Progetto comunitario prepAIR: la qualità dell'aria nel bacino padano

Martedì 24 novembre 2020 ore 10:00

ARPA FVG
agenzia regionale per la protezione dell'ambiente del Friuli Venezia Giulia

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

REALIZZATO DA:

IAL FVG

Programma

Parte prima

Qualità dell'Aria in Friuli Venezia Giulia nel contesto del progetto EU LIFE-PREPAIR

A cura di Fulvio Stel

Parte seconda

PREPAIR: emissioni, scenari, valutazioni

A cura di Giovanni Bonafè

Qualità dell'Aria in Friuli Venezia Giulia

nel contesto del progetto EU LIFE-PREPAIR

www.lifeprepair.eu

Arpa FVG – feat Fulvio Stel

Inquinamento Atmosferico o Qualità dell'Aria?

Inquinamento Atmosferico: **Ogni forma di perturbazione dello stato naturale dell'atmosfera**

Qualità dell'Aria **Condizioni nelle quali si trova l'atmosfera che respiriamo**

La qualità dell'aria (con i suoi standard) è regolamentata da una Direttiva Europea (2008/50/CE; fissa obiettivi e le modalità di valutazione)

Inquinamento Atmosferico o Qualità dell'Aria?

Direttiva Europea:

2008/50/CE
(tradotta nel D.lgs 155/2010)

«norma» (fissa delle soglie) per alcuni inquinanti, non per tutti (PM10, O3, SO2, …)

Misuriamo dappertutto le stesse «cose» e lo facciamo allo stesso modo

Regolamenta le modalità di monitoraggio (quali e quanti punti di misura, dove, con quale frequenza, etc.

Inquinamento Atmosferico o Qualità dell'Aria?

Direttiva Europea:

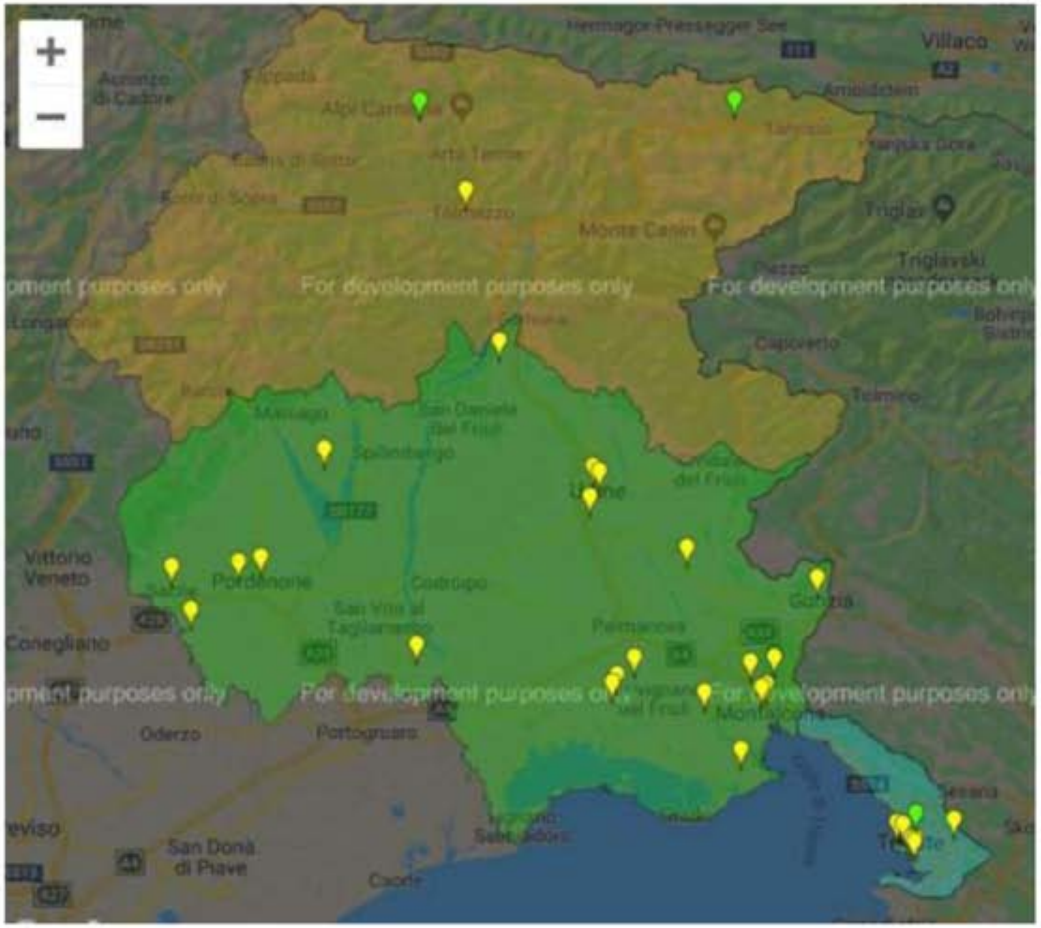
2008/50/CE
(tradotta nel D.lgs 155/2010)

Prescrive che la valutazione della qualità dell'aria sia fatta per tutto il territorio

Agiamo in maniera diversa a seconda delle diversità dei territori

Individua in maniera chiara le responsabilità (Stato, Regioni, Comuni) e prescrive cosa fare (Piani Qualità dell'Aria)

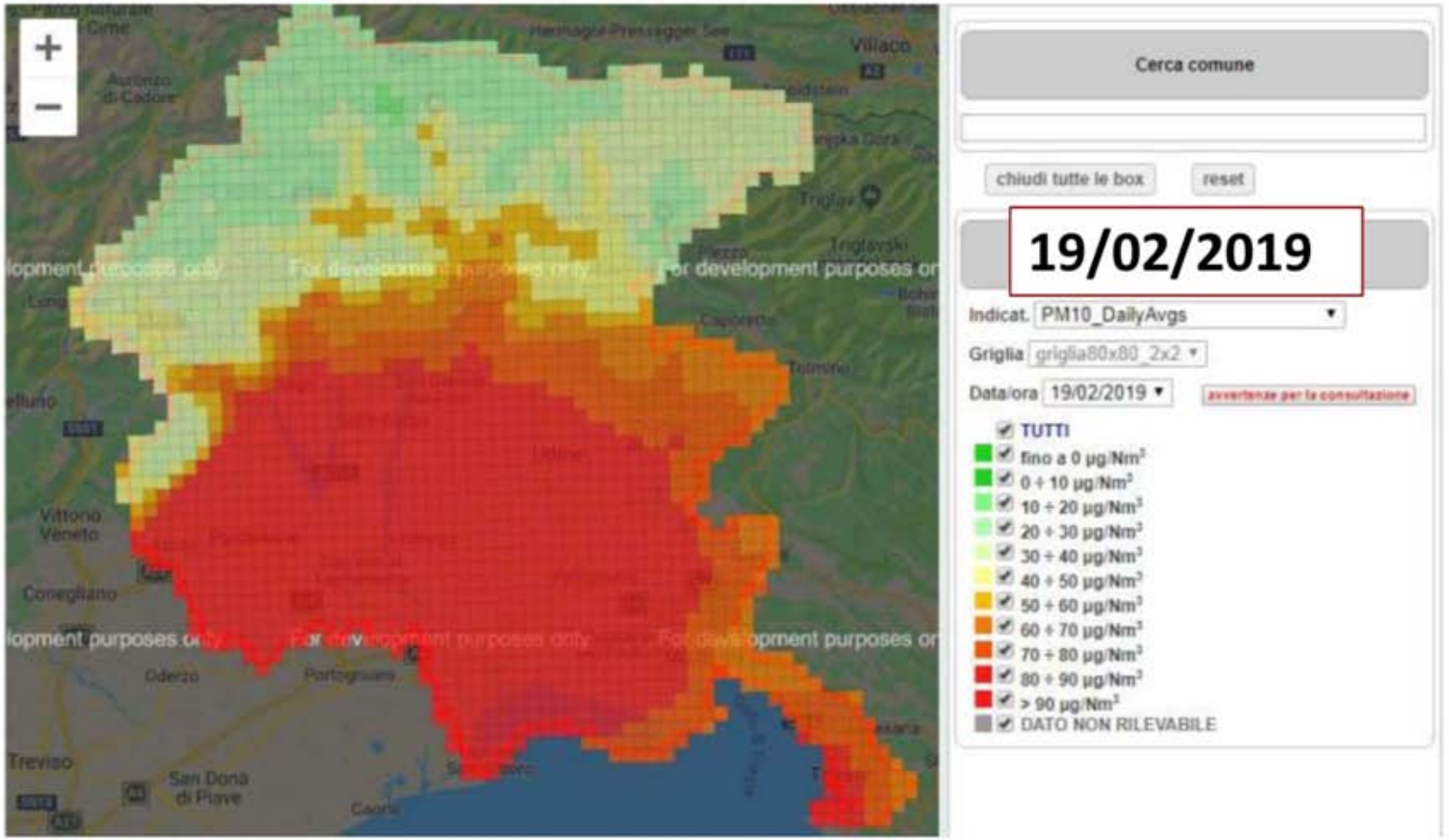
Inquinamento Atmosferico o Qualità dell'Aria?



19/02/2019

Regolamenta le modalità di monitoraggio (quali e quanti punti di misura, dove, etc.

Inquinamento Atmosferico o Qualità dell'Aria?



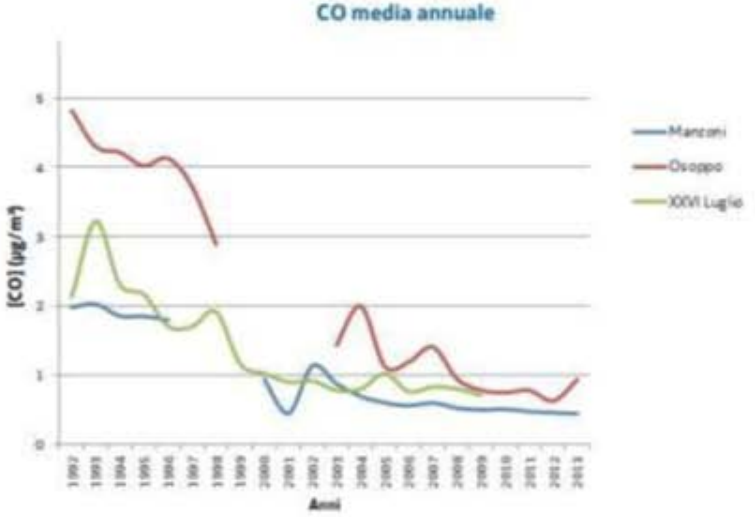
Qualità dell'aria e «clima chimico» dell'atmosfera

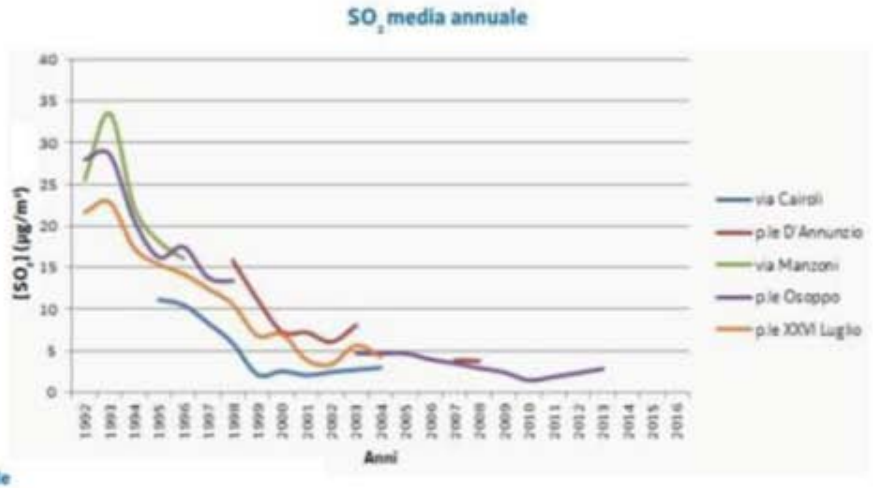
3200 anni a.C.

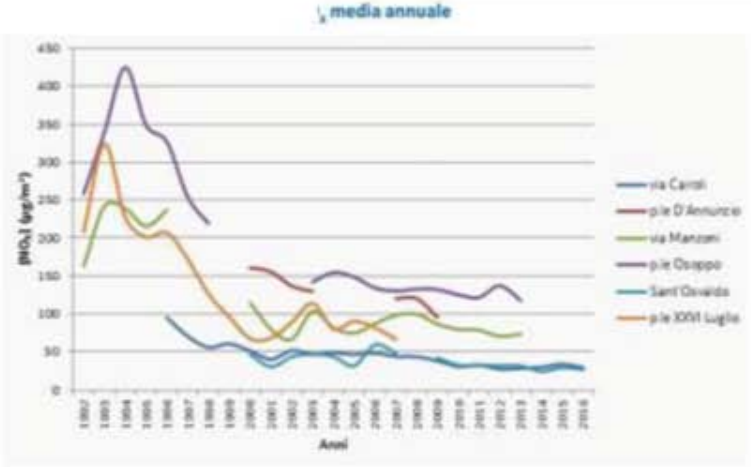
I polmoni di Oetzi (la mummia del Similaun) sono abbondantemente incrostati di depositi di polveri carboniose.

Oetzi morì a ca. 40 anni di morte violenta, se fosse vissuto sino a 60-80 anni, avrebbe certamente sviluppato delle patologie mortali ricollegabili all'inquinamento atmosferico

Qualità dell'aria e «clima chimico» dell'atmosfera

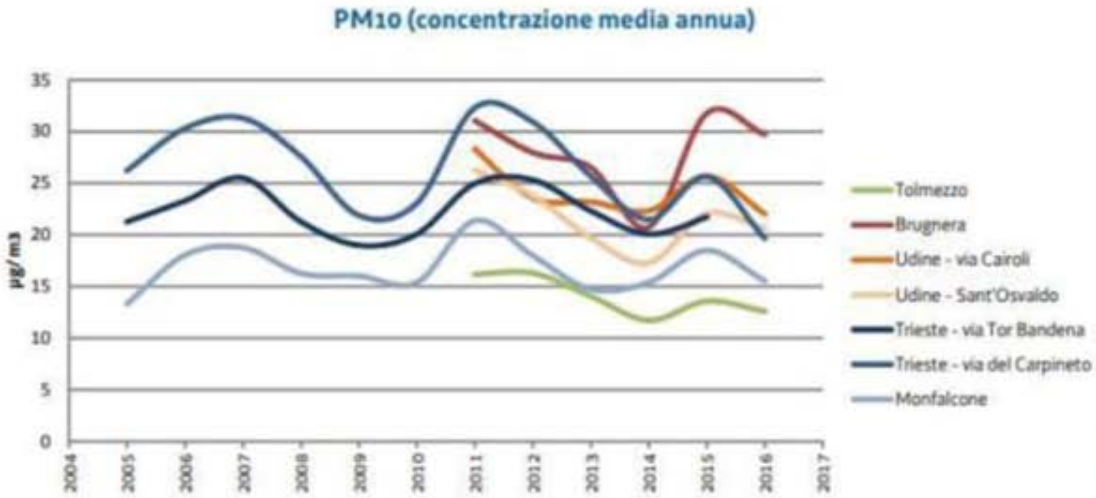




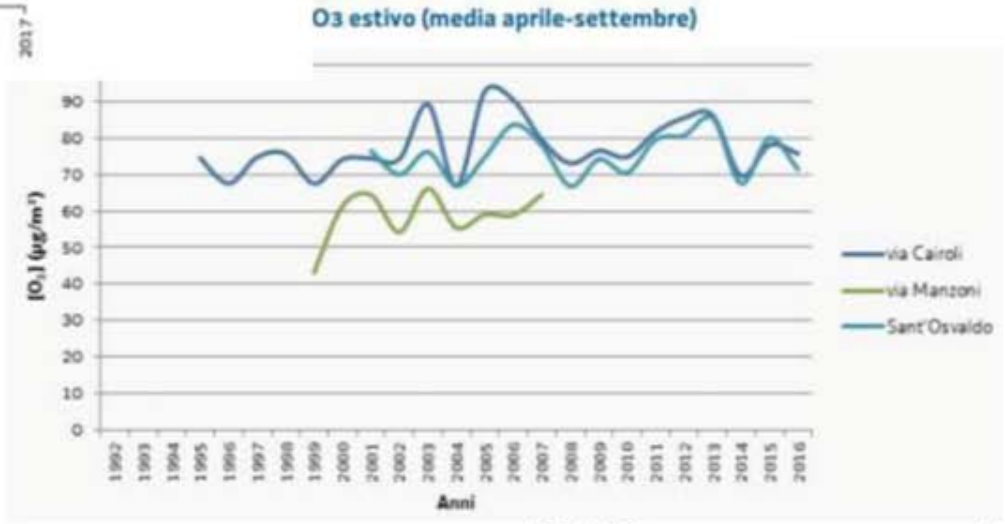


Alcuni inquinanti sono virtualmente scomparsi o sono in rapida diminuzione…

Qualità dell'aria e «clima chimico» dell'atmosfera



…ma alcuni inquinanti ancora rimangono a livelli significativi e tali da abbassare la qualità complessiva dell'aria. Come mai?



Qualità dell'aria e «clima chimico» dell'atmosfera

Siamo stati molto bravi a ridurre gli inquinanti che:

1) **Avevano un'unica sorgente;**
2) **Hanno consentito una soluzione tecnologica del problema.**

Stiamo faticando molto a ridurre gli inquinanti che:

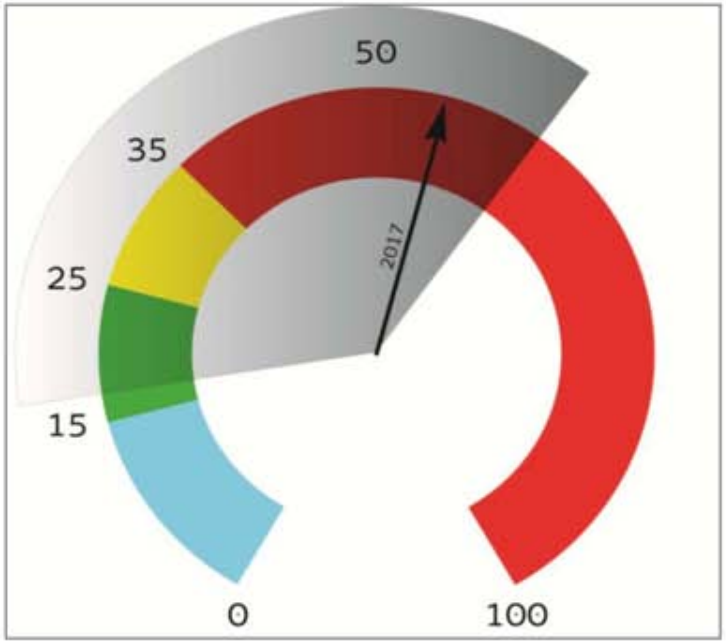
1) **Hanno sorgenti multiple;**
2) **Richiedono una modifica nel comportamento delle persone (scelte).**

Ma tornando a noi…

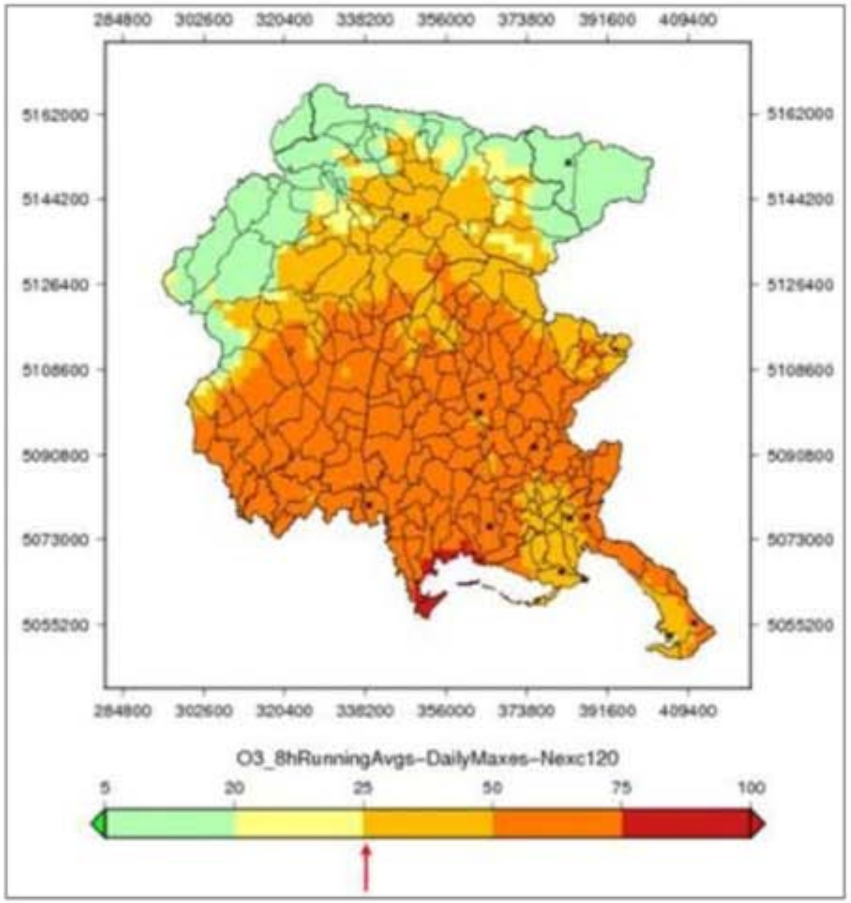
Quali sono i problemi della Qualità dell'Aria in Friuli Venezia Giulia?

Com'è la Qualità dell'aria in Friuli Venezia Giulia?

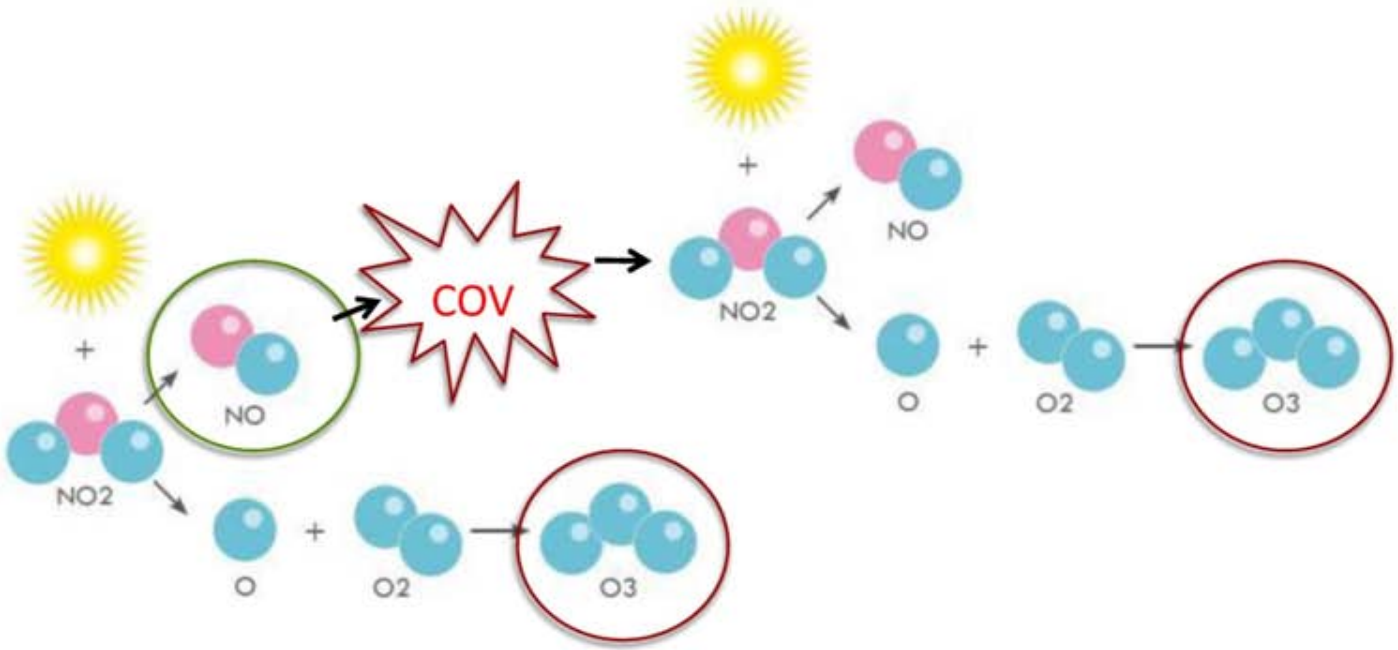
Ozono (O3)



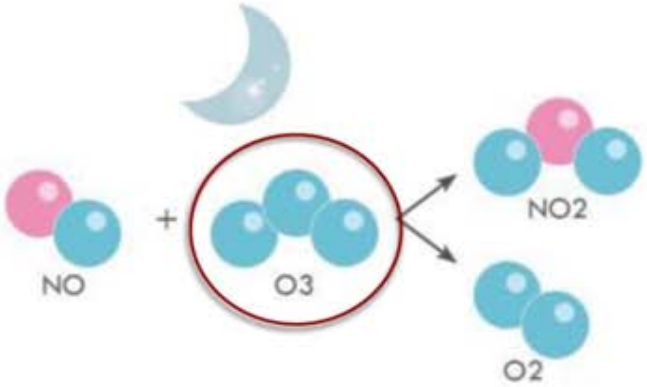
Superamenti giornalieri 2019



Di cosa è fatto l'ozono?



Di cosa è fatto l'ozono?



Di cosa è fatto l'ozono?

