee progettuali che svolgono campionamento e analisi dell'aerosol, saranno analizzati dal punto di vista meteo.

Attività n. 5: Diagnostica Chimere

Verifica/diagnostica del modello chimico di trasporto Chimere, nella sua implementazione "NINFA" sulla Pianura Padana. In particolare saranno verificate potenzialità e limiti del modello nel riprodurre gli andamenti giornalieri delle concentrazioni di aerosol simulate alla superficie, la loro composizione chimica e la loro distribuzione dimensionale.

Attività n. 6: Miglioramento Chimere

Miglioramento del modello Chimere. Anche in base ai risultati dell'attività 5, verranno pianificate specifiche azioni di sviluppo del modello Chimere e/o della sua implementazione presso ARPA-SIMC e/o del suo input emissivo. Tali azioni saranno sottoposte a test, applicate a casi studio, ed eventualmente implementate operativamente.

Attività n. 7: Postprocessing Chimere

Sviluppo di tecniche di postprocessing di Chimere, con particolare riferimento alle specie chimiche di interesse epidemiologico. Il sistema "PESCO" di post-elaborazione geostatistica delle simulazioni di Chimere nella sua implementazione sul Nord Italia (NINFA) consente di integrare dati simulati e misurati. Attualmente il sistema è in grado di elaborare dati di ozono e di PM10, mentre l'elaborazione del PM2.5 è in fase di avvio. Verranno quindi calibrati e consolidati gli algoritmi per l'analisi del PM2.5, al fine di produrre campi a risoluzione di 1km delle concentrazioni di PM2.5, su base giornaliera e/o su base mensile.

Verranno prodotte le analisi giornaliere relative ad alcuni episodi di interesse epidemiologico e/o le analisi mensili relative ad un periodo di almeno un anno. Saranno sperimentate ulteriori elaborazioni geostatistiche per produrre informazioni relativamente alla distribuzione spaziale di specifiche componenti chimiche dell'aerosol di interesse epidemiologico.

Attività n. 8: Diagnostica COSMO

Verifica/diagnostica del modello meteo COSMO e del suo postprocessing, con particolare riferimento a SEB e PBL. Con i dati raccolti durante le campagne intensive (attività 3) saranno verificati limiti e potenzialità del modello COSMO e del suo postprocessing nel riprodurre: gli scambi turbolenti di energia alla superficie tra suolo e atmosfera, il contenuto d'acqua e la temperatura nel suolo. Con i dati raccolti ed elaborati dall'attività 2 sarà invece verificata l'altezza del PBL.

Attività n. 9: Sviluppo COSMO

Miglioramento di COSMO e del postprocessing, test di implementazioni ad alta risoluzione. Saranno sottoposti a test, calibrati ed eventualmente implementati operativamente algoritmi alternativi per il calcolo dell'altezza del PBL. Il modello sarà applicato a casi studio in configurazione ad alta risoluzione (~1km), anche con l'implementazione di specifici algoritmi per le aree urbane.

La linea progettuale 2 svolgerà le proprie attività dal 2010 al 2014, in particolare:

- 2010: organizzazione delle attività degli anni seguenti e inizio attività di misura.
- 2011: misure di grandezze fisiche dell'atmosfera mediante diverse metodologie, implementazione della modellistica e di tecniche di postprocessing.
- 2012: misure di grandezze fisiche dell'atmosfera mediante diverse metodologie, implementazione della modellistica e di tecniche di postprocessing e analisi degli episodi.
- 2013: misure di grandezze fisiche dell'atmosfera mediante diverse metodologie, implementazione della modellistica e di tecniche di postprocessing e analisi degli episodi.
- 2014: misure di grandezze fisiche dell'atmosfera mediante diverse metodologie, implementazione della modellistica e di tecniche di postprocessing e analisi degli episodi.

Linea progettuale 3 - Campagne di misure intensive in atmosfera- Intensive observation program (IOP)

Obiettivi specifici

La strategia della LP3 è quella di concentrare misure sofisticate che richiedono lunghi tempi di analisi dei campioni o che fanno uso di strumenti inadatti a periodi prolungati di misura in periodi di osservazione intensiva ("intensive observation periods", IOP) presso due stazioni di misura, il "main site" (MS, a Bologna) e il vicino "rural satellite site" (RS3, a San Pietro Capofiume) ed in particolari periodi dell'anno in modo da ottenere le informazioni più complete possibili almeno per alcune condizioni ambientali giudicate di interesse. Tali condizioni verranno individuate per uno studio approfondito dell'evoluzione della composizione del particolato fine, specialmente in inverno, estate ed autunno, perché favorevoli all'accumulo del particolato in atmosfera e/o perché caratterizzate da una

maggior esposizione della popolazione (o da una maggior sensibilità all'esposizione). La scelta dei due siti in cui concentrare le misure durante gli IOPs è dovuta al fatto che la stazione di Bologna (MS) è situata all'interno della maggior conurbazione in regione, mentre la stazione di San Pietro Capofiume RS3 permette la caratterizzazione del fondo regionale di aerosol, permettendo di discriminare le dinamiche di evoluzione della composizione del particolato legate all'area urbana da quelle associate a un trasporto a più larga scala.

L'obiettivo della LP3 è la gestione, l'esecuzione delle attività di campionamento nel main site (Bologna) e nel rural site (San Pietro Capofiume) e delle attività di analisi chimico-fisiche dei campioni di aerosol relativamente ai seguenti parametri:

a) speciazione della sostanza organica presente nel particolato in composti organici polari, IPA, Nitro-IPA, alcani lineari a lunga catena e ossi-IPA. Lo scopo di questa analisi è la determinazione di inquinanti specifici, a completamento dei dati di carbonio organico (OC) forniti dal "routine measurement program", RMP (LP1).

b) trend di concentrazione dei maggiori costituenti chimici dell'aerosol misurati con elevata risoluzione temporale mediante l'impiego di un "aerosol mass spectrometer" (AMS). Le misure AMS consentiranno quindi di investigare i processi di formazione e accumulo del particolato in funzione dei parametri meteorologici, di trasporto (vento), fotochimici e al variare dell'intensità delle emissioni nel corso della giornata. Le scale temporali in esame sono quindi molto più brevi di quelle dell'RMP (LP1) che prevedono campionamenti su filtro che durano 24 ore.

c) distribuzioni dimensionali dei componenti chimici del particolato, ottenute tramite l'ausilio di impattori multistadio. Le specie chimiche misurate nei vari intervalli dimensionali dell'aerosol (da 0.05 a 10 μm) comprendono gli ioni inorganici, il carbonio totale ed il carbonio organico idrosolubile ("water-soluble organic carbon", WSOC) usato come proxy dell'aerosol organico secondario. La dimensione delle particelle è il parametro di maggior importanza al fine di determinarne il tempo di vita in atmosfera, quindi le misure chimiche segregate dimensionalmente consentono di discriminare i componenti chimici emessi localmente da quelli trasportati da sorgenti lontane.

d) caratterizzazione della composizione organica del particolato fine ottenuta tramite spettroscopia a risonanza magnetica nucleare (NMR) per l'identificazione e quantificazione dei contributi da sorgenti naturali biologiche e da sorgenti inquinanti da combustione. La spettroscopia NMR impiega lo stesso approccio dell'AMS, con inferiore risoluzione temporale, ma con maggior dettaglio nel discernimento delle sorgenti, in particolare tra sorgenti naturali e antropiche.

Con tale obiettivo ci si propone di fornire ulteriori informazioni per le valutazioni epidemiologiche di cui alla LP 7 e colmare l'assenza di informazioni sulla composizione chimica dell'aerosol atmosferico sia primario, emesso direttamente dalle sorgenti, che secondario, derivante da reazioni chimiche in atmosfera, aumentando il dettaglio della speciazione dell'aerosol rispetto alle misure routinarie ottenute nella LP1.

La LP 3 eseguirà anche il campionamento a supporto delle attività di cui alla LP4.

Risultati attesi

La realizzazione delle attività previste nella presente linea progettuale verranno effettuate nei periodi più significativi dell'anno con campagne di misura che inizieranno a partire dal 2011 fino al 2013. Ogni anno verranno dedicati circa 60 giorni di misura, con l'obiettivo di conseguire i seguenti risultati:

- quantificazione delle concentrazioni di microinquinanti organici e di traccianti di sorgenti di combustione (IPA, nitro-IPA, alcani lineari a lunga catena, oxo-IPA) e determinazione dei corrispondenti trend temporali attraverso l'analisi chimica del PM2.5, campionato giornalmente, nel main site e nel sito rurale di San Pietro Capofiume
- quantificazione delle concentrazioni di composti organici polari (acidi e zuccheri) e determinazione dei corrispondenti trend temporali attraverso l'analisi chimica del PM2.5, campionato giornalmente, nel main site e nel sito rurale
- determinazione della composizione chimica del particolato in funzione del diametro delle particelle e della sua evoluzione nel tempo durante episodi di accumulo di inquinamento, tramite l'impiego di impattori a 5 stadi (con cut-off: 0.05, 0.14, 0.42, 1.2 e 3.5 μm ed inlet con taglio a 10 μm), campionati nell'arco di 8 o 12 ore (differenziando tra condizioni diurne e notturne) nel main site di Bologna e nel rural site di San Pietro Capofiume
- ricostruzione dei trend di concentrazione dei principali componenti chimici non refrattari del PM2.5 con elevata risoluzione temporale (tempo di acquisizione ≤ 5 min) tramite misure di "aerosol mass spectrometer" (AMS) al main site e, per un numero inferiore di campagne, contemporaneamente al rural site. Ogni AMS è in grado di acquisire più di 5000 spettri di massa per la misura quantitativa di solfato, nitrato, ammonio e sostanze organiche dell'aerosol nel corso di ognuna delle campagne sperimentali. Inoltre, l'AMS verrà operato anche nella sua modalità "aerosol TOF" fornendo informazioni anche sulle distribuzioni dimensionali degli stessi composti;
- determinazione della composizione organica di serie di campioni di particolato fine PM1 tramite spettroscopia $^1\text{H-NMR}$ per l'identificazione delle sorgenti naturali e antropiche del particolato organico secondario;
- campionamento di PM1 e PM 2.5 mediante campionatori ad alto volume (volume campionato per campagna per frazione di PM di almeno 3000 m^3) destinati all'analisi gravimetrica e per le caratterizzazioni tossicologiche al main site;
- campionamento su PUF (a valle del campionamento di PM2.5 o PM1 HV) per le caratterizzazioni tossicologiche al main site.

