

XII CONFERENZA DEL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

Vent'anni di controlli ambientali. Esperienze e nuove sfide.

20anni
DI CONTROLLI
AMBIENTALI
XII CONFERENZA

Convegno

Aria: quale qualità?

Sistema conoscitivo, problemi, sfide



Bologna, 20 - 21 marzo 2014 - CNR Area della Ricerca



in collaborazione con



Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide



Il progetto Supersito dell'Emilia-Romagna

Vanes Poluzzi

Arpa Emilia-Romagna



in collaborazione con



Personale coinvolto negli aspetti tecnico-scientifici del progetto Supersito

Regione Emilia-Romagna:

Servizio Sanità Pubblica: P. Angelini, E. Bedeschi, F. Giovannini

Servizio Ambiente e difesa del suolo e della costa: K. Raffaelli, G. Bortone, M. Balboni, L. Ramponi, A. Toschi, S. Tugnoli

AUSL RE: F. Baldacchini, L. Bonvicini, S. Broccoli, F. Luberto, A. Ganzi

AUSL RA: V. Frassinetti, G. Silvi

AUSL BO: P. Pandolfi, E. Stivanello

AUSL PC: F. Faccini

AUSL PR: G. Fallani

AUSL MO: G. Gatti, G. De Girolamo, C.A. Goldoni

AUSL FE: P. Pasetti, P. Borboni

AUSL Imola: S. Lanzarini

AUSL Cesena: P. Vitali

AUSL FO: V. Fabbri

AUSL RN: M. Marotta

Arpa:

DG: S. Tibaldi,

DT: F. Zinoni,

CTR Aree Urbane: I. Ricciardelli, C. Maccone, S. Ferrari, A. Trentini, F. Scotto, P. Ugolini, G. Bertacci, V. Poluzzi

SEZ FE: P. Trentini, M. Ascanelli, R. Vecchietti, S. Castellazzi, M. G. Malfatto, M. Trombini, F. Venturini,

SEZ RA: I. Scaroni, P. Casali, F. Bandini, A. Santolini,

SEZ RN: F. Rovere, D. Foscoli, F. Bernardi, R. Sartini, M. Zamagni,

SEZ PR: F. Cassoni, C. Bocchi, F. Fontana, C. Bazzini, G. Pinto, C. Pironi, T. Concari, B. Zani,

SIMC: C. Cacciamani, G. Bonafè, M. Deserti, M. Stortini, E. Minguzzi, A. Morgillo, S. Righi, V. Sacchetti, F. Pastore, S. Nanni, A. Pasquali, I. Cerenzia

CTR Tossicologia Ambientale: A. Colacci, M. Vaccari, M. G. Mascolo, F. Rotondo, C. Zanzi, S. Perdichizzi, D. Quercioli,

CTR Ambiente Salute: P. Lauriola, S. Zauli, A. Ranzi, S. Giannini, M. Cordioli, B. Gherardi, G. Tommaso, F. Parmagnani, S. Marchesi,

CNR ISAC:

S. Fuzzi, M. C. Facchini, S. Decesari, S. Gilardoni, M. Rinaldi, M. Paglione, L. Giulianelli, S. Sandrini, F. Pollini, C. Carbone, L. Tarozzi, F. Cairo, G. P. Gobbi, T.

Landi, P. Bonasoni, A. Marinoni, L. Di Liberto, F. Barnaba, F. Costabile, S. Argentini, I. Pietroni, S. Bucci

Università di Ferrara,

Dipartimento di scienze chimiche e farmaceutiche:

F. Dondi, M. C. Pietrogrande, M. Visentin, V. Costa, D. Bacco, C. Zigola,

Finnish Meteorological Institute:

R. Hillamo, S. Carbone, S. Saarikoski, M. Aurela, Kimmo,

University of Eastern Finland:

A. Laaksonen, A. Hamed, J. Joutensaari,

Dipartimento di Epidemiologia ASL Roma E: F. Forastiere, C. Ancona,

Università di Bologna,

Dipartimento di scienze statistiche: D. Cocchi, A. Vagheggin, C. Trivisano, L. Paci, R. Miglio, A. Freni

Dipartimento di Medicina Specialistica, Diagnostica e Sperimentale: S. Grilli, S. Serra

Università di Milano:

R. Vecchi, A. Cattaneo, D. Cavallo, S. Rovelli

University of Birmingham: R. Harrison

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 ed ambientali mediante modelli interpretativi

Obiettivo generale

Migliorare le conoscenze relativamente agli aspetti ambientali e sanitari del particolato fine ed ultrafine, nelle componenti e/o secondarie, presente in atmosfera.

Obiettivi specifici (I)

- ✓ **Stima del bilancio di massa chimico attraverso una dettagliata speciazione dell'aerosol fine;**
- ✓ **Definizione dello spettro dimensionale delle particelle submicroniche, con alta risoluzione temporale;**
- ✓ **Caratterizzazione della meteorologia del PBL e del Surface Energy Balance (SEB) durante episodi di nucleazione di UFP e trasporto di particelle di origine crostale;**
 - ✓ **Valutazione del comportamento e dei fenomeni che portano alla formazione e crescita del particolato secondario inorganico ed organico;**

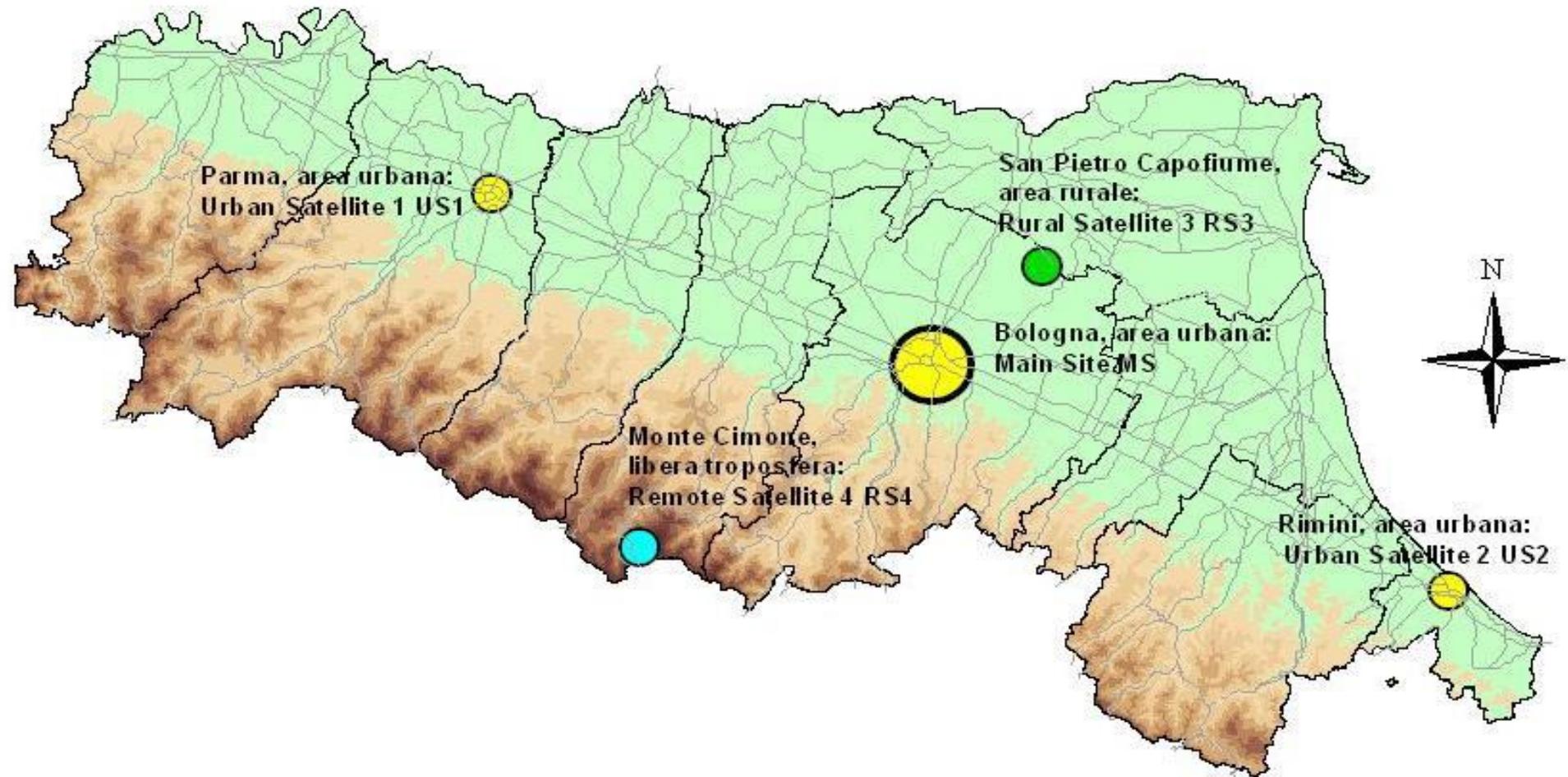
Obiettivi specifici (II)

- ✓ **Simulazione mediante modellistica meteorologica ad alta risoluzione (COSMO) e di modelli chimici di trasporto (Chimere) per le specie chimiche (particolato) di interesse epidemiologico;**
- ✓ **Attribuzione dei pesi alle varie sorgenti di emissione attraverso determinazione della speciazione chimica e mediante modelli al recettore (source apportionment);**
- ✓ **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;**
- ✓ **Determinazioni di tipo tossicologico per la valutazione delle tipologie di aerosol contenenti sostanze, elementi, composti o miscele di composti che hanno effetti sulla salute;**

Obiettivi specifici (III)