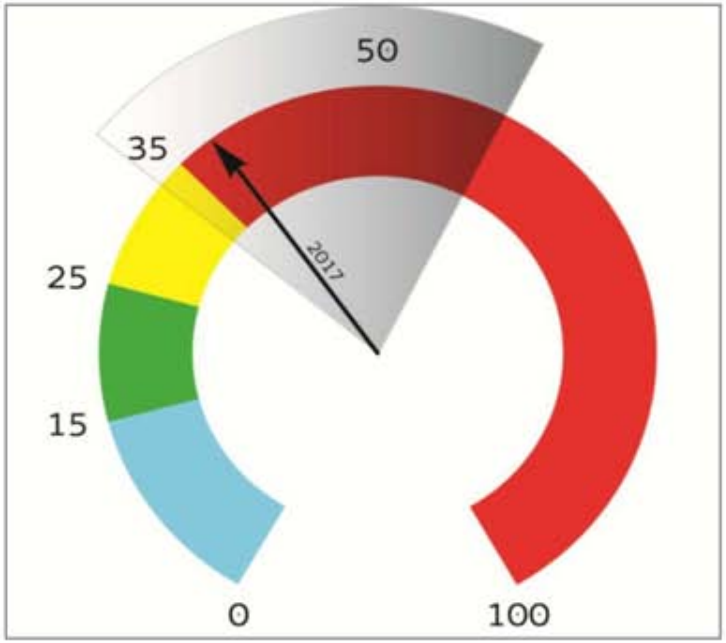
Precursori dell'ozono (inemar 2015)

5000 t/anno	**Produzione energia e trasformazione combustibili;**
9300 t/anno	**Combustione nell'industria e processi produttivi;**
17000 t/anno	**Trasporto su strada;**
10000 t/anno	**Solventi;**
36000 t/anno	**Foreste;**

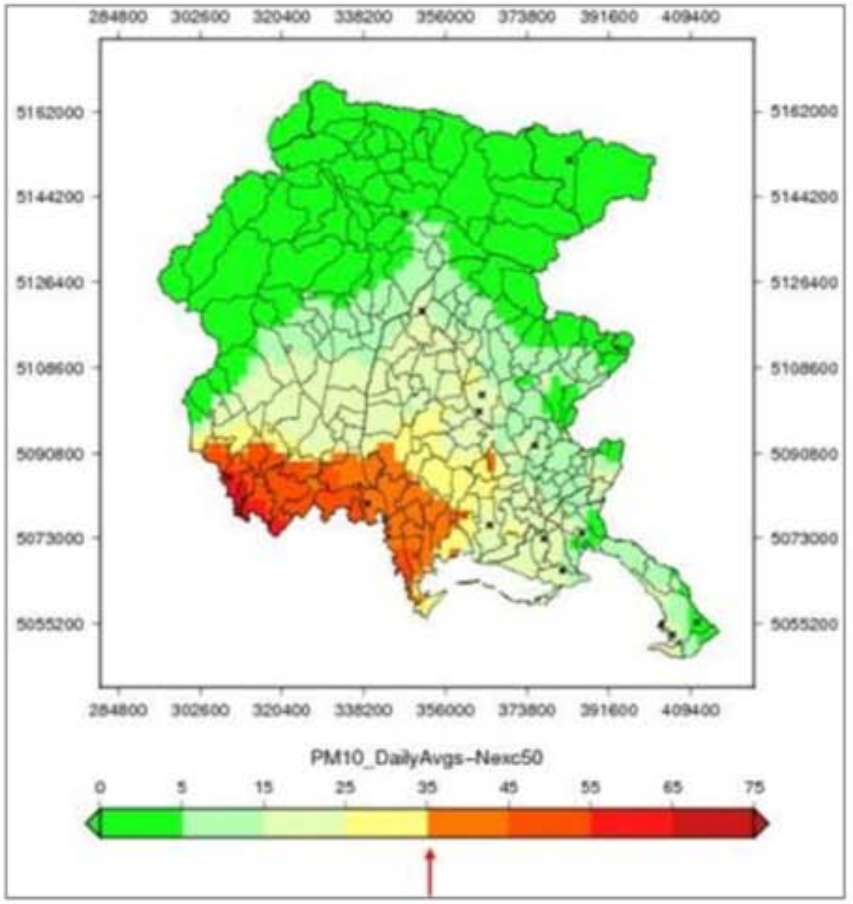
….

Com'è la Qualità dell'aria in Friuli Venezia Giulia?

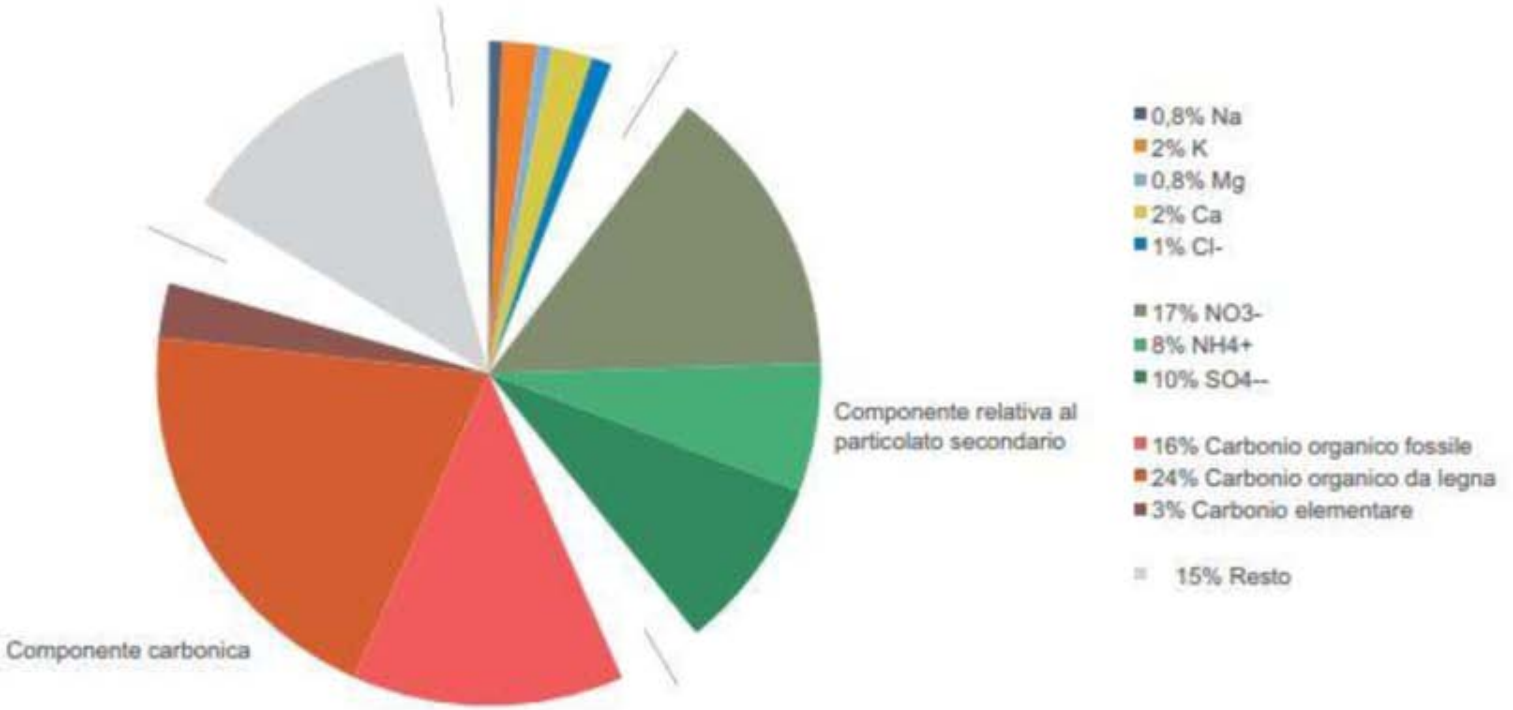
Materiale Particolato PM10



Superamenti giornalieri 2019



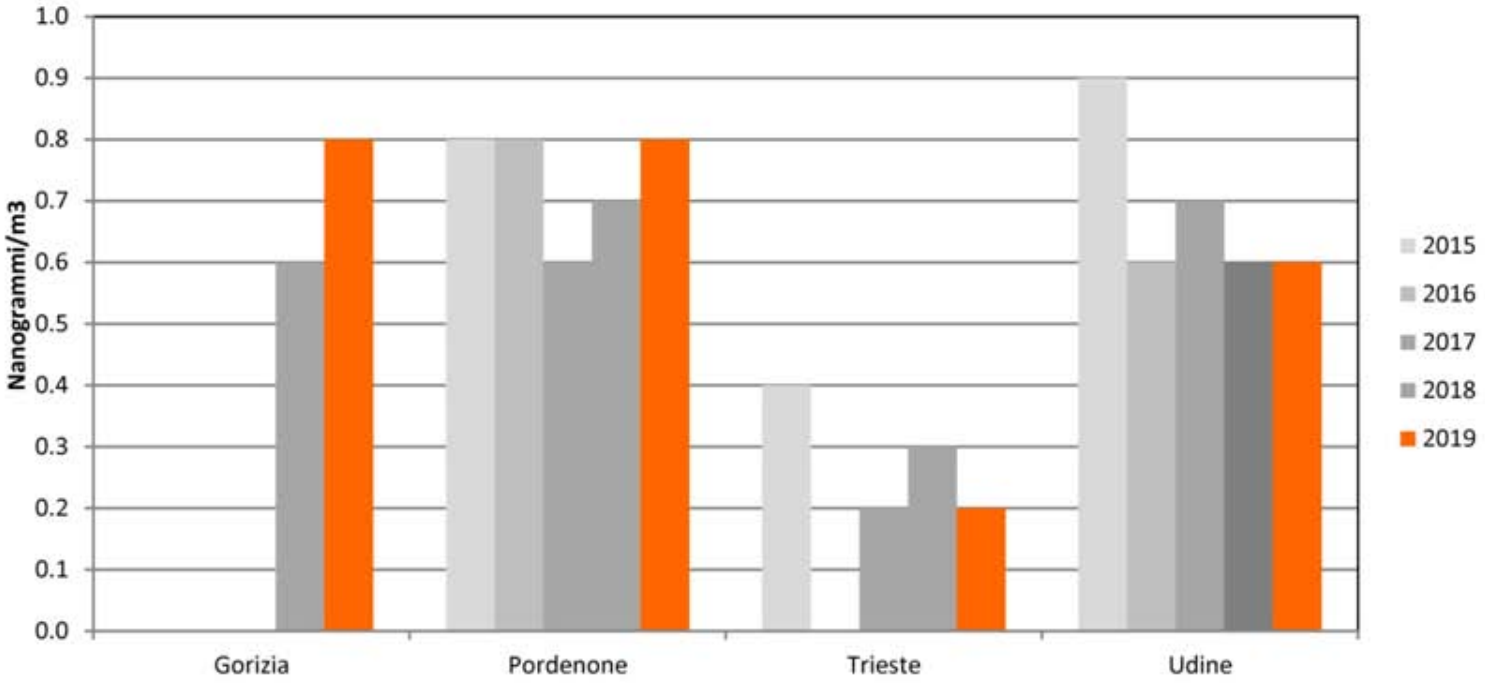
Di cosa è fatto il particolato?



Fonte: progetto EU iMONITRAF!

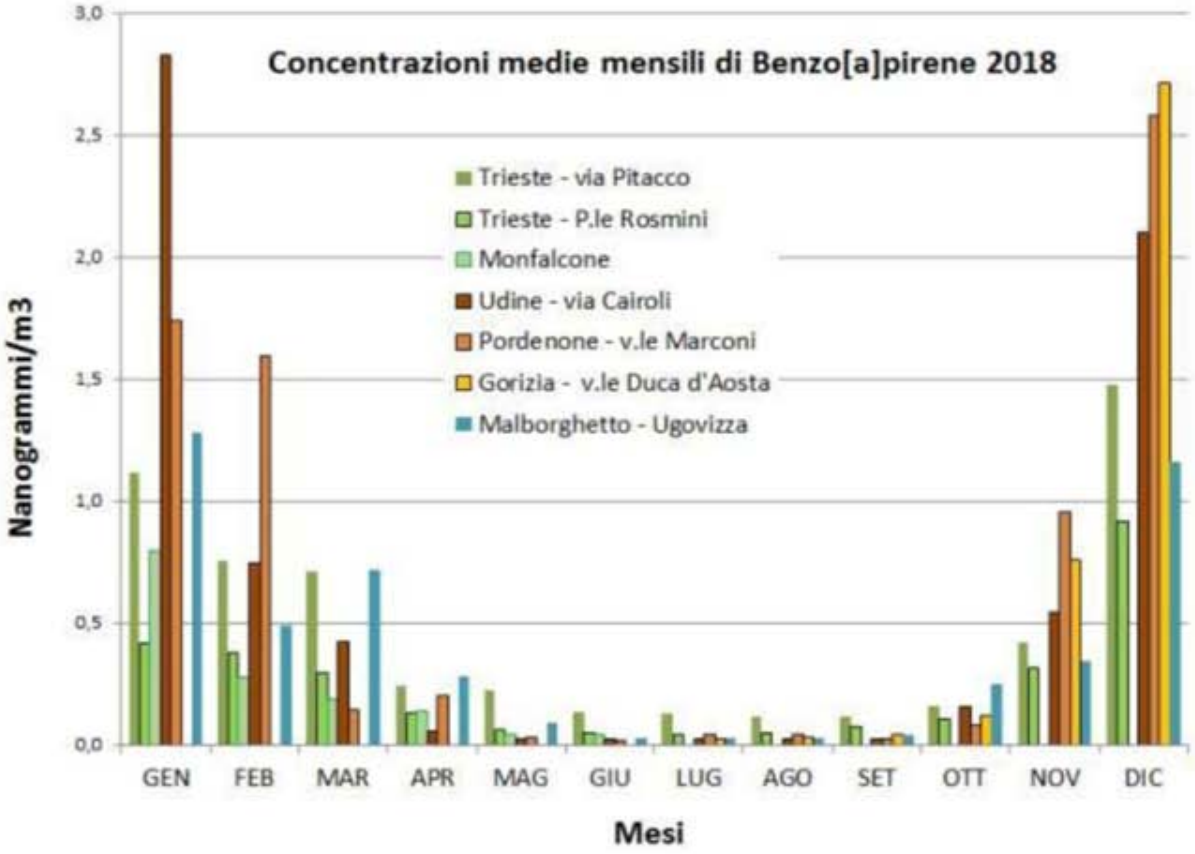
Com'è la Qualità dell'aria in Friuli Venezia Giulia?

Benzo[a]pirene



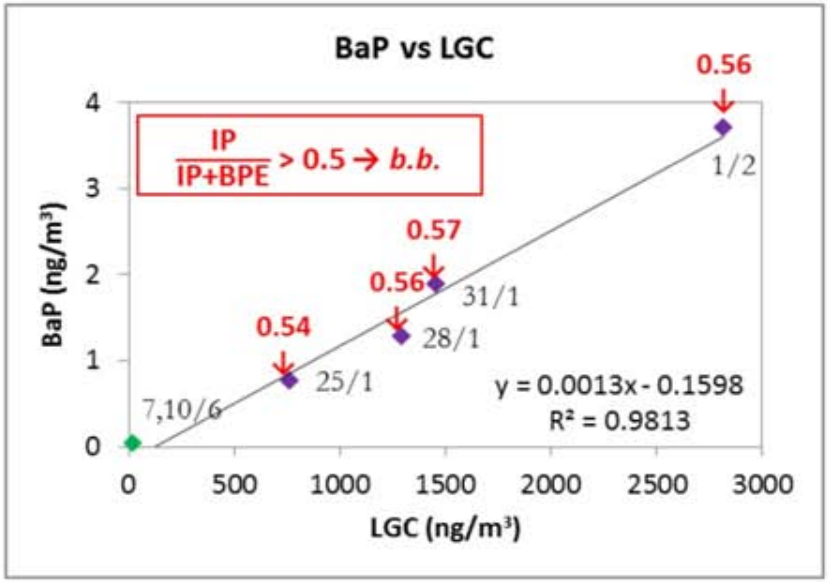
Com'è la Qualità dell'aria in Friuli Venezia Giulia?

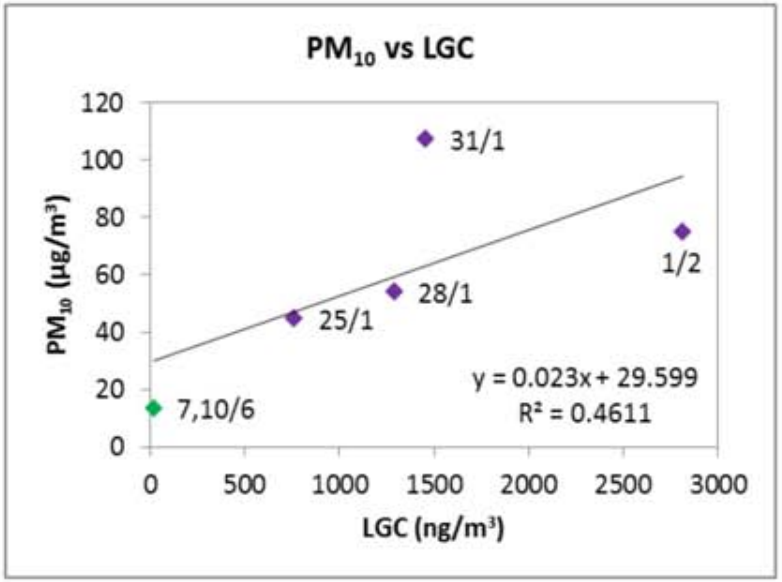
Benzo[a]pirene



Com'è la Qualità dell'aria in Friuli Venezia Giulia?

Benzo[a]pirene





Il tracciante levoglucosano indica la sorgente «combustione legna» come sorgente del benzoapirene

Perché il progetto LIFE - PREPAIR

Fornire strumenti condivisi per la predisposizione dei Piani di Qualità dell'Aria (cfr. presentazione successiva)

Affrontare in maniera multisorgente il tema della qualità dell'aria (quattro pillars: Energia, Biomasse, Trasporti, Agricoltura)

Fornire esperienze per il cambiamento dei comportamenti (corsi di formazione)

....

Grazie per l'Attenzione

(il futuro è più facile crearlo che prevederlo)

ARPA FVG
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

PREPAIR: emissioni, scenari, valutazioni

Le principali sorgenti emissive associate agli inquinanti ancora problematici nel bacino padano individuate per tipologia e collocazione spaziale

Giovanni Bonafè, Edi Baiutti, Marco Bellini, Irene Gallai, Andrea Mistaro, Francesco Montanari, Alessia Movia, Alessandra Petrini, Fulvio Stel, Arianna Tolloi, Marco Visintin
Centro Regionale di Modellistica Ambientale
SOS Qualità dell'Aria
IPAS Analisi chimiche ambientali

sommario

schema DPSIR

processi, scale spaziali, scale temporali

emissioni nel bacino padano: mappe, tendenze

il supporto alla stesura di un piano per la qualità dell'aria

scenari emissivi

scenari di qualità dell'aria

attribuzione geografica alle sorgenti

attribuzione settoriale alle sorgenti: panoramica regionale

attribuzione settoriale alle sorgenti: dettaglio comunale

indicatori meteo

primavera 2020: effetti del *lockdown*

schema DPSIR

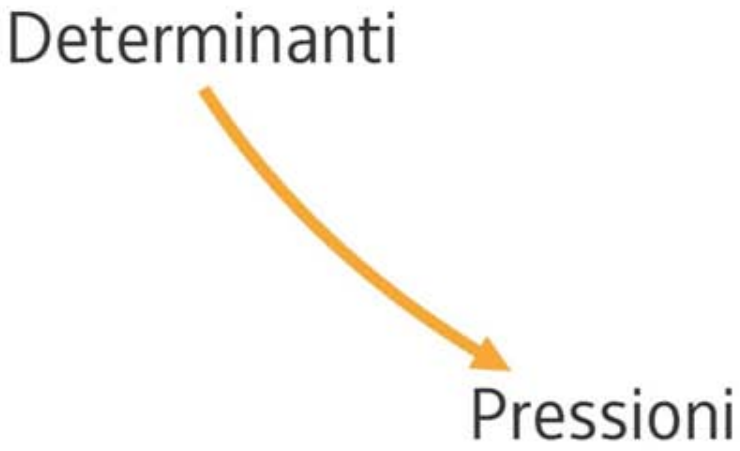
lo schema DPSIR

Determinanti numero di industrie, numero di veicoli, stili di vita, ...

Pressioni emissioni di inquinanti

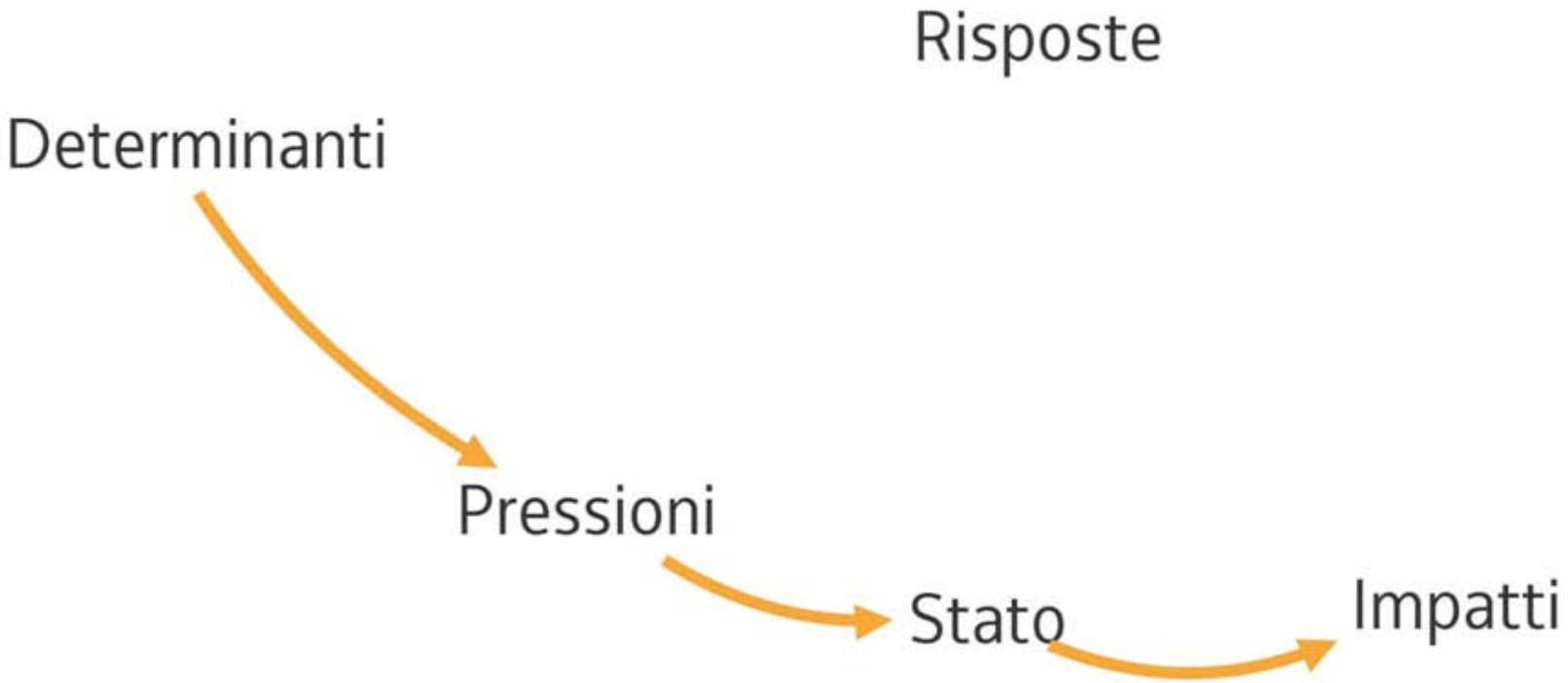
Stato concentrazioni di inquinanti in aria, deposizioni

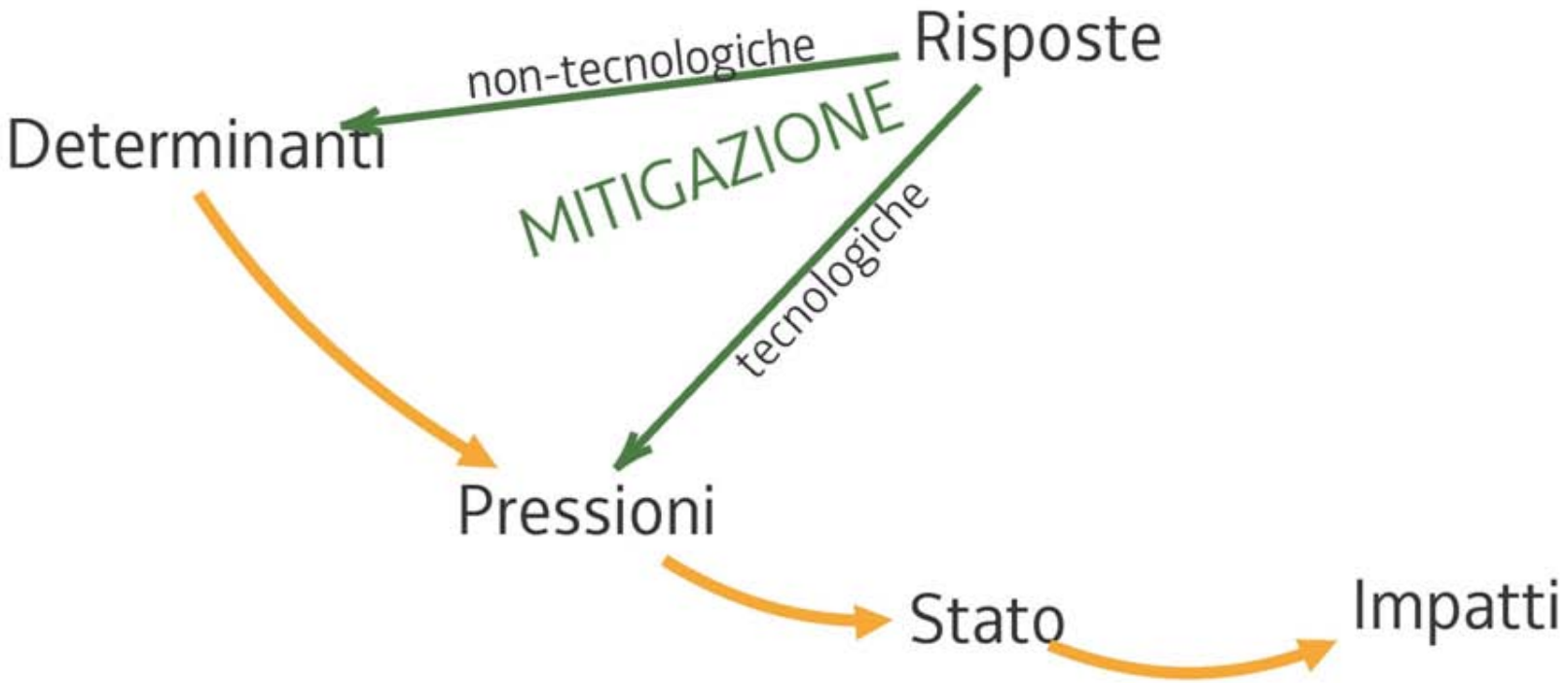
Impatti patologie, riduzione della produttività agricola, danni ad ecosistemi, ...

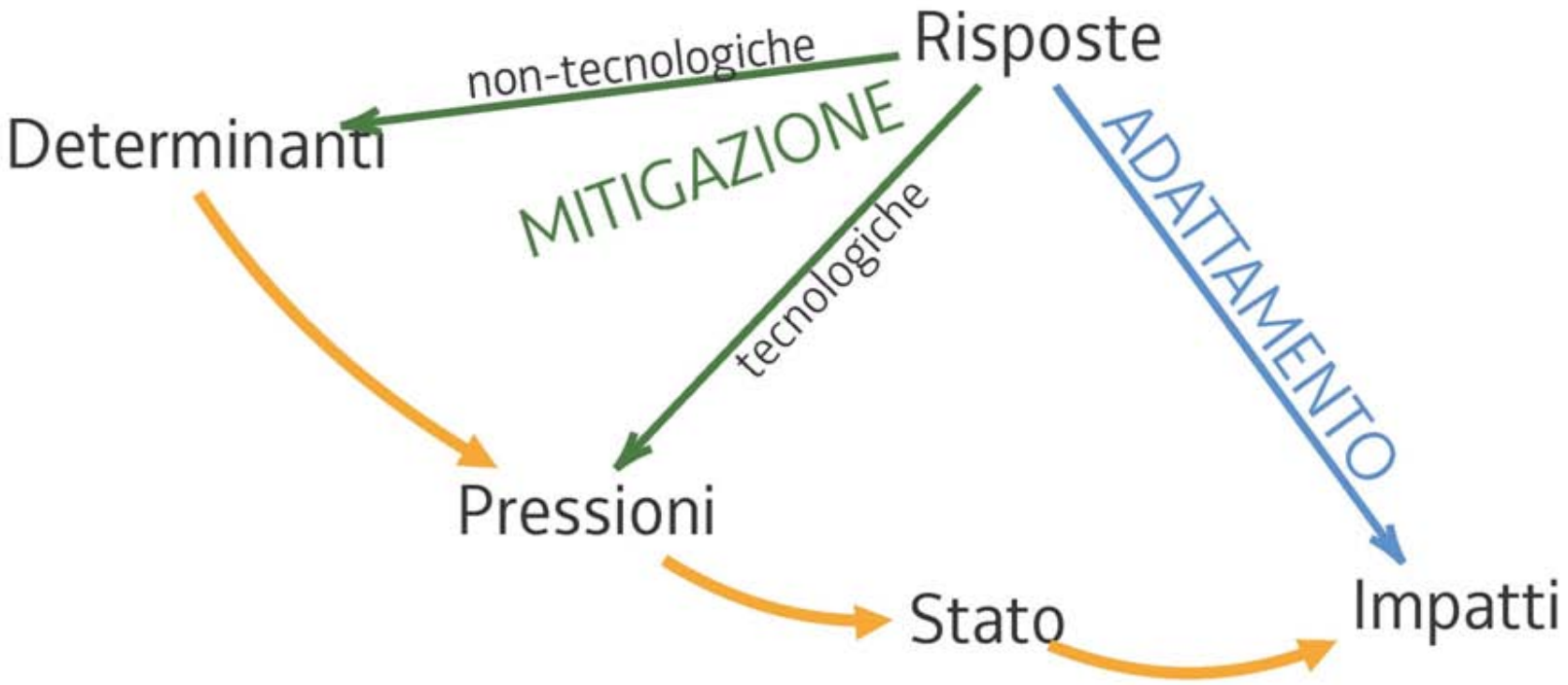

Determinanti
Pressioni

Determinanti
Pressioni
Stato

Determinanti
Pressioni
Stato
Impatti


Risposte
Determinanti
Pressioni
Stato
Impatti


Risposte
non-tecnologiche
Determinanti
MITIGAZIONE
tecnologiche
Pressioni
Stato
Impatti


Risposte
non-tecnologiche
Determinanti
MITIGAZIONE
tecnologiche
ADATTAMENTO
Pressioni
Stato
Impatti

su cosa possiamo agire?