Attività della LP 3 e loro descrizione

Attività n. 1: Acquisto e manutenzione strumentazione

L'attività 1 sarà volta all'acquisto e alla successiva manutenzione dei seguenti strumenti:

- Aerosol Mass Spectrometer;
- Campionatore di materiale particolato PM 2.5 ad alto volume;
- Campionatore di materiale particolato PM 1 ad alto volume.

La realizzazione delle infrastrutture per l'alloggio degli strumenti di misura è rimandata all'attività 1 della LP1.

Attività n. 2: Campionamento di aerosol

- a) Campionamento di massa di particolato per la speciazione organica.

La presente attività ha la finalità di valutare la massa di particolato PM2.5 e di raccogliere il materiale da sottoporre ad analisi chimiche di composti organici: IPA (nitro e oxo-IPA),

alcani lineari a lunga catena, composti idrosolubili (acidi carbossilici e zuccheri) e relative loro concentrazioni.

Il campionamento sarà effettuato su filtro idoneo per essere sottoposto alle varie speciazioni chimico-fisiche. La scelta del supporto filtrante verrà effettuata sulla base di una indagine dei migliori materiali utilizzabili per le varie tecniche analitiche.

Al fine di effettuare la speciazione chimica i punti di campionamento saranno distribuiti col criterio di seguito descritto:

Main site:

N. 1 campionatore basso volume di PM 2.5 per la speciazione organica polare di cui all'attività 5;

N. 1 campionatore basso volume di PM 2.5 per la speciazione organica (nitro-IPA, oxo-IPA, e alcani lineari a lunga catena) di cui all'attività 3;

Rural site:

N. 1 campionatore basso volume di PM 2.5 per la speciazione organica polare di cui all'attività 5;

N. 1 campionatore basso volume di PM2.5 per la speciazione organica (nitro-IPA, oxo-IPA, e alcani lineari a lunga catena) di cui all'attività 3.

I campioni totali per anno ottenuti dal monitoraggio saranno destinati per il 50% all'analisi dei microinquinanti organici (nitro-IPA, oxo-IPA e alcani lineari a lunga catena) e per il 50 % all'analisi della componente organica idrosolubile.

b) Campionamento di massa di particolato mediante campionatori Berner

La presente attività ha come finalità il prelievo di campioni di particolato ottenuti in funzione del diametro delle particelle grazie all'impiego di impattori multistadio. Si utilizzeranno impattori in grado di operare a flussi elevati (80 lpm) che consentono di campionare quantità sufficienti di materiale particolato in tempi relativamente brevi (8 – 12 ore) anche per le particelle più piccole. Il modello di impattore in questione è di tipo "Berner" a bassa pressione, in grado di campionare simultaneamente le particelle di aerosol aventi diametro aerodinamico compreso negli intervalli: 0.05 – 0.14 μm ("quasi-ultrafine range"), 0.14 – 0.42 μm ("small accumulation mode"), 0.42 – 1.2 μm ("large accumulation mode" o "droplet mode"), 1.2 – 3.5 μm ("small coarse mode" e particelle di polveri desertiche da lungo trasporto), 3.5 – 10 μm ("large coarse mode"). Ognuno di questi intervalli dimensionali caratterizza un diverso stadio del ciclo di vita delle particelle in atmosfera.

c) Campionamento e successiva analisi gravimetrica di materiale particolato e fase gas per la caratterizzazione tossicologica e successive valutazioni del rischio di cui alla LP 4.

I campionatori saranno di tipo ad alto volume per permettere il campionamento di almeno 3000 metri cubi d'aria (richiesti dalla LP 4) per ogni campagna:

- PM2.5 N. 1 punto di campionamento nel main site
- PM1 N. 1 punto di campionamento nel main site
- PUF N. 1 punto di campionamento nel main site

L'attività di monitoraggio verrà svolta nel main site durante le campagne di misura intensive per una durata totale di circa 60 giorni/anno.

Presso la sezione Arpa di Bologna verrà eseguita la procedura per la determinazione gravimetrica dei filtri utilizzati per il campionamento. L'attività verrà realizzata mediante condizionamento dei supporti filtranti e successiva pesata, da effettuarsi prima e dopo il campionamento. Verranno restituiti i risultati in termini di massa di materiale particolato.

Tali campioni verranno forniti alla LP 4 per le successive caratterizzazioni tossicologiche. Il numero di determinazioni è definito dalla LP 4.

Attività n. 3: Analisi chimica di microinquinanti organici (IPA, Nitro-IPA, Oxo-IPA e alcani lineari a lunga catena)

Presso la sezione Arpa di Ravenna verranno svolte le analisi di IPA (nitro e oxo-IPA) e alcani lineari a lunga catena.

Le strumentazioni utilizzate saranno le seguenti:

- § HRGC/LRMS gascromatografo HP-6890 interfacciato a quadrupolo HP-5975 (Agilent Technology);
- § HRGC/LRMS/NCI gascromatografo ultratrace interfacciato trappola ionica Polaris Q (Thermo Fischer) in ionizzazione chimica negativa;
- § HRGC/HRMS gascromatografo interfacciato a spettrometro di massa ad alta risoluzione (da acquistare con attività n°1).

Per la ricerca degli IPA (nitro e oxo-IPA) e alcani lineari a lunga catena sarà utilizzato il metodo riportato nel DM 25/11/1994 modificato.

La determinazione analitica sarà effettuata in HRGC/LRMS per alcani lineari a lunga catena, IPA e mononitro IPA; in alta risoluzione dinitro-IPA (1,6 e 1,8 dinitropirene) e oxo-IPA (3-nitrobenzantrone, 2-nitrofluorenone).

Dinitro e oxo IPA costituiscono nuove classi di mutageni isolati dal particolato organico. Si tratta di composti non facilmente reperibili e di costo elevato.

Verranno restituiti i risultati in termini di concentrazioni di alcani lineari a lunga catena e di IPA (nitro e oxo-IPA).

Attività n. 4: Analisi chimica delle frazioni di particolato mediante campionatori Berner

I campioni di particolato segregati dimensionalmente campionati con gli impattori di Berner (Attività 2b) saranno sottoposti a determinazione della massa per gravimetria, all'analisi degli ioni solubili (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , ossalato, Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) per cromatografia ionica e dell'analisi del carbonio totale (TC) e organico idrosolubile (WSOC) con metodi termici conformi alle metodiche standard per l'analisi dell'OC/EC. Le analisi forniranno la composizione chimica essenzialmente completa in cinque intervalli dimensionali tra 0.05 e 10 μm . In particolare, l'analisi della frazione dimensionale compresa tra 0.05 e 0.14 μm consentirà di ottenere dati unici sul particolato emesso da sorgenti locali come l'emissione di particelle ultrafini da sorgenti da traffico urbano o industriali.

Si prevede di analizzare il 50 % dei campioni prelevati durante le campagne intensive al MS e al rural site

Attività n. 5: Analisi chimica della componente organica polare

Presso l'Università di Ferrara, Dipartimento di Chimica, verranno eseguite le analisi per la determinazione delle specie organiche idrosolubili, con particolare riferimento agli acidi organici ed agli zuccheri.

Si impiegherà la tecnica GC-MS in quanto la più adatta per la determinazione di questi analiti. Poiché si tratta di molecole molto polari è necessaria una procedura di derivatizzazione chimica per rendere i composti volatili per l'analisi GC. Data la complessità della miscela si prevede di caratterizzare i composti per classe e quantificare marker di sorgenti emmissive e specifici processi fotochimici secondari. Verranno utilizzati agenti sililanti per ottenere sililderivati. Verranno studiate e confrontate diverse procedure di estrazione del campione dal filtro (utilizzando acqua o solventi polari) e diverse condizioni di derivatizzazione per scegliere le più idonee per analizzare il più elevato numero di analiti nel campione con la maggiore accuratezza e sensibilità.

Per studiare i cromatogrammi complessi ottenuti, saranno utilizzate opportune procedure di interpretazione del segnale sviluppate dal gruppo di ricerca. L'impiego di uno strumento MS ion trap permette di utilizzare spettri MS/MS per procedere alla identificazione di composti incogniti.

Verranno restituiti i risultati in termini di concentrazioni di acidi carbossilici e zuccheri.

Attività n. 6: Determinazione della composizione chimica di diverse frazioni dell'aerosol nell'intervallo sub-micronico (0.04 - 0.7 μm) mediante aerosol mass spectrometer.

Presso il main site per la determinazione in tempo reale della concentrazione e della composizione chimica del particolato fine nell'intervallo dimensionale 40 - 700 nm verranno eseguite misure con uno spettrometro di massa ad alta risoluzione a tempo di volo HR-ToF-AMS. Questo strumento è in grado di analizzare la componente non refrattaria dell'aerosol, ovverosia vaporizzabile a 600 °C, che include i principali sali inorganici (ammonio, cloruro, solfato, nitrato) e la maggior parte delle sostanze organiche. Il limite di detezione per ognuna di queste sostanze è inferiore a 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Grazie alla misura di spettri di massa tramite la modalità a tempo di volo (ToF), lo strumento garantisce una risoluzione fino a 0.01 m/z, che è la più alta attualmente raggiungibile da spettrometri di massa per gli aerosol e che permette la misura della massa molecolare esatta in un intervallo tra 10 e 200 m/z. Questa tecnologia è in grado quindi di fornire importanti informazioni sulla natura delle sostanze organiche presenti nel particolato fine, sul loro stato di ossidazione e sulla distribuzione dei gruppi funzionali. L'HR-ToF-AMS è stato quindi impiegato in supersiti americani ed europei per distinguere le sostanze organiche prodotte dagli scarichi autoveicolari, quelle formate dalla combustione di biomasse e quelle prodotte in atmosfera da processi secondari.

L'HR-ToF-AMS è dotato anche di un classificatore dimensionale delle particelle, chiamato "aerosol-ToF", che consente di operare lo strumento in modo da analizzare le distribuzioni dimensionali di composti chimici selezionati sulle particelle di aerosol tra 40 e 700 nm. Questa modalità consentirà di determinare l'evoluzione della composizione chimica del particolato fine segregata dimensionalmente in maniera più veloce rispetto al campionamento con gli impattori di Berner, anche se limitatamente alle sostanze analizzabili con l'AMS.