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

Distribuzione spaziale siti di misura

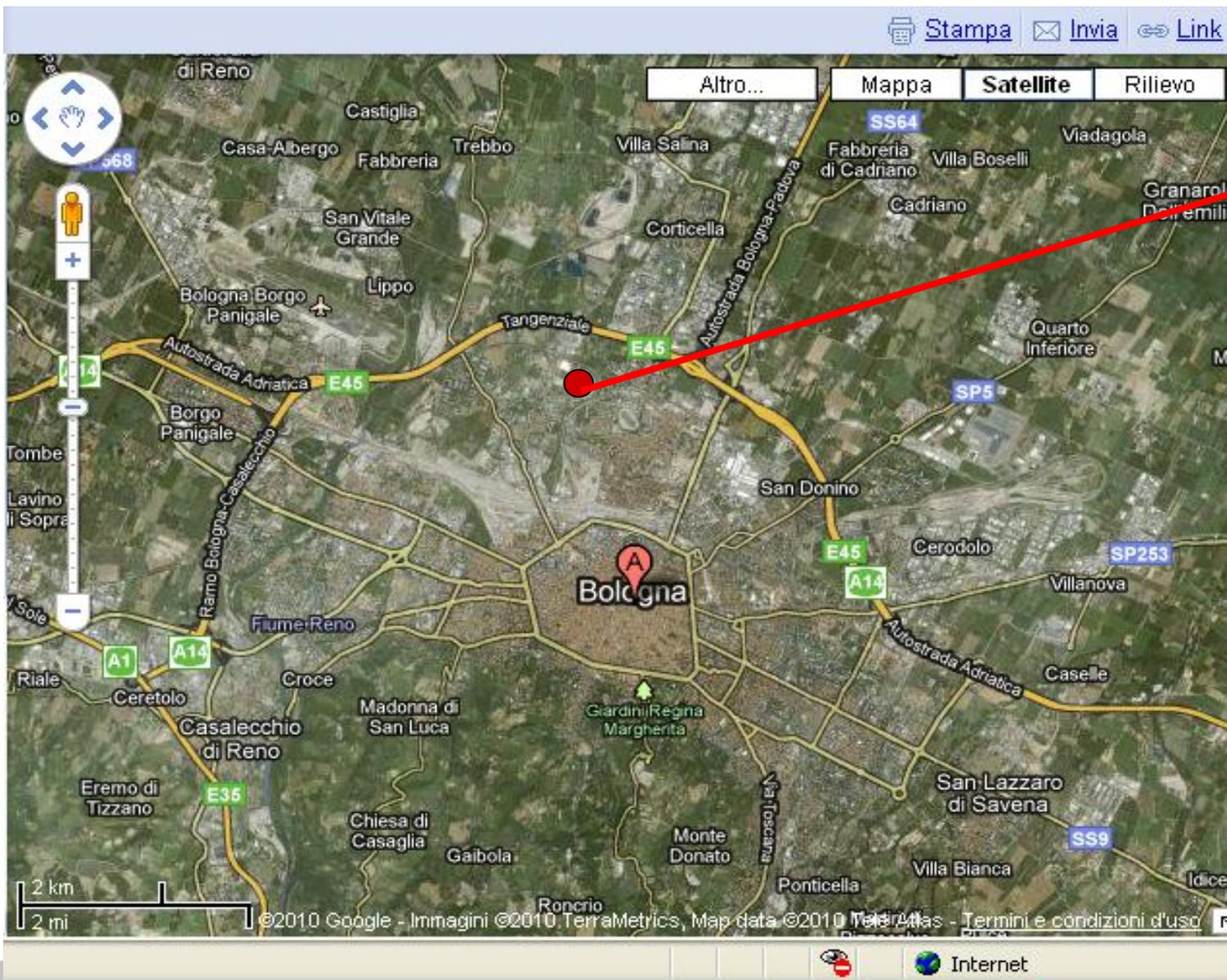


XII CONFERENZA DEL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

Distribuzione spaziale siti di misura



- Main site - Area Urbana di Bologna, importante bacino di popolazione presupposto necessario ai fine degli studi epidemiologici



Ubicazione della stazione di monitoraggio



- ✓ Main site **Area Urbana di Bologna**, importante bacino di popolazione presupposto necessario ai fine degli studi epidemiologici;
- ✓ Urban satellite 1 (US1) **Area Urbana di Parma**. Rappresentatività area occidentale della regione. Microubicazione: Parma Cittadella;
- ✓ Urban satellite 2 (US2) **Area Urbana di Rimini**. Rappresentatività area costiera della regione. Microubicazione: Rimini Marecchia;
- ✓ Rural satellite 3 (RS3) **Area rurale San Pietro Capofiume, Molinella (BO)**. Area non interessata direttamente da particolari pressione antropiche. Rappresentatività per un fondo di pianura regionale. Microubicazione: Base Arpa;
- ✓ Remote satellite 4 (RS4) **Area remota Monte Cimone (MO)** – Base Aeronautica militare. Rappresentatività per le caratteristiche delle masse d'aria a mesoscala. Da tale stazione che fa parte della rete EUSAAR verranno utilizzati i dati provenienti dal monitoraggio che conduce sistematicamente il CNR-ISAC (BO).

Organizzazione del progetto

Il progetto è organizzato in n. 7 linee progettuali così definite:

LP 1: Campionamento, analisi chimica e distribuzione dimensionale del particolato;
(I. Ricciardelli, CTR AU, sez BO)

LP 2: Misure fisiche e modelli di qualità dell'aria; (G. Bonafé, AMAMO, SIMC)

LP 3: Campagne di misure intensive in atmosfera; (S. Ferrari, CTR AU, sez. Bo)

LP 4: Tossicologia predittiva; (A. Colacci, CTR CAVR, sez. BO)

LP 5: Campagne di misure intensive in ambienti indoor; (S. Zauli, CTR AS, DT)

LP 6: Analisi epidemiologiche sugli effetti a breve e a lungo termine;
(A. Ranzi CTR AS, DT)

LP 7: Analisi dati ambientali (F. Scotto, CTR AU - CTR AS,)

Linea Progettuale 1

Campionamento, analisi chimica e distribuzione dimensionale del particolato

Fornire sul lungo periodo un flusso di dati sulla composizione chimica del PM_{2.5}, PM₁ e PM₁₀

Studio della distribuzione delle particelle sub-microniche in atmosfera per comprendere le reazioni che avvengono e che portano a trasformazioni e crescita. Lo studio delle condizioni chimico-fisiche che pilotano formazione e distribuzione

Linea Progettuale 2

Misure fisiche e modelli di qualità dell'aria

Caratterizzazione della meteorologia del PBL e del SEB durante episodi di nucleazione e di trasporto di aerosol di origine crostale

Modellistica meteorologica ad alta risoluzione (COSMO) e modelli chimici di trasporto (Chimere) per la simulazione delle specie chimiche (PM) di interesse epidemiologico

Linea Progettuale 3

Campagne di misure intensive in atmosfera

Gestione, esecuzione delle attività di campionamento nel main site (Bologna) e nel rural site (SPC) e delle attività di analisi chimico-fisiche dei campioni di aerosol relativamente alla componente organica e ionica del PM

Fornire ulteriori informazioni per le valutazioni epidemiologiche (LP 7) e colmare l'assenza di informazioni sulla composizione chimica dell'aerosol atmosferico sia primario che secondario, aumentando il dettaglio della speciazione rispetto alle misure routinarie ottenute nella LP1

Linea Progettuale 4

Tossicologia predittiva

Determinazioni di tipo tossicologico/ecotossicologico per valutare le tipologie di aerosol contenenti sostanze, elementi, composti o miscele di composti che hanno effetti sulla salute

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

Linea Progettuale 5

Campagne di misure intensive in ambienti indoor

Studio del particolato e sua composizione chimica nel rapporto qualità dell'aria outdoor/indoor e caratterizzazione dell'esposizione della popolazione in ambienti indoor agli inquinanti tipici dell'ambiente outdoor

Linea Progettuale 6

Analisi epidemiologiche sugli effetti a breve e a lungo termine

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).

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;

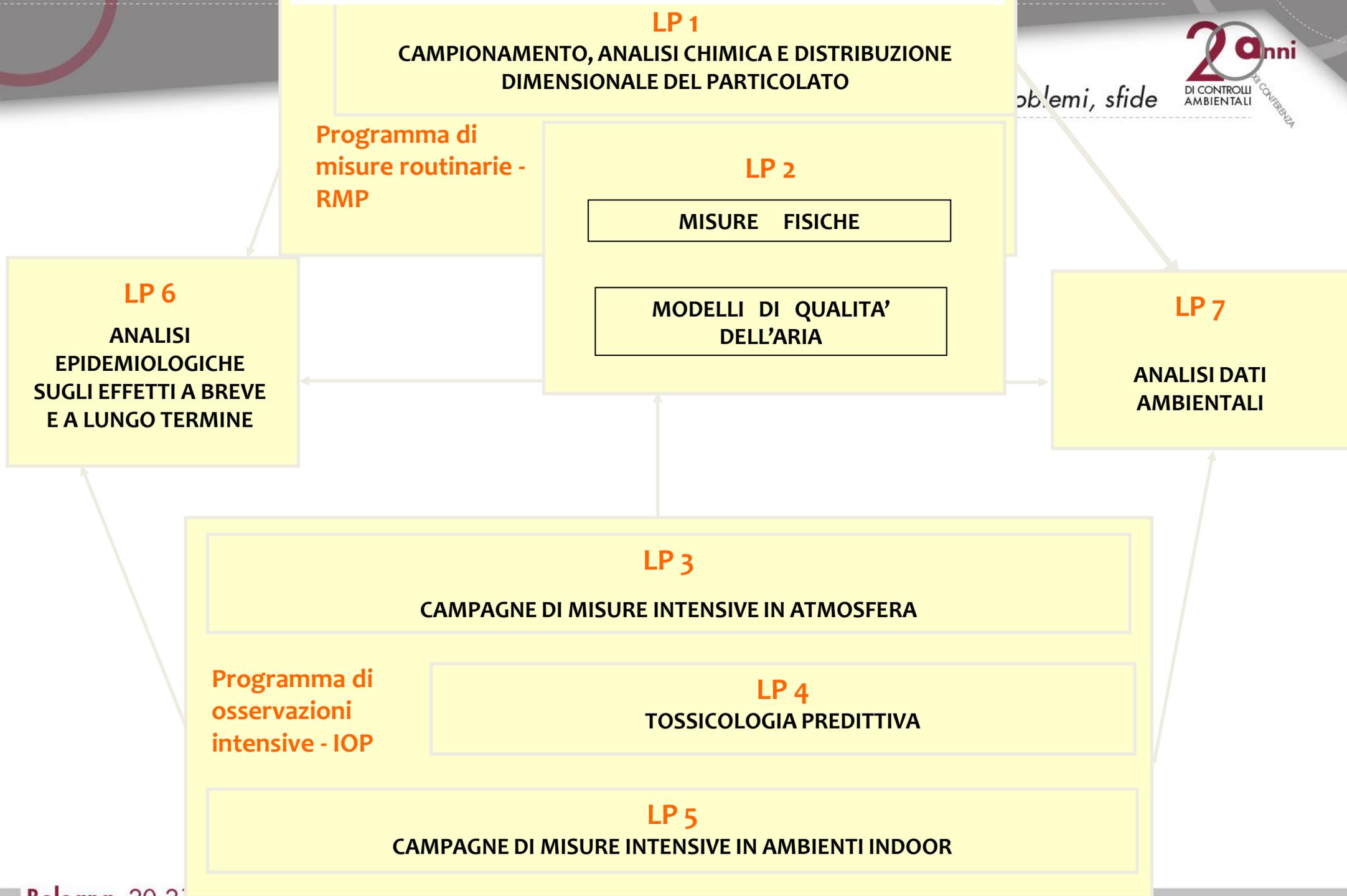
Valutazione delle associazioni fra composti di inquinanti e mortalità e morbosità causa-specifica in sottopopolazioni in condizioni di suscettibilità agli inquinanti;

Valutazione degli esiti in gravidanza in rapporto all'esposizione agli inquinanti considerati.