Risposte $\rightarrow$**Determinanti** misure/azioni non–tecnologiche di mitigazione

Risposte $\rightarrow$**Pressioni** misure/azioni tecnologiche di mitigazione

Risposte $\rightarrow$**Impatti** misure/azioni di adattamento

Esempi:

su cosa possiamo agire?

Risposte $\rightarrow$**Determinanti** misure/azioni non–tecnologiche di mitigazione

Risposte $\rightarrow$**Pressioni** misure/azioni tecnologiche di mitigazione

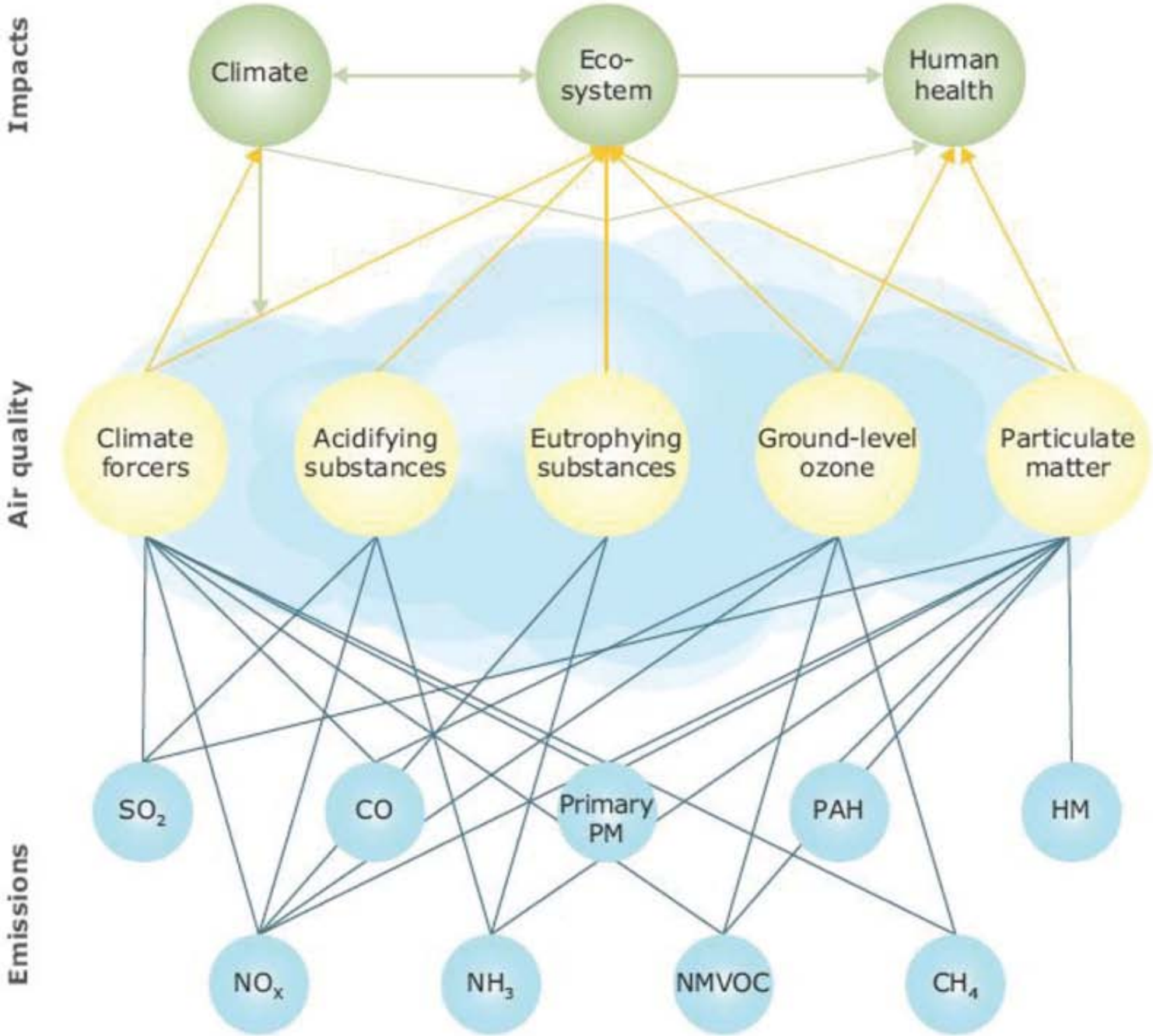
Risposte $\rightarrow$**Impatti** misure/azioni di adattamento

Esempi:

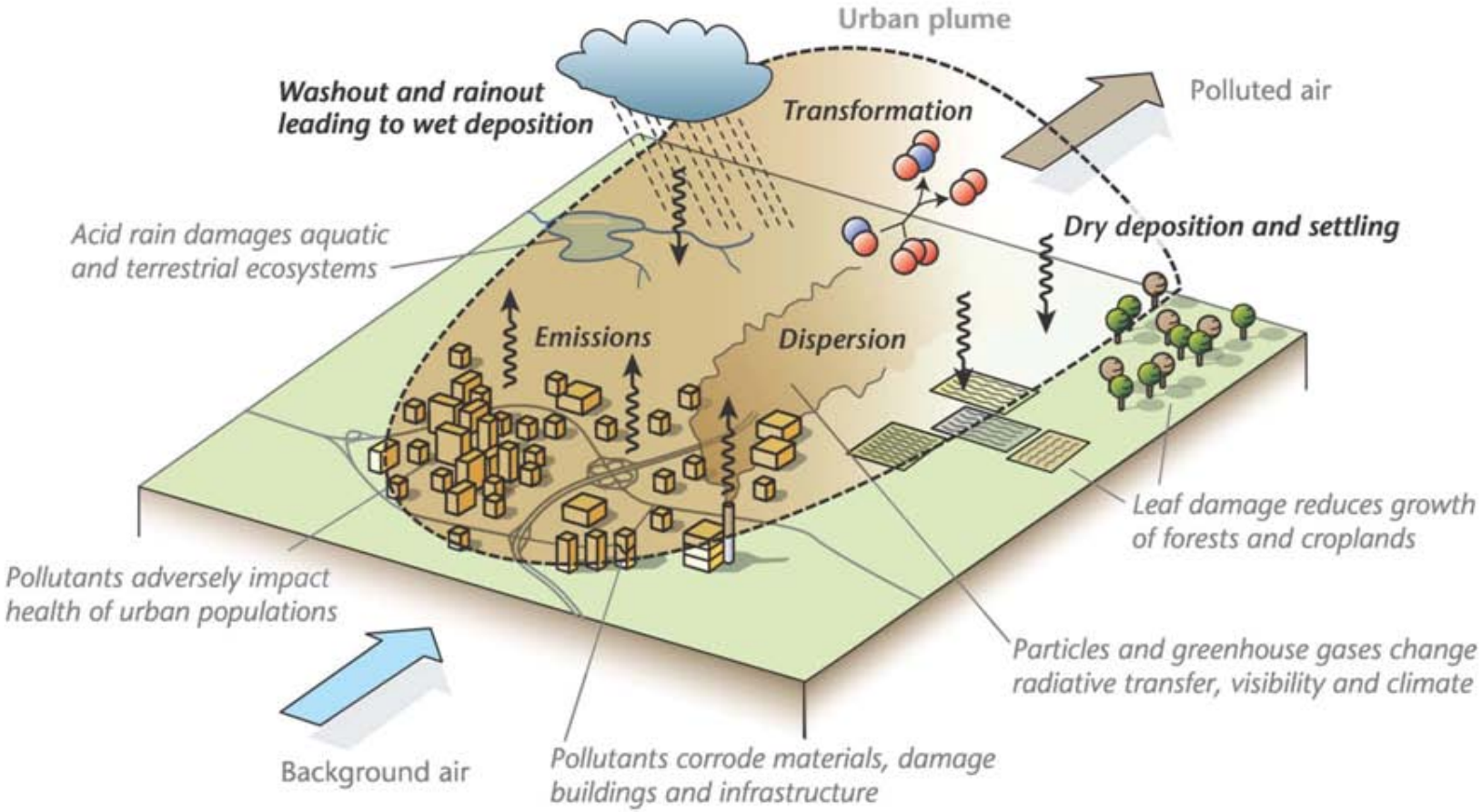
Risposte $\rightarrow$**Determinanti** usare i mezzi di trasporto pubblici, coibentare gli edifici, ...

Risposte $\rightarrow$**Pressioni** sostituire la vecchia stufa, sostituire l'auto, ...

Risposte $\rightarrow$**Impatti** evitare le zone più inquinate, evitare di uscire nelle giornate più inquinate, ...


Impacts
Climate
Eco-system
Human health
Air quality
Climate forcers
Acidifying substances
Eutrophying substances
Ground-level ozone
Particulate matter
Emissions
SO_2
CO
Primary PM
PAH
HM
NO_x
NH_3
NMVOC
CH_4

processi, scale spaziali, scale temporali


Urban plume
Washout and rainout leading to wet deposition
Transformation
Polluted air
Dry deposition and settling
Acid rain damages aquatic and terrestrial ecosystems
Emissions
Dispersion
Leaf damage reduces growth of forests and croplands
Pollutants adversely impact health of urban populations
Particles and greenhouse gases change radiative transfer, visibility and climate
Background air
Pollutants corrode materials, damage buildings and infrastructure

emissioni $\neq$ concentrazioni

emissioni $\neq$ concentrazioni

- il rispetto dei limiti delle emissioni non garantisce automaticamente il rispetto dei limiti delle concentrazioni
- il rispetto dei limiti delle concentrazioni non garantisce automaticamente la tutela della salute e dell'ambiente

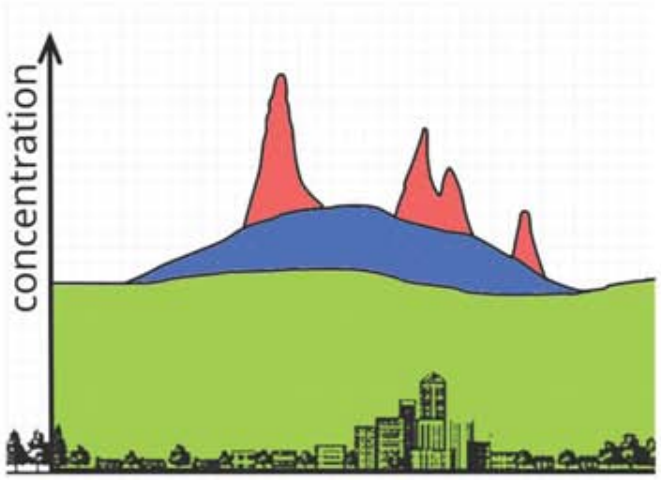
primari $\neq$ secondari $\neq$ precursori

quesito 1

come si chiamano gli inquinanti che si formano in atmosfera per effetto di combinazioni e trasformazioni di altre specie chimiche?

1) primari
2) secondari
3) precursori

scale spaziali



componente	scala temporale
hot-spot	∼minuti
fondo urbano	∼ore
fondo regionale	∼giorni

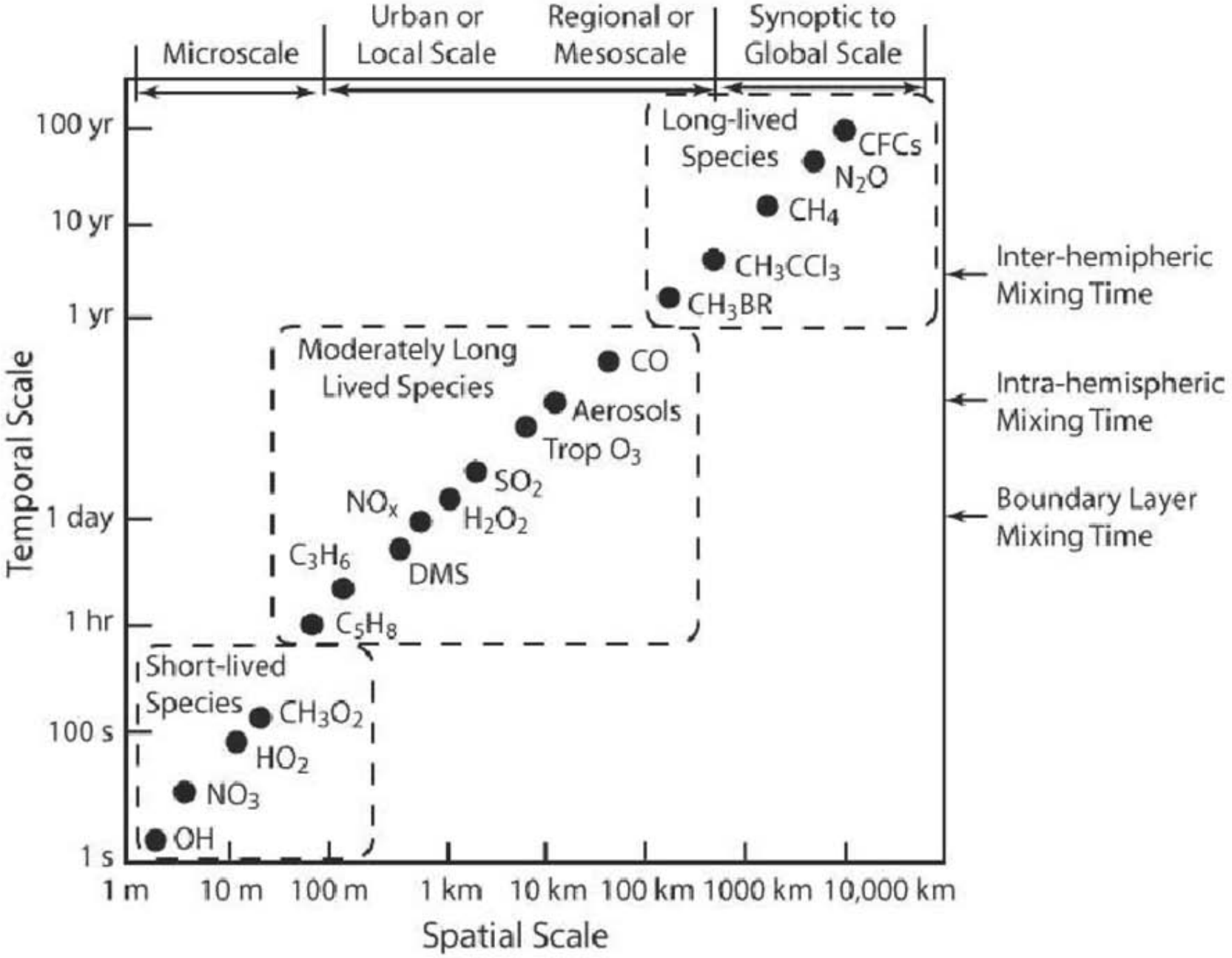


figura da: [Seinfeld and Pandis, 2016]

l'enigma del cortile

particolato grossolano $\neq$ p. fine $\neq$ p. ultrafine

l'enigma del cortile

quesito 2

quale tra le seguenti taglie di particolato atmosferico si **deposita** più rapidamente?

1) grossolano
2) fine
3) ultrafine

l'enigma del cortile

quesito 2

quale tra le seguenti taglie di particolato atmosferico si **deposita** più rapidamente?

1) grossolano
2) fine
3) ultrafine

quesito 3

quale tra le seguenti taglie di particolato atmosferico si **trasforma** rapidamente in qualcos'altro?

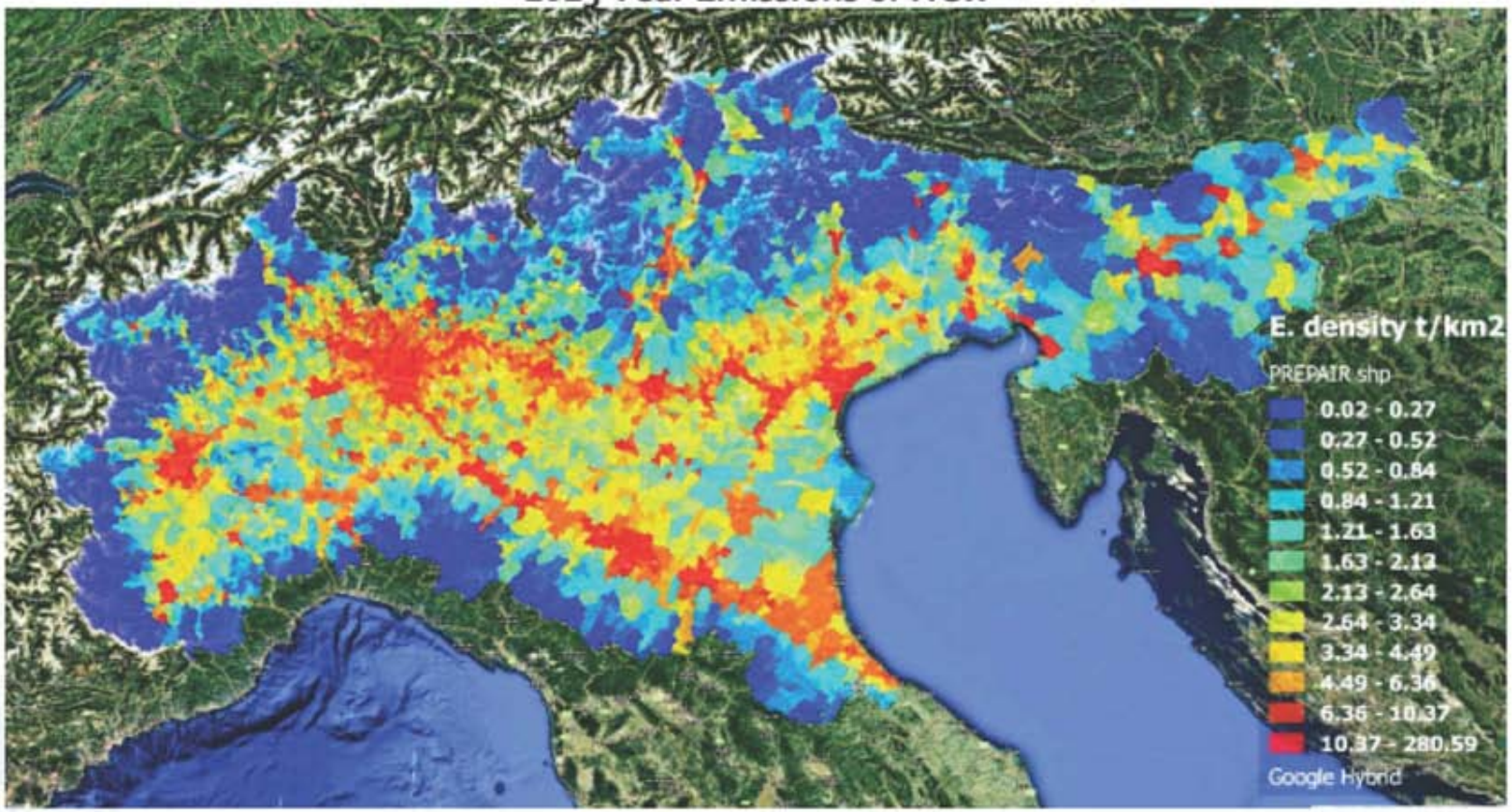
1) grossolano
2) fine
3) ultrafine

emissioni nel bacino padano: mappe, tendenze

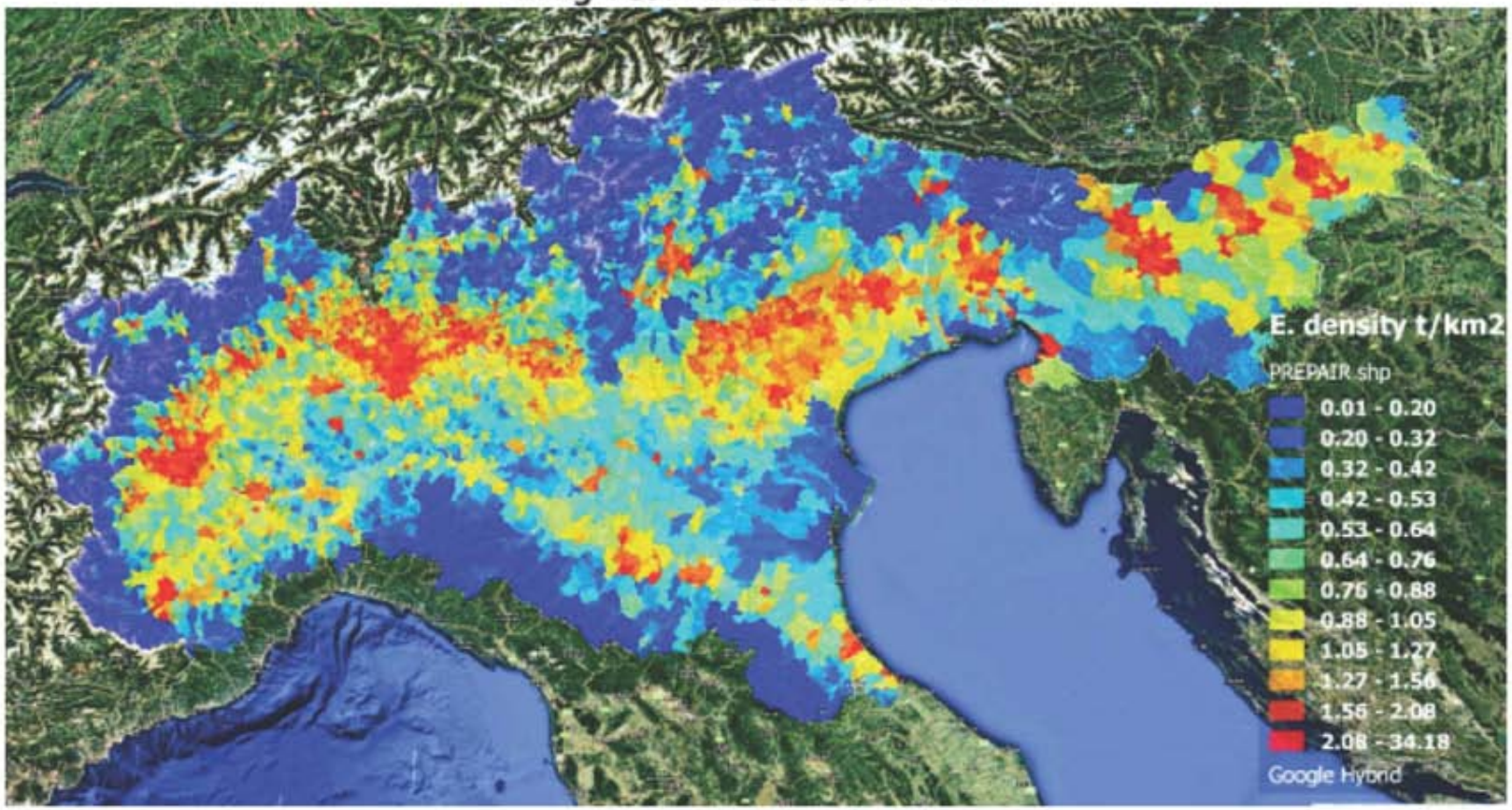
emissioni nel bacino padano

Emission share on base year 2013 for Po-basin	NH3	NMVOC	NMVOC without mac 10 and 11	NOx	PM10
1-Combustion in energy and transformation industries	0%	0%	0%	6%	1%
2-Non-industrial combustion plants	0%	5%	11%	9%	56%
3-Combustion in manufacturing industry	0%	1%	2%	15%	4%
4-Production processes	0%	4%	9%	3%	3%
5-Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	0%	2%	4%	0%	0%
6-Solvent and other product use	0%	28%	58%	0%	5%
7-Road transport	1%	6%	14%	50%	20%
8-Other mobile sources and machinery	0%	1%	2%	13%	4%
9-Waste treatment and disposal	1%	0%	0%	1%	0%
10-Agriculture	97%	22%	0%	1%	4%
11-Other sources and sinks	0%	31%	0%	0%	3%
Total Emissions	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

