



AGENZIA NAZIONALE PER LE
NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO
SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Progetto VISIBILITY

Rilievo della visibilità del paesaggio come indicatore dell'inquinamento dell'aria

Nucleo iniziale: Ettore Petralia, Milena Stracquadanio, Teresa La Torretta, Antonio Piersanti

11 luglio 2025



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000



Collaborazione tra Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari – Arma dei Carabinieri e ENEA

Durata: concluso il 31.12.2024, ma...

Obiettivo: Il monitoraggio della visibilità ha l'obiettivo generale di definire **se e quali fonti di emissione di origine antropica** (e naturale) possono **determinare una riduzione della trasparenza atmosferica** e diminuire la fruibilità paesaggistica e naturalistica di una tale area; inoltre, può eventualmente proporre processi per ridurre l'impatto di tali sorgenti sul sito di misura.

L'obiettivo specifico: **quantificazione di un coefficiente (Bext) che descrive l'estinzione della luce** in funzione di vari parametri chimico-fisici associati a molecole e particelle aerodisperse in un sito naturale remoto. I valori di Bext vengono quindi **confrontati con immagini scattate da una fotocamera** puntata verso un elemento “target” del paesaggio a diversi chilometri di distanza dal sito di campionamento, al fine di indagare le correlazioni della qualità dell'aria con la sua trasparenza.

La formula IMPROVE per il calcolo della Visibility

$$B_{\text{ext}} \approx 2.2 * fS \text{ (RH)} * [\text{Small Ammonium Sulfate}] + 4.8 * fL \text{ (RH)} * [\text{Large Ammonium Sulfate}] + 2.4 * fS \text{ (RH)} * [\text{Small Ammonium Nitrate}] + 5.1 * fL \text{ (RH)} * [\text{Large Ammonium Nitrate}] + 2.8 * [\text{Small Organic Mass}] + 6.1 * [\text{Large Organic Mass}] + 10 * [\text{Elemental Carbon}] + 1 * [\text{Fine Soil}] + 1.7 * fSS \text{ (RH)} * [\text{Sea Salt}] + 0.6 * [\text{Coarse Mass}] + \text{Rayleigh Scattering (Site Specific)} + 0.33 * [\text{NO}_2 \text{ (ppb)}]$$

I parametri misurati sperimentalmente

- PM_{10} , $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per calcolare la componente Coarse Mass;
- SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per calcolare la componente Ammonium Sulfate-Nitrate ($PM_{2.5}$);
- Cl^- ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per calcolare la componente Sea Salt spray ($PM_{2.5}$);
- Carbonio Elementare e Carbonio Organico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (quest'ultimo per calcolare la componente Organic Mass ($PM_{2.5}$);
- Al, Ti, Si, Ca, Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) per calcolare la componente Fine Soil ($PM_{2.5}$);
- NO_2 (ppb).

Strumentazione

Gli strumenti di cui si avvale il monitoraggio della visibilità sono i seguenti:

- 2 campionatori FAI HYDRA dual channel, per il campionamento del particolato (PM_{2.5}, PM₁₀)
- 1 analizzatore di gas Thermo Fisher Scientific, per l'analisi della concentrazione in atmosfera di ossidi di azoto (NO, NO₂ e NO_x)
- 1 centralina meteo
- 1 fotocamera panoramica

Strumentazione

Gli strumenti di cui si avvale il monitoraggio della visibilità sono i seguenti:

- 2 campionatori FAI HYDRA dual channel, per il campionamento del particolato (PM_{2.5}, PM₁₀)
- 1 analizzatore di gas Thermo Fisher Scientific, per l'analisi della concentrazione in atmosfera di ossidi di azoto (NO, NO₂ e NO_x)
- 1 centralina meteo
- 1 fotocamera panoramica

Impostazione Campionamento del PM₁₀ e PM_{2.5}

- Campionamenti di 24 ore;
- Frequenza di 1 campionamento ogni 3 giorni;
- 4 linee di campionamento per il particolato: 1 linea per la determinazione della concentrazione in massa del particolato PM₁₀, 3 linee di campionamento per la frazione PM_{2.5} (1. linea con filtro in teflon per la determinazione della concentrazione in massa del particolato e di metalli ed elementi in traccia; 2. linea con filtro in quarzo per l'analisi del particolato carbonioso; 3. linea con filtro in teflon per le misure di anioni e cationi).

Le analisi chimico-fisiche dei campioni, e il conseguente calcolo del B_{ext} , vengono effettuate successivamente in laboratorio.

RIL

PROGETTO VISIBILITY

INDICATORE DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA



WWW.ROBOTIX.COM 2021-05-15 08:51 12.89792

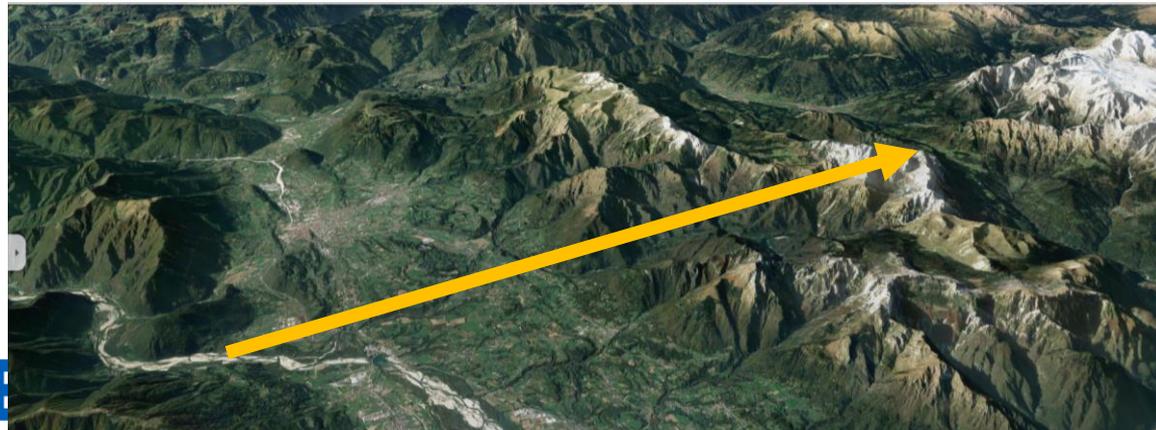


Lago dei Monaci (Parco del Circeo, LT)