Linea Progettuale 7

Analisi dati ambientali

Identificazione e quantificazione dei contributi delle sorgenti primarie e secondarie del PM fine (“source apportionment”) basate sull’analisi, effettuata principalmente con modelli a recettore, delle serie di dati sperimentali riguardanti la composizione chimica del PM_{2.5}



Collaborazioni esterne

- **CNR ISAC:**

- Misure chimiche e fisiche, elaborazioni dati ed interpretazioni fenomeni**

- **Università di Bologna, Dipartimento di Patologia Sperimentale**
 - **Dipartimento di Statistica**

- Valutazioni del rischio degli inquinanti monitorati**

- **Università di Ferrara, Dipartimento di Chimica**

- Analisi chimiche di microinquinanti organici polari**

- **University of Eastern Finland,**
 - **Finnish Meteorological Institute:**

- Misure chimico-fisiche di aerosol sub-micronico, elaborazione dati ed interpretazione fenomeni**

- **Dipartimento di Epidemiologia ASL Roma E**
- Aspetti epidemiologici**

Alcuni risultati: analisi PMF

Si è scelta una soluzione a 7 fattori, corrispondenti a 7 distinte sorgenti inquinanti. L'adattamento statistico del modello è risultato molto buono: R^2 tra $PM_{2.5}$ osservato e ricostruito dal modello=0.95 (ovviamente non tutte le specie chimiche vengono riprodotte così bene, soprattutto quelle con un elevato numero di valori mancanti o <LOD).

La soluzione si è dimostrata molto robusta per quanto riguarda l'identificazione delle sorgenti, mentre è molto più variabile per quel che riguarda l'apporzionamento del $PM_{2.5}$ tra le diverse sorgenti.

Analisi PMF

- **DOMESTIC HEATING** (circa il 15% della massa di PM_{2.5}): caratterizzato da alti contributi relativi di EC, K (wood burning) e da minor quantità di Ni e V (combustione di gasolio, ancora utilizzato per il riscaldamento domestico della città. Questo fattore non ha evidenziato differenze tra i giorni feriali e festivi.
- **TRAFFIC** (circa il 13% della massa di PM_{2.5}): caratterizzato da alti contributi relativi di EC, Fe, Cu, Sb, Mn, ed altri metalli. Concentrazioni più basse di questo fattore sono osservate durante i giorni festivi.

Analisi PMF

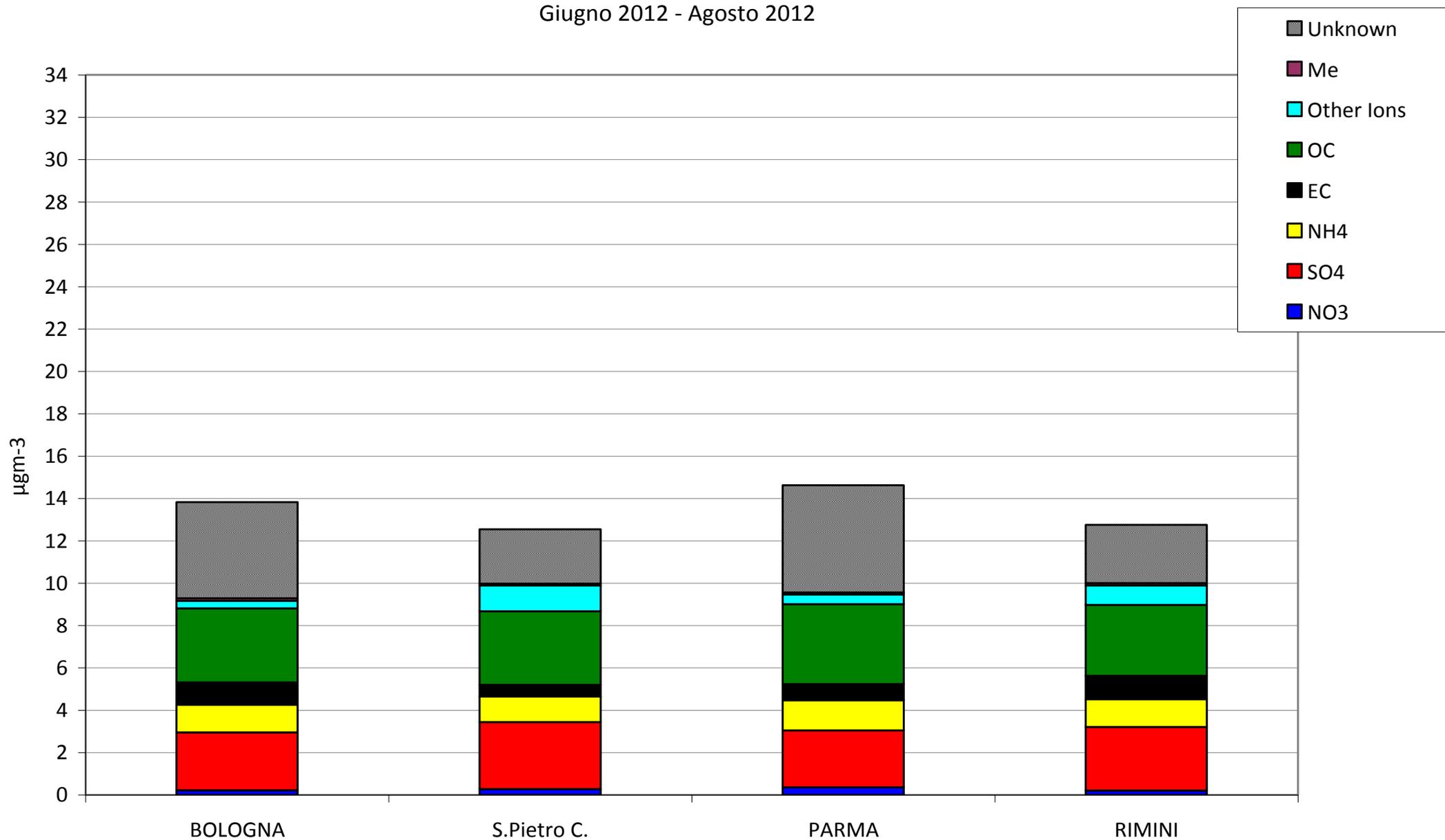
- Cl-RICH (circa l'8.5% della massa di PM_{2.5}): caratterizzato da alti contributi relativi di Cl e probabilmente associato ai contributi di origine industriale. Concentrazioni più basse di questo fattore sono state osservate durante il periodo delle vacanze natalizie.
- TRAFFIC NOT-EXHAUST (circa il 4% della massa di PM_{2.5}): con Zn e Ba, ma anche Pb, Mn, Mo, tipici dell'abrasione dei freni e dell'usura dei copertoni e Al, Si, Ca, Ti, Sr, Rb, Zr, che indicano un contributo imputabile alla ri-sospensione del road dust. Concentrazioni più basse di questo fattore sono osservate durante i giorni festivi. Considerando il fattore 2 e 4 insieme, il traffico risulta responsabile per circa il 15% della massa di PM_{2.5}.

Analisi PMF

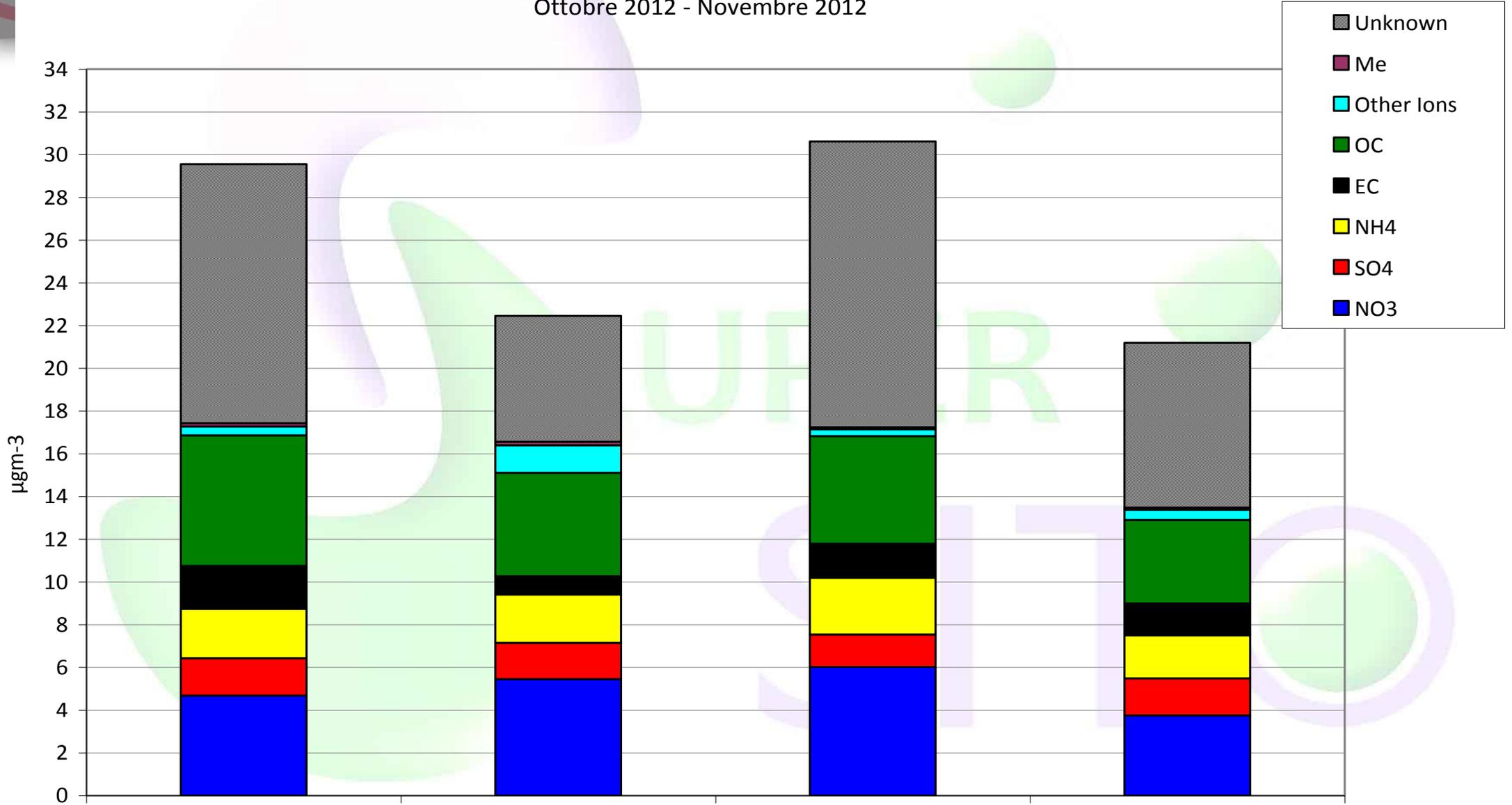
- MINERAL DUST (circa il 7% della massa di PM_{2.5}): caratterizzato da alti contributi percentuali di Ca, Al, Si, Ti, Rb, Sr. Una parte non trascurabile di EC indica come questo fattore sia influenzato dal traffico ad effetto della ri-sospensione. Questo spiega, inoltre, le concentrazioni più basse osservate durante i giorni festivi.
- SECONDARY NITRATES and ORGANICS (circa il 42% della massa di PM_{2.5}): questo fattore risulta quello che incide maggiormente sulle concentrazioni di PM_{2.5}.
- SECONDARY SULFATES (circa il 11% della massa di PM_{2.5}). Considerando il contributo dato dai fattori 6 e 7 insieme, la componente secondaria del PM_{2.5} spiega circa il 60% della massa di PM_{2.5}.