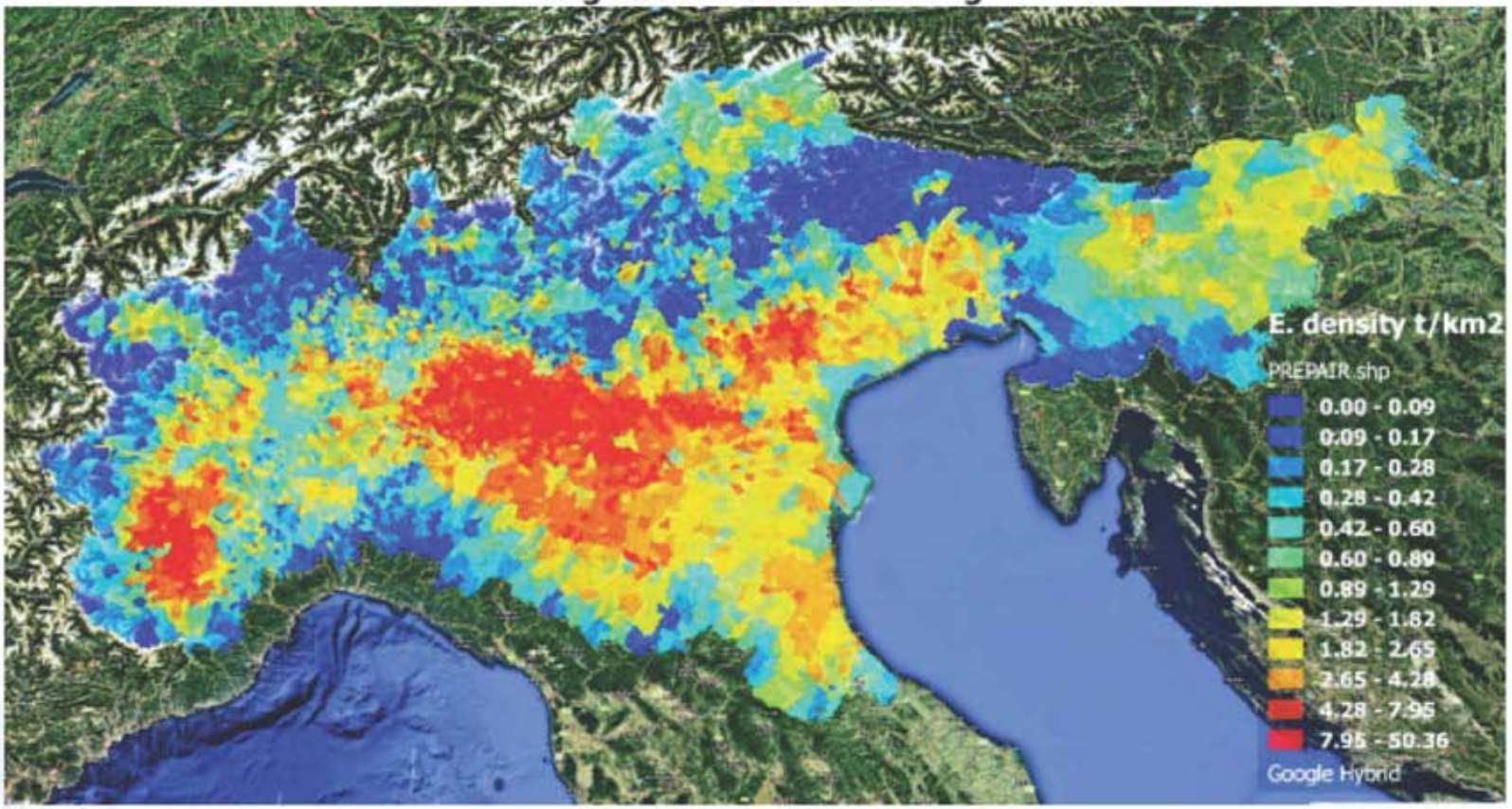
2013 Year Emissions of NOx



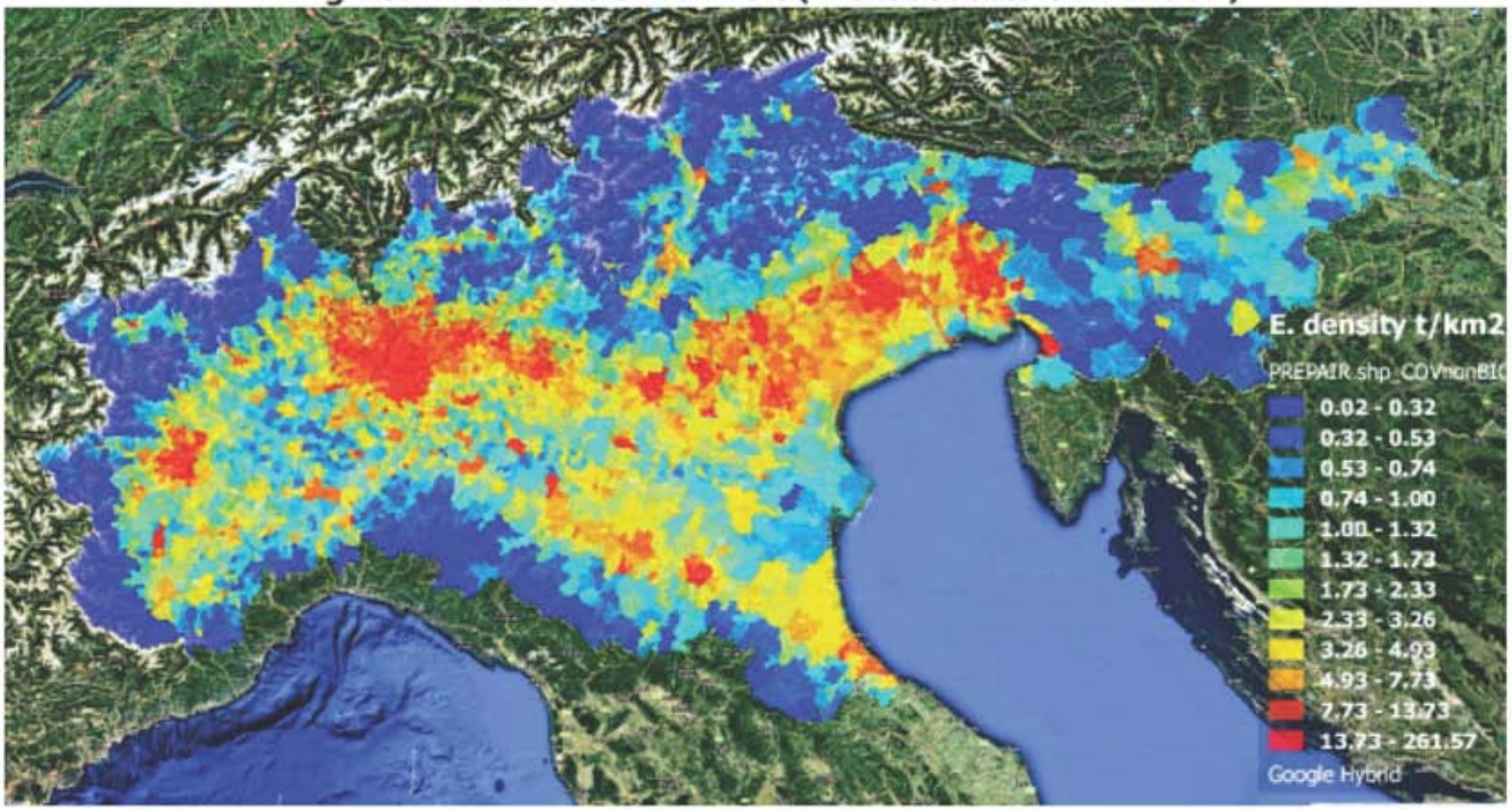
2013 Year Emissions of PM10

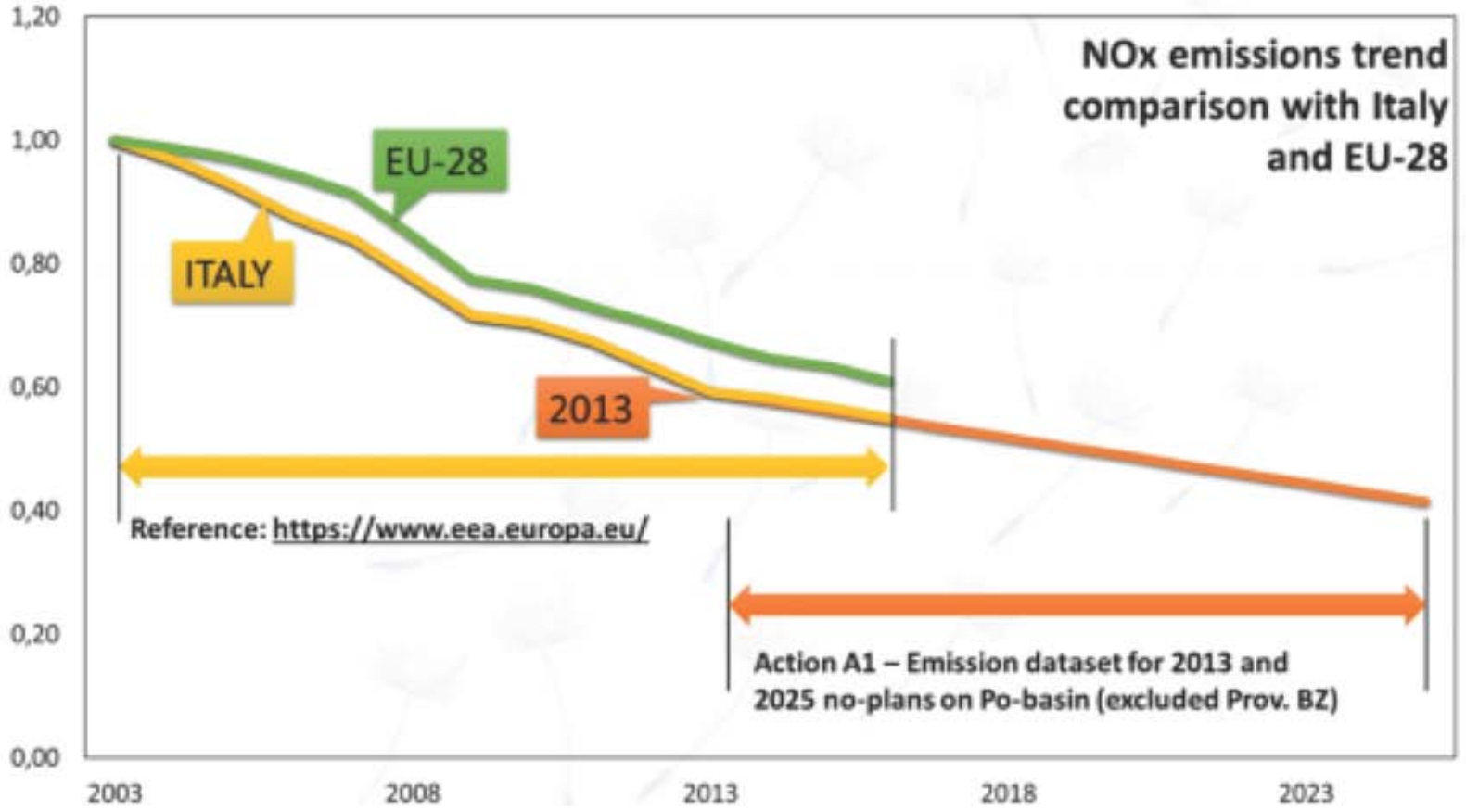


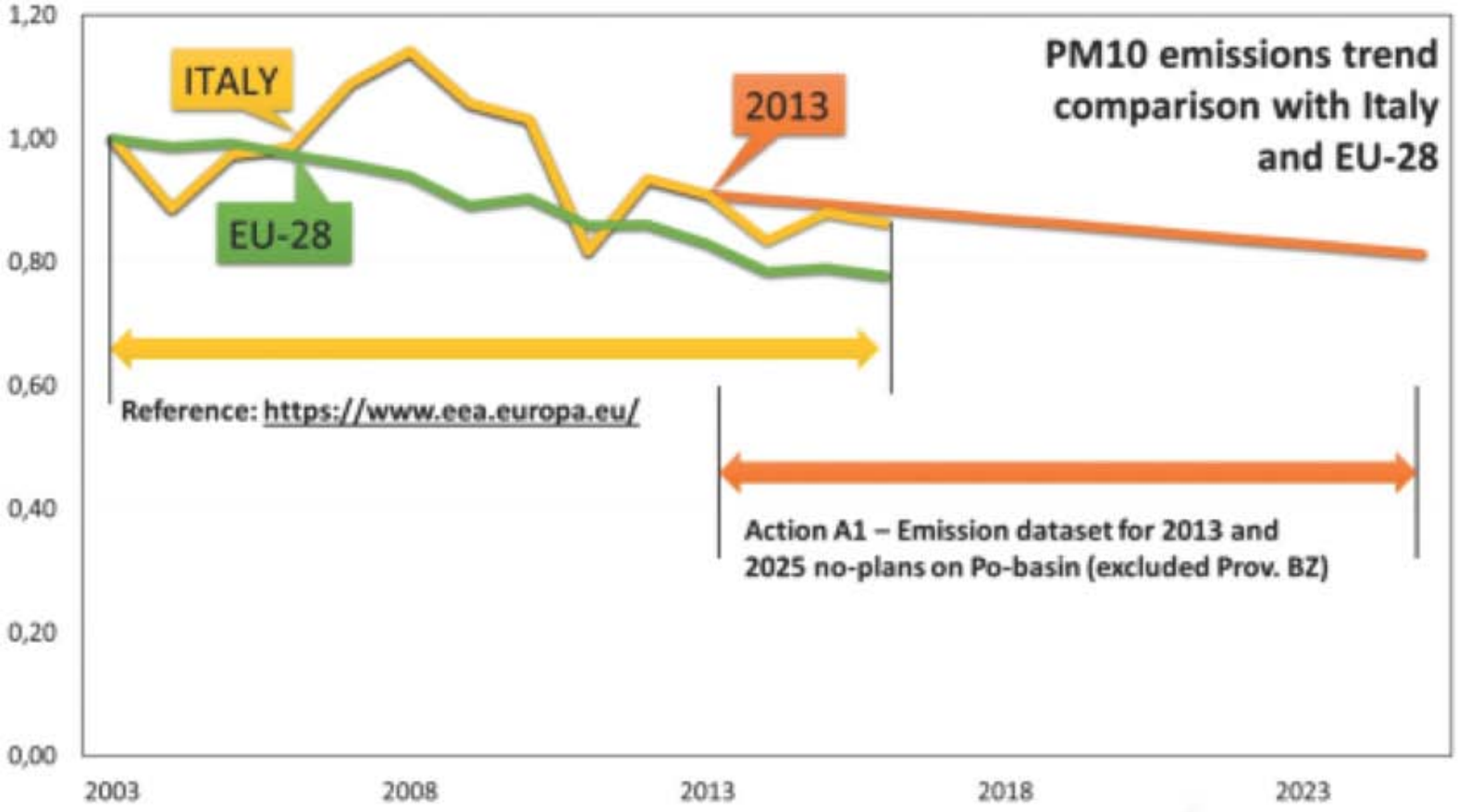
2013 Year Emissions of NH_3

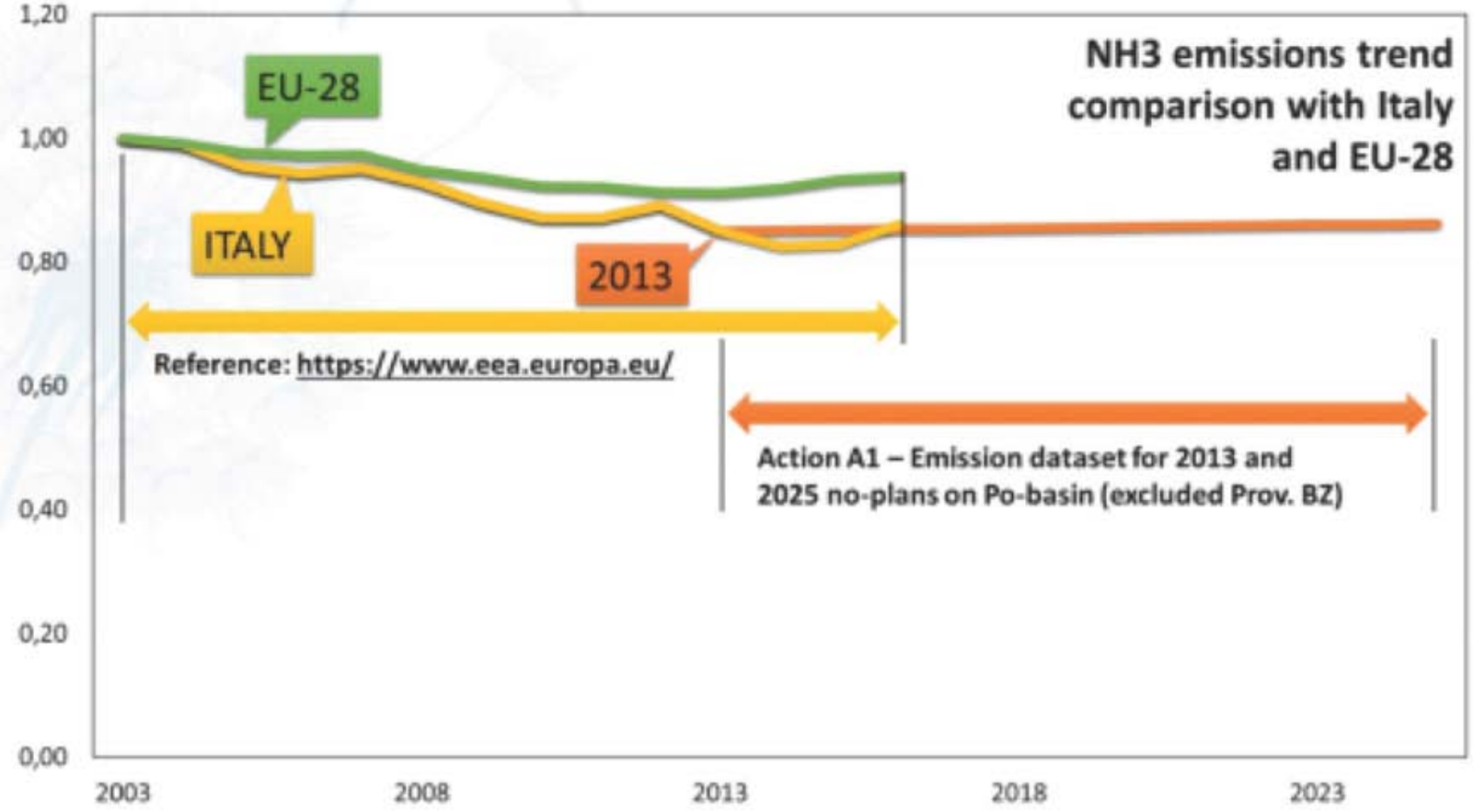


2013 Year Emissions of NMVOC (without sectors 10 and 11)




NOx emissions trend comparison with Italy and EU-28
EU-28
ITALY
2013
Reference: https://www.eea.europa.eu/
Action A1 – Emission dataset for 2013 and 2025 no-plans on Po-basin (excluded Prov. BZ)
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
2003
2008
2013
2018
2023


PM10 emissions trend comparison with Italy and EU-28
ITALY
EU-28
2013
Reference: https://www.eea.europa.eu/
Action A1 – Emission dataset for 2013 and 2025 no-plans on Po-basin (excluded Prov. BZ)
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
2003
2008
2013
2018
2023


NH3 emissions trend comparison with Italy and EU-28
EU-28
ITALY
2013
Reference: https://www.eea.europa.eu/
Action A1 – Emission dataset for 2013 and 2025 no-plans on Po-basin (excluded Prov. BZ)
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
2003
2008
2013
2018
2023

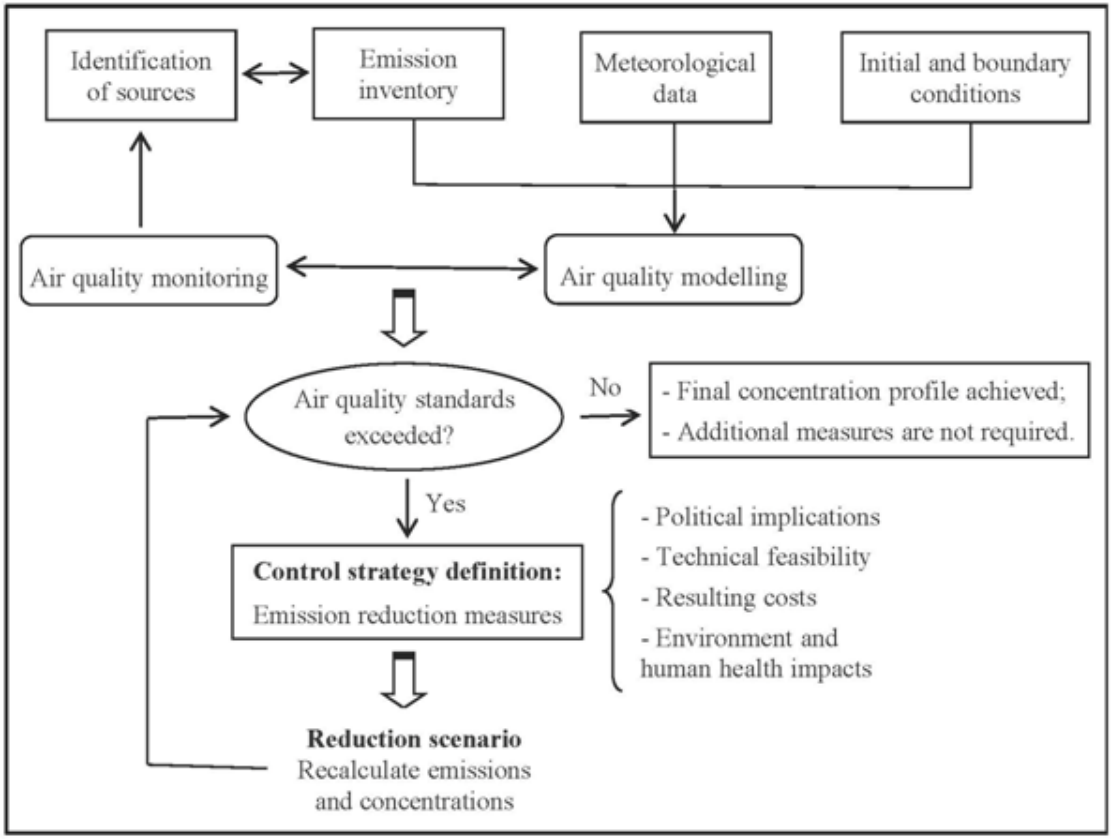
il progetto PREPAIR

video 1

https://youtu.be/N4qU61npgK8

il supporto alla stesura di un piano per la qualità dell'aria

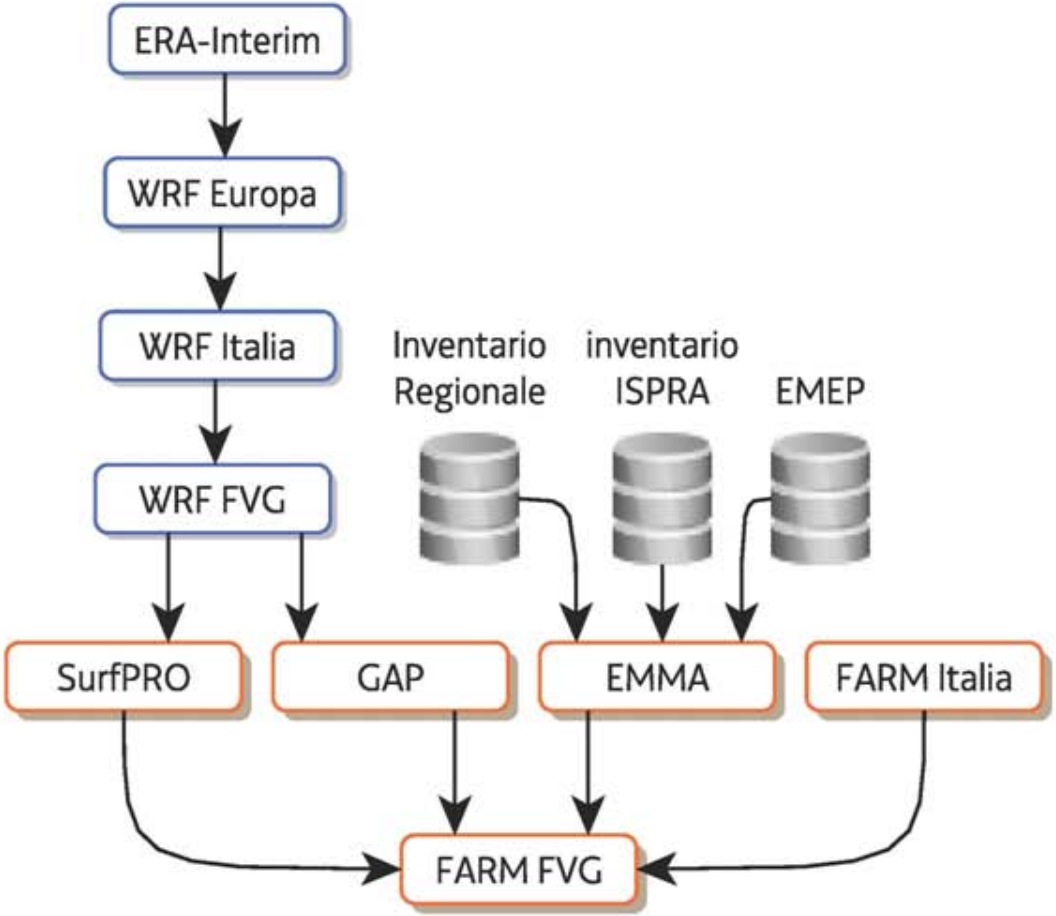
schema concettuale



Schema semplificato delle differenti fasi di un piano di qualità dell'aria (AQP)[2]

[2] [Miranda et al., 2014]

la catena modellistica FARM-FVG



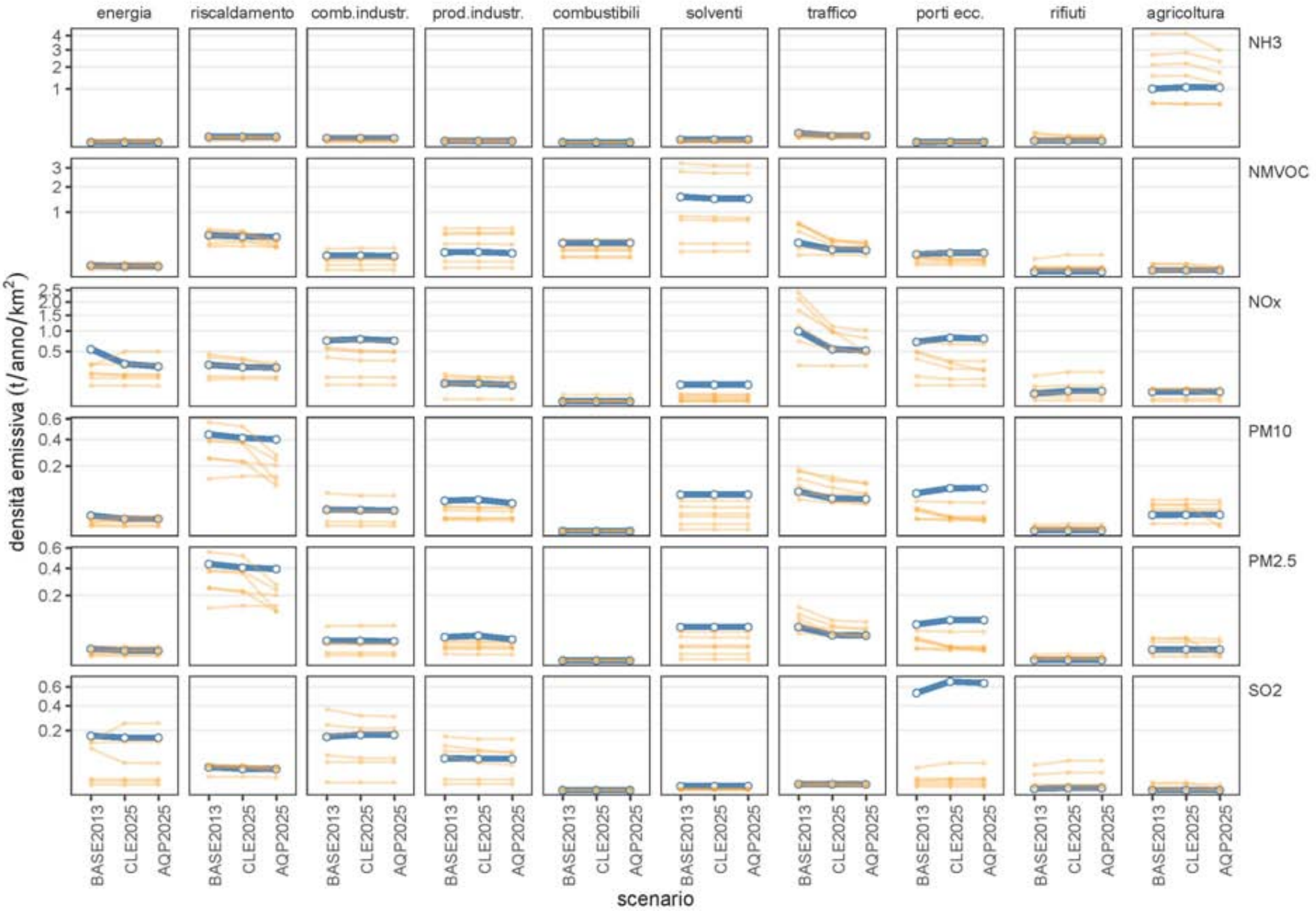
sommario

scenari emissivi	quali sono le tendenze attese per le emissioni del 2025?...
scenari QA	...e come cambierà di conseguenza la qualità dell'aria?
attribuzione spaziale	da quali territori provengono gli inquinanti che impattano su FVG?
attribuzione settoriale	su quali settori è più efficace intervenire per ridurre le concentrazioni?
indicatori meteo	variabili riferite a dispersione/accumulo locali