L'HR-ToF-AMS verrà utilizzato con queste finalità nel corso degli IOP presso il MS e affiancato da un secondo analogo AMS ad alta risoluzione collocato presso il rural site durante un numero più limitato di campagne. La misura simultanea con due AMS nei due siti, urbano e rurale, permette di studiare il trasporto di aerosol di fondo nella pianura

padana e la sua influenza sulle concentrazioni e sulla composizione del particolato fine in città, così come il trasporto (in direzione opposta) e la trasformazione di particolato fine emesso nell'area urbana ed esportato verso le aree di pianura.

Attività n. 7: Determinazione della composizione chimica della frazione organica del particolato mediante spettroscopia a risonanza magnetica nucleare (NMR)

Campioni di PM₁ prelevati con un campionatore a medio volume (300 lpm) nel corso degli IOPs al MS e contemporaneamente al rural site saranno estratti e la loro frazione idrosolubile verrà analizzata tramite spettroscopia di risonanza magnetica nucleare al protone (¹H-NMR). La spettroscopia NMR fornisce informazioni sull'origine della sostanza organica e costituisce un approccio complementare a quello dell'AMS. Rispetto a quest'ultimo, l'analisi NMR garantisce maggior dettaglio nella discriminazione del contributo delle emissioni da combustione del legno e delle componenti biogeniche e antropogeniche dell'aerosol secondario. Il campionamento su filtro per l'analisi NMR avrà durata di circa 12 ore, e consentirà di rilevare le principali differenze tra la composizione del particolato tra ore diurne e notturne dovute alle variazioni nell'attività fotochimica e nelle condizioni di stabilità atmosferica.

Attività n. 8: Misure Lidar a polarizzazione

Osservazioni da microlidar a polarizzazione operante a 532 nm saranno effettuate in modo continuativo (almeno un profilo ogni 30') nel corso degli IOP a S. Pietro Capofiume. I profili di estinzione dell'aerosol ricavati da queste osservazioni (fino a circa 12 km) forniranno indicazioni complementari a quelle del Lidar/Ceilometer (operante h/24 nella LP2), in particolare:

- 1) evidenzieranno la non-sfericità (fase solido/liquido) dell'aerosol con la quota (permettendo tra l'altro un' identificazione più accurata di eventuali trasporti sahariani);
- 2) rileveranno la presenza e la fase di cirri;
- 3) permetteranno un confronto con le quote dell'altezza di mescolamento ottenute dal Lidar/Ceilometer.

La linea progettuale 3 svolgerà le proprie attività dal 2010 al 2014, in particolare:

- 2010: acquisto dei necessari investimenti attraverso le opportune procedure di gara, messa a punto delle metodiche e organizzazione delle attività degli anni seguenti.
- 2011: campionamento e analisi chimico-fisiche.
- 2012: campionamento e analisi chimico-fisiche.
- 2013: campionamento e analisi chimico-fisiche.
- 2014: elaborazione ed analisi dati

Linea progettuale 4 - Tossicologia predittiva

Gli obiettivi specifici della linea progettuale 4 sono:

- Determinazioni di tipo tossicologico/ecotossicologico per valutare le tipologie di aerosol contenenti sostanze, elementi, composti o miscele di composti che hanno effetti sulla salute
 1. Valutazione comparata della genotossicità dell'aerosol urbano: PM_{2,5}, PM₁ e fase gassosa;

2. Valutazione della qualità dell'aria mediante test di cancerogenesi in vitro;
 3. Biomarcatori di rischio e di effetto;
 4. Determinazione della tossicità acuta con batteri bioluminescenti.
- Valutazione e stima del rischio (risk assessment) attraverso le elaborazioni dei parametri chimici e tossicologici osservati e dalla comparazione con le analisi epidemiologiche di eventi a breve e a lungo termine
 5. Valutazione del rischio cancerogeno

I risultati attesi sono:

1. *Valutazione comparata della genotossicità dell'aerosol urbano: PM2.5, PM1 e fase gassosa*

- 1.1 valutazione della quantità e della qualità delle sostanze mutagene adsorbite su PM1 e di PM2.5 e nella fase gassosa
- 1.2 discernere in quale frazione e/o fase si accumulino gli inquinanti genotossici e quindi pericolosi per la salute umana
- 1.3 orientamento delle scelte future nell'ambito del monitoraggio della genotossicità del PM
- 1.4 migliore caratterizzazione del carico genotossico globale a cui la popolazione urbana è cronicamente esposta

2. *Valutazione della qualità dell'aria mediante test di cancerogenesi in vitro*

- 2.1 Monitoraggio tossicologico della qualità dell'aria
 - 2.1.1 Valutazione degli effetti citotossici e trasformanti della frazione organica estratta da PM1 e PM2.5
 - 2.1.2 Comparazione tra effetti indotti dalla frazione organica e la frazione idro-solubile estratte da PM1 e PM2.5
 - 2.1.3 Valutazione degli effetti osservati in relazione alla stagione di campionamento e al contenuto in microinquinanti
- 2.2 Valutazione della tossicità acuta mediante Neutral Red Uptake in cellule 3T3
 - 2.2.1 Messa a punto del protocollo
 - 2.2.2 Valutazione dell'applicabilità del protocollo al monitoraggio tossicologico della qualità dell'aria
- 2.3 Acquisizione di un protocollo di trasformazione in vitro su cellule bersaglio umane
 - 2.3.1 Acquisizione della linea cellulare
 - 2.3.2 Messa a punto del protocollo
 - 2.3.3 Valutazione dell'applicabilità del protocollo al monitoraggio tossicologico della qualità dell'aria
- 2.4 Valutazione dell'attività di interferenza endocrina di estratti di PM 2.5 e PM1
 - 2.4.1 Valutazione dei protocolli esistenti attualmente in validazione
 - 2.4.2 Valutazione degli effetti di interferenza endocrina di estratti di PM
 - 2.4.3 Valutazione dell'applicabilità del protocollo al monitoraggio tossicologico della qualità dell'aria

3. *Biomarcatori di rischio e di effetto*

- 3.1 Monitoraggio tossicologico della qualità dell'aria
 - 3.1.1 Valutazione delle modulazioni dei profili trascrizionali indotti da estratti di PM 2.5 e PM1 su una linea cellulare bersaglio
 - 3.1.2 Valutazione degli effetti osservati in relazione alla stagione di campionamento e al contenuto in microinquinanti
 - 3.1.3 Definizione di un set di biomarcatori correlati all'esposizione a PM
- 3.2 Acquisizione della metodologia di ibridazione genomica comparativa (CGH)

- 3.2.1 Valutazione dei danni citogenetici indotti da estratti di particolato
- 3.2.2 Comparazione dei risultati ottenuti con i dati di mutagenesi
- 3.3 Analisi del danno al DNA di tipo double strand breaks (DSB)
 - 3.3.1 Acquisizione del metodo ELISA per la valutazione della fosforilazione dell'istone H2AX
 - 3.3.2 Valutazione degli effetti di estratti di particolato su danno DSB al DNA
- 3.4 Analisi dei dati provenienti da diversi approcci "omici"
 - 3.4.1 Acquisizione e utilizzo di un software per l'integrazione dei dati di trascrittomica e CGH
 - 3.4.2 Acquisizione e utilizzo di un software per l'approccio "in silico" per l'analisi di pathway
 - 3.4.3 Analisi dei pathway biologici coinvolti nella risposta al PM
- 4. *Determinazione della tossicità acuta con batteri bioluminescenti*
 - 4.1 utilizzo di *Vibrio fischeri* per la valutazione della tossicità acuta di estratti di PM
 - 4.2 determinazione del valore della EC50
- 5. *Valutazione del rischio cancerogeno*
 - 5.1 Acquisizione dei dati relativi ai parametri chimici
 - 5.2 Valutazione delle modellistiche disponibili
 - 5.3 Stima del rischio cancerogeno
 - 5.4 Comparazione con i dati del monitoraggio tossicologico
 - 5.5 Comparazione con le analisi epidemiologiche

Attività della LP4 e loro descrizione

Il campionamento verrà effettuato nell'ambito della LP3 nella zona urbana di Bologna utilizzando 2 campionatori che funzioneranno in parallelo per PM1 e PM2.5. Entrambe le frazioni subiranno doppia estrazione: acetone, per valutare la componente organica e acqua, per valutare la componente inorganica, considerata in letteratura responsabile del danno ossidativo in cellule eucariotiche. Verranno anche campionate le sostanze in fase gassosa con spugne di poliuretano (PUF), trattate con estrazione organica. I puf verranno posti in uno dei 2 campionatori (dopo il filtro per il PM). Le spugne di poliuretano (polyurethane foam - PUF) vengono di norma utilizzate per la determinazione di IPA, dibenzo-diossine e dibenzofurani così come di PCP/lindane.

Su un'aliquota degli stessi estratti organici da sottoporre ai test di mutagenesi e di cancerogenesi verrà effettuata anche la determinazione di IPA e derivati (NitroIPA, OssiIPA e DinitroIPA) e su un'aliquota degli estratti acquosi la determinazione dei metalli.

Per ottenere una quantità di materiale sufficiente per l'esecuzione dei test di mutagenesi e di cancerogenesi e per le determinazioni chimiche (almeno 3000 m³) e a causa della stagionalità delle sostanze aerodisperse che andremo a determinare con i test proposti, i campionamenti verranno effettuati tramite campionatori ad alto volume, per un periodo di circa venti giorni nel primo anno, nei seguenti mesi:

- gennaio o febbraio come mese rappresentativo dell'inverno;
- luglio come mese rappresentativo dell'estate;
- novembre come mese rappresentativo dell'autunno.

Dopo il primo anno di attività di osservazioni intensive il piano di campionamento e di conseguenza il piano delle attività della LP4 potranno subire delle rimodulazioni sulla base delle osservazioni effettuate e dei risultati conseguiti.

Attività n. 1: Valutazione comparata della genotossicità dell'aerosol urbano: PM_{2.5}, PM₁ e fase gassosa

La presenza di sostanze genotossiche e quindi potenzialmente cancerogene, nel particolato atmosferico urbano nelle frazioni 2.5 e 1 e nella componente volatile, verrà caratterizzata mediante test con endpoints genetici differenti per valutare la presenza di sostanze in grado di provocare danni al materiale genetico con diversi meccanismi d'azione. L'informazione che questi test forniscono è molto importante in quanto segnalano un possibile rischio, derivante dall'esposizione alle sostanze che agiscono sul DNA, sia per l'uomo che per l'ambiente.