BILANCIO DI MASSA Medio sui dati dei mesi da Giugno 2012 a Agosto 2012

Giugno 2012 - Agosto 2012



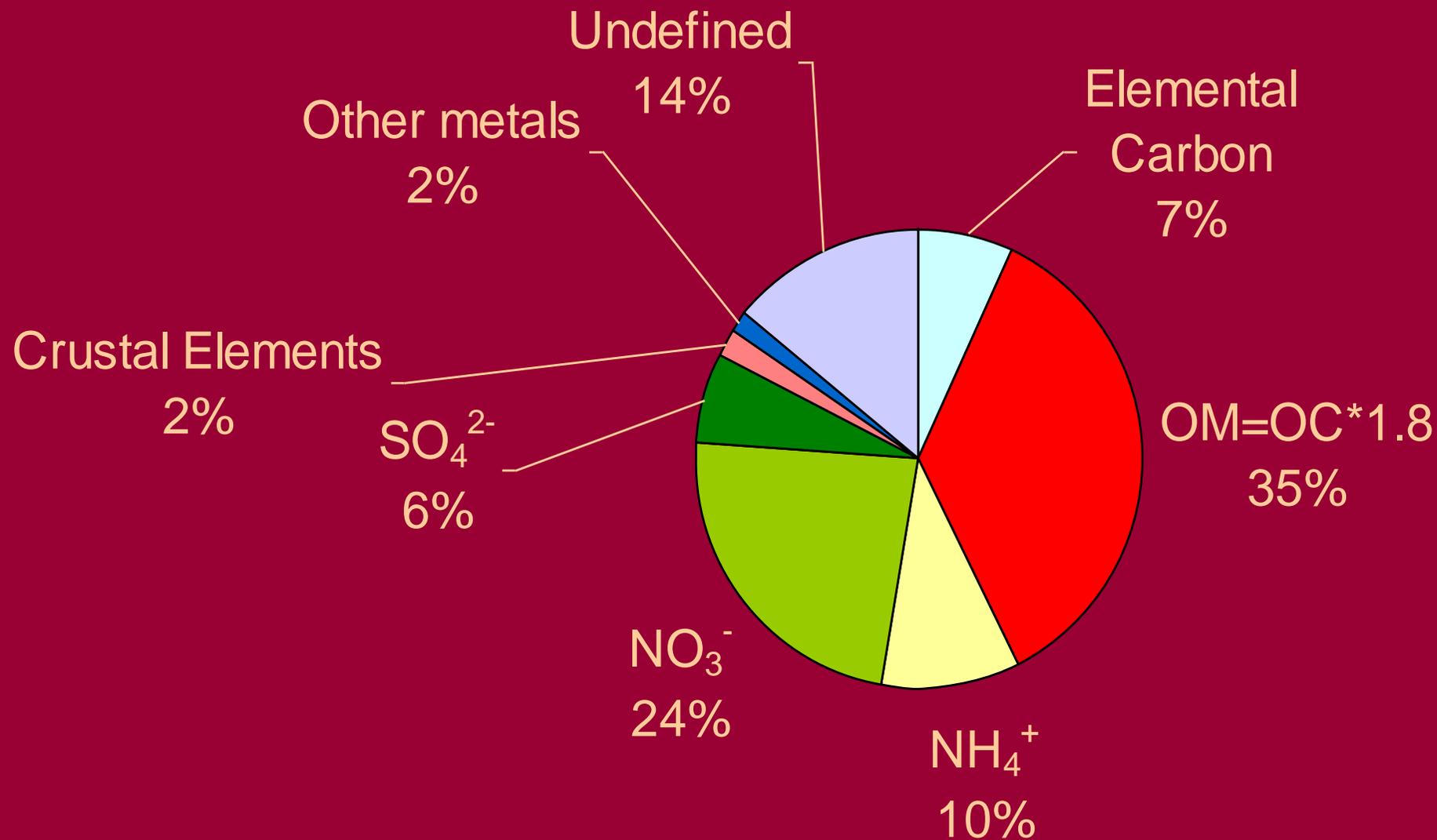
Ottobre 2012 - Novembre 2012



Alcuni risultati (provvisori)

Bilancio di massa

ottobre 2012 - marzo 2013

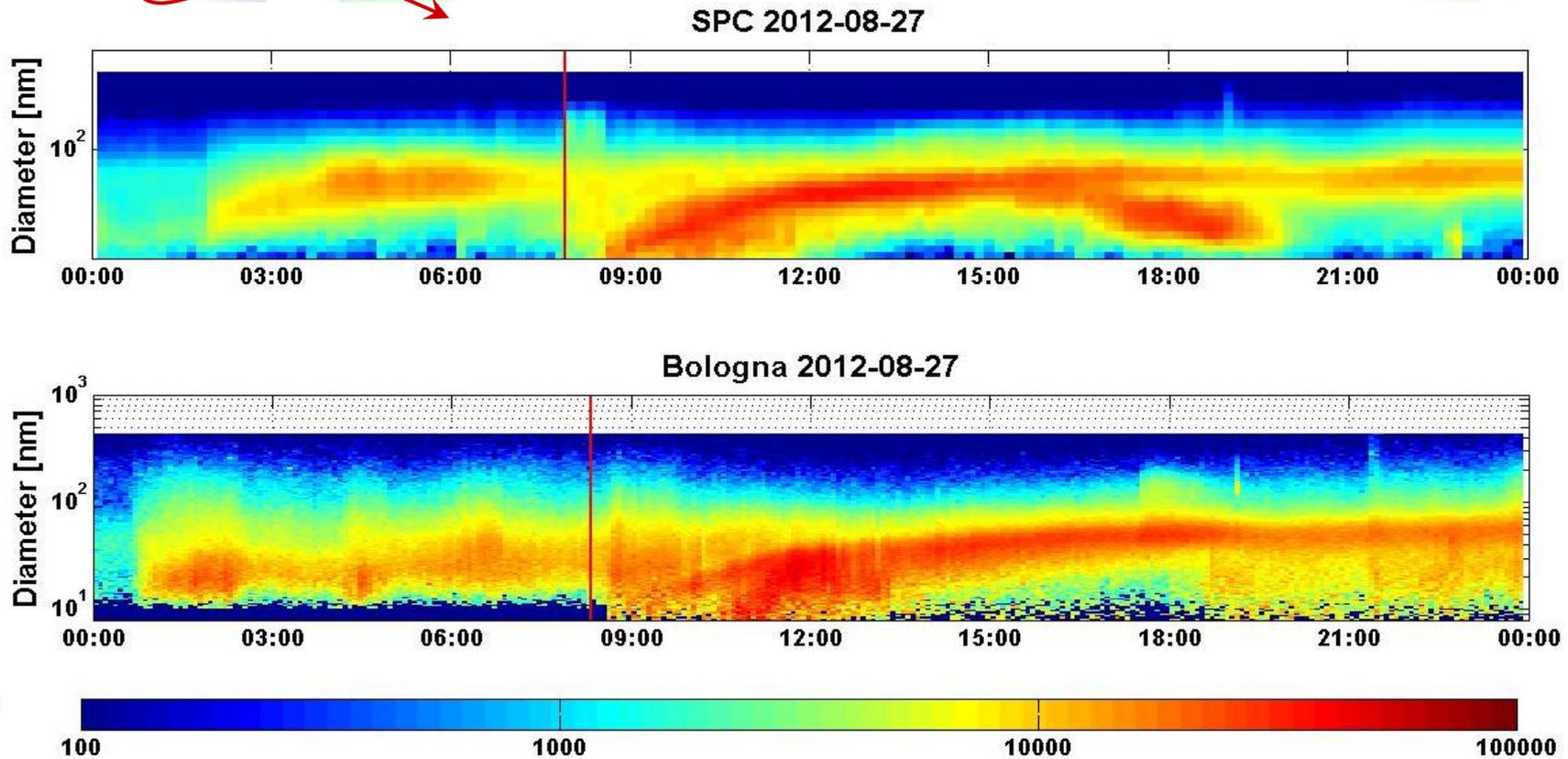


SMPS: Possibili eventi di formazione nuovo particolato

27 Agosto 2012 ★

SMPS al Main Site di Bologna

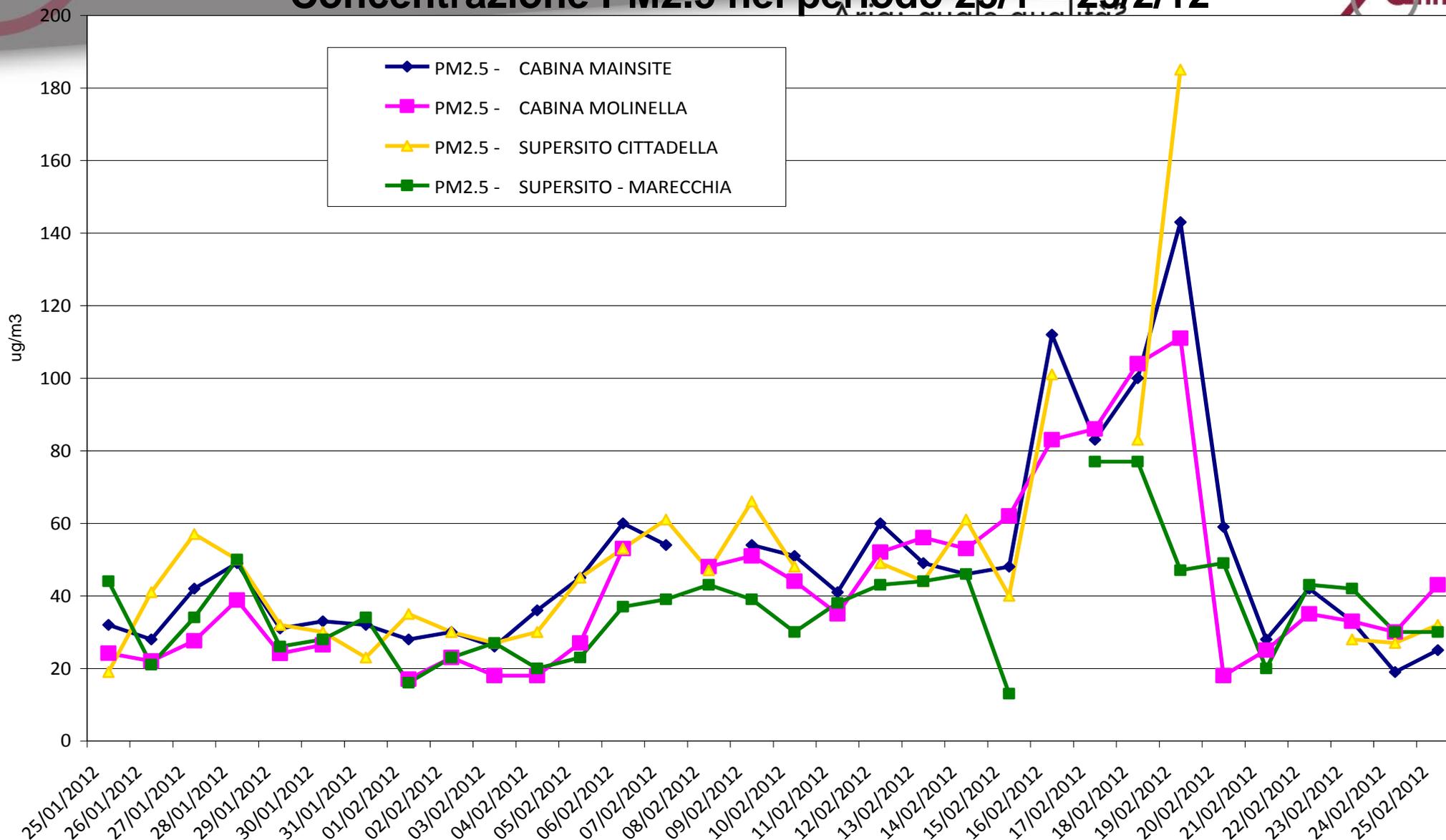
SMPS a San Pietro Capofiume (UEF)