PROGETTO VISIBILITY

RIL

NO COME INDICATORE DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA

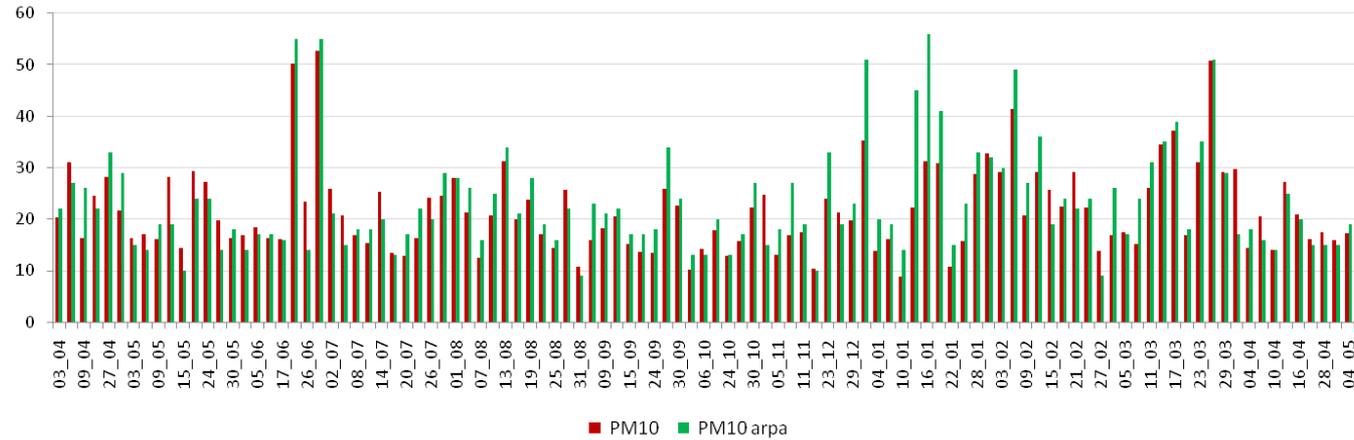


Vincheto di Celarda
(Parco Dolomiti Bellunesi, BL)

PROGETTO VISIBILITY

RIL

IA



PM₁₀ VISIBILITY Lago Monaci vs PM₁₀ ARPA Latina Tasso

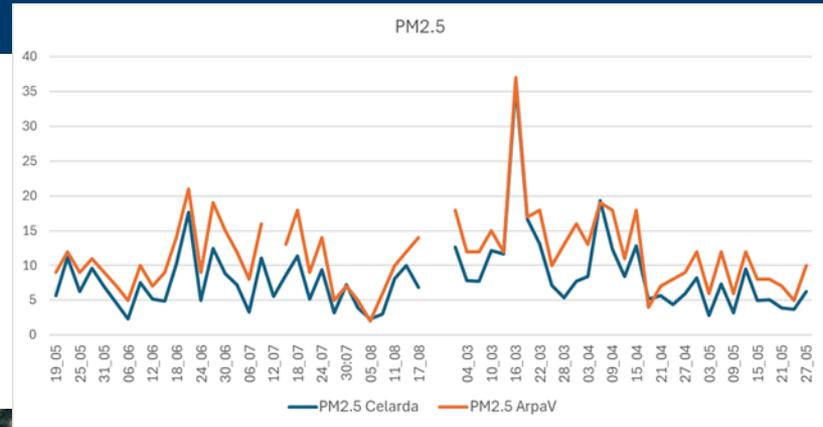
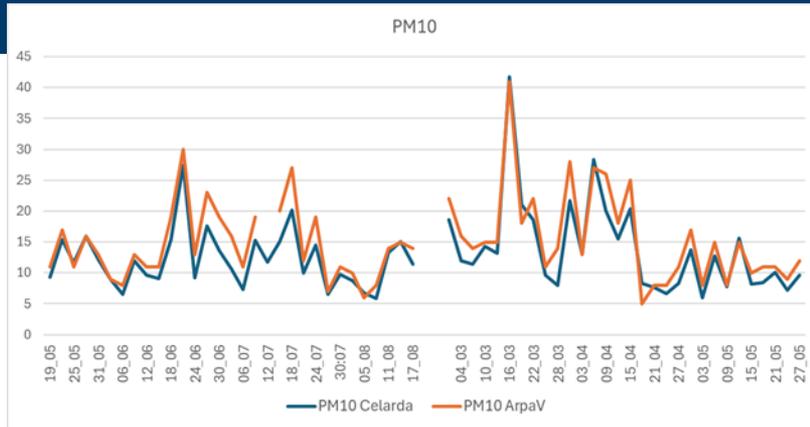


Stazione ARPA LAZIO - LATINA TASSO

Tipologia: fondo urbano

PROGETTO VISIBILITY

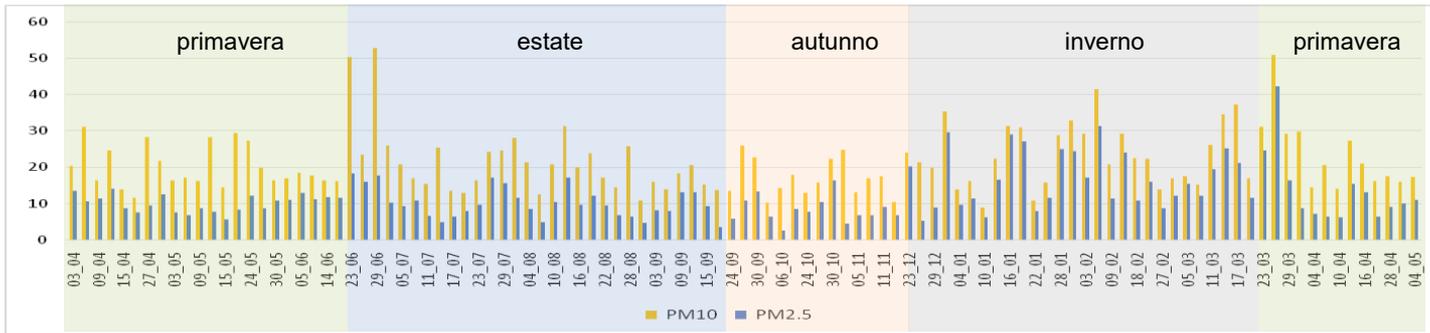
RILIEVO DELLA VISIBILITÀ DEL PAESAGGIO COME INDICATORE DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA



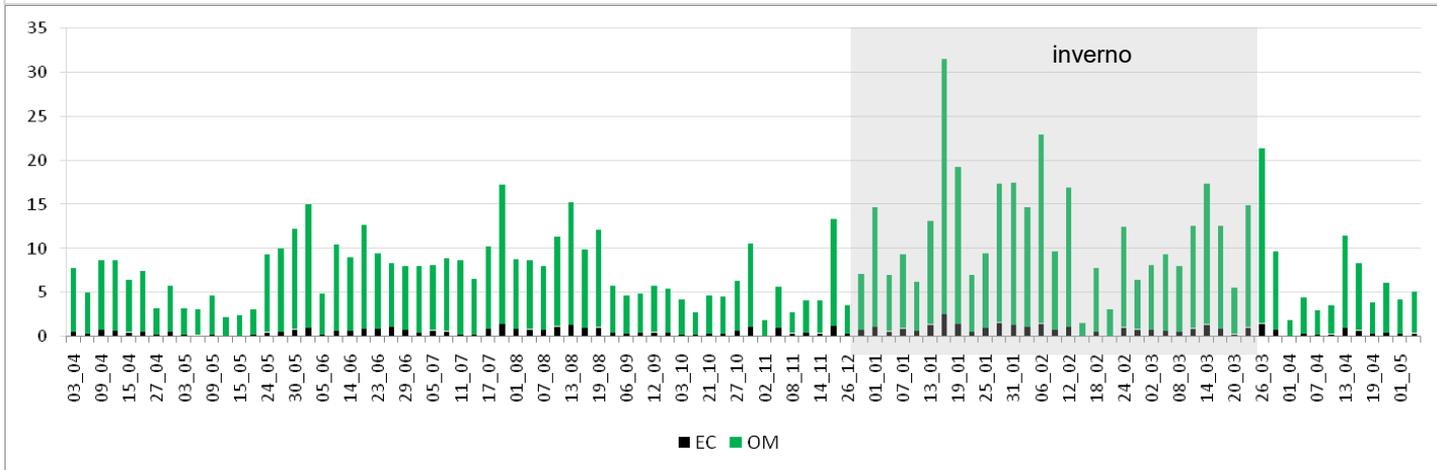
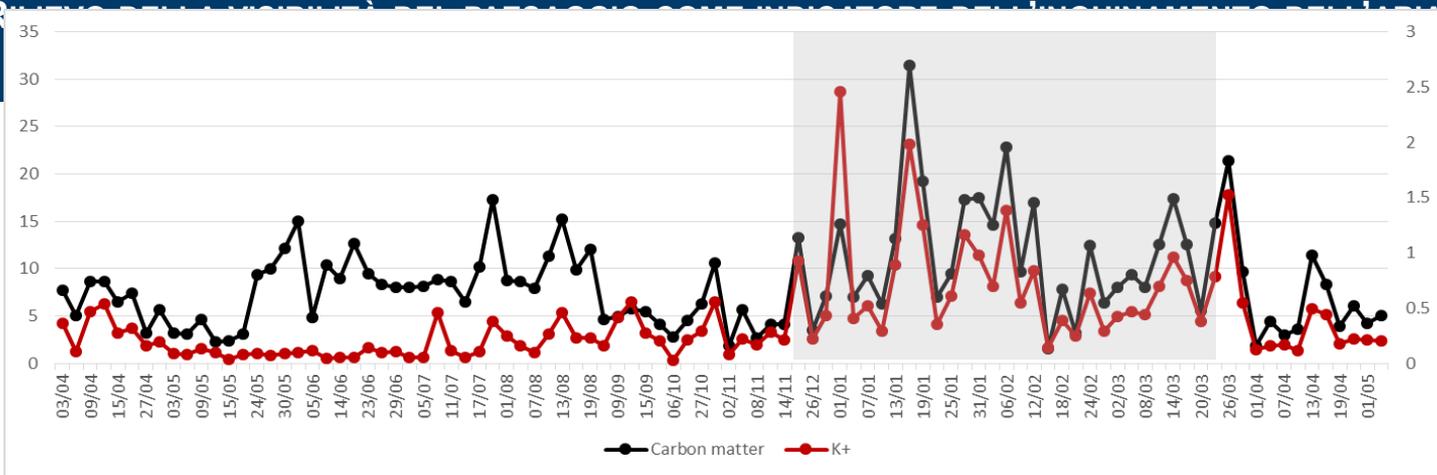
PM₁₀ VISIBILITY Celarda vs PM₁₀ ARPA Area Feltrina