Elementi di novità, rispetto a quanto finora effettuato nell'ambito dell'attività della Rete Regionale di monitoraggio della mutagenicità del PM urbano dell'Emilia-Romagna (gestita da Arpa), saranno la determinazione della genotossicità della componente volatile, del PM₁, della componente inorganica di PM₁ e PM_{2.5} e l'applicazione di un nuovo test di reversione batterica, evoluzione di quello finora utilizzato, per un futuro utilizzo nel monitoraggio della genotossicità del PM urbano.

I test che verranno effettuati sono complementari fra loro e il loro utilizzo ricalca quanto descritto nelle linee guida internazionali per valutare la genotossicità delle sostanze farmaceutiche (ICH - International Conference on Harmonization of Technical Requirements for the Registration of Pharmaceuticals for Human Use) che prevedono l'utilizzo di una batteria di test *in vitro* (e *in vivo*) composta da test di reversione batterica e da sistemi che prevedono la rilevazione del danno cromosomico, fissato o ancora da fissare, in cellule di mammifero.

Infatti su tutti i campioni, estratti con solvente organico, verrà utilizzato il test di reversione batterica su ceppi di Salmonella. Il test su Salmonella, validato ed ampiamente utilizzato sia nella valutazione di sostanze singole che in campo ambientale per le miscele complesse, identifica mutazioni puntiformi del DNA con un riscontro di positivi/negativi che correla fra il 60 e l'80% con le sostanze ritenute cancerogene nell'uomo.

Al test su Salmonella "classico" verrà affiancata la sua evoluzione, definita Ames II che ha il grande vantaggio di richiedere una quantità minore di tempo, di reagenti e di campione. Per un'ulteriore valutazione del danno verrà effettuato, su tutte le componenti campionate, il test della Cometa, test rapido e ampiamente utilizzato nel monitoraggio ambientale, in grado di rilevare rotture alla singola o doppia elica del DNA non ancora fissate e che possono essere, quindi, ancora riparate. Inoltre verrà valutata anche la componente del danno dovuta all'ossidazione delle basi del DNA, ovvero il danno ossidativo, che, da letteratura, sembra principalmente coinvolto nell'induzione del danno da PM sulle cellule umane ed è rilevante nella genesi di malattie degenerative.

Infine è stato previsto l'utilizzo del test dei Micronuclei che mette in evidenza sostanze che inducono la rottura (sostanze clastogene) e/o la perdita (sostanze aneugeniche) di cromosomi, portando alla formazione nel citoplasma di piccoli nuclei, detti micronuclei. Questo è un danno fissato e l'aumento della frequenza di micronuclei è ritenuto un marcatore biologico precoce per il rischio di cancro. Questo test è stato previsto solo sugli estratti del PM₁ e PM_{2.5} (componente organica ed inorganica) nella stagione invernale e sulla componente volatile estiva, in quanto dalla nostra esperienza diretta abbiamo riscontrato la presenza di sostanze clastogene/aneugeniche negli estratti organici di PM invernali e l'utilizzo dei PUF ci permette di valutare se l'assenza di genotossicità estiva del PM possa essere dovuta al concentrarsi delle suddette sostanze nella fase gassosa.

Nel 2010 sono previste prove finalizzate alla messa a punto delle seguenti attività:

- esecuzione del test Ames II;
- trattamento delle spugne in poliuretano utilizzate per il campionamento della componente volatile;

- trattamento con acqua di filtri di PM per la valutazione della componente inorganica.

Attività n. 2: Valutazione della qualità dell'aria mediante test di cancerogenesi in vitro

Il modello sperimentale rappresentato dal test di trasformazione in vitro in cellule BALB/c 3T3 verrà utilizzato per il monitoraggio della qualità dell'aria. Questo test è considerato un utile strumento predittivo per la definizione del profilo tossicologico e della possibile attività cancerogena di composti chimici e miscele complesse o associazioni. Viene infatti utilizzato da tempo per lo screening di cancerogeni e di promoveni (cancerogeni non mutageni con dose soglia stimabile). Presenta buona concordanza con il test nell'animale e il protocollo sperimentale è attualmente sottoposto a uno studio di validazione coordinato dall'ECVAM. E' già stato utilizzato con risultati promettenti in precedenti progetti di monitoraggio della qualità dell'aria. Sugli estratti di PM 2.5 e PM 1 preparati dalla Mutagenesi Ambientale e caratterizzati dal punto di vista chimico, verranno effettuati, per la valutazione degli effetti citotossici e trasformanti, i seguenti test:

- § test di citotossicità in cellule BALB/c 3T3 sugli estratti (O=organico; A= estratto acquoso; T=O+ A) prelevati nelle stagioni inverno/estate/autunno
- § test di trasformazione cellulare in vitro in cellule BALB/c 3T3 sugli estratti prelevati nella stagione invernale e estiva

Sebbene i test di trasformazione cellulare che utilizzano cellule di roditore abbiano dato un contributo determinante allo screening di cancerogenesi in vitro, lo sviluppo di modelli basati su linee cellulari umane potrebbe portare ad un ulteriore incremento della predittività del test di trasformazione rispetto alla cancerogenesi nell'uomo. Per lo studio del potenziale cancerogeno di agenti ambientali e occupazionali si intende sviluppare un modello in vitro di cellule umane rappresentative dell'organo bersaglio.

L'inalazione di composti con attività di interferenza endocrina potrebbe rappresentare una importante via di esposizione e dovrebbe essere presa in considerazione nel risk assessment per l'uomo. Nella valutazione della capacità di interferenza endocrina di campioni ambientali, ci si trova di fronte a miscele in cui molti degli interferenti endocrini presenti non sono identificati e risulta praticamente impossibile analizzare tutti i singoli costituenti. Inoltre composti che contribuiscono alla potenza della miscela in termini di interferenza endocrina possono essere presenti a livelli tanto bassi da non essere rilevati o da non causare effetti misurabili se considerati singolarmente. I reporter gene bioassays (come ad esempio DS-CALUX® per diossine e composti dioxin-like, OECD 455 per l'attività agonista sul recettore estrogenico) permettono di valutare l'effetto complessivo del campione misurando marcatori che rispondono in modo specifico e di dare una risposta integrata relativa agli effetti della sommatoria dei contaminanti ambientali nelle miscele complesse.

E' stato previsto inoltre l'utilizzo di un test quantitativo, rapido e riproducibile di citotossicità (NRU) per poi valutarne l'applicabilità al monitoraggio tossicologico della qualità dell'aria.. Il test NRU mostra una buona correlazione *in vivo/in vitro* e una buona riproducibilità tra laboratori ed è attualmente in valutazione internazionale per capacità predittiva nei confronti della tossicità sistemica acuta.

Nel 2010 verranno standardizzati i protocolli operativi utilizzando composti chimici di riferimento e/o estratti di particolato.

Attività 3: Biomarcatori di rischio e di effetto

Il sequenziamento del genoma umano ha fornito nuove opportunità, nuove tecnologie e nuovi strumenti per studiare l'impatto ambientale su organismi viventi e processi vitali.

La genomica funzionale basata su tecnologia microarray è uno dei approcci più innovativi per l'identificazione di specifici biomarcatori utilizzati come strumento per comprendere il meccanismo d'azione delle molecole saggiate e per prevedere gli effetti tossici dei composti in esame. Le nuove tecnologie "omiche", con particolare riferimento alla trascrittomica, possono essere utilizzate per l'identificazione di profili tossicologici e di biomarcatori precoci di rischio e di effetto per la caratterizzazione su base genomica delle miscele complesse presenti nell' aerosol.

Verrà effettuata l'analisi mediante tecnica microarray delle modulazioni dei profili trascrizionali indotti da estratti prelevati nella stagione invernale e estiva su una linea cellulare bersaglio, allo scopo di definire i profili di espressione genica delle cellule bersaglio esposte agli estratti del PM. Il disegno sperimentale e i metodi di analisi saranno scelti per tener conto di tutte le potenziali fonti di variabilità tecniche e biologiche, che potrebbero influenzare un esperimento di microarray. In seguito, sarà effettuata una accurata e vasta analisi biostatistica dei risultati ottenuti dai microarray, al fine di individuare geni e pathway legati agli effetti indotti dai diversi campioni.

L'istone H2A.X è una proteina istonica che viene fosforilata in conseguenza di danni tipo rotture a doppia elica (DSB). Recentemente è stato pubblicato un lavoro in cui viene evidenziata la formazione di DSB e la conseguente formazione di H2A.X fosforilato in risposta a dosi sub-letali di PM10 in cellule A549. In questo contesto è nostro interesse acquisire un metodo per lo studio di questo sensore di danno da effettuarsi in ELISA.

Il metodo di ibridazione genomica comparativa (CGH) è un approccio "omico" che consente di valutare i danni citogenetici, permettendo una migliore comparazione con i risultati di mutagenesi. La tecnica consente di individuare le alterazioni cromosomiche che includono la perdita o la duplicazione di regioni del DNA cromosomico di diversa entità, da cromosomi interi a regioni cromosomiche specifiche, oltre a traslocazioni non bilanciate. In tal modo si raggiunge una copertura genomica totale su sequenze codificanti e non codificanti con particolare enfasi sui geni correlati al cancro, microRNA, promotori e regioni sub-telomeriche

L'integrazione delle informazioni derivanti da approcci "omici" diversi può fornire in questo contesto un contributo di rilievo.

MetaCore™ è un software di analisi dei dati in grado di integrare i dati sperimentali provenienti da approcci biomici diversi tra cui trascrittomica e CGH array, fornendo una analisi completa dei pathway coinvolti nella risposta alle molecole in esame. MetaCore™ si basa su un database proprietario di interazioni proteina-proteina, proteina-DNA, proteina-composto ed RNA-composto, che consente un'interpretazione più completa rispetto ai tool che organizzano le liste geniche nel contesto di Gene Ontology.

MetaDrug™ è invece una piattaforma che permette di sviluppare un approccio in silico per la analisi di pathway basata sulla struttura chimica del composto in esame. Anche in questo caso il software lavora nel contesto di un database curato manualmente sull'effetto degli xenobiotici.

Nel 2010 verranno standardizzati i protocolli operativi utilizzando composti chimici di riferimento e/o estratti di particolato.

Attività n. 4: Determinazione della tossicità acuta di estratti di PM mediante l'utilizzo di *Vibrio fischeri*

Il test di tossicità con *Vibrio fischeri* è un test di screening rapido per l'individuazione e la misura degli effetti tossici presentati dalle diverse matrici analizzate. L'applicazione del test agli estratti di particolato atmosferico può permettere di valutarne la tossicità:

considerando le classi di molecole che vengono adsorbite dal particolato, quali ad esempio IPA, PCB, e metalli pesanti, è ipotizzabile una buona risposta del test.