air quality and health

Analisi di un episodio

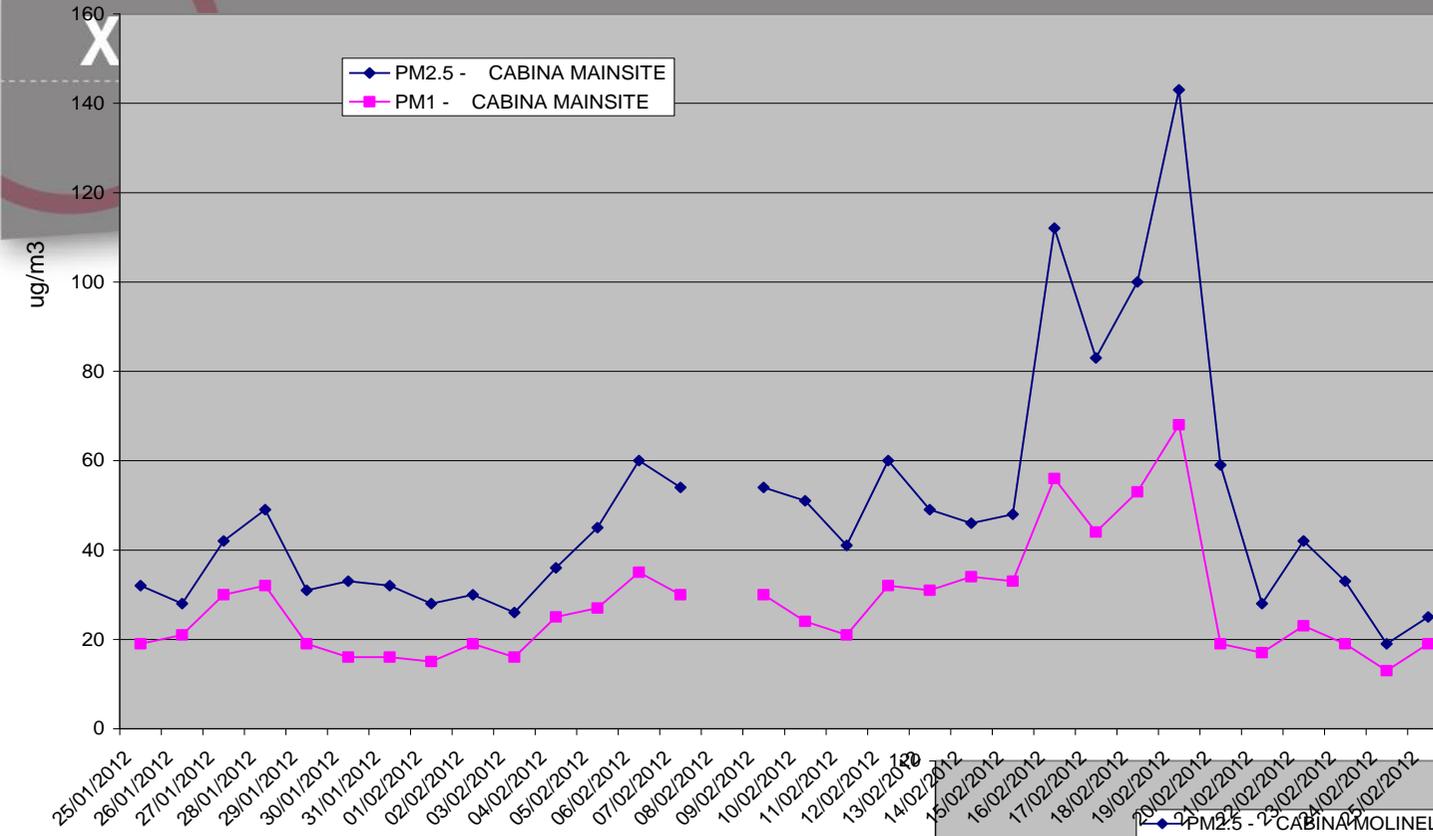
Concentrazione PM2.5 nel periodo 25/1 – 25/2/12





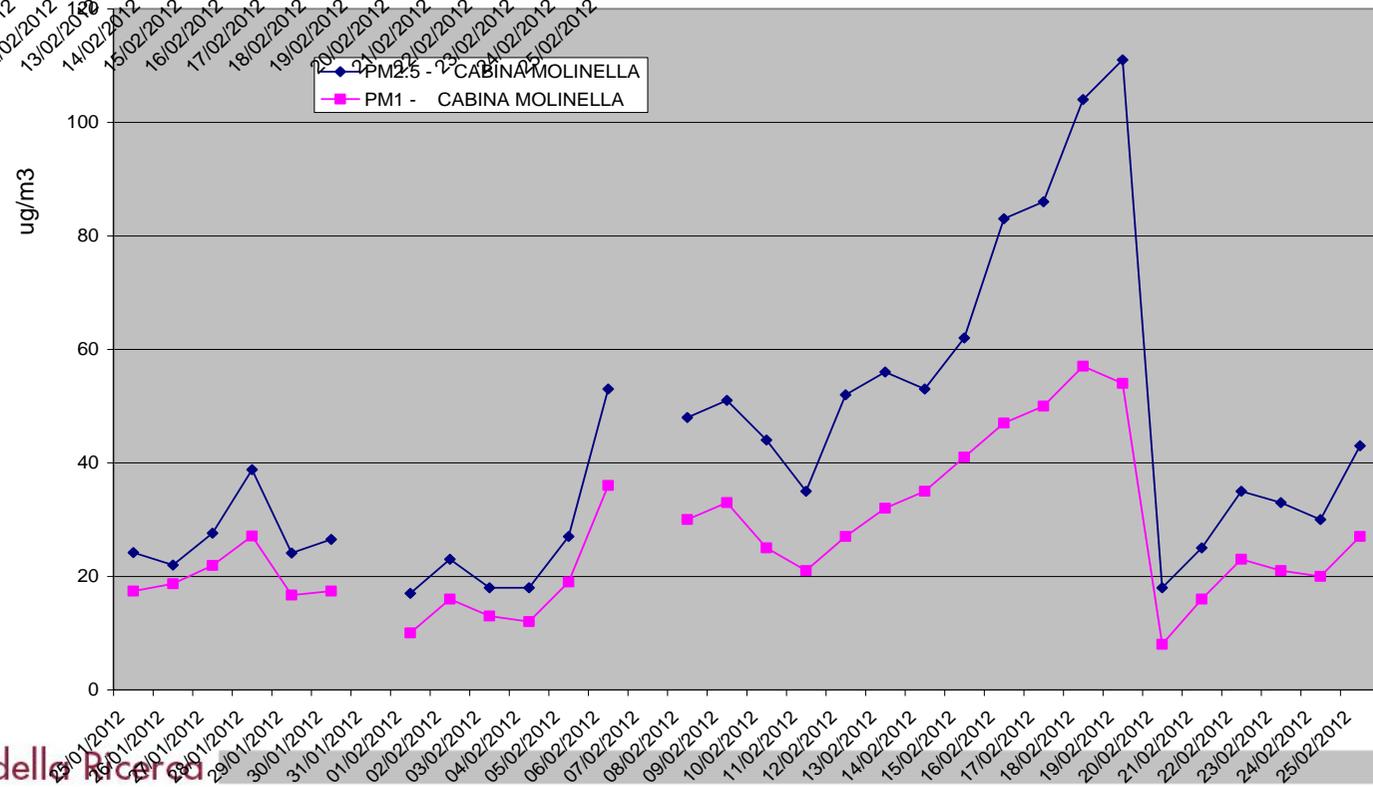
Le qualità?
Confronto concentrazione
PM2.5 e PM1 nel periodo
25/1 – 25/2/12

Bologna - MS



Confronto concentrazione
PM2.5 e PM1 nel periodo
25/1 – 25/2/12

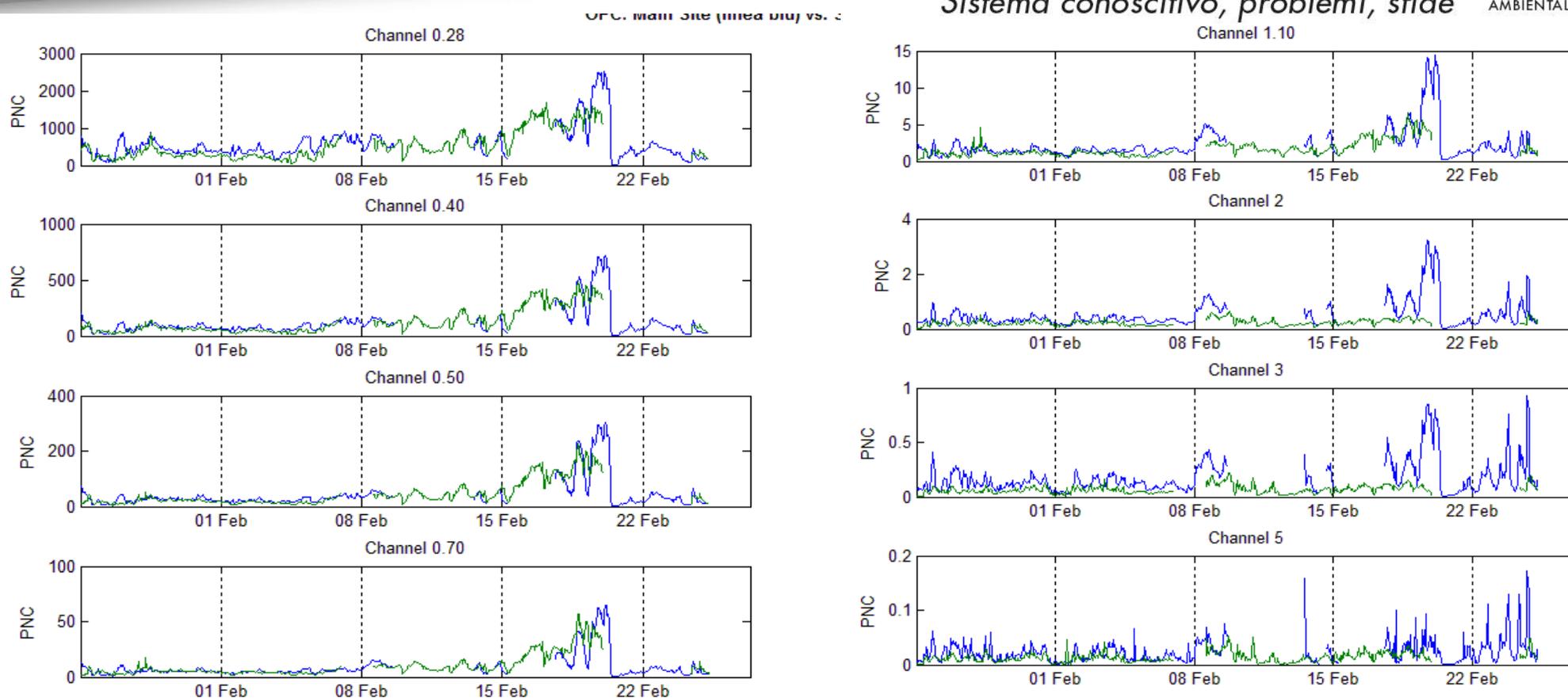
S.Pietro Capofiume - RS



Concentrazione numerica delle particelle nel periodo 25/1 – 25/2/12

Aria: quale qualità?