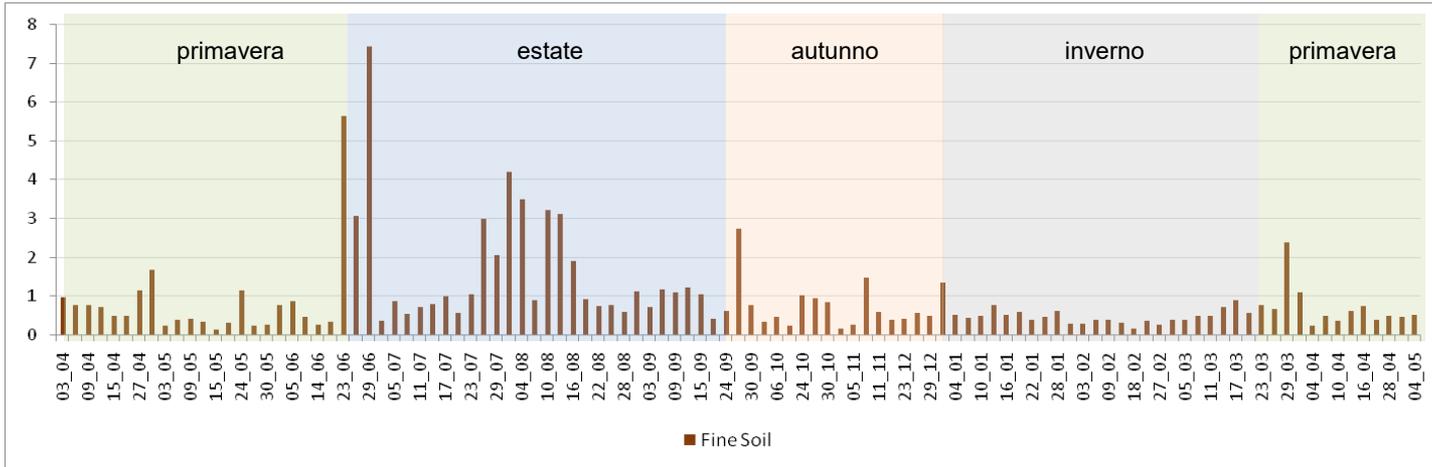
PM₁₀ (gravimetrico) e PM_{2.5} (gravimetrico)



PROGETTO VISIBILITY

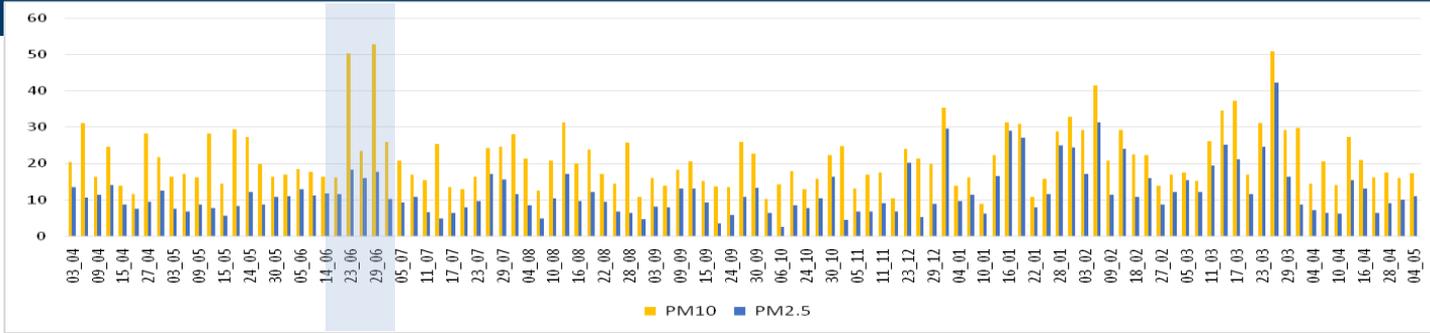


Terrigeno fine (7% del PM_{2.5})

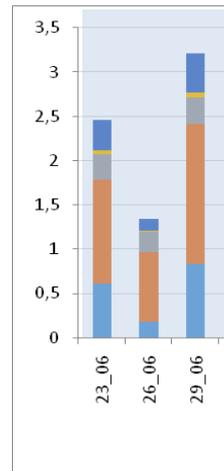


PROGETTO VISIBILITY

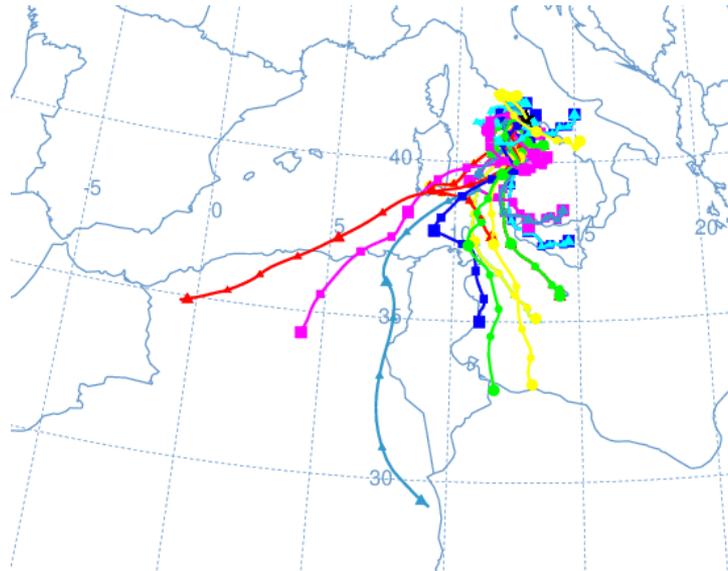
RILIEVO DELLA VISIBILITÀ DEL PAESAGGIO COME INDICATORE DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA



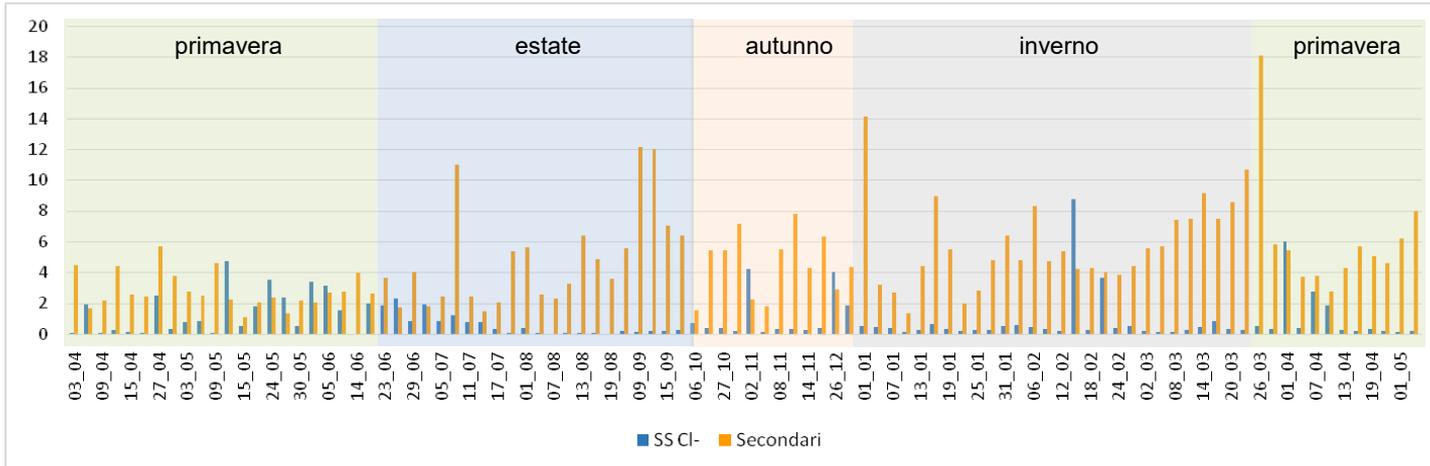
**Metalli ed Elementi
in traccia: zoom su
evento di Trasporto
di sabbia**



■ Al ■ Si ■ Ca ■ Ti ■ Fe

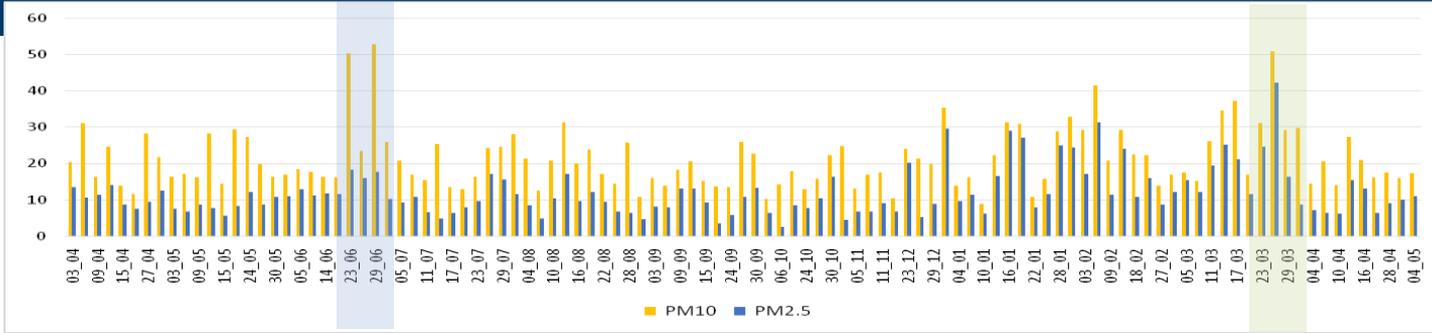


Aerosol Marino (7% del $PM_{2.5}$) e Aerosol Secondario (38% del $PM_{2.5}$)

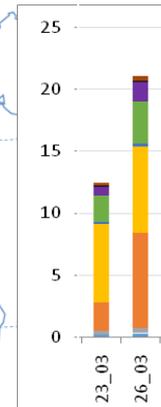
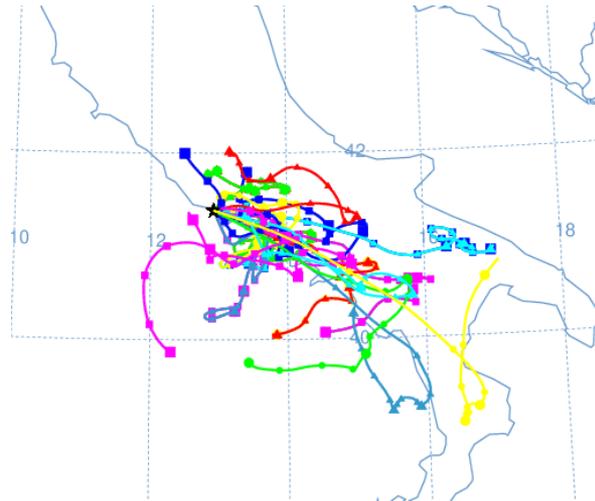
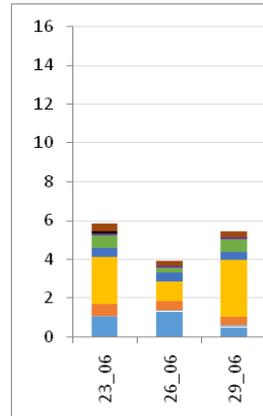