Dopo una serie di prove preliminari per la standardizzazione del metodo, verrà effettuata la determinazione della tossicità acuta su *Vibrio fischeri* dei medesimi estratti di PM utilizzati per i test di mutagenesi e cancerogenesi. Sarà utile inoltre effettuare dei test paralleli sul particolato intero ottenuto da standard o da stazioni di monitoraggio appartenenti alla rete della Mutagenesi per ottenere ulteriori informazioni sull'applicabilità del metodo.

Attività n. 5: Valutazione del rischio cancerogeno

La valutazione e stima del rischio cancerogeno si baserà sull'applicazione delle principali modellistiche oggi disponibili alle elaborazioni dei parametri chimici osservati, in comparazione con i dati derivanti dai modelli *in vitro* e con le analisi epidemiologiche di eventi a breve latenza e di eventi temporali più lunghi relativi alla mortalità per cancro nell'area di indagine.

Tali valutazioni riguarderanno l'impiego di metodi a soglia e probabilistici a seconda delle patologie/effetti tossici considerati e saranno eseguiti nell'arco di tempo relativo alla ricerca prevista dal progetto. Questo in relazione agli effetti attesi in base alla misurazione quantitativa di determinate classi di inquinanti. Attenzione verrà pure data alle previsioni di effetti su tossicità sullo sviluppo ad esempio riferibili all'esposizione alle diossine a significato tossicologico. Elemento di interesse è la comparazione delle stime di rischio derivate dall'applicazione delle principali modellistiche oggi disponibili, da un lato con i risultati degli studi effettuati *in vitro* sul modello convalidato di trasformazione cellulare su BALB/c 3T3 e dall'altro con le analisi epidemiologiche di eventi a breve latenza e di eventi temporali più lunghi relativi alla mortalità per cancro nell'area di indagine. Nelle valutazioni e stime saranno considerate le evoluzioni più recenti degli approcci al risk assessment: modo di azione, meccanismi, margine di esposizione, ecc.

La linea progettuale 4 svolgerà le proprie attività dal 2010 al 2014, in particolare:

- 2010: acquisto dei necessari investimenti attraverso le opportune procedure di gara, messa a punto delle metodiche e organizzazione delle attività degli anni seguenti.
- 2011: analisi tossicologiche/ecotossicologiche e valutazione del rischio cancerogeno.
- 2012: analisi tossicologiche/ecotossicologiche e valutazione del rischio cancerogeno.
- 2013: analisi tossicologiche/ecotossicologiche e valutazione del rischio cancerogeno.
- 2014: analisi tossicologiche/ecotossicologiche e valutazione del rischio cancerogeno.

Linea Progettuale 5 - Campagne di misure intensive in ambienti indoor

Obiettivi specifici

Considerata l'ampiezza e l'importanza della problematica della valutazione dei fattori di rischio per la salute presenti in ambiente indoor, si ritiene importante evidenziare i limiti all'interno dei quali si intende fissare gli obiettivi della LP.

La prospettiva delle attività proposte è quella di una caratterizzazione dell'esposizione della popolazione in ambiente indoor agli inquinanti tipici dell'ambiente outdoor e non quindi di una indagine sui fattori di rischio tipici dell'ambiente indoor. L'attenzione prioritaria, coerentemente con gli obiettivi generali del progetto, sarà dedicata al particolato e alla sua composizione chimica. Non saranno oggetto di indagini specifiche quei fattori che influenzano i livelli di inquinamento indoor quali la ventilazione naturale, l'efficienza di penetrazione, la velocità di deposizione delle particelle. Lo studio di questi aspetti richiederebbe infatti un impegno prolungato e specifico che si ritiene vada oltre gli scopi della presente proposta.

Le attività sperimentali saranno quindi incentrate sulla raccolta di dati di concentrazione di PM2.5, di numero di particelle e di composizione chimica del particolato nell'ottica di un loro utilizzo in chiave interpretativa rispetto a due importanti questioni aperte in ambito epidemiologico:

- il rischio sanitario connesso con la residenza in prossimità di strade trafficate;
- la differenza del rischio sanitario associato alle esposizioni al particolato nel periodo estivo e in quello invernale.

In particolare, per quanto riguarda il primo aspetto, si propone di indirizzare l'indagine sulla valutazione delle differenze relative tra ambienti indoor e outdoor in zone trafficate, residenziali e/o rurali, valutandole sia rispetto ai livelli medi di concentrazione sia rispetto alla composizione chimica del particolato atmosferico.

Gli ambienti indoor verranno selezionati seguendo il criterio della massima comparabilità delle caratteristiche (analoga volumetria, analoghi materiali da costruzione, analogo collocazione in altezza rispetto al piano strada etc). Questo criterio ha come obiettivo il ridurre al minimo l'influenza delle caratteristiche specifiche dell'ambiente indoor considerato per poter focalizzare l'indagine sull'impatto della prossimità alle emissioni dirette da traffico.

Per quanto riguarda il secondo aspetto, l'analisi si concentrerà sulla variabilità stagionale del rapporto outdoor/indoor rispetto alla concentrazione numerica, alla distribuzione dimensionale e alla composizione chimica del particolato.

Risultati attesi

I principali risultati attesi nell'ambito della LP5 sono:

- Stima dei rapporti di concentrazione outdoor/indoor per le concentrazioni di particolato fine PM2.5 in diverse condizioni ambientali di inquinamento da traffico;
- Stima dei rapporti outdoor/indoor della concentrazione numerica delle particelle in diverse condizioni ambientali di inquinamento da traffico;
- Stima dei rapporti di concentrazione outdoor/indoor per le concentrazioni di alcuni inquinanti in fase gas in diverse condizioni ambientali di inquinamento da traffico;
- Stima delle differenze nella distribuzione dimensionale tra ambiente indoor e outdoor in diverse condizioni di inquinamento da traffico;
- Analisi della composizione chimica del PM2.5 indoor e outdoor in diverse condizioni di inquinamento da traffico;
- Analisi della variabilità stagionale delle stime sopra riportate.

Attività della LP5 e loro descrizione

Attività n. 1: Scelta e predisposizione siti di campionamento

Obiettivo dell'attività n.1 è la scelta dei siti di campionamento, la predisposizione delle

attività di misura nei siti prescelti e alcune verifiche di precisione e accuratezza sugli strumenti stessi.

I siti indoor e verranno selezionati in base a criteri di opportunità e fattibilità tra abitazioni e uffici, avendo sempre due criteri guida:

1. che i siti siano il più possibile assimilabili ad ambienti abitativi tipici
2. che sia ridotta al minimo l'influenza delle caratteristiche specifiche e delle emissioni proprie dell'ambiente indoor considerato. Scopo prioritario è infatti concentrarsi sulle differenze relative tra i diversi siti rispetto alla idealmente unica caratteristica distintiva e cioè la diversa esposizione alle emissioni dirette da traffico.

Nel caso della scelta di uffici, che presentano maggiori garanzie rispetto all'assenza di sorgenti interne e alla minimizzazione del disagio provocato dalle attività di misura, si avrà una speciale cura nel controllo dei sistemi di ventilazione e di ricambio d'aria nella prospettiva della miglior comparabilità con una abitazione tipica.

Attività n. 2: Campionamento

Il campionamento verrà effettuato in aree diversamente esposte alle emissioni dirette da traffico. Si valuterà al termine di ogni anno di misure l'opportunità e la fattibilità di una modifica dei siti di campionamento.

Il campionamento sarà strutturato per il primo anno in 3 campagne di circa 15 giorni ognuna distribuite uniformemente nelle diverse stagioni. Dopo il primo anno di attività di osservazioni intensive il piano di campionamento e di conseguenza il piano delle attività della LP5 potranno subire delle rimodulazioni sulla base delle osservazioni effettuate e dei risultati conseguiti. Le attività di misura si protrarranno per 3 anni.

Nei diversi siti verranno effettuate durante le campagne di misura, misure indoor e outdoor relative alla concentrazione in massa di PM2.5 (dato giornaliero) e al numero di particelle.

La caratterizzazione chimica del particolato PM2.5, in stretta analogia con le analisi previste per il monitoraggio routinario nel main site e compatibilmente con le risorse disponibili, sarà effettuata rispetto alle seguenti famiglie chimiche:

- Ioni: NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Cl^- , K^+ , Mg^{2+} , Br^- (Na^+ nel caso la metodica lo consenta)
- Carbonio organico ed elementare
- Metalli (Ni, V, As, Cr, Zn, Fe, Mn, Al)

Le misure, a causa della disponibilità di un solo filtro per ogni giorno in ogni sito, verranno effettuate a giorni alterni per ognuno dei 3 gruppi di componenti chimiche.

Per ogni campagna di misure verrà selezionato uno dei siti di misura per l'analisi della distribuzione dimensionale del particolato.

Saranno infine effettuate misure di alcuni inquinanti gassosi di particolare rilevanza rispetto all'esposizione diretta alle emissioni da traffico, tramite campionatori passivi. I dati raccolti avranno una scansione temporale variabile a seconda dell'inquinante da 1 giorno a una settimana.

Attività n. 3: Elaborazione dati

Obiettivo dell'attività n.3 sarà l'elaborazione dei dati raccolti rispetto alla stima delle relazioni esistenti tra le grandezze oggetto delle attività di misura nelle diverse tipologie di siti e stagioni. Verranno effettuate analisi preliminari al termine delle attività di misura di ogni anno per verificare eventuali problematiche di tipo sperimentale e per verificare l'opportunità di modifiche nella scelta dei siti di misura. Verrà infine realizzato un report con la presentazione dettagliata dei risultati delle stime elencate nella sezione "Risultati attesi".

La linea progettuale 5 svolgerà le proprie attività dal 2010 al 2014, in particolare:

- 2010: acquisto dei necessari investimenti attraverso le opportune procedure di gara, messa a punto delle metodiche e organizzazione delle attività degli anni seguenti.
- 2011: campionamento e analisi chimico-fisiche.
- 2012: campionamento e analisi chimico-fisiche.
- 2013: campionamento e analisi chimico-fisiche.
- 2014: elaborazione ed analisi dati

Linea progettuale 6 - Analisi epidemiologiche sugli effetti a breve e a lungo termine

Obiettivi specifici

L'analisi preliminare della letteratura porta a differenziare le priorità e gli obiettivi a seconda che si studino gli effetti a breve o a lungo termine.