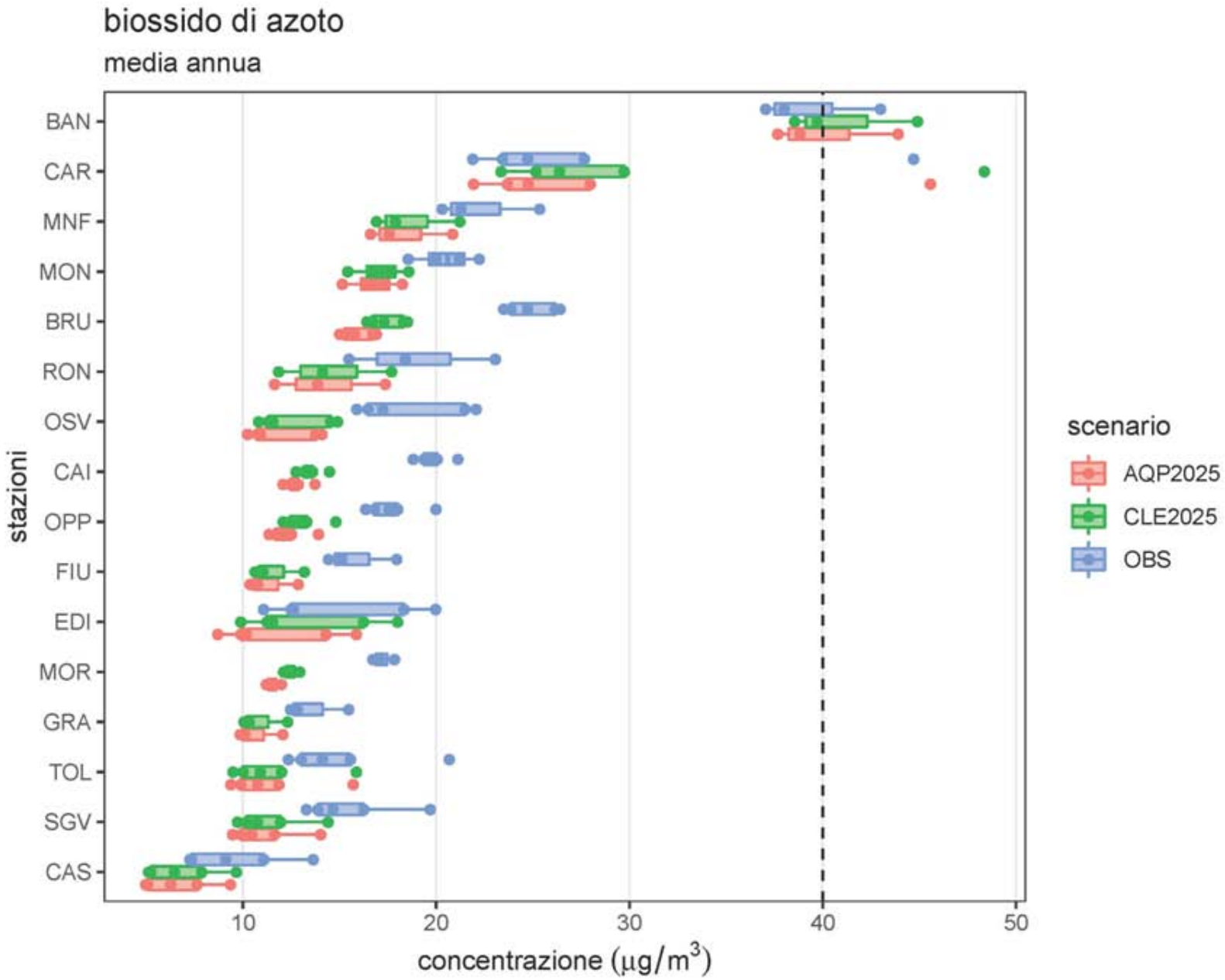
strumenti, metodi

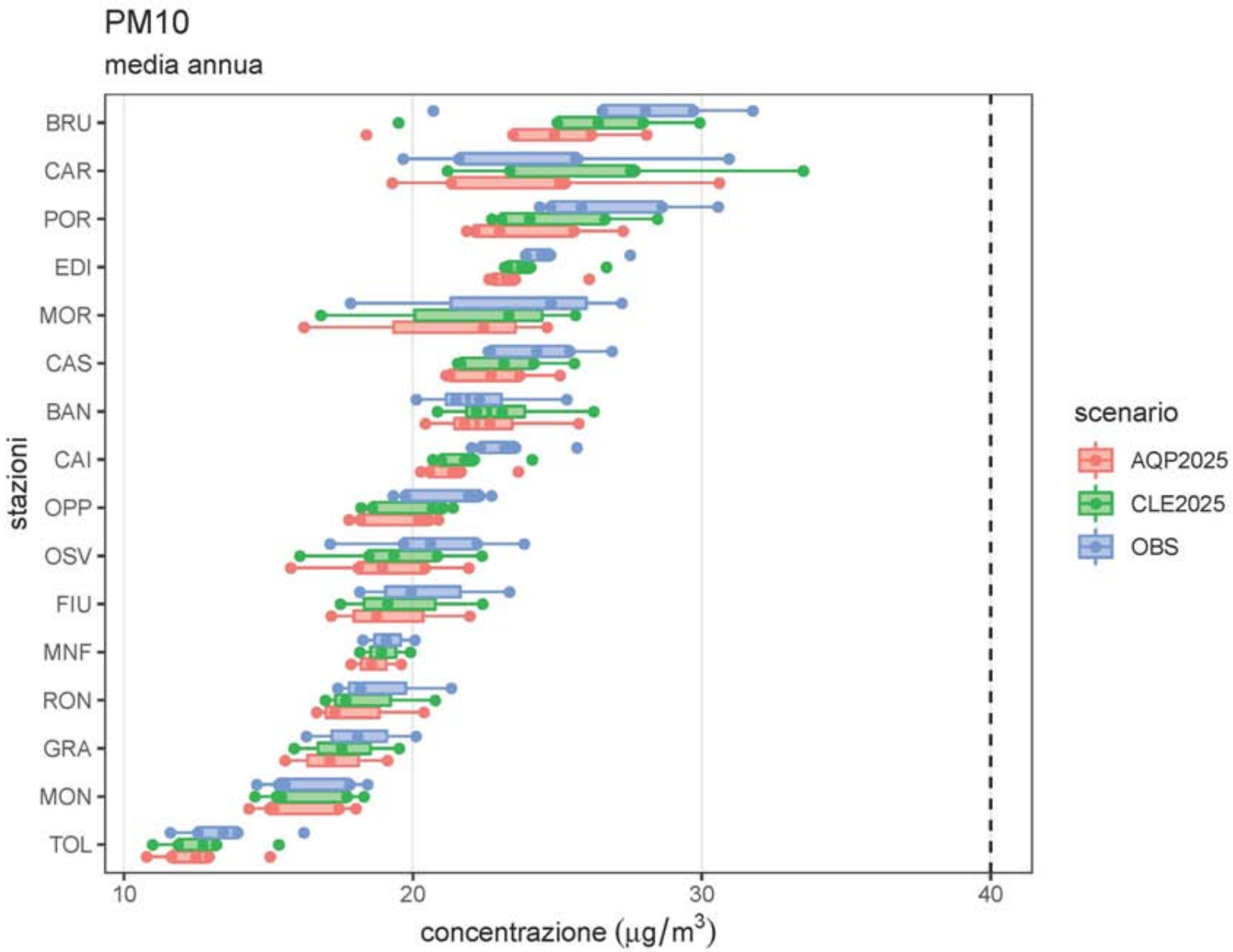
scenari emissivi	progetto PREPAIR: inventari regionali e nazionali, scenari CLE e AQP al 2025
scenari QA	progetto PREPAIR: simulazioni Nord Italia e Slovenia, catena COSMO+CHIMERE
attribuzione spaziale	SHERPA, *tool* del JRC calibrato con simulazioni CHIMERE di scala continentale
attribuzione settoriale	*Brute Force Method*, simulazioni di scala regionale con catena WRF+FARM
indicatori meteo	catena WRF+GAP+SURFPRO: statistiche su indicatori di ricircolo, stagnazione e ventilazione

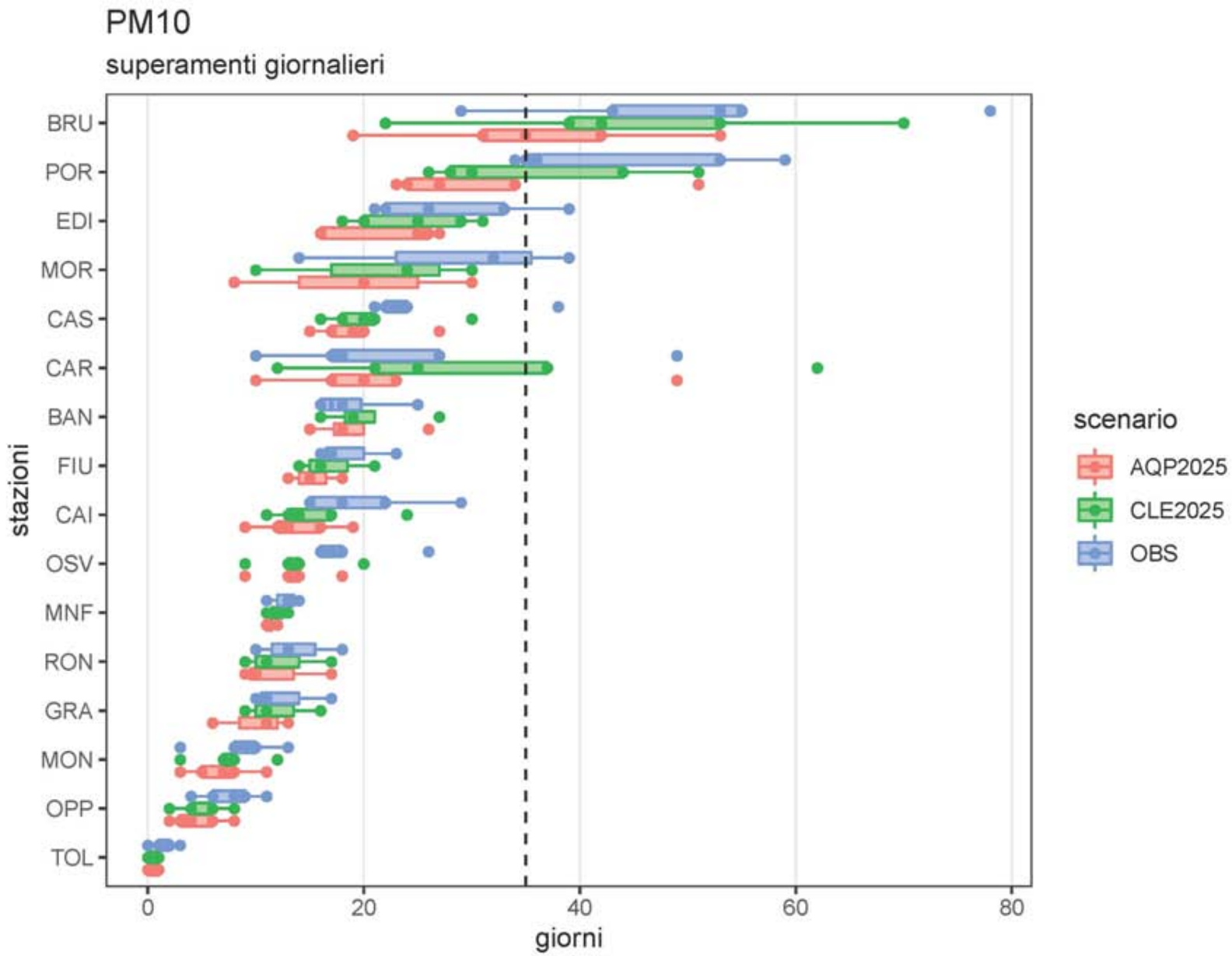
scenari emissivi

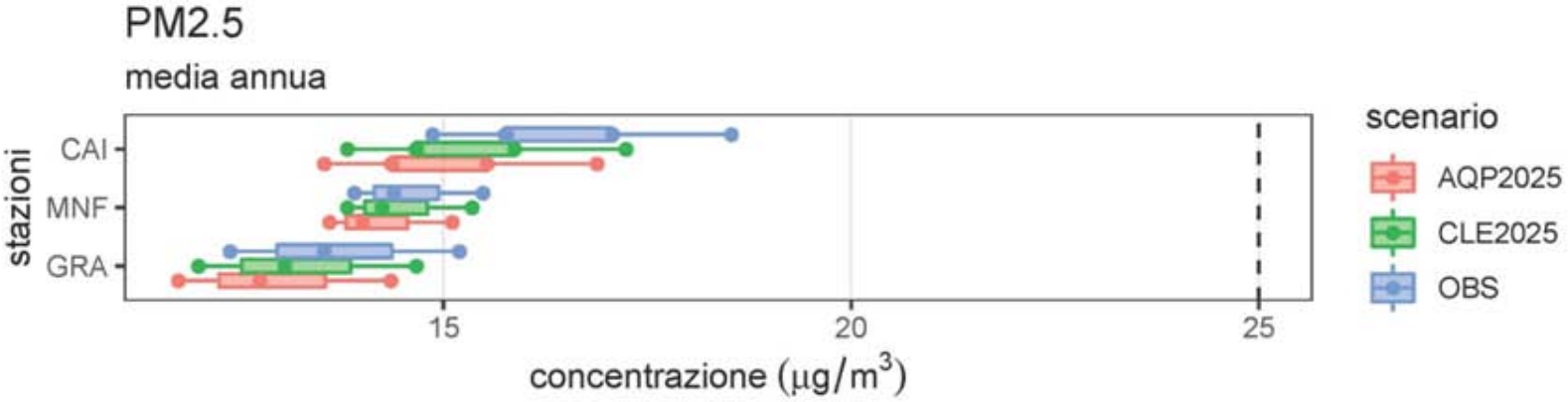

energia
riscaldamento
comb.industr.
prod.industr.
combustibili
solventi
traffico
porti ecc.
rifiuti
agricoltura
NH3
NMVOC
NOx
PM10
PM2.5
SO2
densità emissiva (t/anno/km^2)
BASE2013
CLE2025
AQP2025
scenario

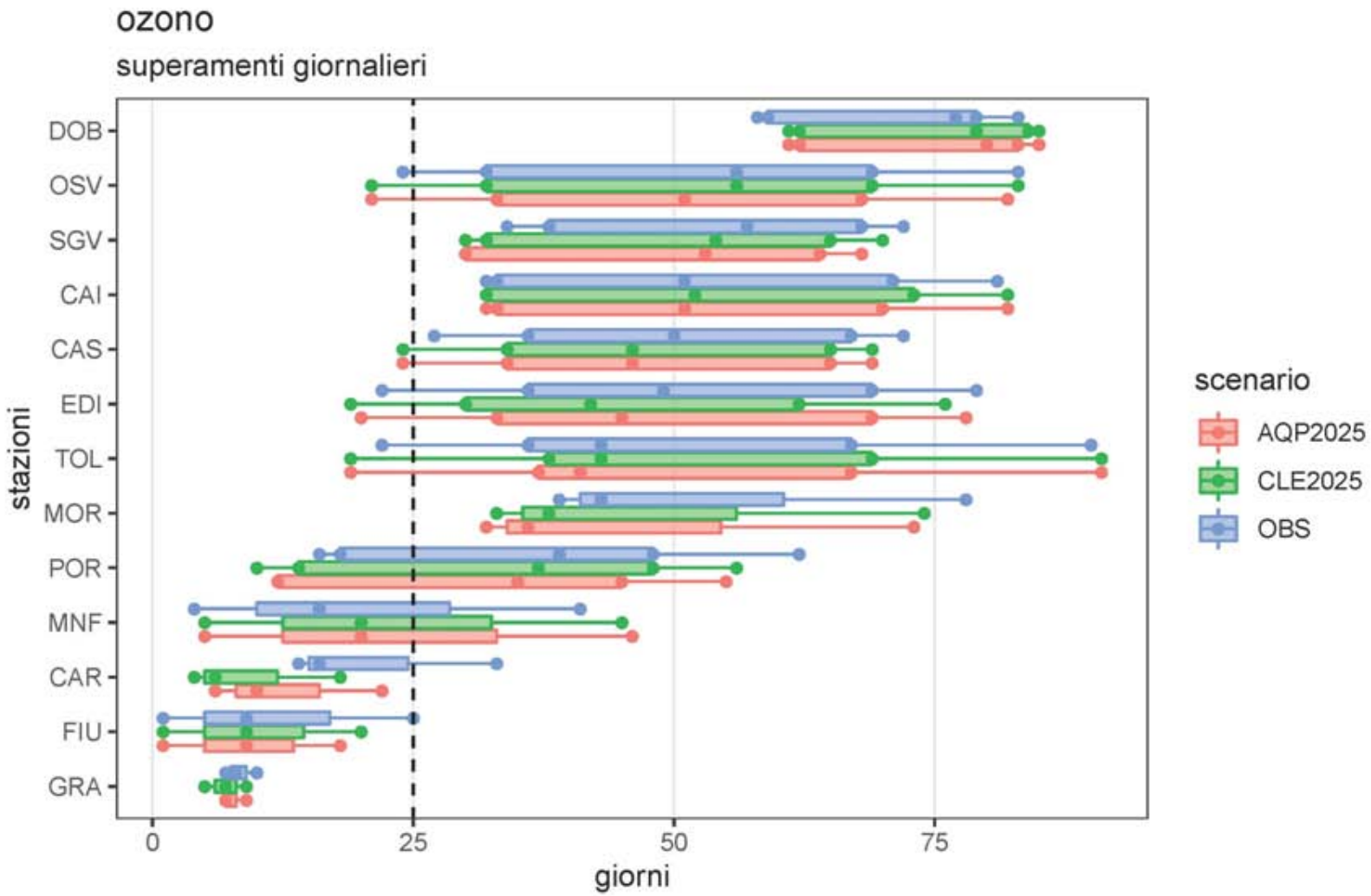
scenari di qualità dell'aria


biossido di azoto
media annua
BAN
CAR
MNF
MON
BRU
RON
OSV
CAI
OPP
FIU
EDI
MOR
GRA
TOL
SGV
CAS
stazioni
10
20
30
40
50
concentrazione (µg/m3)
scenario
AQP2025
CLE2025
OBS


PM10
media annua
BRU
CAR
POR
EDI
MOR
CAS
BAN
CAI
OPP
OSV
FIU
MNF
RON
GRA
MON
TOL
stazioni
10
20
30
40
concentrazione (µg/m3)
scenario
AQP2025
CLE2025
OBS


PM10
superamenti giornalieri
stazioni
BRU
POR
EDI
MOR
CAS
CAR
BAN
FIU
CAI
OSV
MNF
RON
GRA
MON
OPP
TOL
0
20
40
60
80
giorni
scenario
AQP2025
CLE2025
OBS


PM2.5
media annua
stazioni
CAI
MNF
GRA
15
20
25
concentrazione (µg/m3)
scenario
AQP2025
CLE2025
OBS

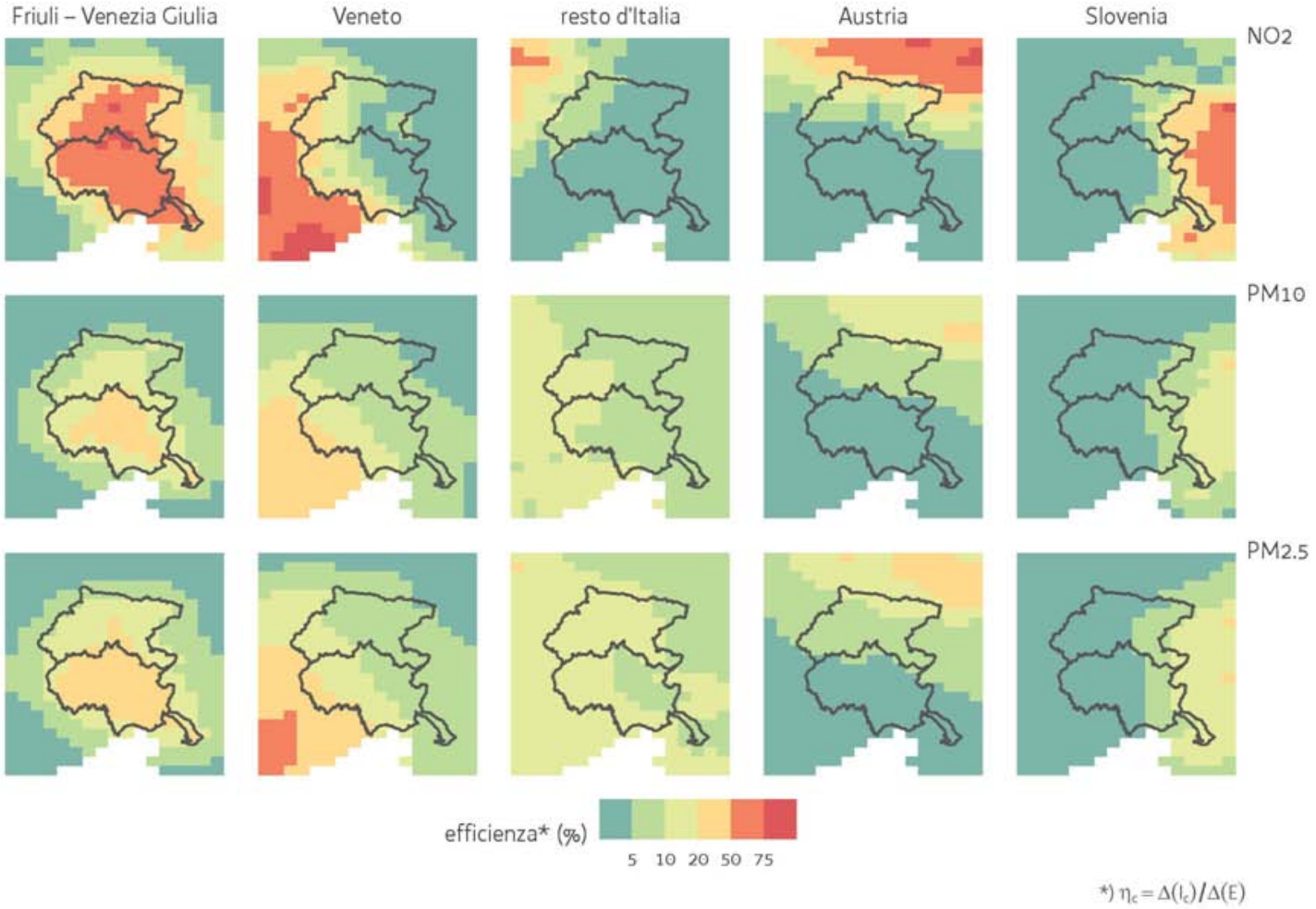

ozono
superamenti giornalieri
DOB
OSV
SGV
CAI
CAS
EDI
TOL
MOR
POR
MNF
CAR
FIU
GRA
stazioni
0
25
50
75
giorni
scenario
AQP2025
CLE2025
OBS

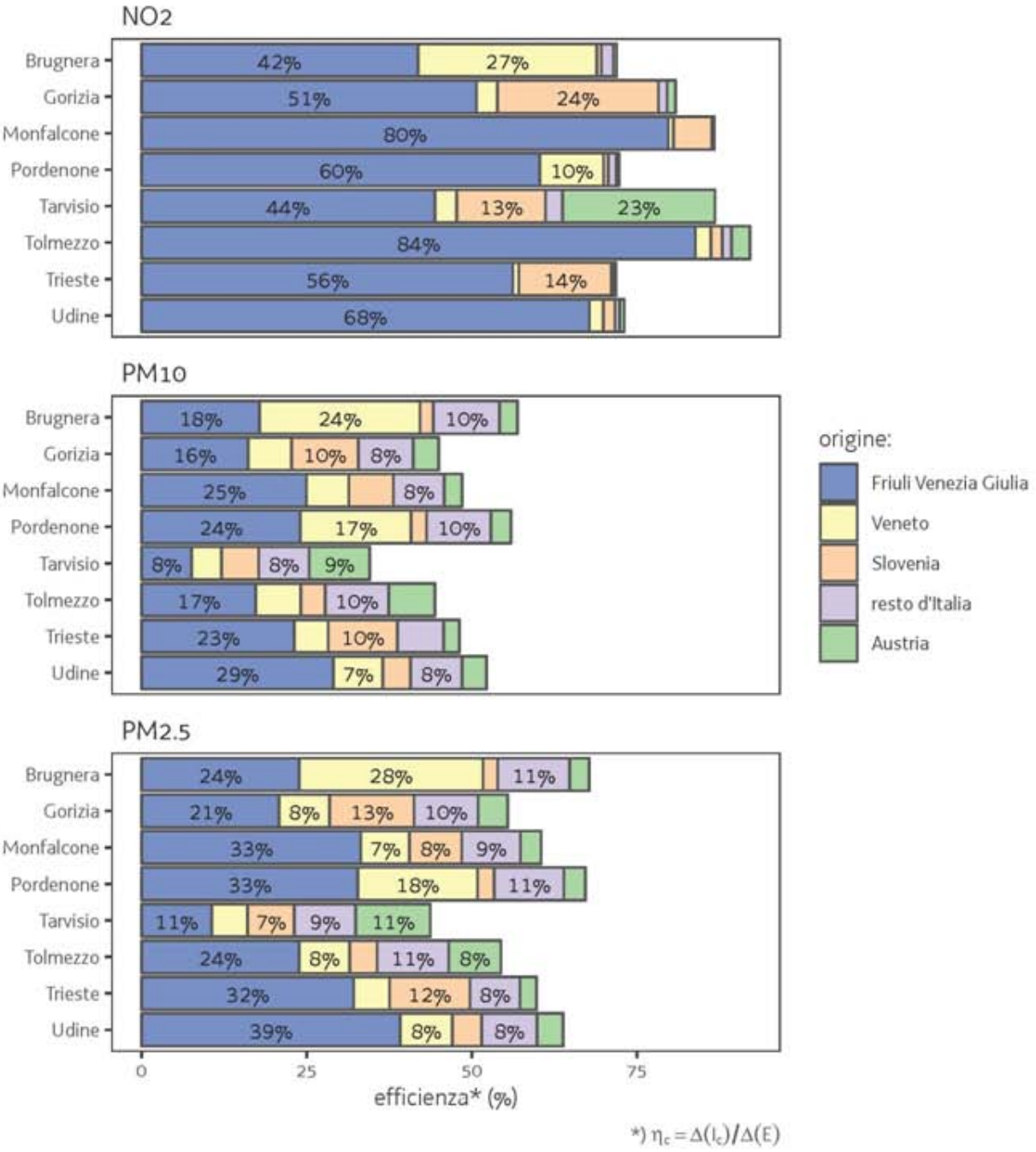
attribuzione geografica alle sorgenti

source apportionment

analitico valutazione al recettore

modellistico valutazione alla sorgente


Friuli – Venezia Giulia
Veneto
resto d'Italia
Austria
Slovenia
NO2
PM10
PM2.5
efficienza* (%)
5 10 20 50 75
*) $\eta_c = \Delta(I_c)/\Delta(E)$