Sistema conoscitivo, problemi, sfide



OPC (Optical Particles Counter): 8 canali dimensionali da 0.28 μ m a 10 μ m

Verde: S.Pietro Capofiume

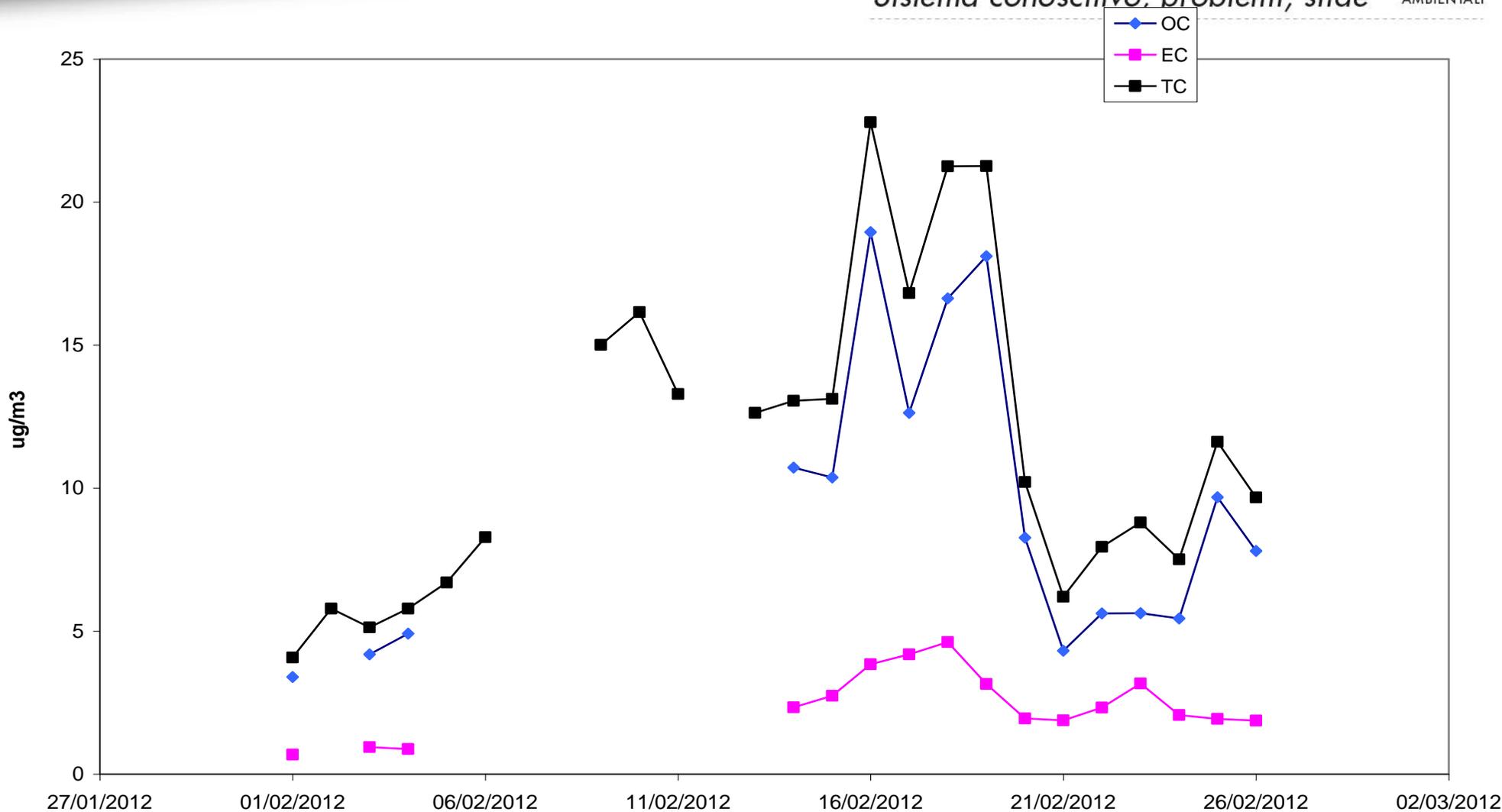
Azzurro: Bologna

XII CONFERENZA DEL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

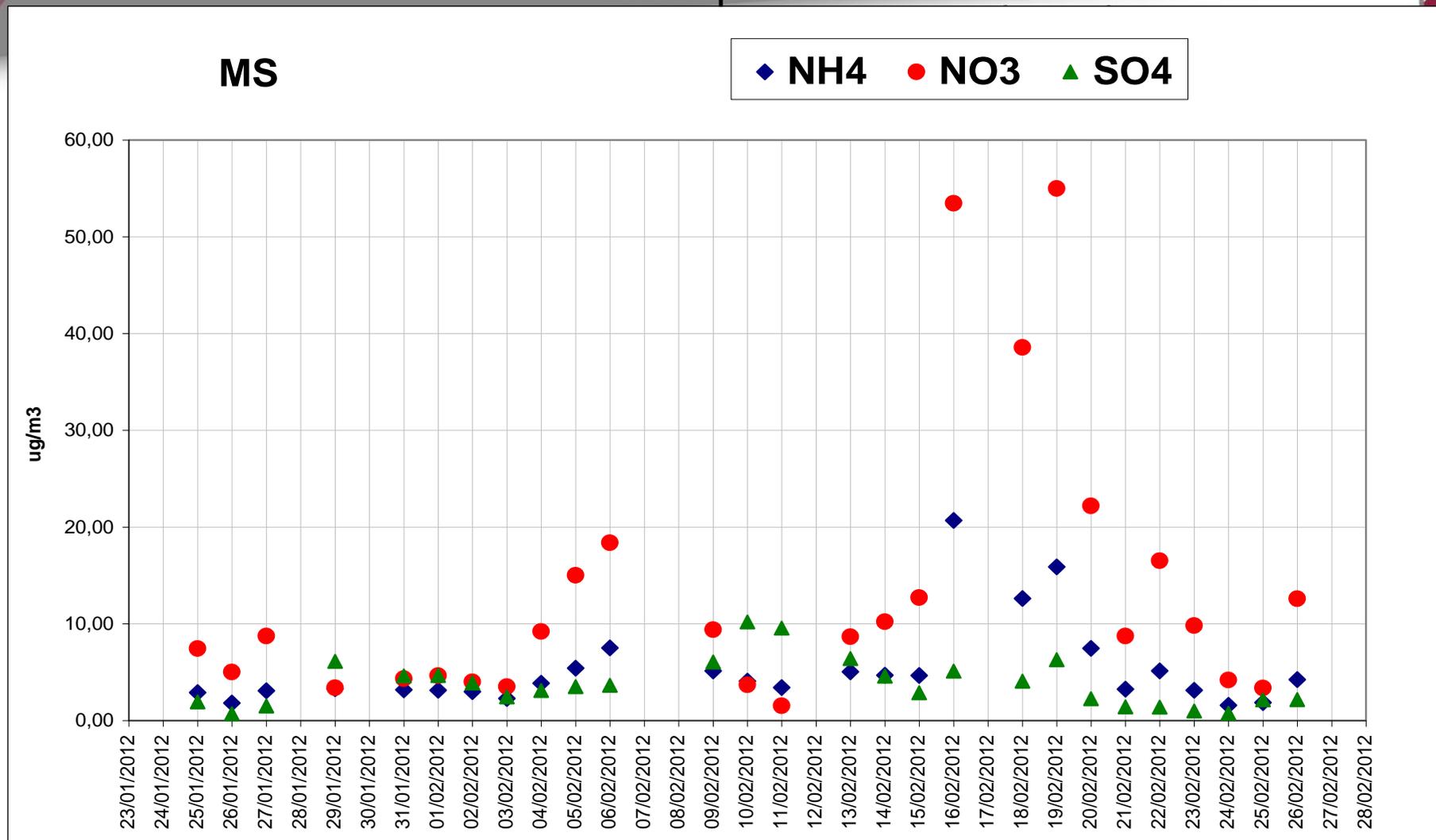
Concentrazione carbonio totale (TC), organico (OC) ed elementare (EC) a Bologna (MS) quale qualità?