Emerge la necessità di approfondire meglio la caratterizzazione dell'esposizione, sia per quanto riguarda la forma chimica con cui i componenti, e soprattutto i metalli, sono presenti nelle particelle sia rispetto alla misura dell'esposizione. Si discute oggi quale sia la modalità migliore per studiare l'effetto sanitario dei componenti del particolato, se attraverso il rapporto componenti/massa totale delle particelle o la concentrazione dei singoli componenti.

Il limite più importante evidenziato concordemente negli studi epidemiologici riguarda le modalità del monitoraggio dei componenti del PM2.5 che viene effettuato nell'esperienza americana con schemi non continui (ogni 3 o 6 giorni). Emerge quindi la necessità di disporre di misure giornaliere continue dei componenti del particolato e di definire le esposizioni dopo una attenta valutazione delle correlazioni tra i singoli elementi e i loro composti all'interno delle particelle.

Per gli effetti a lungo termine, vi è la necessità di studi sulla mortalità e sulle patologie cardiovascolari e respiratorie. In particolare è importante approfondire quali inquinanti (e quali composti) siano associati alla mortalità causa-specifica o all'insorgenza di malattie e quali gruppi di popolazione siano più suscettibili.

E' importante eseguire nuovi studi sull'inquinamento e gli esiti della gravidanza, ed è cruciale identificare i periodi della gravidanza di più alta vulnerabilità e comprendere il ruolo dei diversi inquinanti.

Gli obiettivi specifici della LP6 si possono quindi così riassumere:

1. Effetti a breve termine:

- Valutazione degli effetti sanitari a breve termine del particolato e delle sue componenti (mortalità e morbosità);
- Valutazione dell'esposizione della popolazione residente nelle macroaree in studio attraverso i dati forniti dal main site e satellite sites, unitamente e misure di routine dalla rete delle stazioni fisse di monitoraggio del fondo urbano;
- Valutazione degli effetti sanitari in sottopopolazioni in condizioni di suscettibilità agli inquinanti;

- Verifica della modalità migliore per studiare l'effetto sanitario dei componenti del particolato (rapporto componenti/massa totale delle particelle vs concentrazione dei singoli componenti).
2. Effetti a lungo termine
- Valutazione dell'esposizione della popolazione residente nelle macroaree in studio attraverso diversi approcci geografici;
 - Valutazione dell'associazione tra effetti sanitari ed esposizione a lungo termine al particolato e alle sue componenti;
 - Valutazione delle associazioni fra composti di inquinanti e mortalità e morbosità causa-specifica in sottopopolazioni in condizioni di suscettibilità agli inquinanti;
 - Valutazione degli esiti in gravidanza in rapporto all'esposizione agli inquinanti considerati.

Risultati attesi

I risultati attesi sono:

- Caratterizzazione dell'esposizione della popolazione nelle aree in studio compresa la valutazione sulla modalità migliore di utilizzo del dato ambientale;
- Analisi della mortalità per tutte le cause e causa-specifica, a breve e lungo termine;
- Analisi della morbosità a breve e lungo termine, per cause cardiovascolare e respiratoria, in adulti e bambini;
- Analisi degli esiti della gravidanza.

Attività della LP6 e loro descrizione

Attività n. 1: Valutazione della letteratura e definizione dei protocolli di indagine

L'attività prevede il completamento della valutazione della letteratura, al fine di:

- Valutare lo stato dell'arte relativo alle indagini epidemiologiche sugli effetti a breve e lungo termine dell'inquinamento, con particolare attenzione alle polveri, le sue componenti e frazioni granulometriche, e a quali inquinanti (e quali composti) siano associati alla mortalità causa-specifica o all'insorgenza di malattie e quali gruppi di popolazione siano più suscettibili;
- Identificare le priorità di ricerca;
- Redigere il protocollo di indagine definitivo.

Attività n. 2: Raccolta dati ambientali e sanitari

Effetti a breve termine

L'osservazione avverrà in modo prospettico prevedendo di raccogliere i dati per almeno 3 anni; questi saranno correlati con quelli derivanti dalle analisi chimiche eseguite nelle stazioni MS, US1, US2, RS3 e l'esposizione sarà quindi legata al dato di speciazione.

I dati sanitari saranno raccolti dal registro di mortalità, dall'archivio delle SDO e accessi al Pronto Soccorso. I casi oggetto di indagine verranno classificati in base a gruppi di patologie come specificato più sotto.

Effetti a lungo termine

L'arruolamento della popolazione in studio avverrà secondo le specifiche degli studi di coorte. Occorre conoscere il tempo di esposizione per l'intero periodo di follow-up della coorte, quindi la storia residenziale passata e futura.

Dalle anagrafi comunale si otterranno i dati dei residenti all'ottobre 2001 con le informazioni sociodemografiche di censimento (istruzione, occupazione, condizione abitativa, stato civile) e la loro storia residenziale fino al momento dello studio (via, numero civico, CAP, sezione di censimento, quartiere, data di inizio e di fine residenza). L'anagrafe può fornire i nati, residenti nella città, dalle famiglie della coorte. La coorte sarà pertanto definita come tutti i residenti nelle aree di studio censiti al Censimento 2001 e i loro figli, nati successivamente, seguiti fino al momento dell'emigrazione dalla città o della morte.

Il follow-up della coorte sarà effettuato tramite procedure di record-linkage con gli archivi della mortalità e delle SDO dall'ottobre 2001 in poi. Si tratta quindi di una coorte retrospettiva.

Attività n. 3: Valutazione dell'esposizione della popolazione in studio

Effetti a breve termine

Per valutare l'esposizione a breve termine della popolazione oggetto di studio, gli inquinanti di interesse sono:

- componenti gassosi primari e secondari, quali O₃, NO_x, NO₂ (dati provenienti dalla rete di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico della Regione Emilia-Romagna);
- Ioni;
- Carbonio elementare e Carbonio organico;
- metalli quali Ni, V, As, Cr, Zn, Fe, Mn, Al;
- frazioni di particolato a diversa granulometria derivante dal campionamento al MS e RS3.

Il piano di campionamento al *main site* garantirà un monitoraggio continuo per tutto il periodo di studio con una completezza di misure giornaliere del 75% almeno per stagione. A questa serie si aggiungeranno le misurazioni effettuate nei siti satellite (garanzia di completezza del 27% almeno per stagione). La valutazione dell'esposizione verrà integrata inoltre con alcune misure effettuate di routine dalla rete delle stazioni fisse di monitoraggio del fondo urbano, e con i dati derivanti dai modelli di dispersione della LP.

Effetti a lungo termine

Considerando le due macroaree identificate come siti di indagini epidemiologiche, si propone un approccio a diverso grado di complessità per la valutazione dell'esposizione a lungo termine sulle intere aree.

Gli approcci (a) e (b) proposti sotto sono adatti alle aree urbane, caratterizzate, da un lato da informazioni geografiche facilmente reperibili, dall'altro da un inquinamento che risulta "somma" di background regionale, background urbano e "hot spot" urbano. La variabilità intraurbana è data soprattutto da questo ultimo tipo, che risulta essere modellizzabile con successo tramite un approccio di tipo land-use regression (LUR). L'approccio utilizzato per la valutazione dell'esposizione sarà di tipo geografico e basata sulla residenza. Tramite le coordinate della residenza si attribuirà ai soggetti una misura di esposizione a inquinamento atmosferico la cui caratterizzazione è di 3 tipi:

- a. puramente geografica. Tramite sistemi geografici (GIS) si possono calcolare degli indici di esposizione a traffico veicolare per ogni indirizzo: distanza da strade ad alto traffico ed intensità di traffico nel buffer di 150 metri dalla residenza;
- b. basata su Land-use Regression model (LUR). Il LUR viene sviluppato per stimare le concentrazioni degli inquinanti in tutti gli indirizzi a partire dai dati delle concentrazioni ottenuti con campagne specifiche e variabili di uso del territorio come densità abitativa, altitudine, distanza da strade ad alto traffico, etc. Si propone l'applicazione della

metodologia LUR alle 2 macroaree osservate nel presente progetto, in linea con le attività di altri progetti nazionali ed europei;

- c. basata su un modello di dispersione nelle aree che aggiunga un dato di background regionale al valore degli inquinanti misurati in questo progetto e a quelli stimati su base modellistica in tutto il territorio con l'obiettivo di arrivare a modelli in grado di dare una stima di esposizione alle intere aree di studio.

Attività n. 4: Analisi epidemiologiche

Effetti a breve termine

Si prevede l'utilizzo di serie temporali, per la valutazione di impatto del particolato e delle sue componenti.

Il disegno di serie temporali è quello più utilizzato per valutare gli effetti a breve termine degli inquinanti atmosferici. Esso confronta le variazioni giornaliere degli inquinanti ambientali con il numero di esiti osservati nelle singole giornate, al fine di stimare quanto della variazione degli esiti è associata alle variazioni degli inquinanti. L'analisi prevede il controllo per le variabili tempo dipendenti (trend e stagioni) e per i dati meteorologici (temperatura apparente e pressione barometrica).

Le analisi saranno ristrette ai residenti delle due macroaree in studio, laddove vi sia garanzia di un denominatore certo e la disponibilità delle informazioni anagrafiche, ivi comprese variabili socio-economiche di area.

L'osservazione avverrà in modo prospettico prevedendo di raccogliere i dati per almeno 3 anni; questi saranno correlati con quelli derivanti dalle analisi chimiche fatte dal supersito e l'esposizione sarà quindi legata al dato di speciazione.

Valutazione della mortalità

I dati dei residenti del singolo comune saranno linkati ai dati del Registro di mortalità, che riportano la data e la causa di morte, per un arco temporale pari ad almeno tre anni, in cui saranno disponibili i dati sui composti del PM_{2,5}. Le analisi dei dati saranno condotte per tutte le cause naturali, e per cause specifiche, quali le patologie cardiovascolari e cerebrovascolari, le malattie respiratorie e il diabete. Le analisi terranno conto di fattori di confondimento quali età, sesso, posizione socioeconomica e patologie croniche rilevate mediante record-linkage con il registro delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) nei cinque anni precedenti l'esito.

Valutazione della morbosità

Ricoveri ospedalieri Anche i ricoveri saranno analizzati per le patologie cardiovascolari, cerebrovascolari, le malattie respiratorie e il diabete. Tuttavia in questo caso saranno analizzate singole patologie, già note in letteratura come esiti dell'inquinamento e di cui siano in studio i meccanismi patogenetici.