*) $\eta_c = \Delta(I_c)/\Delta(E)$

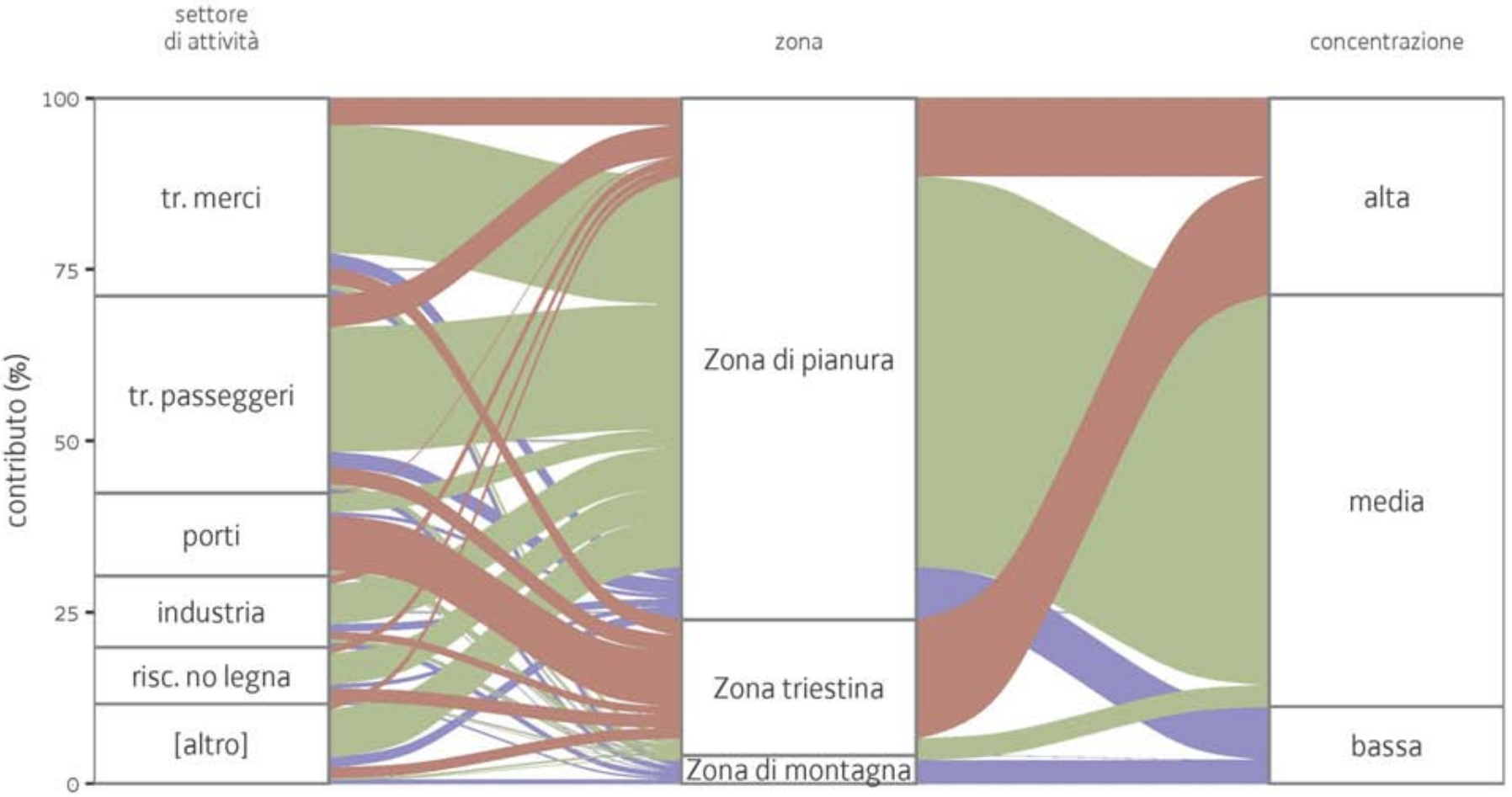
attribuzione settoriale alle sorgenti: panoramica regionale

scenari di riduzione emissiva settoriale

codice	descrizione
Agrcltr	attività agricole (inclusi trasporti, esclusi allevamenti)
CEnergy	produzione di energia
FsFuels	combustibili fossili (estrazione, stoccaggio, trasporto e distribuzione)
Industr	attività industriali
Livstck	allevamenti
Maritim	attività marittime (porti, pesca)
NIBioms	combustione non industriale di legna e affini (riscaldamento)
NIOther	combustione non industriale (esclusa legna e affini)
OthMobl	altre sorgenti mobili (treni diesel, aeroporti)
RTrFrgt	trasporto di merci su strada
RTrPsng	trasporto di passeggeri su strada
Solvent	uso e stoccaggio di solventi
WastTrD	trattamento e smaltimento di rifiuti

attribuzione alle sorgenti – media annua di NO2

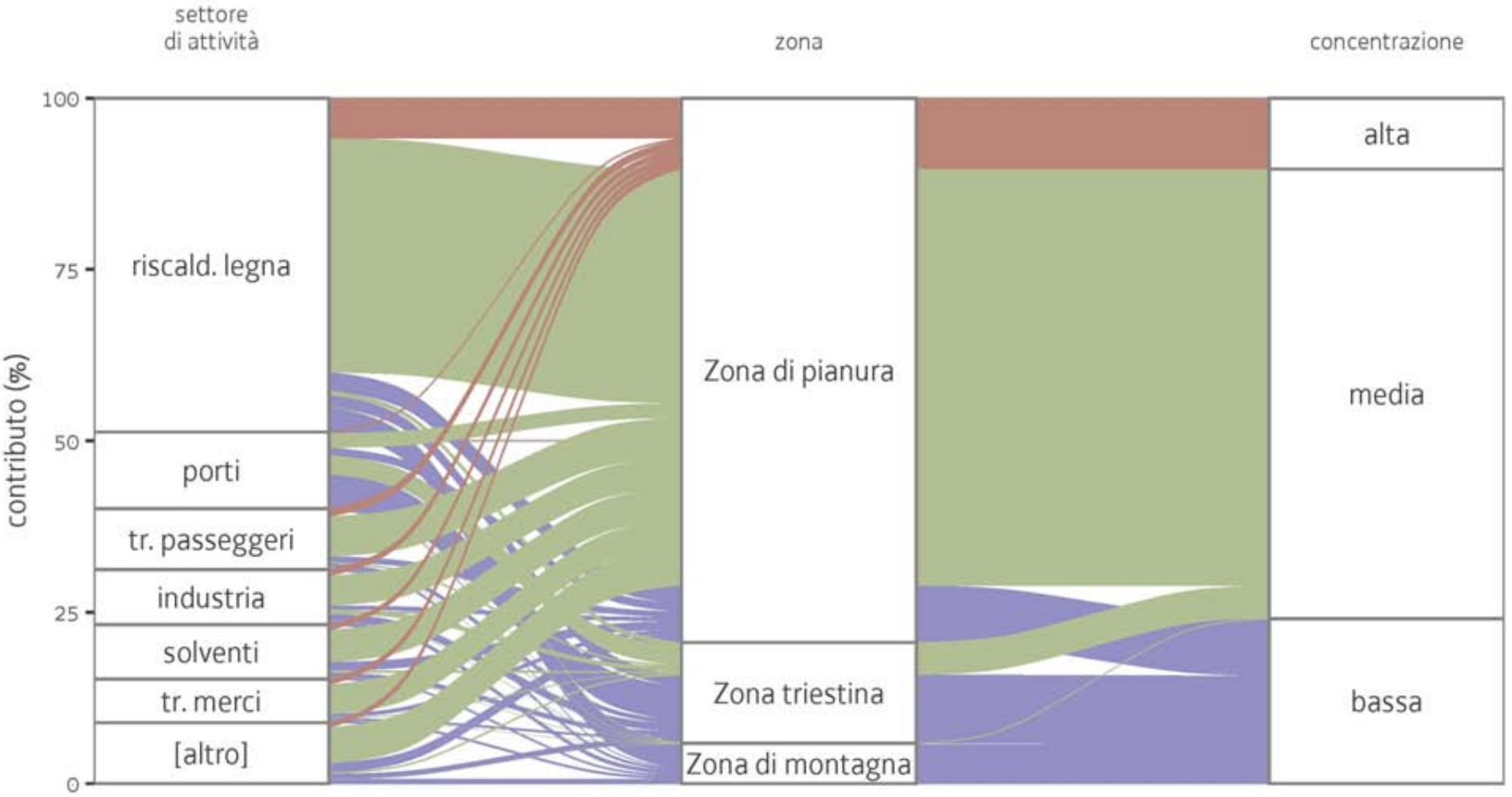
contributi relativi settoriali, pesati sul FVG con la popolazione



concentrazione 'bassa': inferiore al 66esimo percentile,
concentrazione 'alta': superiore al 90esimo percentile;
'[altro]': settori che danno un contributo < 5%, aggregati

attribuzione alle sorgenti – media annua di PM10

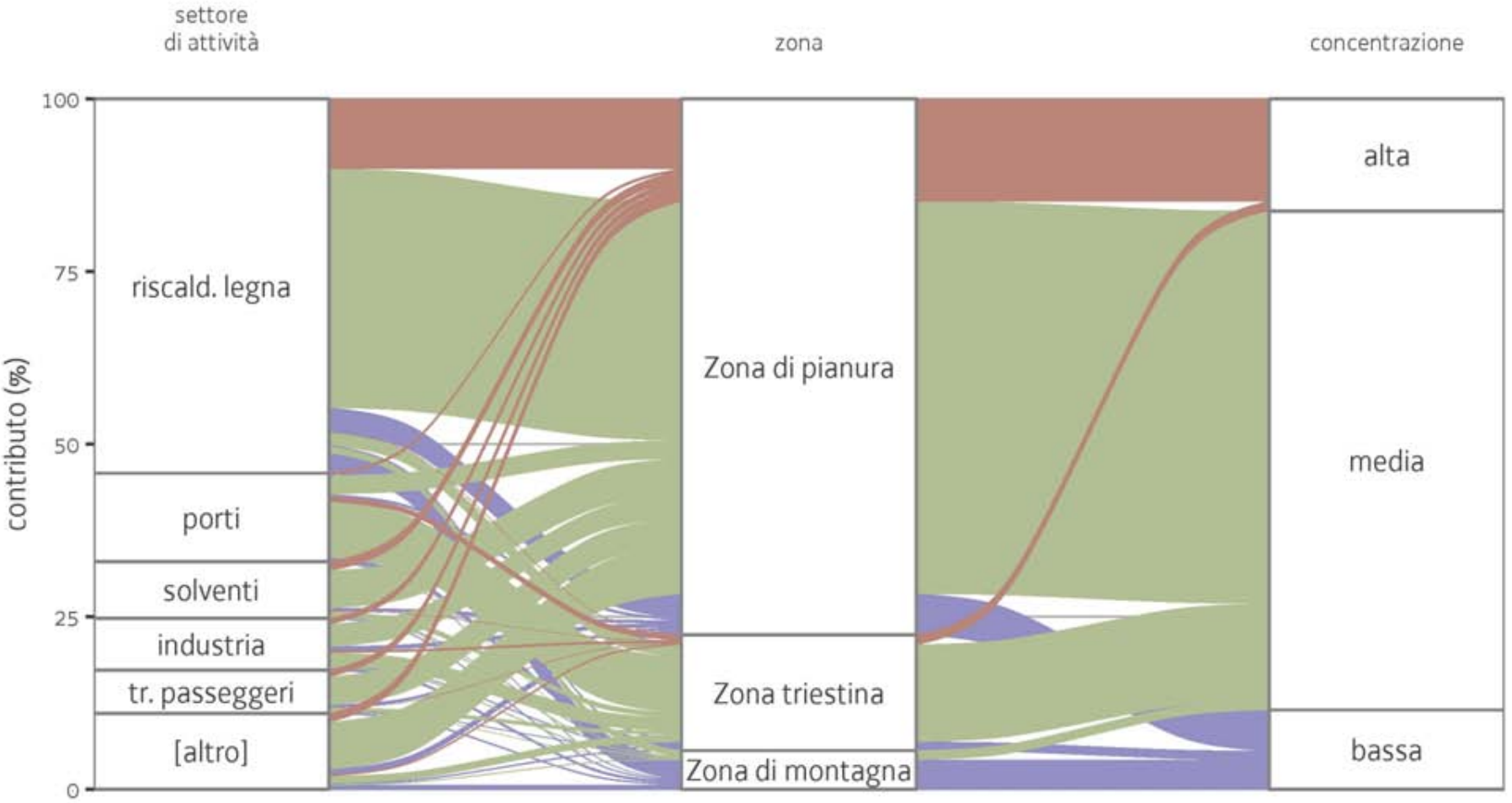
contributi relativi settoriali, pesati sul FVG con la popolazione



concentrazione 'bassa': inferiore al 66esimo percentile,
concentrazione 'alta': superiore al 90esimo percentile;
'[altro]': settori che danno un contributo < 5%, aggregati

attribuzione alle sorgenti – 36° valore giornaliero più elevato di PM10

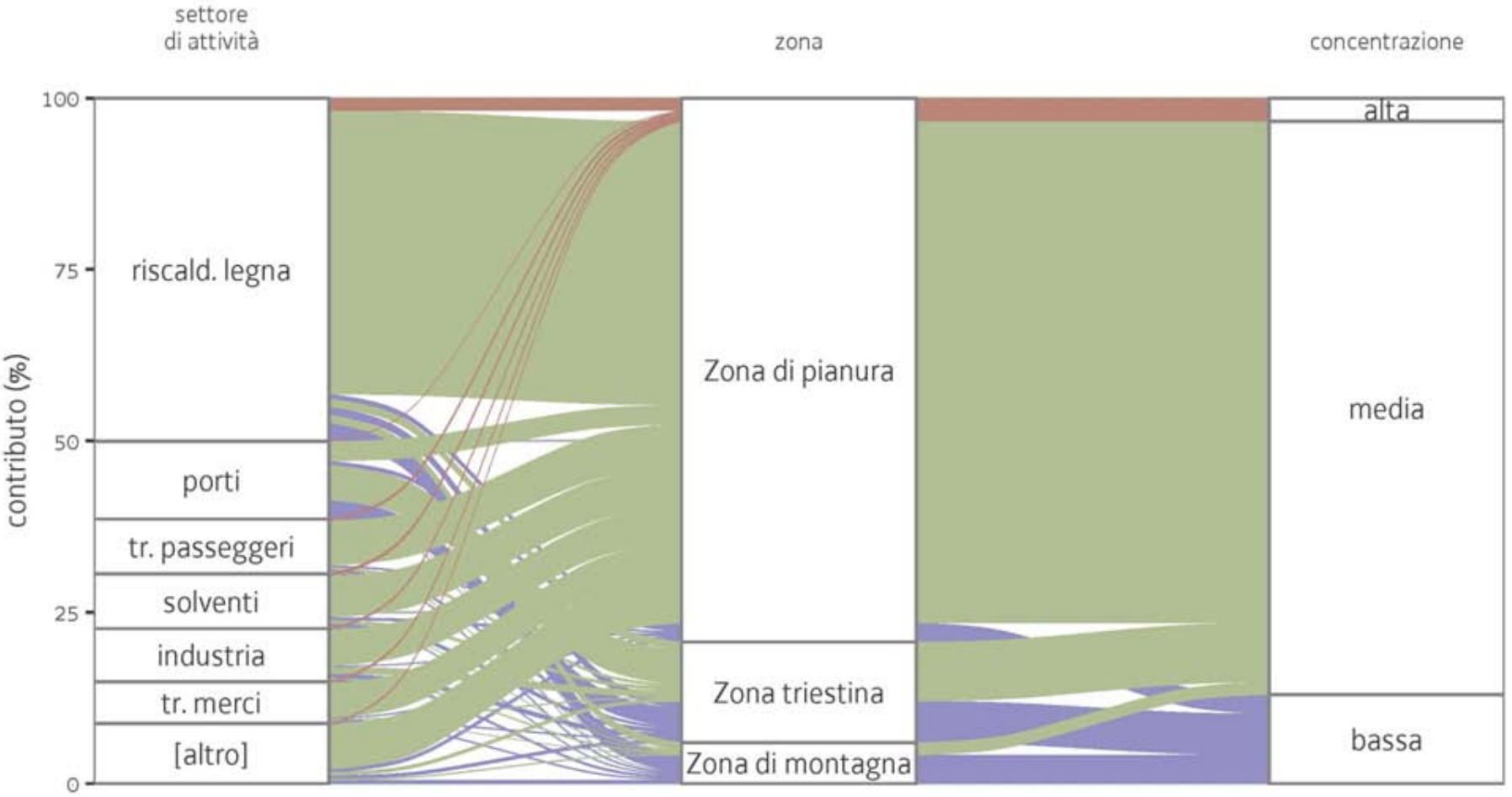
contributi relativi settoriali, pesati sul FVG con la popolazione



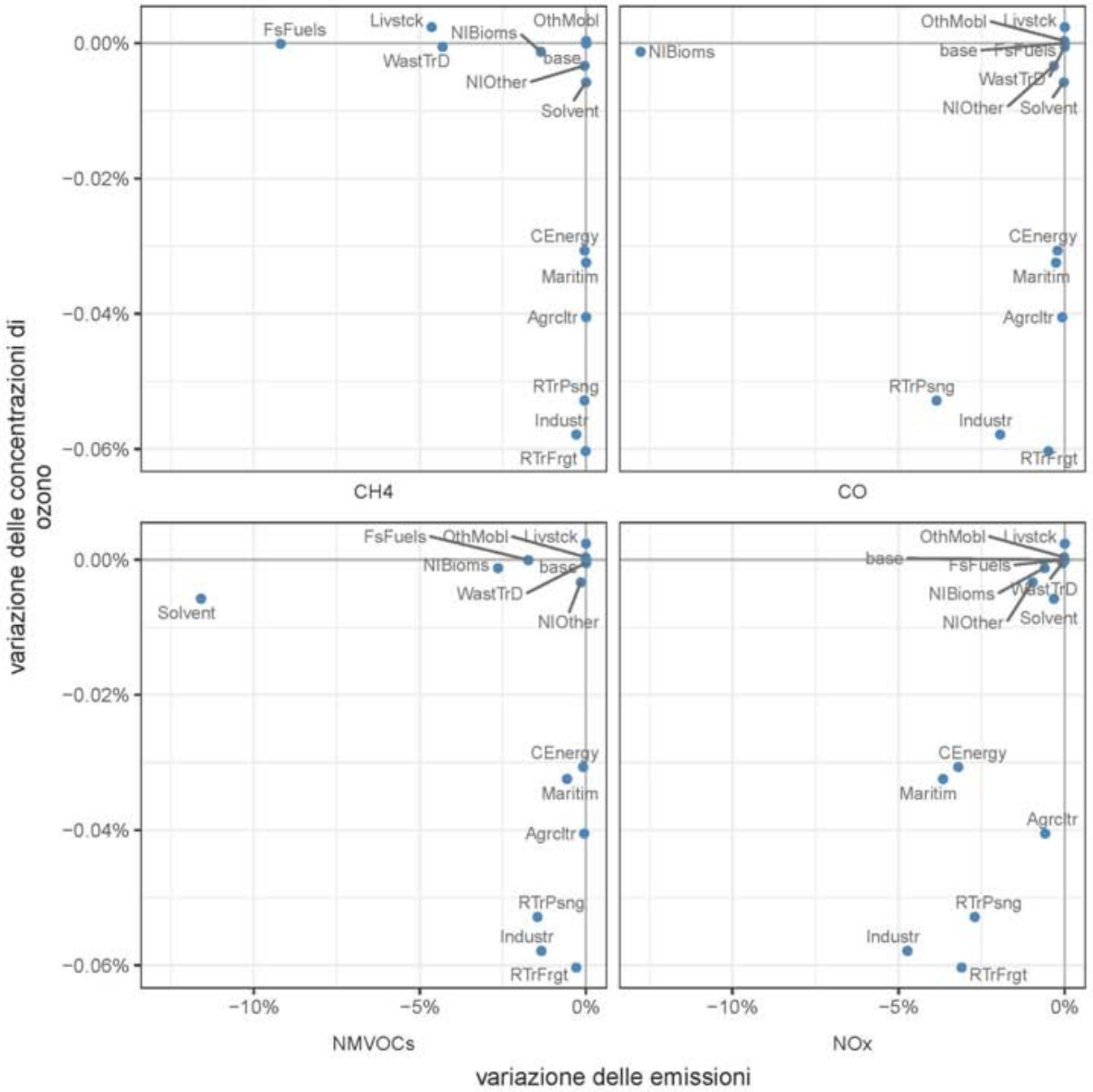
concentrazione 'bassa': inferiore al 66esimo percentile,
concentrazione 'alta': superiore al 90esimo percentile;
'[altro]': settori che danno un contributo < 5%, aggregati

attribuzione alle sorgenti – media annua di PM2.5

contributi relativi settoriali, pesati sul FVG con la popolazione



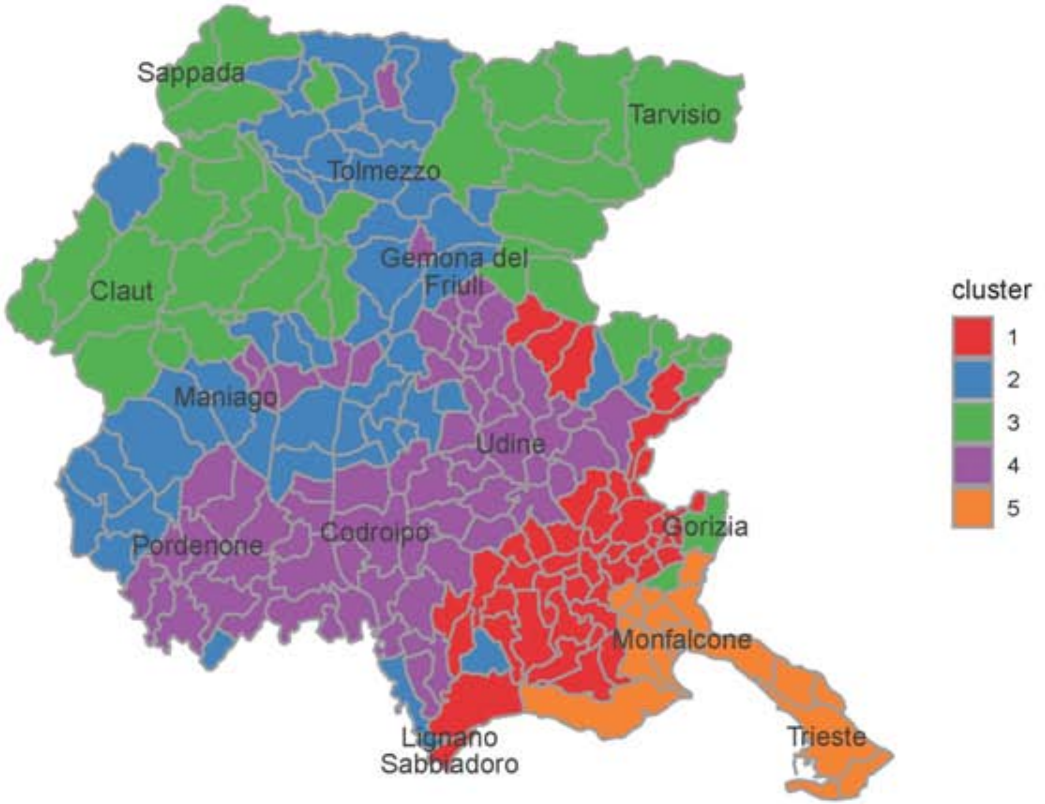
concentrazione 'bassa': inferiore al 66esimo percentile,
concentrazione 'alta': superiore al 90esimo percentile;
'[altro]': settori che danno un contributo < 5%, aggregati

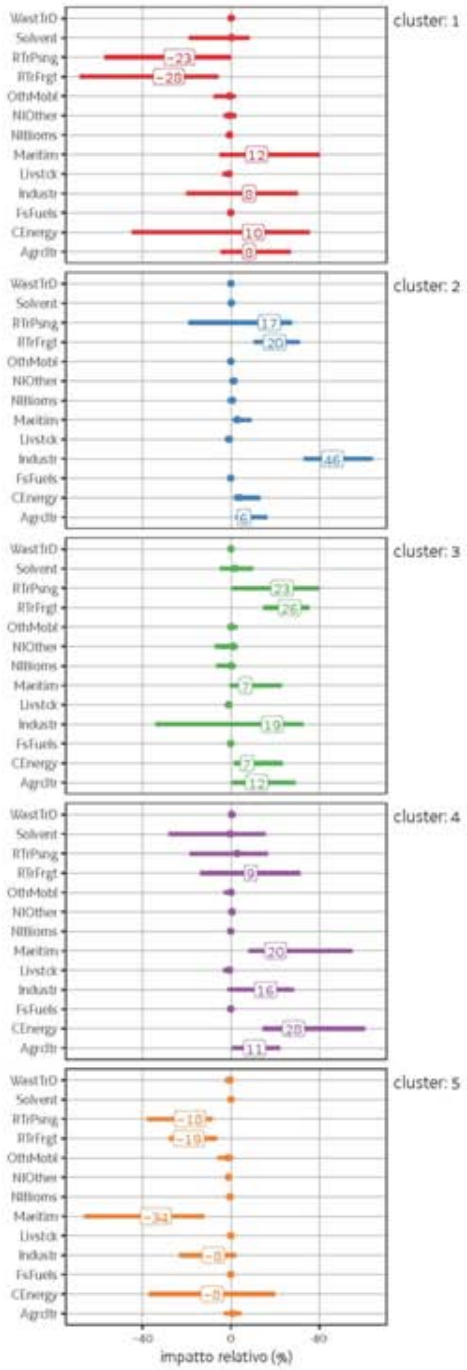

variazione delle concentrazioni di ozono
0.00%
−0.02%
−0.04%
−0.06%
FsFuels
Livstck
NIBioms
OthMobl
WastTrD
base
NIOther
Solvent
CEnergy
Maritim
Agrcltr
RTrPsng
Industr
RTrFrgt
CH4
CO
−10%
−5%
0%
NMVOCs
NOx
variazione delle emissioni

attribuzione settoriale alle sorgenti: dettaglio comunale

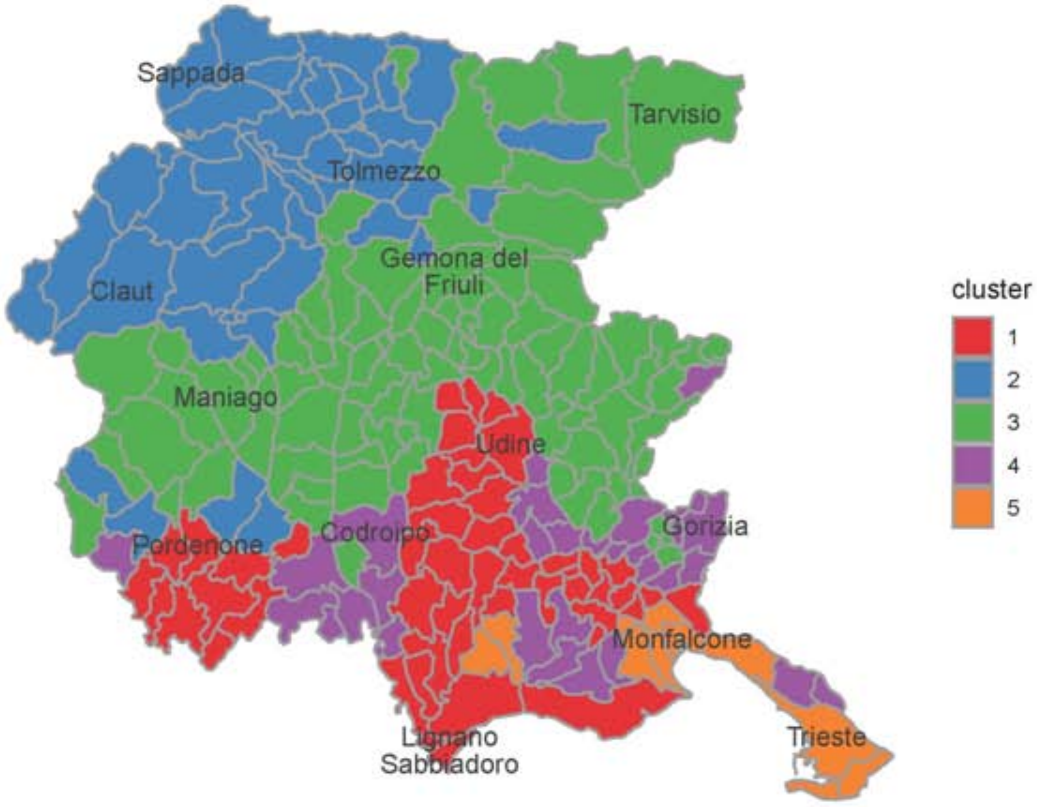
Attribuzione settoriale alle sorgenti per la media annua di **biossido di azoto**