PROGETTO VISIBILITY

RILIEVO DELLA VISIBILITÀ DEL PAESAGGIO COME INDICATORE DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA



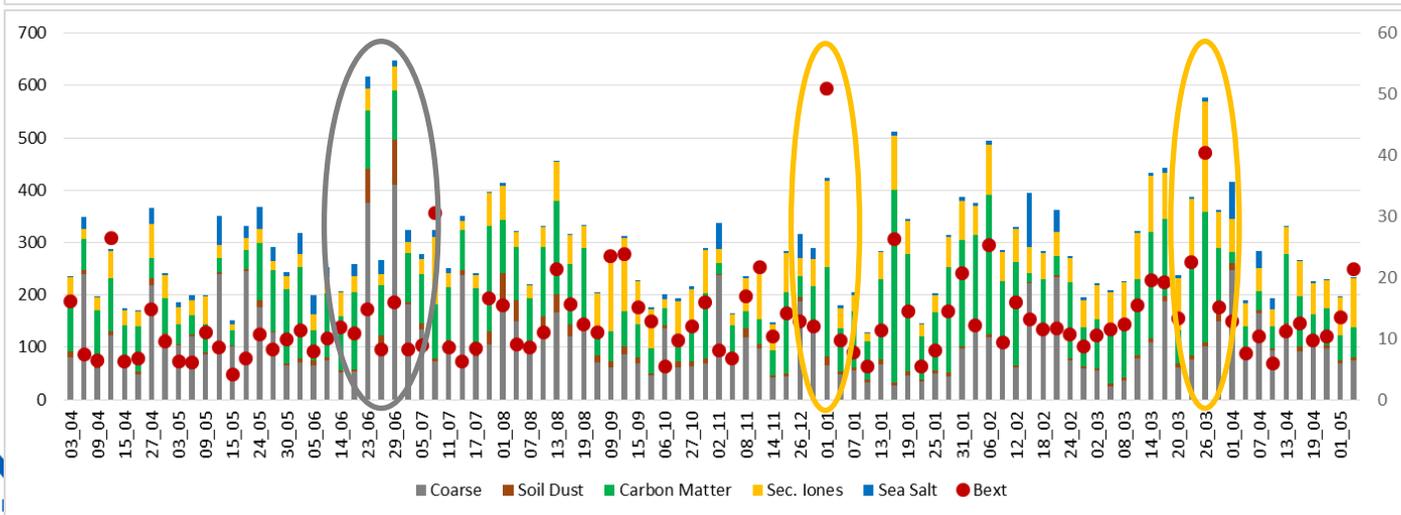
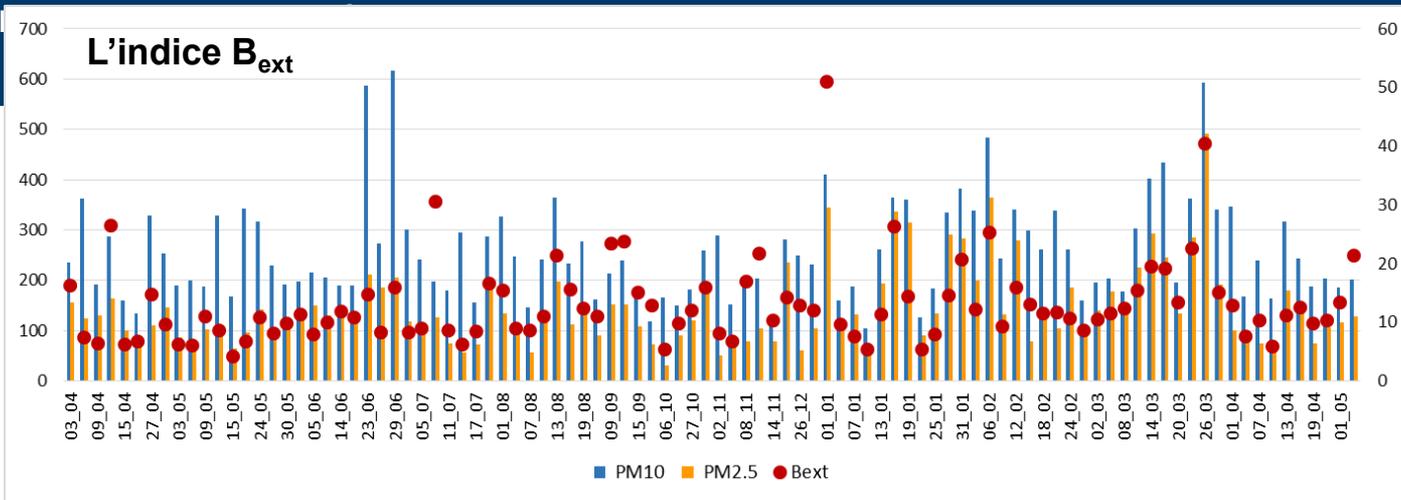
**Ioni inorganici
solubili in acqua:
zoom su evento di
aerosol Secondario**