Accessi al Pronto soccorso. Saranno analizzati i dati derivanti dalle analisi di Pronto Soccorso, per una stima più accurata dell'effetto degli inquinanti su alcune patologie, quali diabete, trombo-embolie periferiche, BPCO e asma, sono necessari i dati del ricorso al pronto soccorso (PS), in quanto gli episodi di esacerbazione non richiedono abitualmente il ricovero in questi casi.

Per studiare i meccanismi patogenetici degli inquinanti, l'approccio migliore è quello degli studi di panel, che consentono lo studio della funzionalità respiratoria e cardiaca e la misura dei marcatori biologici del danno. Su questi aspetti potranno essere definiti protocolli specifici, anche in accordo con altre LP del progetto.

Effetti a lungo termine

Il disegno di studio previsto per valutare gli effetti a lungo termine dell'esposizione ad inquinamento atmosferico è quello di coorte. Si prevede il coinvolgimento delle anagrafi comunali per ottenere i dati dei residenti all'ottobre 2001 con le informazioni sociodemografiche di censimento (istruzione, occupazione, condizione abitativa, stato civile) e la loro storia residenziale fino al momento dello studio (via, numero civico, CAP, sezione di censimento, quartiere, data di inizio e di fine residenza).

Il follow-up della coorte sarà effettuato tramite procedure di record-linkage con gli archivi della mortalità e delle SDO dall'ottobre 2001 in poi. Si tratta quindi di una coorte retrospettiva.

Valutazioni della mortalità

I dati della coorte verranno linkati ai dati del Sistema Informativo della Mortalità (SIM) dal 2001 al 2014, contenenti la data di morte e la causa del decesso. Verranno valutati l'associazione tra esposizione ad inquinamento dell'aria e mortalità per cause naturali, cardiovascolari, cerebrovascolari, malattie respiratorie, diabete, tumore al polmone. Le analisi terranno conto di fattori di confondimento quali età, sesso, e posizione socioeconomica definita per sezione di censimento.

Valutazione delle malattie cardiovascolari

Verrà analizzata l'associazione tra inquinamento dell'aria e eventi coronarici acuti (infarto del miocardio e angina instabile) linkando i dati della coorte con i dati delle SDO e del SIM.

Valutazione delle malattie respiratorie (adulti e bambini)

Utilizzando i dati delle SDO e delle prescrizioni farmaceutiche si potranno analizzare le ospedalizzazioni e l'uso dei farmaci per malattie respiratorie degli arruolati nella coorte (distinguendo età adulta ed età pediatrica) in relazione all'esposizione ad inquinamento atmosferico.

Valutazione degli esiti di gravidanza

I dati dei CedAP (Certificati di assistenza al parto) verranno linkati con le donne in età fertile della coorte. Verranno calcolate le esposizioni medie nei tre trimestri di gravidanza e verrà studiata con modelli di regressione lineare e logistica l'associazione tra inquinamento e basso peso alla nascita, nascite pre-termine, ritardo della crescita in utero. Utilizzando i dati di mortalità sotto al primo anno di età verranno studiate anche la mortalità infantile e neonatale.

Eventuali altri esiti infantili

I dati di esposizione ad inquinamento atmosferico potranno essere attribuiti anche ai registri di malformazioni congenite per analizzare le malformazioni cardiache, ai registri tumori per le leucemie e a coorti di nati esistenti, in modo da studiare oltre agli esiti della gravidanza l'eventuale associazione con lo sviluppo cognitivo.

La linea progettuale 6 svolgerà le proprie attività dal 2010 al 2014, in particolare:

- 2010: valutazione della letteratura e definizione dei protocolli di indagine
- 2011: raccolta dati ambientali e sanitari e valutazione dell'esposizione della popolazione
- 2012: raccolta dati ambientali e sanitari e valutazione dell'esposizione della popolazione
- 2013: raccolta dati ambientali e sanitari, valutazione dell'esposizione della popolazione e analisi epidemiologiche.
- 2014: valutazione dell'esposizione della popolazione e analisi epidemiologiche.

Linea Progettuale 7 - Analisi dati ambientali

Obiettivi specifici

L'obiettivo principale della LP7 è l'identificazione e quantificazione dei contributi delle varie sorgenti primarie e secondarie di particolato fine ("source apportionment") basate sull'analisi, effettuata principalmente con modelli a recettore, delle serie di dati sperimentali riguardanti la composizione chimica del PM2.5.

La LP utilizza quindi come dati di input i risultati delle misure di chimica del particolato effettuate con campionamenti giornalieri (LP1) presso il main site (MS) e i siti satelliti (US1/2), ed i dati forniti dal MS e dal sito satellite rurale (RS3) durante le campagne di misura intensive (LP3). Si serve inoltre delle misure di distribuzione dimensionale del particolato e degli andamenti dei parametri ambientali (LP1). Infine si focalizza sull'identificazione delle sorgenti di particolato responsabili dell'accumulo in atmosfera delle sostanze per le quali si sono dimostrati effetti tossici (LP4) ed epidemiologici (LP6). La LP produce come output stime del contributo delle sorgenti di emissione che possono essere utilizzate per il confronto con i modelli di qualità dell'aria (LP2) e per la stima della popolazione esposta (LP5) e quindi per la valutazione del rischio (LP4).

La serie di misure della composizione chimica del particolato presso il MS e i siti satelliti verrà analizzata per la determinazione dei processi e delle sorgenti responsabili delle variazioni stagionali dei vari componenti chimici primari e secondari nei vari settori geografici della regione. Inoltre verranno identificati e quantificati i fattori riconducibili a fenomeni di trasporto da fuori regione.

I dati forniti dai periodi di osservazione intensiva (IOP) saranno invece utilizzati per lo studio della variabilità delle concentrazioni dei componenti chimici su brevi scale temporali, legate non solo a variazioni del contributo relativo delle sorgenti ma anche ai processi fotochimica e trasformazione chimica del particolato ("ageing"). Sarà inoltre studiata la distribuzione dimensionale del particolato durante episodi di picchi di inquinamento con lo scopo di determinare le sorgenti e i processi responsabili degli andamenti osservati. Siccome i dati saranno forniti con elevata risoluzione temporale si potranno investigare i fattori e i contributi delle sorgenti responsabili dei cicli giornalieri e degli andamenti orari delle concentrazioni. Inoltre, le informazioni dettagliate sulla composizione chimica organica permetteranno la valutazione del contributo delle varie sorgenti primarie e secondarie del particolato fine organico con un'accuratezza che non è possibile ottenere dalla sola analisi delle serie temporali di organic carbon (OC) fornite dal "routine measurement program". L'analisi delle molteplici sorgenti del particolato organico necessita infatti metodologie specifiche e uno studio dedicato.

I metodi utilizzati si rifanno al concetto dei modelli a recettore, che sono stati ampiamente usati nell'ambito dell'analisi dei dati sperimentali ottenuti nell'ambito di passati progetti di supersiti (specialmente negli USA; si veda ad esempio <http://www.epa.gov/scram001/receptorindex.htm>). Tra questi metodi, alcuni, come la "positive matrix factorization" (PMF), verranno privilegiati in quanto ideati specificatamente per applicazioni allo studio delle sorgenti di particolato atmosferico. La PMF è stata inoltre ampiamente sviluppata per l'analisi degli spettri di massa delle sostanze organiche dell'aerosol misurate con metodi AMS, che hanno permesso la quantificazione del contributo delle emissioni da scarichi autoveicolari e quello da sorgenti di tipo secondario. Questi metodi di indagine basate sull'analisi degli spettri AMS sarà impiegata nella sua versione più aggiornata in questo progetto. Sarà affiancata da un'analoga trattazione statistica di spettri a risonanza magnetica nucleare (NMR) per lo studio dettagliato delle sorgenti di sostanze organiche da fonti secondarie e dalla combustione di biocombustibili. L'analisi statistica multivariata di serie di spettri NMR per campioni di aerosol atmosferici si basa sull'applicazione di tecniche già consolidate in altri ambiti scientifici ("metabolomica", analisi biochimiche). Infine, la stima in dettaglio dei contributi delle emissioni alle concentrazioni di sostanze organiche potrà effettuarsi anche con modelli a recettore del

tipo "chemical mass balance" (CMB) che usano come input le concentrazioni di composti organici usati come traccianti delle varie emissioni.

Risultati attesi

I risultati attesi sono:

- Compilazione di una fenomenologia delle concentrazioni dei componenti chimici del particolato fine e delle particelle ultrafini e valutazione dei loro cicli stagionali per il main site (MS) e i siti satelliti, basata su tre anni di osservazioni;
- Caratterizzazione dei cicli diurni medi dei vari componenti del particolato fine nelle varie stagioni e per il main site (MS) ed i siti satelliti;
- Andamento dei componenti chimici del particolato fine e delle particelle ultrafini durante episodi di picchi di inquinamento in estate, autunno e inverno, e quantificazione del contributo dei singoli componenti chimici alla massa di particolato nei vari momenti di sviluppo e risoluzione del picco di inquinamento;
- Quantificazione, tramite modelli a recettore, delle sorgenti di particolato fine responsabili del ciclo annuale delle loro concentrazioni al main site (MS) e presso i siti satellite;
- Quantificazione, tramite modelli a recettore, delle sorgenti di particolato fine e di particelle ultrafini responsabili del loro ciclo giornaliero al main site (MS) e presso i siti satellite;
- Quantificazione, tramite analisi di spettri di massa e NMR, delle sorgenti primarie e secondarie di particolato fine di natura organica durante episodi di picchi di inquinamento;
- Studio delle correlazioni tra i contributi delle varie sorgenti di particolato fine identificate con l'andamento dei parametri meteorologici e ambientali e con gli output dei modelli di qualità dell'aria.