Attribuzione settoriale alle sorgenti per il 36° valore giornaliero più alto di **PM10**





Attribuzione settoriale alle sorgenti per il 26° valore più alto del massimo giornaliero della media mobile su 8 ore dell'**ozono**



approfondimenti

- sul corretto uso delle biomasse per riscaldamento domestico, sulle opportunità per la sostituzione di apparecchi obsoleti, ecc. `https://www.facebook.com/lifeprepair/videos/` e `https://www.facebook.com/events/2304372163042727/`

indicatori meteo

indicatori giornalieri

stagnazione identifica condizioni persistenti di vento molto debole nello strato più basso

ricircolo identifica giornate caratterizzate da variabilità della direzione del vento, in particolare brezze

ventilazione identifica il ricambio della massa d'aria nello strato limite atmosferico

indicatori giornalieri

stagnazione frazione delle 24 ore in cui $ws < ws_{crit}$, con $ws_{crit} = 2\ m/s$, velocità del vento critica oraria[3] [Allwine and Whiteman, 1994]

ricircolo

$$R = 1 - \frac{D_{net}}{D_{tot}}$$

con $D_{net} = \sqrt{\sum(u_i^2) + \sum(v_i^2)}$ e $D_{tot} = \sum(ws \cdot \Delta t)$
[Allwine and Whiteman, 1994, Pérez et al., 2014]

ventilazione media giornaliera della ventilazione oraria

$$V_h = \sum_{j=1}^{H_{PBL}} (dH_j \cdot ws_j)$$

[Pasch et al., 2011, Wu et al., 2013]

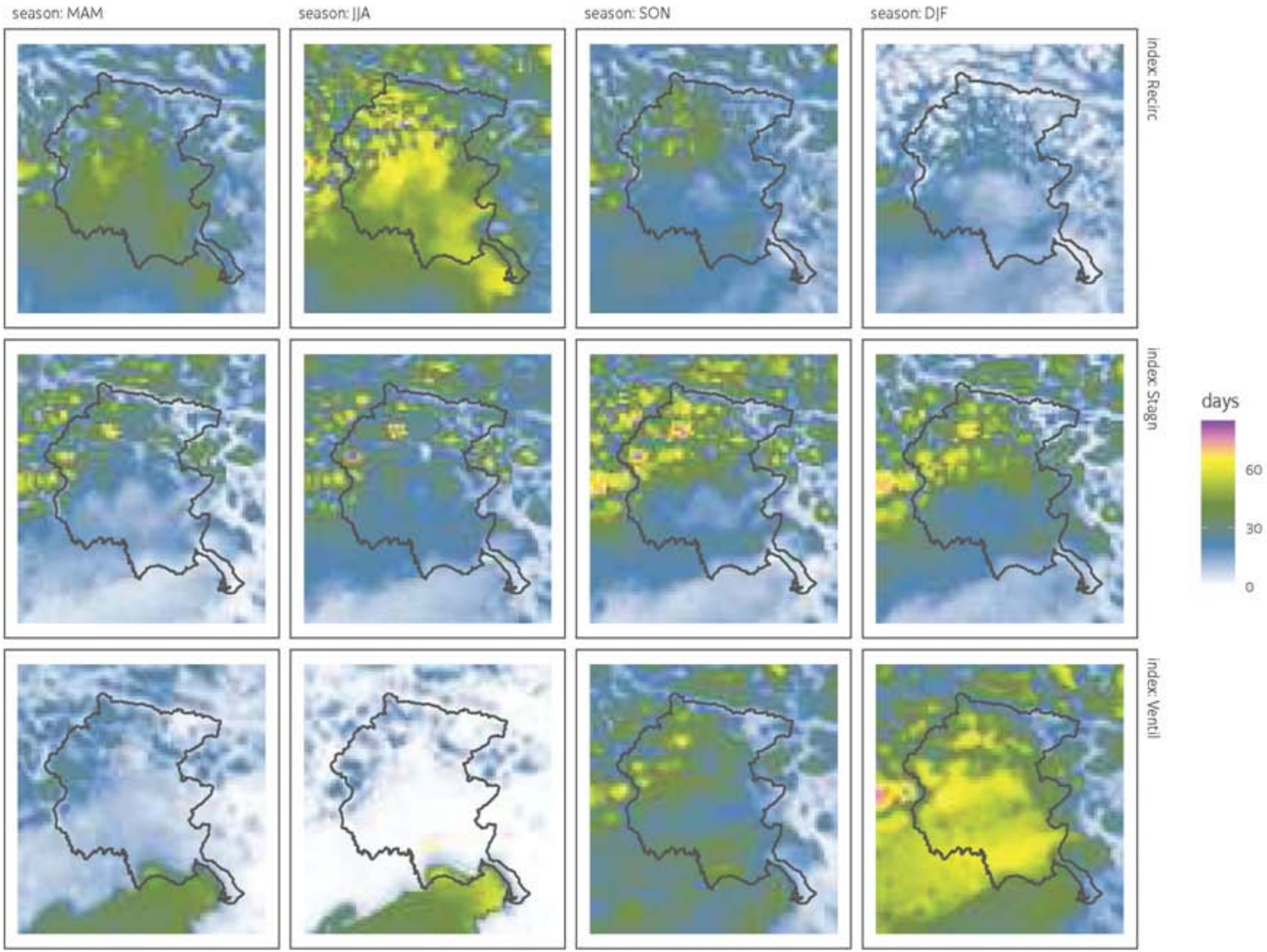
[3] soglia scelta arbitrariamente

valori critici giornalieri

Per ciascuno dei tre indicatori, in ciascuna cella del dominio ogni giornata viene classificata come "critica" o "non-critica", a seconda del valore dell'indicatore rispetto ad un valore critico di soglia.
Tali soglie sono definite in base alle distribuzioni degli indicatori, come 25esimo (V_c) o 75esimo (S_c, R_c) percentile, perciò dipendono da modello, dominio e anno.

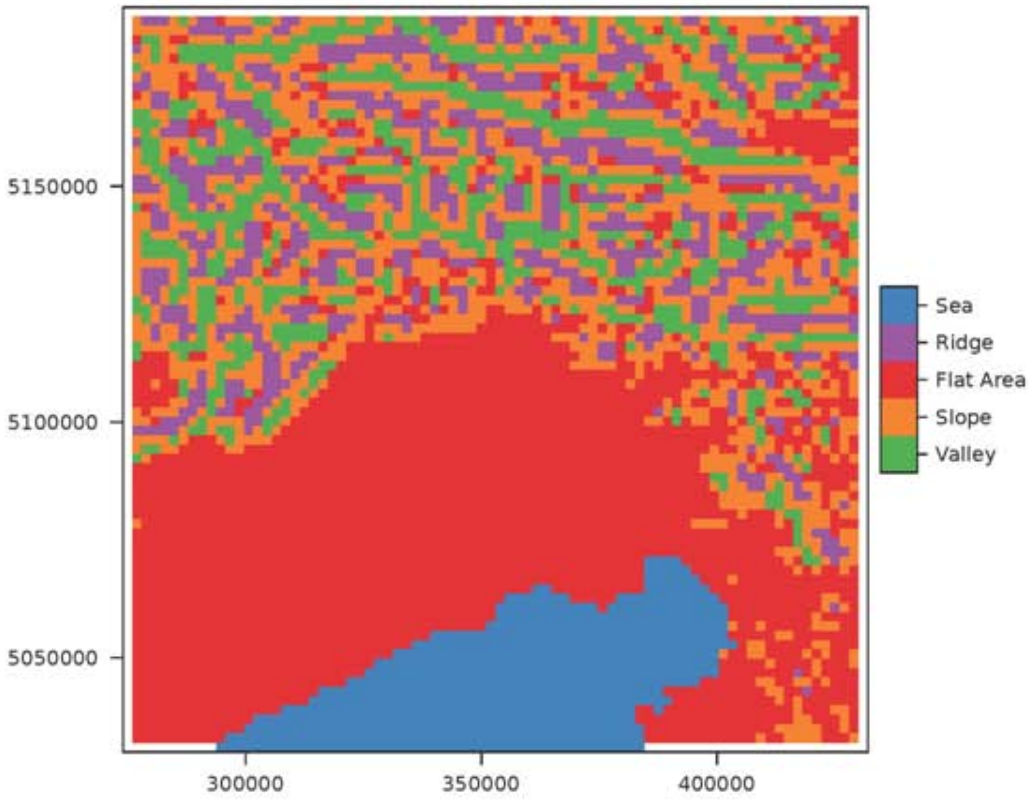
indicatore	valore critico	condizione di criticità
stagnazione	$S_c = 0.67$	$S > S_c$
ventilazione	$V_c = 700\, m^2/s$	$V < V_c$
ricircolo	$R_c = 0.5$	$R > R_c$

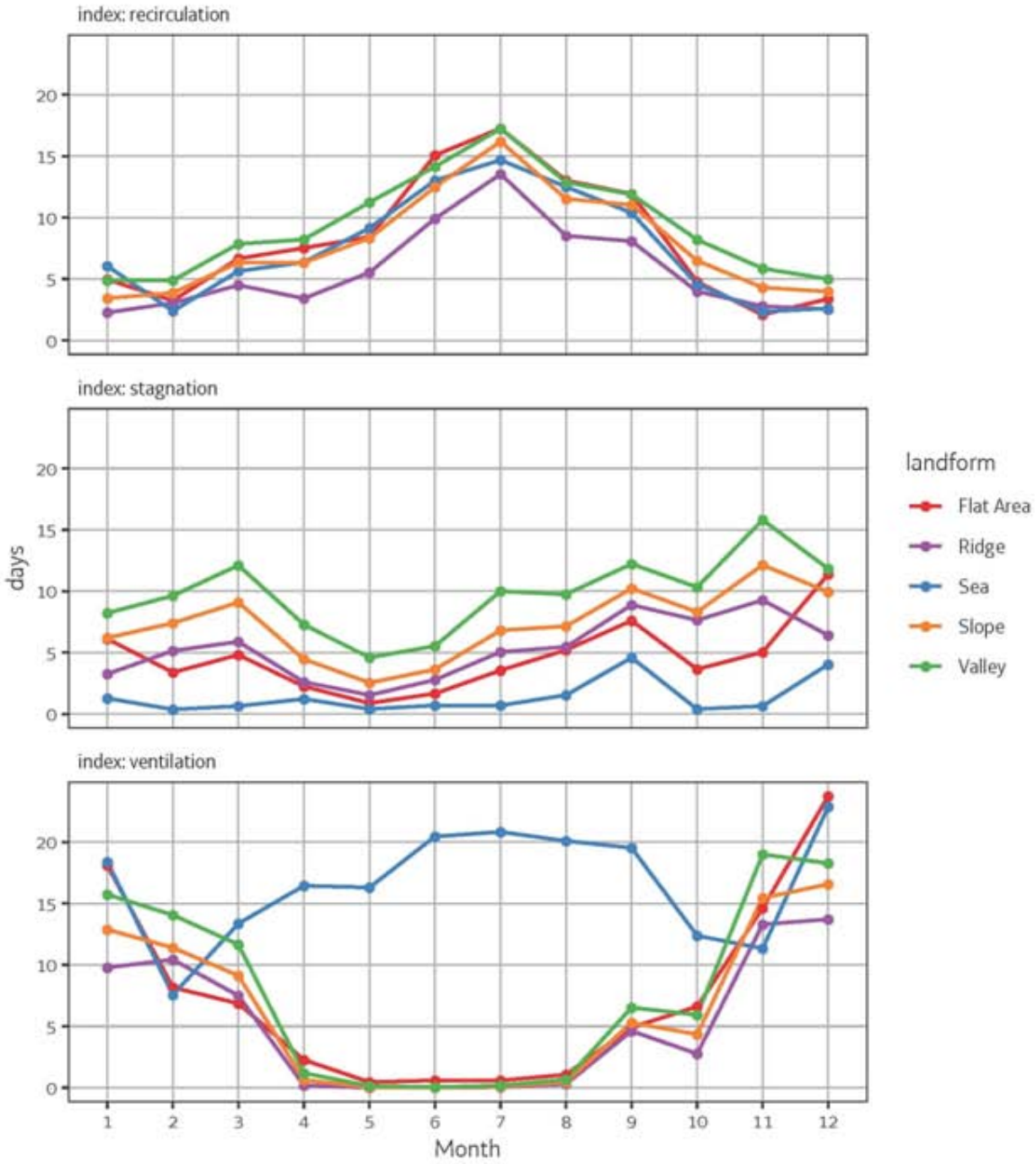
In ciascun mese e/o stagione possiamo contare il numero di "giorni critici".

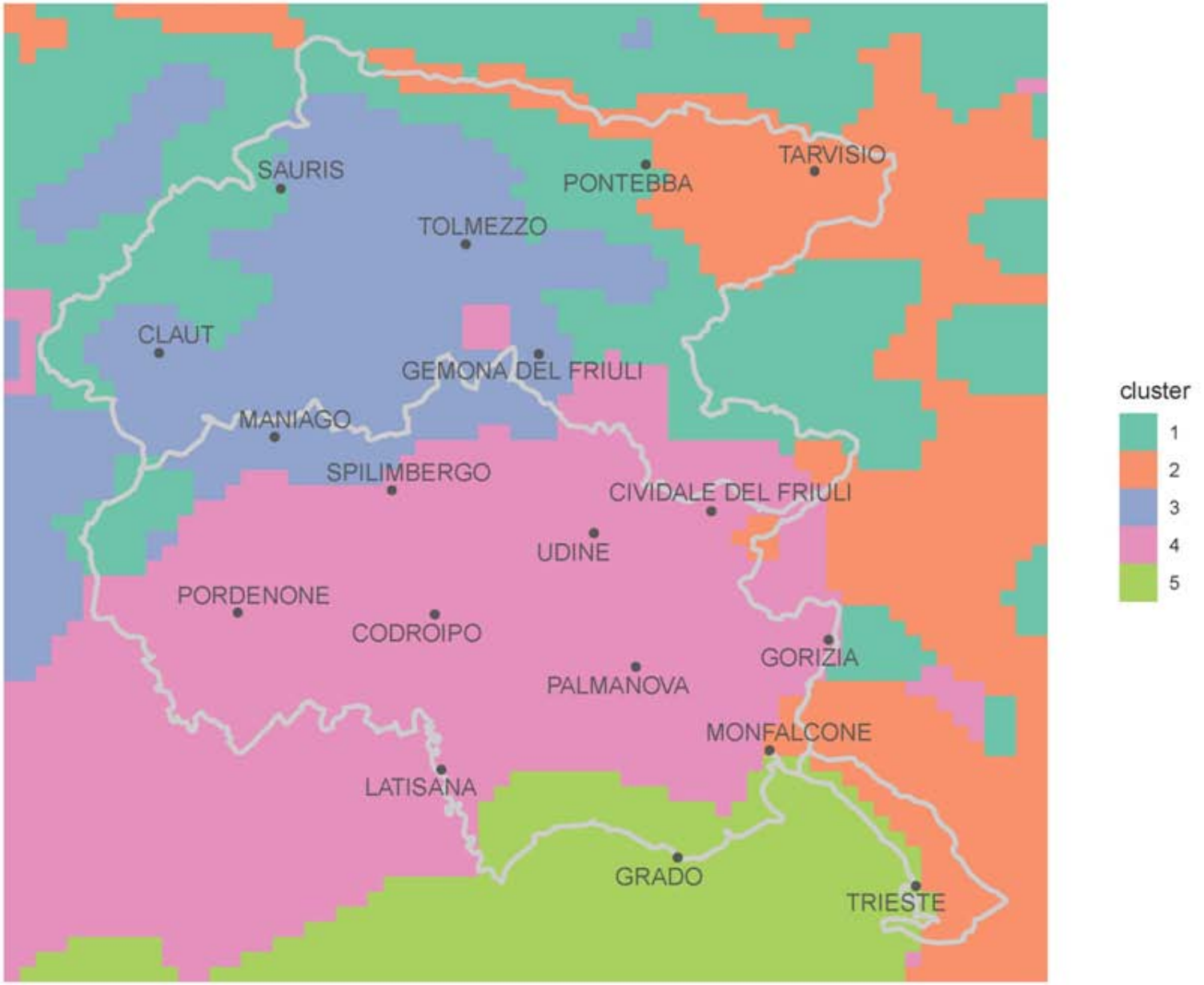

season: MAM
season: JJA
season: SON
season: DJF
Index: Recirc
Index: Stagn
Index: Ventil
days
60
30
0

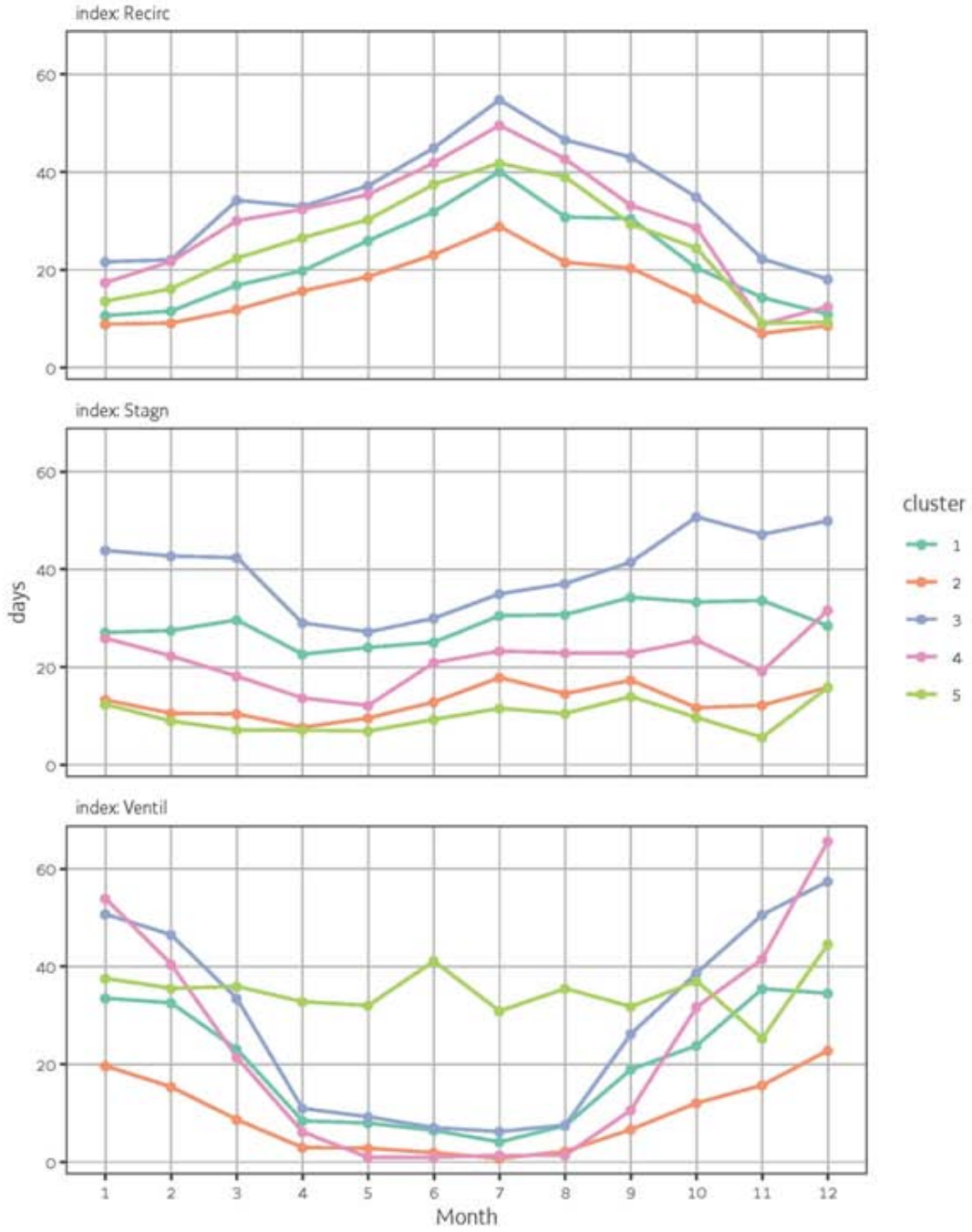
classificazione topografica

Per facilitare la sintesi nelle aree di montagna, classifichiamo ciascuna cella del dominio di studio in base a un indice topografico
[De Reu et al., 2013]




index: recirculation
index: stagnation
index: ventilation
days
Month
landform
Flat Area
Ridge
Sea
Slope
Valley


SAURIS
PONTEBBA
TARVISIO
TOLMEZZO
CLAUT
GEMONA DEL FRIULI
MANIAGO
SPILIMBERGO
CIVIDALE DEL FRIULI
UDINE
PORDENONE
CODROIPO
GORIZIA
PALMANOVA
MONFALCONE
LATISANA
GRADO
TRIESTE
cluster
1
2
3
4
5


index: Recirc
index: Stagn
index: Ventil
days
Month
cluster
1
2
3
4
5

primavera 2020: effetti del *lockdown*

prologo cinese

video 2

https://youtu.be/Gq9t8G-5UIw

Covid-19 e qualità dell'aria nel Bacino Padano

Dati raccolti e metodologia adottata

prepAIR
Pro Regions Engaged in Policies of Air

With the contribution of the LIFE Programme of the European Union
LIFE 15 IPE IT 013

Impatto delle misure di contenimento Covid-19 su emissioni inquinanti

Variazioni delle concentrazioni degli inquinanti

Dati sulla situazione meteorologica

RAPPORTO

www.lifeprepair.eu

Covid-19 e qualità dell'aria nel Bacino Padano

Fasi successive e prospettive

prepAIR
Pro Regions Engaged in Policies of Air

With the contribution of the LIFE Programme of the European Union
LIFE 15 IPE IT 013

2° fase dello studio

Analizzare
le fasi successive del lockdown (aprile-maggio 2020)

Approfondire
dati raccolti e studiare la composizione chimica del particolato (PM_{10})

Fornire elementi utili
a supporto delle politiche di miglioramento della qualità dell'aria e di eventuali studi epidemiologici

www.lifeprepair.eu

Covid-19 e qualità dell'aria nel Bacino Padano / aggiornamento maggio 2020

Impatto delle misure di contenimento Covid-19 sulle emissioni di PM_{10} e NO_X

prepAIR
Pro Regions Engaged in Policies of Air

With the contribution of the LIFE Programme of the European Union
LIFE 15 IPE IT 013

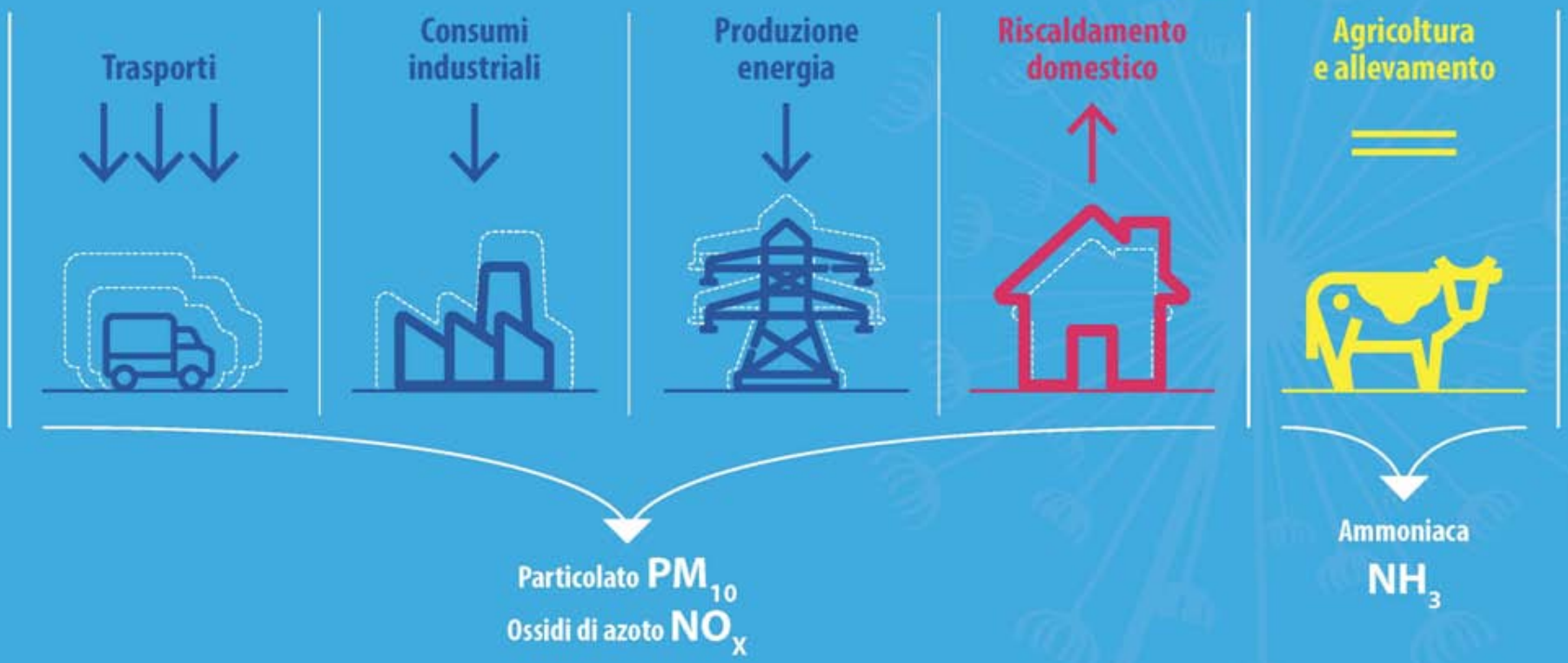
www.lifeprepair.eu

Covid-19 e qualità dell'aria nel Bacino Padano

Effetti delle misure di contenimento Covid -19 sui principali settori emissivi

prepAIR
Pro Regions Engaged in Policies of Air

With the contribution of the LIFE Programme of the European Union
LIFE 15 IPE IT 013