Carbonio MS

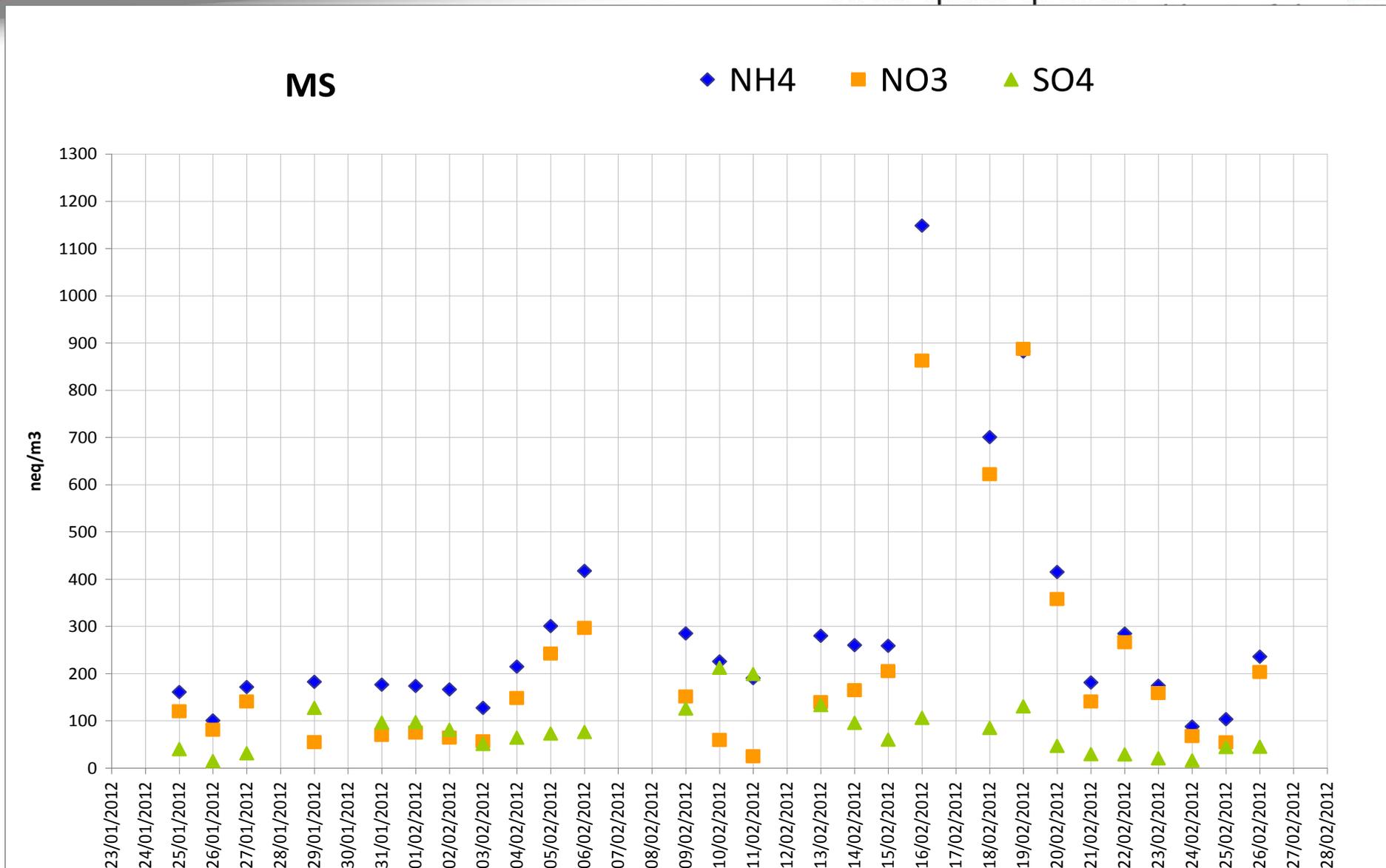
Sistema conoscitivo, problemi, sfide



Concentrazione ioni nel periodo 25/1 – 25/2/12

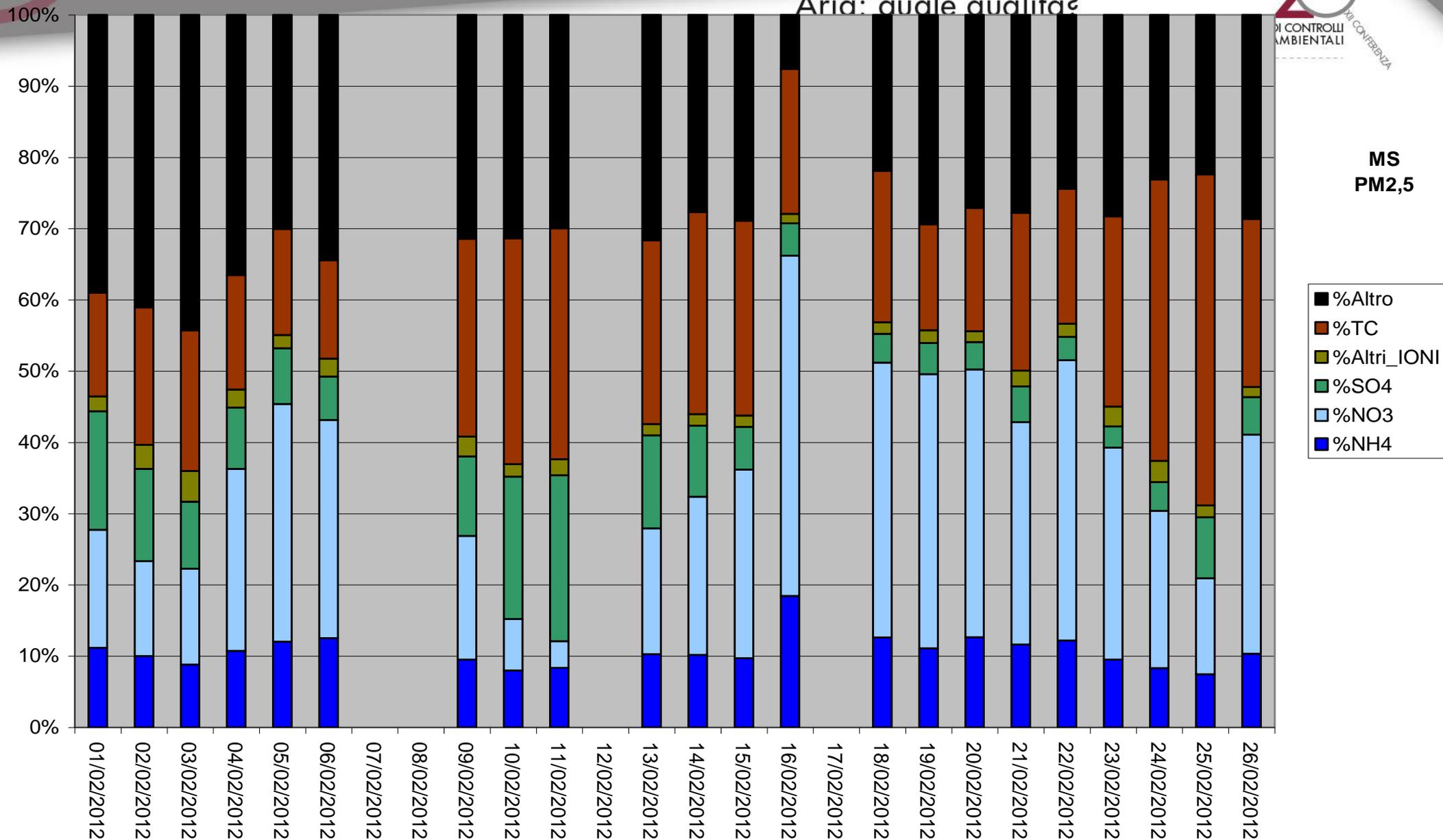


Concentrazione ioni espressa in nanoequivalenti/m³ Aria: quale qualità?



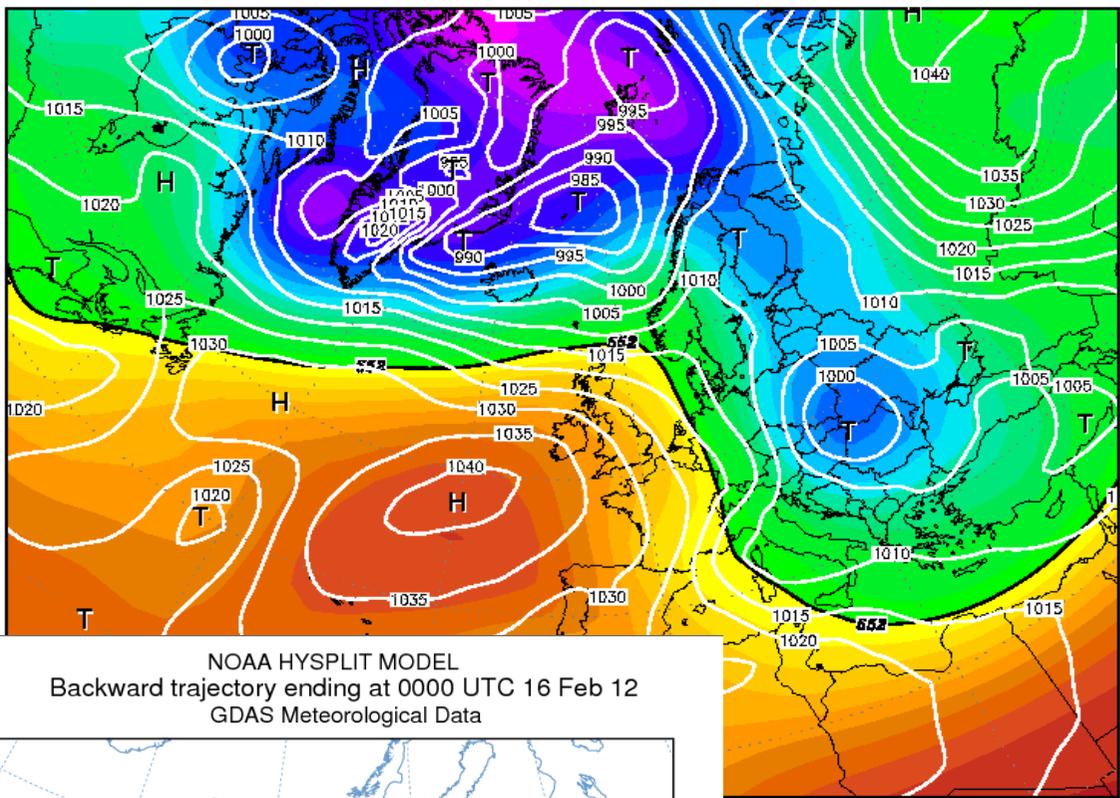
Percentuale di ioni e TC sulla massa totale di PM2.5

Aria: quale qualità?

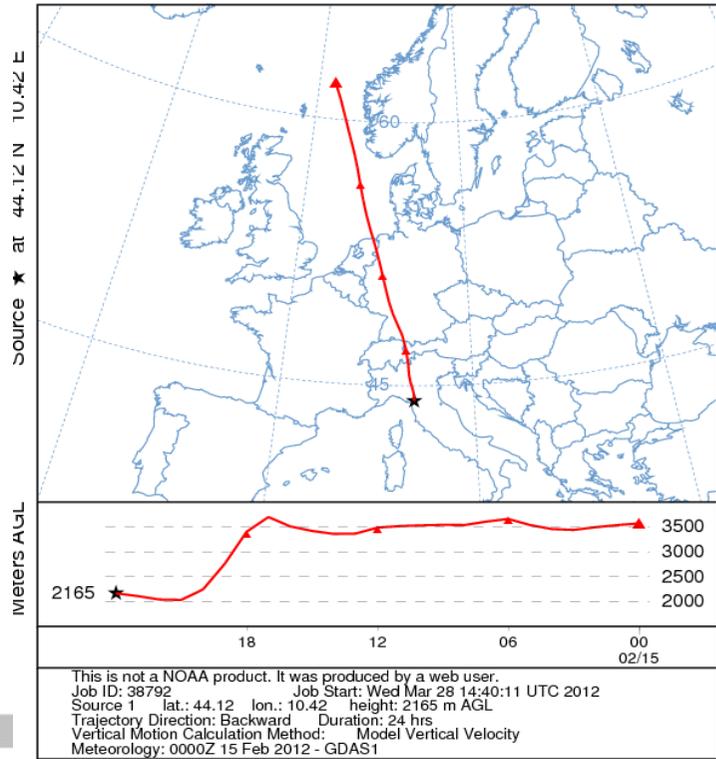


16FEB2012 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)