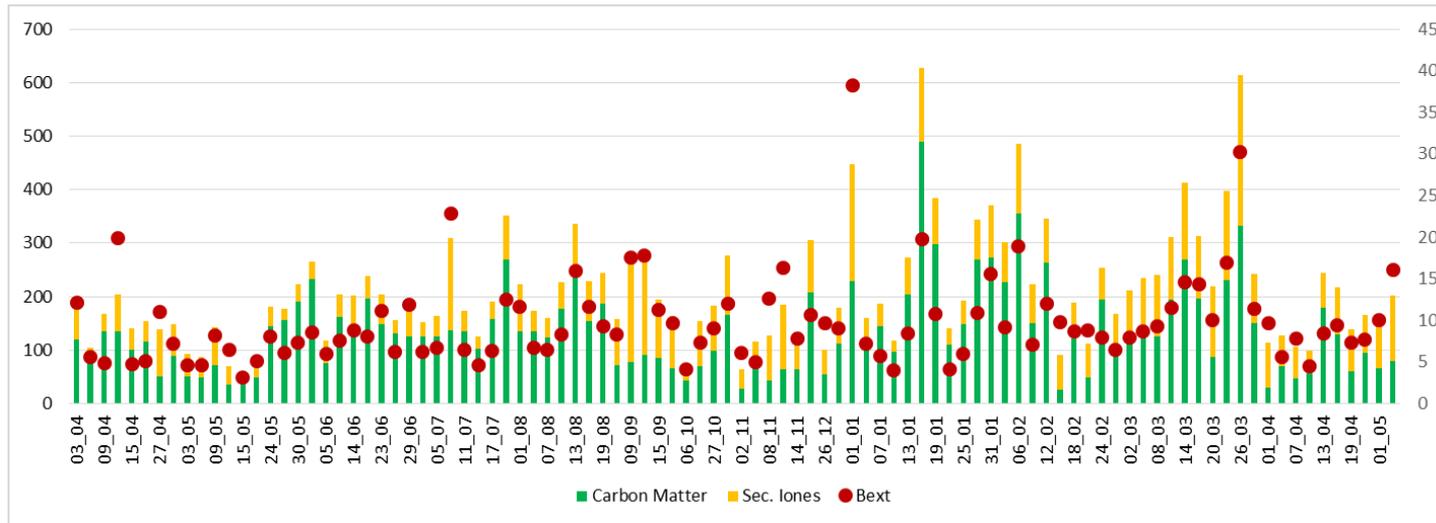
PROGETTO VISIBILITY

Ri

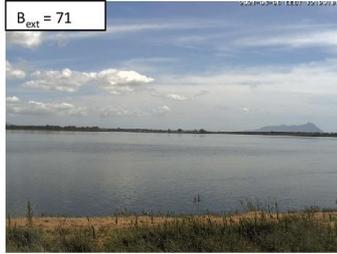
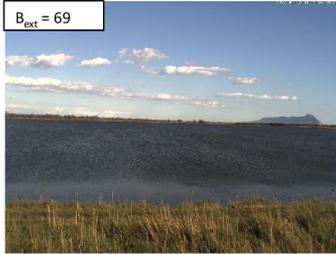
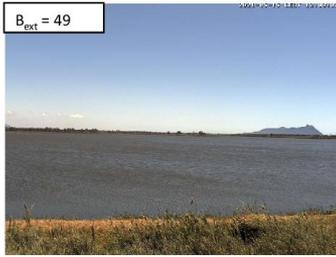
A



$$B_{\text{ext}} \approx 2.2 * fS \text{ (RH)} * [\text{Small Ammonium Sulfate}] + 4.8 * fL \text{ (RH)} * [\text{Large Ammonium Sulfate}] + 2.4 * fS \text{ (RH)} * [\text{Small Ammonium Nitrate}] + 5.1 * fL \text{ (RH)} * [\text{Large Ammonium Nitrate}] + 2.8 * [\text{Small Organic Mass}] + 6.1 * [\text{Large Organic Mass}] + 10 * [\text{Elemental Carbon}] + 1 * [\text{Fine Soil}] + 1.7 * fSS \text{ (RH)} * [\text{Sea Salt}] + 0.6 * [\text{Coarse Mass}] + \text{Rayleigh Scattering (Site Specific)} + 0.33 * [\text{NO}_2 \text{ (ppb)}]$$



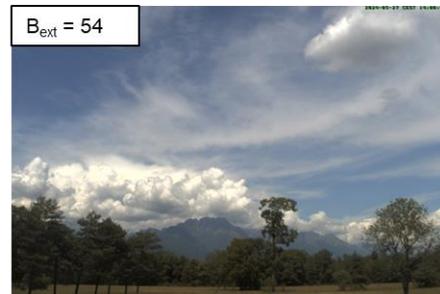
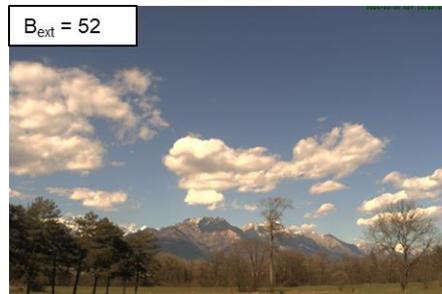
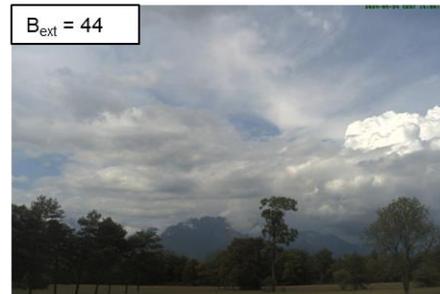
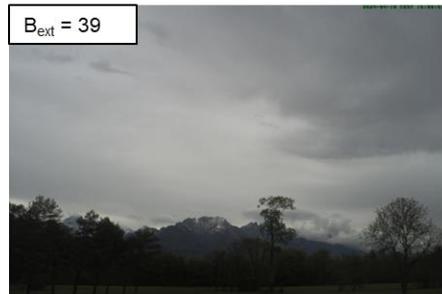
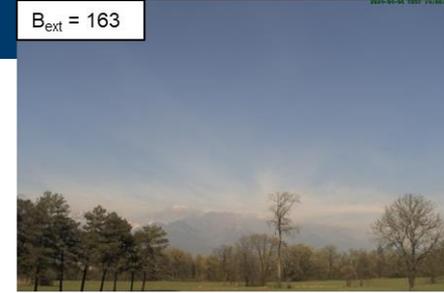
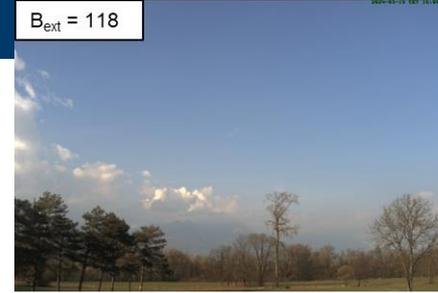
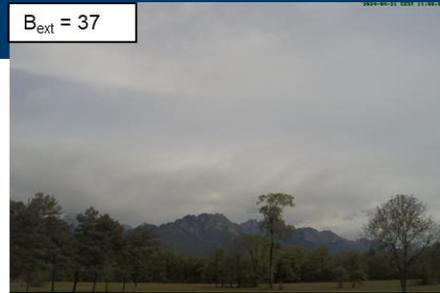
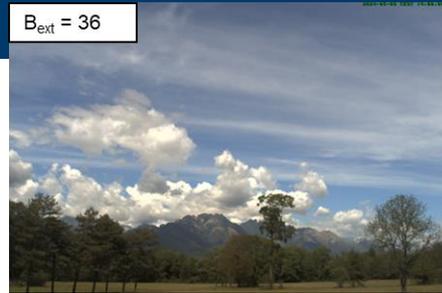
PROGETTO VISIBILITY MAGGIO COME INDICATORE



Lago dei Monaci (Parco del Circeo, LT)