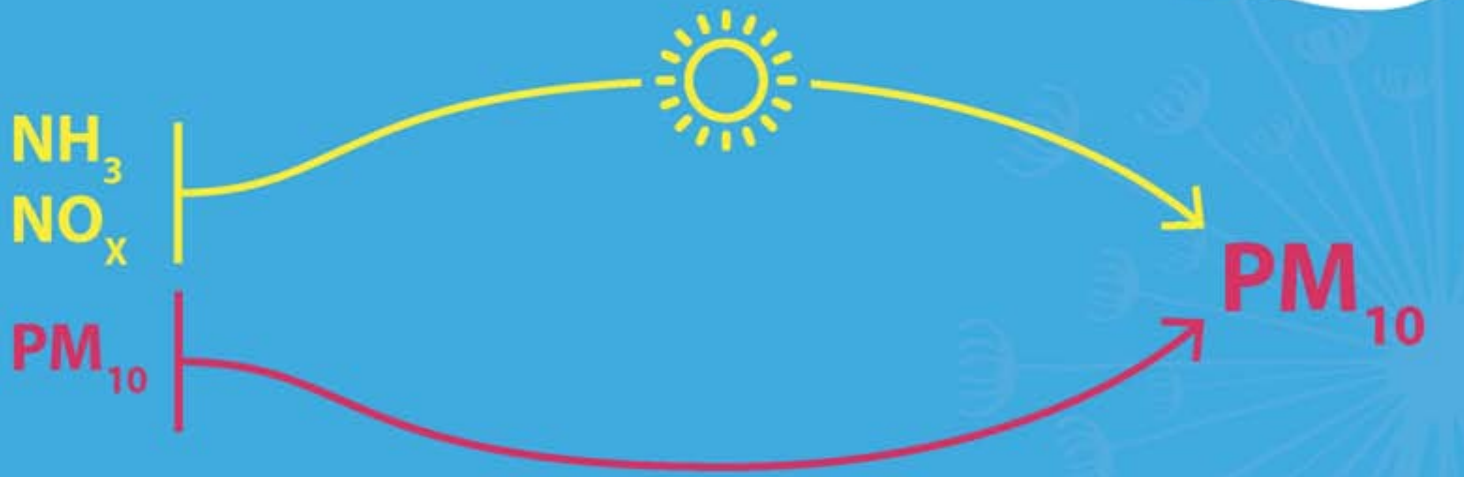


Covid-19 e qualità dell'aria nel Bacino Padano / aggiornamento maggio 2020

Considerazioni e prime conclusioni

prepAIR
Pro Regions Engaged in Policies of Air

With the contribution of the LIFE Programme of the European Union
LIFE 15 IPE IT 013



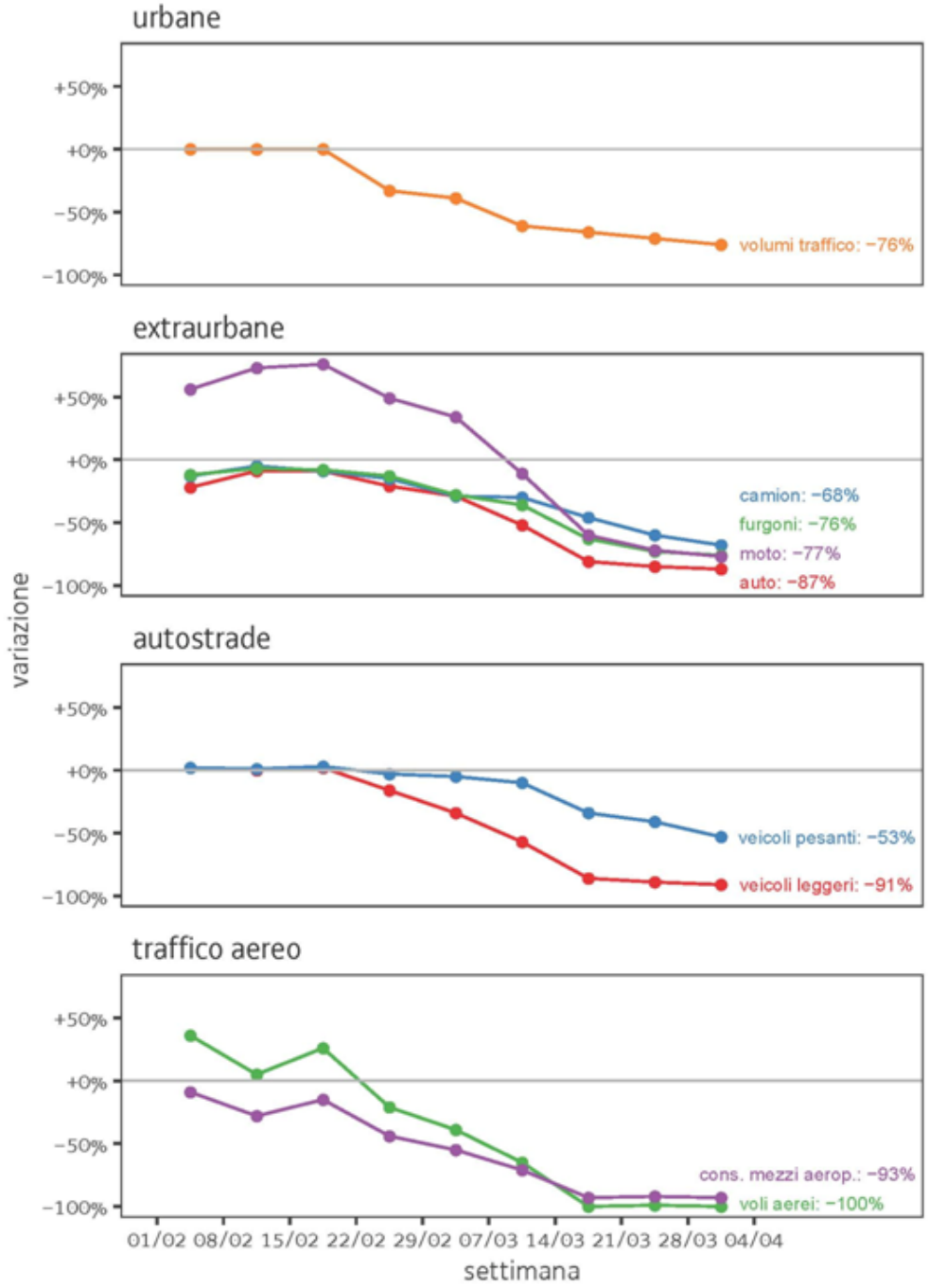
emissioni NO_x max −40% *

emissioni PM_{10} max −21% *

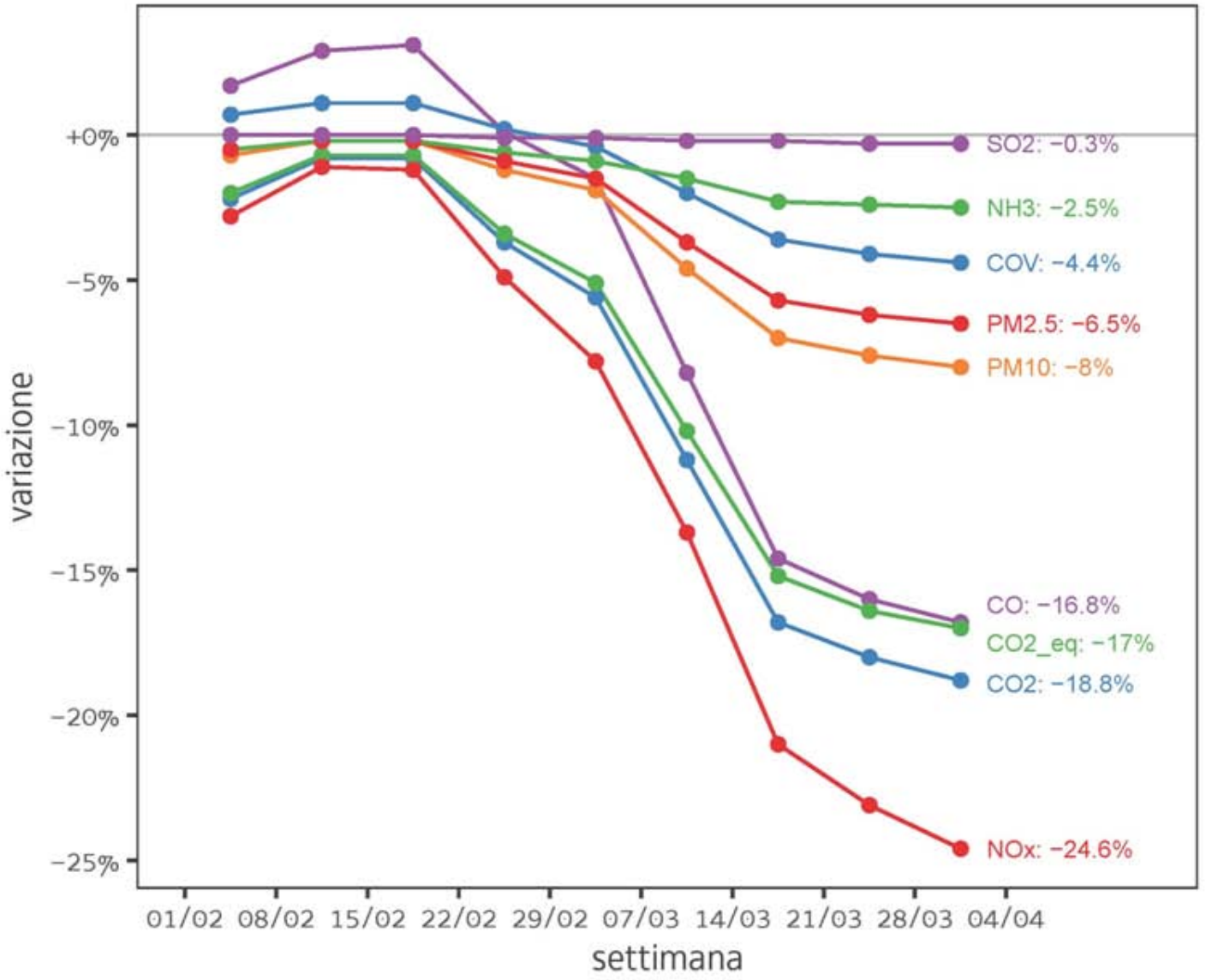
Risultato importante. Sarà sufficiente per rispettare i valori limite UE?

* riduzione massima media dell'intero bacino Bacino Padano

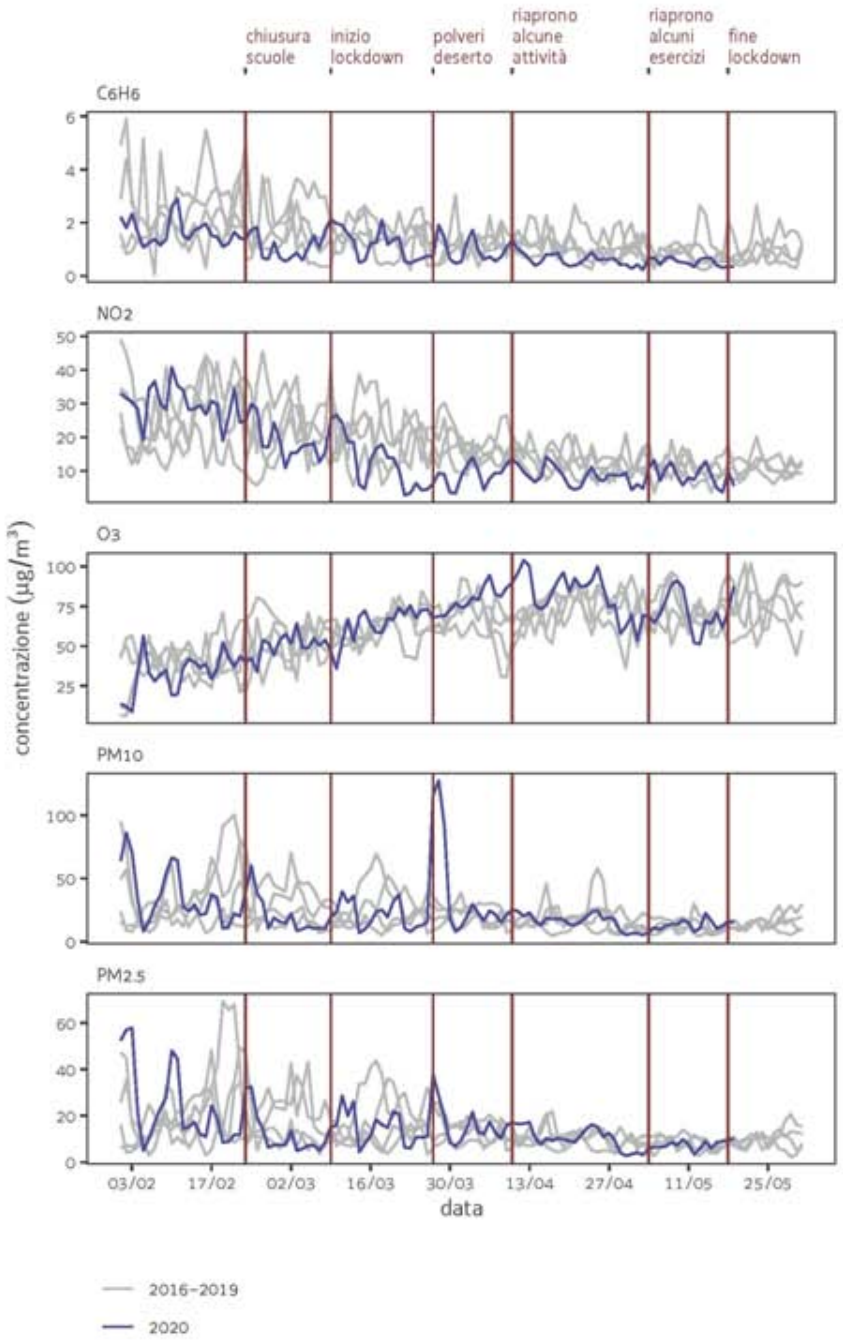
www.lifeprepair.eu



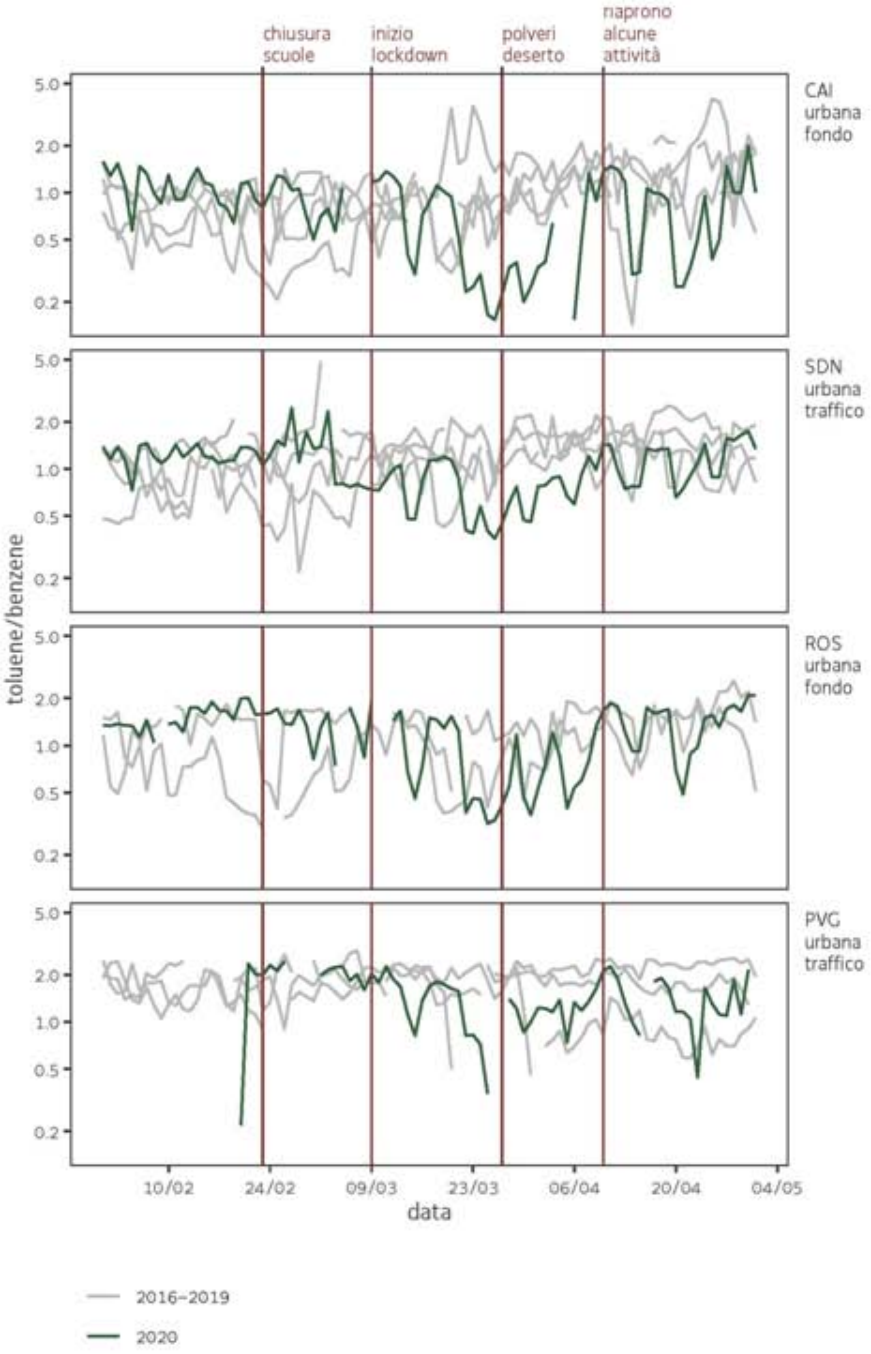
Variazioni settimanali di alcuni indicatori relativi ad attività antropiche rilevanti per la qualità dell'aria. Dall'alto: traffico su strade urbane, extra-urbane e autostrade; in fondo: traffico aereo.



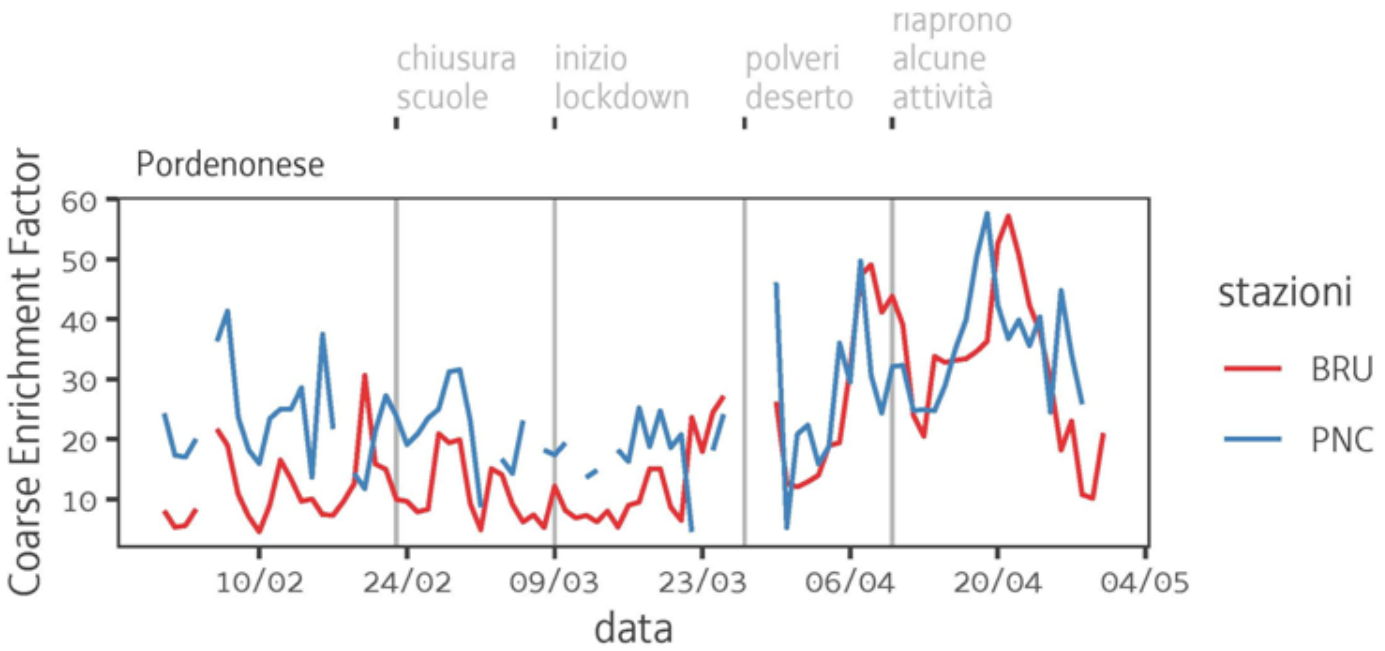
Riduzioni settimanali delle emissioni antropogeniche delle principali specie chimiche inquinanti e climalteranti in Friuli Venezia Giulia.



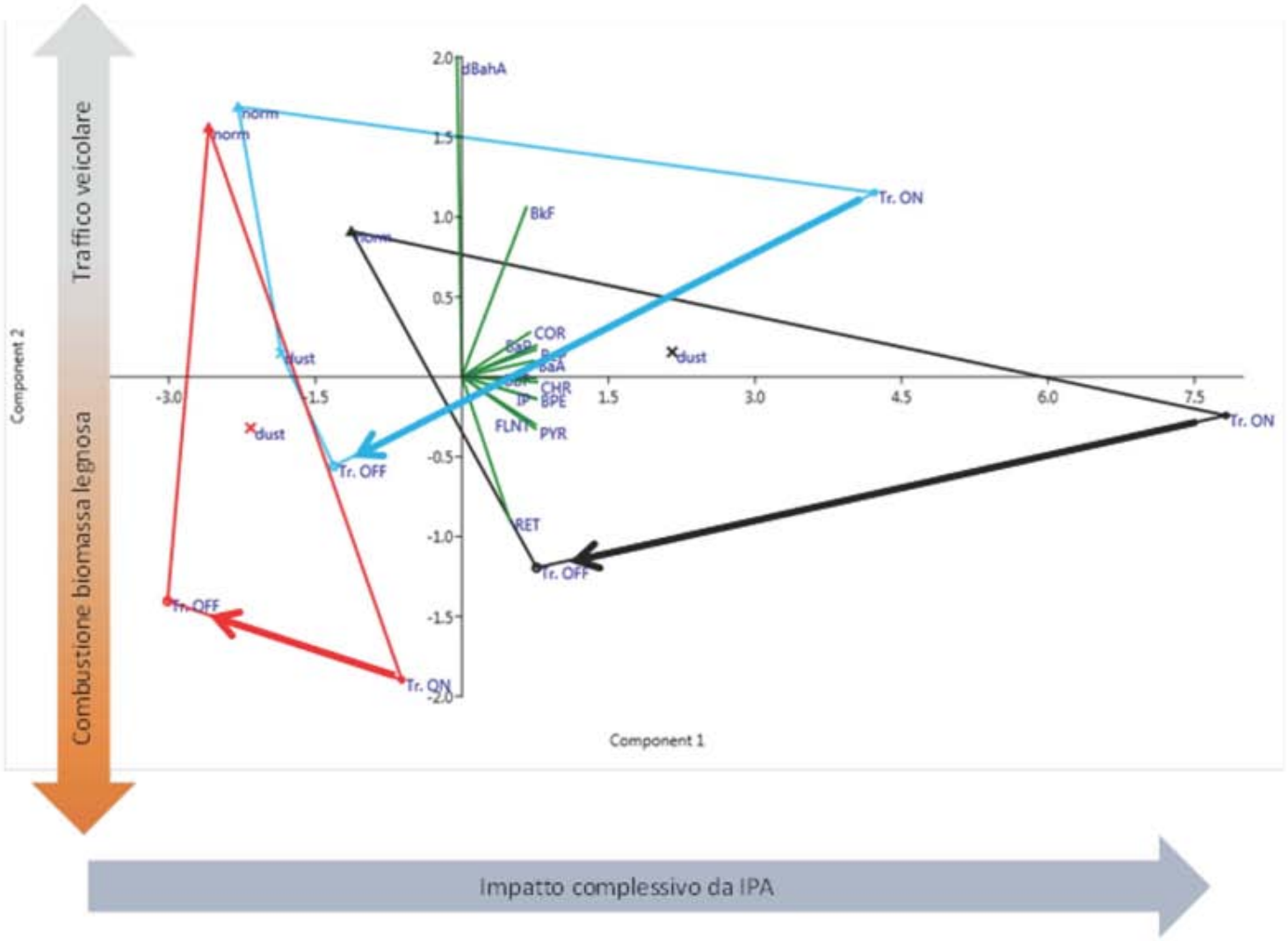
Andamento delle concentrazioni aria ambiente dei principali inquinanti, nel periodo febbraio–maggio 2020. Mediane giornaliere regionali in Friuli Venezia Giulia, confrontate con lo stesso periodo degli anni precedenti.



Andamento del rapporto toluene/benzene nel periodo febbraio–aprile 2020. Mediane giornaliere confrontate con gli anni precedenti.



Andamento della percentuale di polveri grossolane nel PM10 nel periodo febbraio–aprile 2020. Medie giornaliere, confronti tra stazioni dell'area pordenonese.



Principal Component Analysis degli Idrocarburi Policiclici Aromatici a Udine (azzurro), Tolmezzo (nero) e Ugovizza (rosso).

approfondimenti

- http://www.arpa.fvg.it/export/sites/default/tema/aria/utilita/Documenti_e_presentazioni/tecnico_scientifiche_docs/Report_Lockdown_ARPAFVG_Approvato.pdf
- https://www.lifeprepair.eu/wp-content/uploads/2020/06/COVIDQA-Prepair-19Giugno2020_final.pdf

Grazie per l'attenzione!

Allwine, K. J. and Whiteman, C. D. (1994).
Single-station integral measures of atmospheric stagnation, recirculation and ventilation.
Atmospheric Environment, 28(4):713–721.

ARPA-FVG (2020).
Effetti sulla matrice ambientale ARIA delle azioni di contenimento del COVID-19. Relazione tecnica.

De Reu, J., Bourgeois, J., Bats, M., Zwertvaegher, A., Gelorini, V., De Smedt, P., Chu, W., Antrop, M., De Maeyer, P., Finke, P., et al. (2013).
Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes.
Geomorphology, 186:39–49.

Miranda, A., Silveira, C., Ferreira, J., Monteiro, A., Lopes, D., Relvas, H., Roebeling, P., Borrego, C., Turrini, E., and Volta, M. (2014).
Urban air quality plans in europe: a review on applied methodologies.
Air Pollution XXII, 183:315.

Pasch, A. N., MacDonald, C. P., Gilliam, R. C., Knoderer, C. A., and Roberts, P. T. (2011).
Meteorological characteristics associated with PM2. 5 air pollution in Cleveland, Ohio, during the 2009–2010 Cleveland Multiple Air Pollutants Study.
Atmospheric environment, 45(39):7026–7035.

Pérez, N., Rodríguez, G., and Pacheco, J. (2014).
Atmospheric recirculation on the east coast of Gran Canaria Island.
Proceedings of Air Pollution XXII, 183:15–25.

Seinfeld, J. H. and Pandis, S. N. (2016).
Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change.
John Wiley & Sons.

The PREPAIR team (2020).
Studio preliminare degli effetti delle misure COVID-19 sulle emissioni in atmosfera e sulla qualità dell'aria nel bacino padano.

Wu, M., Wu, D., Fan, Q., Wang, B., Li, H., and Fan, S. (2013).
Observational studies of the meteorological characteristics associated with poor air quality over the Pearl River Delta in China.
Atmospheric Chemistry and Physics, 13(21):10755–10766.