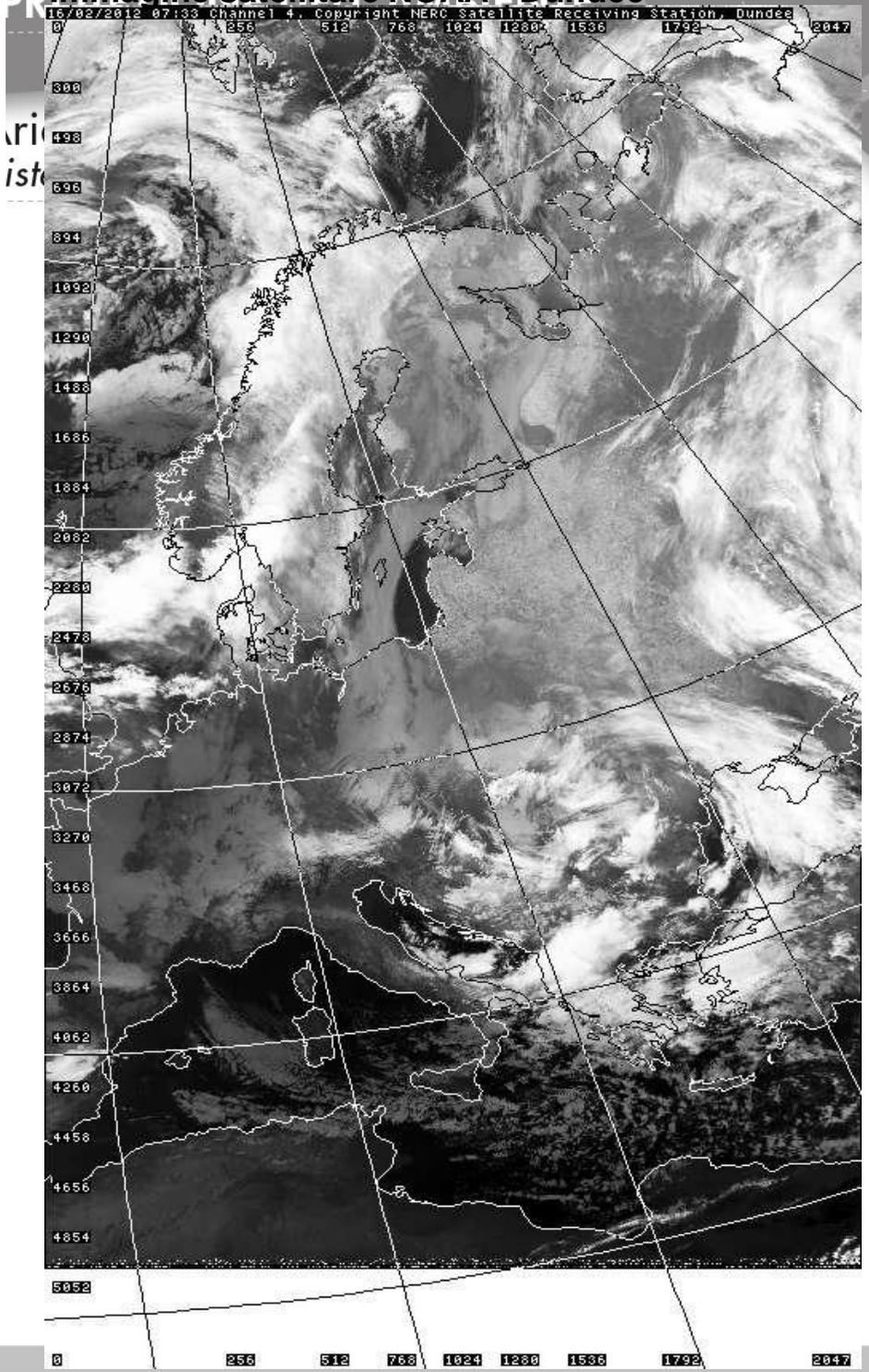


NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectory ending at 0000 UTC 16 Feb 12
GDAS Meteorological Data



16/02/2012

Immagine satellitare NOAA - Dundee



This is not a NOAA product. It was produced by a web user.
 Job ID: 38792 Job Start: Wed Mar 28 14:40:11 UTC 2012
 Source 1 lat.: 44.12 lon.: 10.42 height: 2165 m AGL
 Trajectory Direction: Backward Duration: 24 hrs
 Vertical Motion Calculation Method: Model Vertical Velocity
 Meteorology: 0000Z 15 Feb 2012 - GDAS1



Aria: quale qualità?
 Sistema conoscitivo, problemi, sfide



Processo
 termodinamicamente e
 cineticamente più
 favorito

Behera S.N., Sharma M., *Atm. Env.* 45 (2011) 4015-4024

NUCLEAZIONE NITRATO D'AMMONIO



← Step cineticamente più lento

← Formazione del tetramero con
 trasferimento protonico
 Step termodinamicamente più
 vantaggioso

1. Il bilancio di carica è quasi sempre simile alla neutralità.
2. L'analisi degli equivalenti depone a favore di un'ipotesi di formazione di solfato e solfato acido d'ammonio e certamente e in misura molto maggiore di nitrato d'ammonio.
3. Il carbonio mostra un picchettino il giorno 16.
4. L'ipotesi dunque è che l'evento di nucleazione, probabile nell'area occidentale e appenninica, più difficile dirlo in assenza di dati per l'area orientale, è responsabile dell'inizio di un processo che porta alla formazione di nuovi nuclei sui quali si possono innestare i fenomeni di formazione di masse di nitrato d'ammonio importanti.
5. Le ipotesi sono due:
 - a) La ternaria $H_2O-NH_3-H_2SO_4$
 - b) La ternaria $H_2O-NH_2-HNO_3$
 - c) La presenza di NO_2 a valori elevatissimi portano ad avere valori elevati di NO_3^- .
 - I ΔG sono entrambi negativi quindi entrambe le reazioni sono permesse dal punto di vista termodinamico, lo sono anche dal punto di vista cinetico.
 - La a) è comunque più favorita per la facilità di formare gli idrimeri da parte dell'acido solforico che è la fase iniziale della reazione.
 - Dopo il 16 febbraio l'abbassamento progressivo dell'altezza del PBL porta a valori di accumulo straordinari fino ai dati del 19, soprattutto nell'area centro occidentale della regione.

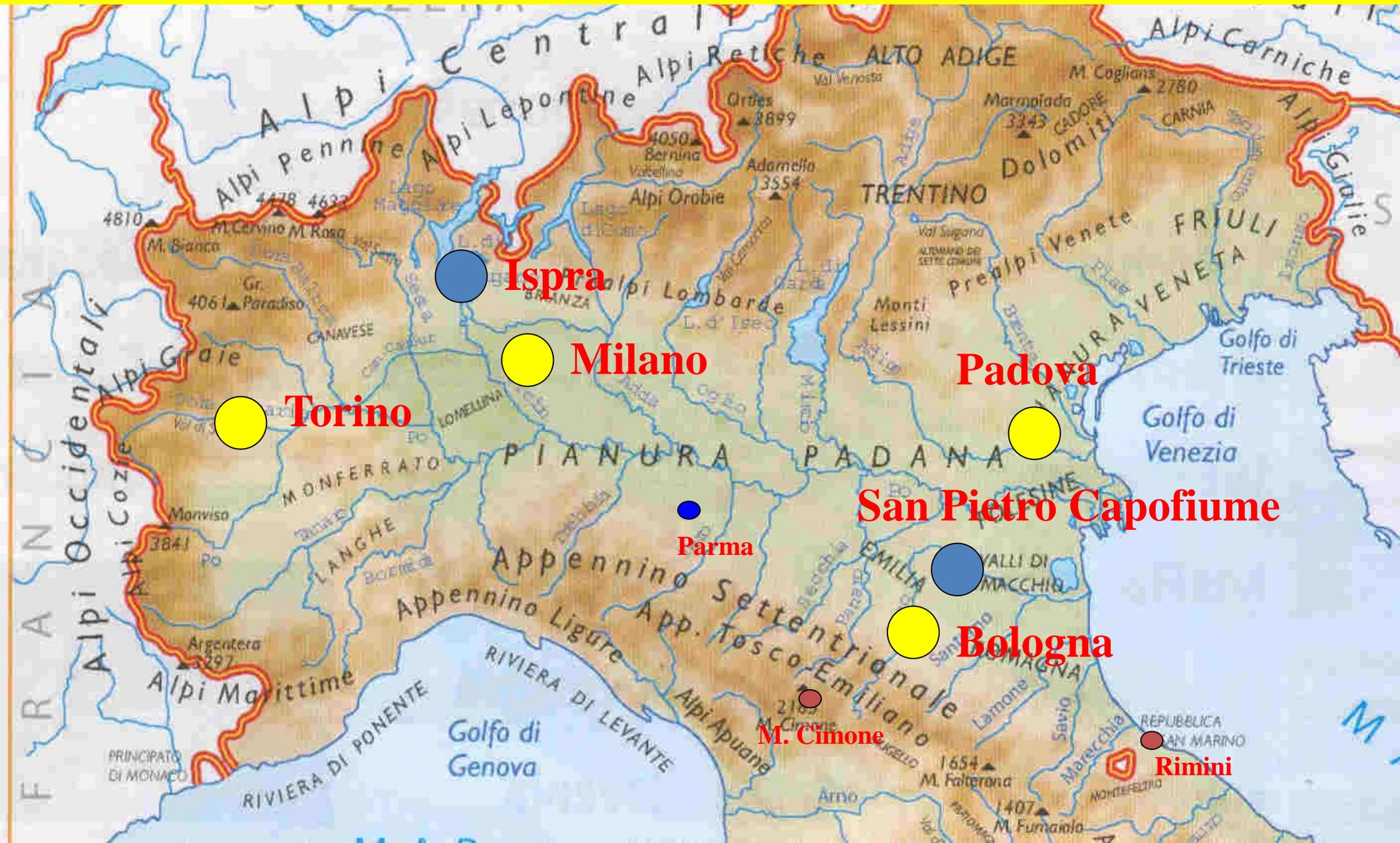
Cooperazione:

Anno 2012: Supersito featuring Pegasos

Pan-European Gas-AeroSOIs-climate interaction Study



2014: Supersito padano (PoAIR): campagna intensiva gennaio-febbraio



Obiettivi della campagna intensiva “Supersito Padano” gennaio-febbraio 2014 ed enti coinvolti

- 1. Determinazione del contributo dell’aerosol da combustione di biomassa nel bacino padano**
- 2. Determinazione del contributo dell’aerosol organico ossidato nel bacino padano, come proxy dell’aerosol organico secondario**
- 3. Determinazione dello spettro dimensionale delle particelle di aerosol atmosferico;**
- 4. Speciazione PM_{2.5} μm e successiva PMF per source apportionment**

Enti coinvolti:

Regioni: Emilia-Romagna, Lombardia, Veneto, Piemonte

Arpa: Emilia-Romagna, Lombardia, Veneto, Piemonte

CNR ISAC,

ENEA,

Università di Milano,

Politecnico di Milano,

Proambiente Scrl,

Università di Cassino e del Lazio Meridionale



UPER
SITO

qualità dell'aria e salute

[www. Supersito-er.it](http://www.Supersito-er.it)