Attività della LP7 e loro descrizione

Le attività previste in questa LP sono di tipo compilativo o di analisi dati e prevedono l'utilizzo di metodi matematici e statistici

Attività n. 1: Valutazione dei contributi delle componenti chimiche misurate alla concentrazione di PM2.5 e chiusura del bilancio di massa del particolato fine

Le serie temporali di dati di composizione chimica forniti dal "routine measurement program" sono analizzati per fornire il contributo delle varie specie chimiche alla concentrazione di particolato fine (PM2.5). Verranno adottati metodi di chiusura del bilancio di massa del PM2.5 per compensare la frazione mancante, ovvero non analizzata direttamente con metodi chimici. A tal fine, si valuteranno appropriati fattori per derivare la massa di sostanza organica dalla massa misurata di carbonio organico (OC) in base all'abbondanza di sostanze ossidate idrosolubili. Inoltre, la massa delle polveri minerali verrà stimata a partire dalle concentrazioni di calcio, alluminio e di elementi in tracce. Il risultato finale sarà la ripartizione della massa di PM2.5 nei suoi componenti chimici maggiori (sostanze organiche e carbonio elementare, sali inorganici, ossidi metallici, materiale cristallino, sale marino) per il main site (MS) e i siti satelliti e in funzione delle diverse stagioni dell'anno. Lo studio delle concentrazioni di materiale cristallino e sale marino nelle varie stazioni fornirà una misura del contributo del "fondo naturale" (inorganico) alle concentrazioni di PM2.5 sul territorio regionale. Infine la stima delle sorgenti primarie e secondarie del carbonio organico per il MS e i siti satellite potrà essere effettuata tramite la tecnica dei rapporti OC/EC.

Attività n. 2: Analisi degli andamenti stagionali dei componenti chimici del PM2.5 al main site (MS) e nei siti satellite e valutazione delle loro sorgenti principali e dei contributi da fenomeni di trasporto tramite modelli a recettore

Le serie temporali di dati di composizione chimica forniti dal "routine measurement program" per il main site (MS) e i siti satelliti sono analizzati tramite modelli a recettore (UNMIX, "positive matrix factorization" o PMF) per identificare e quantificare i maggiori fattori nella composizione chimica del PM2.5 che ne determinano la variabilità su scale temporali di settimane e mesi. Tali fattori possono racchiudere contributi da più specie chimiche legate da analoghi meccanismi di emissione o formazione. Questo tipo di analisi, già largamente impiegato in supersiti americani ed europei, consente di stimare il contributo dei principali fattori di emissione (sorgenti primarie da combustione legate a processi industriali o da traffico) e di formazione da processi secondari (condensazione di nitrati e solfati).

Attività n. 3: Valutazione delle sorgenti delle particelle ultrafini e analisi dell'evoluzione temporale delle distribuzione dimensionale dei componenti chimici del PM2.5

Questa attività si basa sull'analisi delle serie continue di misure della distribuzione dimensionale delle particelle (LP1), e dei dati di composizione chimica del particolato segregati dimensionalmente ottenuti da misure AMS e con impattori multistadio nel corso di campagne intensive (LP3). I metodi di analisi multivariata di concentrazioni di particolato in funzione del diametro delle particelle si basano su tecniche analoghe a quelle sviluppate per le concentrazioni totali (ad esempio la PMF). Tuttavia, siccome il diametro delle particelle caratterizza la loro età nell'atmosfera, l'applicazione di queste tecniche statistiche a dati di concentrazione segregati dimensionalmente consente di identificare i contributi alle concentrazioni di particolato PM2.5 legati a sorgenti locali (nucleazione, emissioni da traffico) o a processi di trasporto su scala regionale. Consente inoltre l'identificazione e quantificazione delle sorgenti di particelle ultrafini e della loro variabilità oraria, intergiornaliera, stagionale.

Attività n. 4: Analisi dei cicli giornalieri dei componenti chimici del particolato fine presso il main site (MS) e il rural satellite site (RS3)

L'analisi con modelli a recettore dei dati di composizione chimica del particolato ottenuti con elevata risoluzione temporale (LP3) consente di discriminare i contributi delle sorgenti la cui intensità è caratterizzata un'elevata variabilità nel corso delle 24 ore. In particolare, con questa analisi effettuata tramite modelli di PMF o UNMIX si andranno a identificare e a quantificare fattori nella composizione chimica nel particolato riconducibili alle emissioni da impianti industriali e da traffico urbano, che presentano massimi sistematici in determinate ore del giorno, o alla formazione di aerosol secondario per processi fotochimici, che è massima nelle ore centrali della giornata. Ci si servirà inoltre di dati di correlazione con le concentrazioni di gas in tracce (NOx, O3, VOC) usati come traccianti.

Attività n. 5: Determinazione delle sorgenti primarie e secondarie di particolato organico fine tramite metodi di analisi multivariata applicata

Un'attività dedicata all'identificazione e quantificazione delle sorgenti delle sostanze organiche presenti nel PM2.5 si deve al fatto che al contrario delle altre componenti dell'aerosol, il carbonio organico (OC) presenta una speciazione in composti estremamente complessa e si forma da una molteplicità di sorgenti sia naturali che antropiche. In quest'attività verranno impiegate tecniche di analisi statistica multivariata a set di dati di concentrazione associate a variabili che descrivono la composizione chimica del carbonio organico nel PM2.5. Queste variabili possono essere sia composti specifici usati come traccianti, sia picchi dello spettro di massa o NMR dei campioni. Tecniche di "chemical mass balance" (CMB) verranno impiegate per stabilire correlazioni tra la concentrazione di carbonio organico OC con le concentrazioni di traccianti molecolari appartenenti allo stesso profilo di emissione. In questo modo è possibile stimare il contributo di diverse sorgenti di emissione di particelle primarie, come la combustione domestica del legno, o le emissioni da motori diesel e benzina, alla concentrazione totale di OC, il quale ricordiamo è un componente principale del PM2.5. Recentemente, lo sviluppo di approcci del tipo "positive matrix factorization" (PMF) applicati all'analisi di serie temporali di spettri di massa dell'aerosol ottenuti con misure AMS ha permesso la quantificazione delle frazioni primarie e secondarie dell'aerosol organico con elevata risoluzione temporale e quindi lo studio delle variazioni dei contributi di queste sorgenti con cadenza oraria o sub-oraria. Queste tecniche PMF verranno applicata nella loro versione più aggiornata anche all'analisi dei dati AMS ottenuti durante i periodi di osservazione intensiva (LP 3). Analogamente ai dati AMS, le serie temporali di spettri NMR ottenuti per i campioni di PM2.5 nel corso degli esperimenti intensivi saranno sottoposti ad analisi multivariata (ad esempio, la "non-negative matrix factorization", NMF) per l'identificazione e la quantificazione del contributo delle sorgenti di particolato secondario dovuto a fonti naturali ed antropiche.

La linea progettuale 7 svolgerà le proprie attività dal 2011 al 2014: in particolare ha la finalità di effettuare diverse elaborazioni e valutazioni modellistiche al fine di interpretare i risultati di natura ambientale ottenuti.

8. Tempi

Il progetto ha la durata di 5 anni, dal 2010 al 2014, secondo le specifiche indicate nelle singole linee progettuali.

Il primo anno – 2010 – sarà utilizzato per la realizzazione delle infrastrutture e per l'acquisizione degli strumenti con le necessarie gare d'acquisto, oltre che per la messa a punto delle metodiche di analisi chimiche, fisiche, bio-tossicologiche, dei protocolli d'indagini epidemiologiche e delle tecniche di valutazione modellistica.

Gli anni 2011, 2012, 2013 saranno dedicati alle attività sperimentali di misure e analisi modellistiche.

Infine, l'anno conclusivo - 2014 - sarà dedicato all'analisi dei dati ottenuti nei tre anni precedenti e alla ridefinizione del progetto per i successivi anni.

9. Costi

L'impostazione dello studio epidemiologico degli effetti a breve termine si basa su una serie temporale di n. 3 anni di misure giornaliere di un gruppo di inquinanti; tale attività vedrà impegnati i laboratori di Arpa in analisi chimiche di routine durante gli anni 2011, 2012, 2013.

Oltre al pool di indagini di cui sopra che verranno eseguite con strumentazione già presente presso Arpa, al fine di realizzare il completo set di attività previste dal progetto sarà necessario acquisire nuova strumentazione, attualmente non disponibile né in Arpa né nelle strutture di ricerca presenti in regione (CNR e Università).

I costi relativi ad ogni anno, suddivisi per voci relative al funzionamento e per investimenti, sono riportate nelle tabelle 1 e 2 che seguono. Si specifica che le attività di che trattasi sono riconducibili ad attività istituzionali di ARPA e, pertanto, le stesse sono fuori dal campo di applicazione dell'IVA per carenza dei presupposti di imponibilità ai sensi degli artt. 3 e 4 del D.P.R. n. 633/1972.

Tabella 1: Costi per il funzionamento suddivisi per anno, espressi in euro

	2010	2011	2012	2013	2014	Totale
Personale (comprese missioni e formazione)	206.750,00	466.250,00	483.250,00	532.250,00	398.350,00	2.086.850,00
Convenzioni con partner tecnico-scientifici	173.400,00	439.800,00	429.400,00	419.400,00	312.000,00	1.774.000,00
Servizi	3.800,00	192.300,00	193.700,00	191.700,00	170.000,00	751.500,00
Beni di consumo (attività di laboratorio e campionamento)	66.500,00	235.485,00	241.085,00	212.885,00	22.500,00	778.455,00
Spese generali	23.900,00	69.900,00	70.900,00	70.900,00	48.900,00	284.500,00
Costi personale strutturato RER	9.200,00	51.600,00	51.600,00	51.600,00	51.600,00	215.600,00
<i>Totale costi del progetto</i>	<i>483.550,00</i>	<i>1.455.335,00</i>	<i>1.469.935,00</i>	<i>1.478.735,00</i>	<i>1.003.350,00</i>	<i>5.890.905,00</i>
Totale costi carico di ARPA Emilia-Romagna	70.300,00	477.785,00	584.785,00	554.585,00	342.500,00	2.029.955,00
Totale costi a carico RER (escluso personale RER)	404.050,00	925.950,00	833.550,00	872.550,00	609.250,00	3.645.350,00

Tabella 2: Stima dei costi relativi agli strumenti da acquistare nell'anno 2010, espressi in euro

Strumentazione	Costo (IVA inclusa)
Spettrometro di massa per aerosol	420.000,00
Spettrometro per l'analisi dimensionale del particolato	120.000,00
Campionatori automatici per PM 2.5, PM 1 e contatori di numero di particelle per in/outdoor	348.000,00
Gas Cromatografo con FID per VOC	113.000,00
Strutture per alloggio strumenti	150.000,00

Campionatori Alto Volume	24.000,00
Spettrofotometri	41.000,00
Hardware, Software	38.000,00
Analizzatore Carbonio	55.000,00
Cofinanziamento spettrometro di massa ad alta risoluzione	240.000,00
Potenziamento cromatografo ionico	32.000,00
Totale	<u>1.581.000,00</u>