PROGETTO VISIBILITY

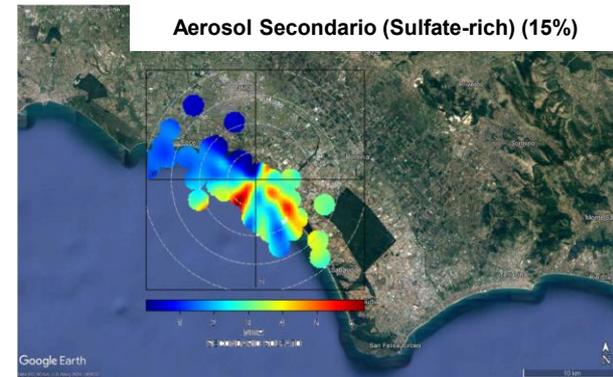
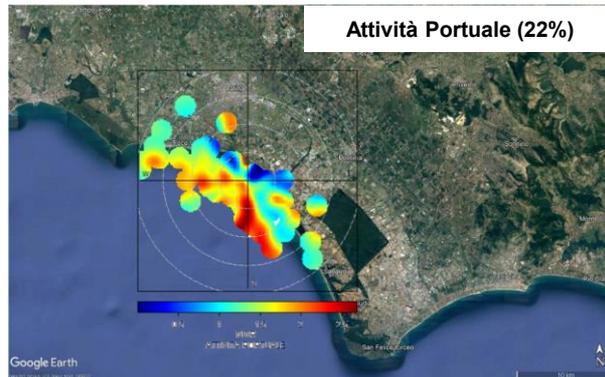
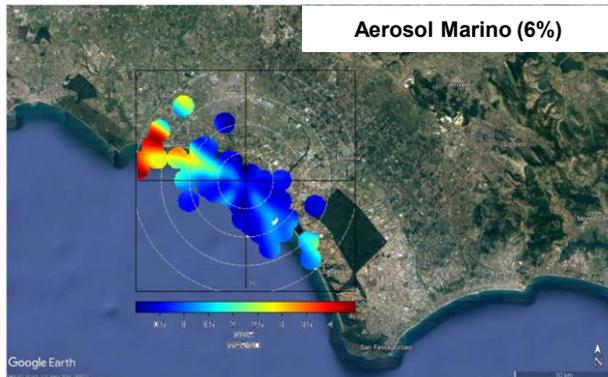
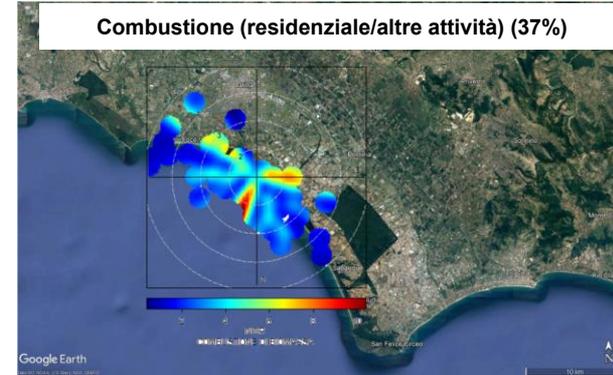
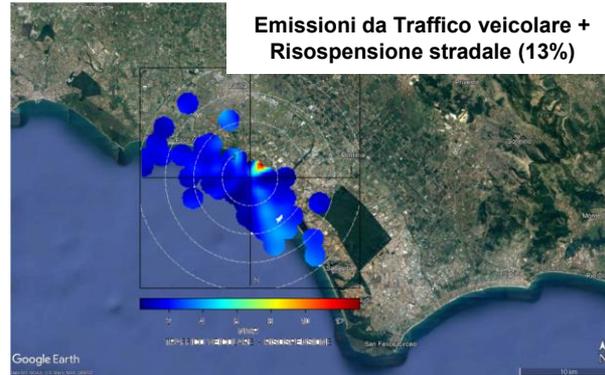
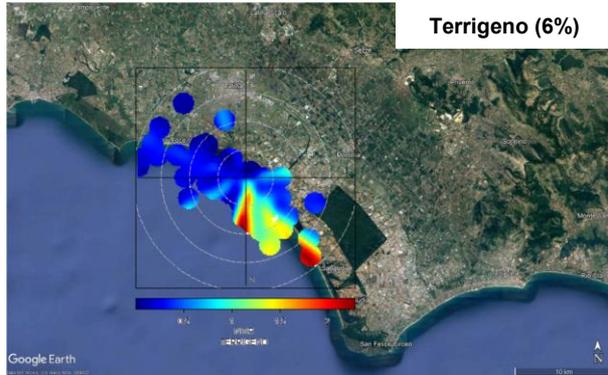
RILIEVO DELLA VISIBILITÀ DEL PAESAGGIO COME INDICATORE DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA



Vinchetto di Celarda (Parco Dolomiti Bellunesi, BL)

PROGETTO VISIBILITY

RILIEVO DELLA VISIBILITÀ DEL PAESAGGIO COME INDICATORE DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA



QUESTIONI APERTE E ASPETTI DA SVILUPPARE:

- 1. Rappresentatività del punto di misura (abbiamo bisogno di informazioni complementari da mappe di concentrazione su vasta area generate da modelli AQ)?**
- 2. Come gestire l'attenuazione visiva in funzione delle nuvole...**
- 3. Come distinguere i diversi inquinanti attraverso i colori delle immagini...**
- 4. È possibile "semplificare" l'insieme strumentale trovando un proxy per i parametri dell'algoritmo Bext (NEFELOMETRO)?**
- 5. Adattabilità dell'algoritmo al territorio italiano e "personalizzazione" dei coefficienti moltiplicativi (NEFELOMETRO)...**
- 6. Oggettivizzazione della "foto-interpretazione" per la valutazione della visibilità ottica...**

PROGETTO VISIBILITY

RILIEVO DELLA VISIBILITÀ DEL PAESAGGIO COME INDICATORE DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA

Enjoy the
landscape

