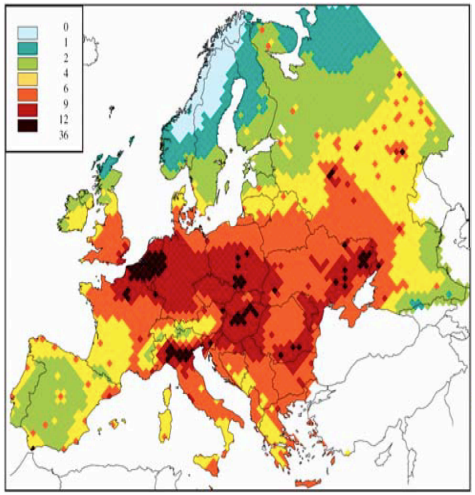
Inquinamento atmosferico e clima: due facce della stessa medaglia

MARIA CRISTINA FACCHINI
ISTITUTO DI SCIENZE DELL'ATMOSFERA E DEL CLIMA
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
BOLOGNA

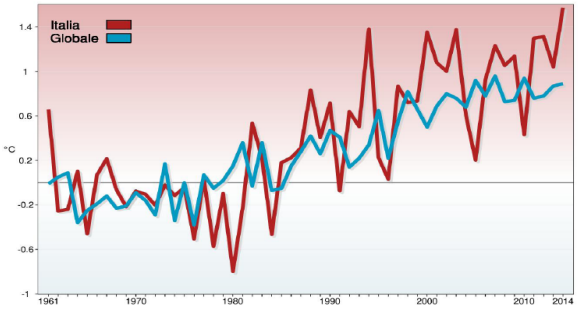
Qualità dell'aria e clima

La qualità dell'aria e il cambiamento climatico sono due emergenze ambientali con le quali la società deve oggi confrontarsi

L'inquinamento atmosferico è la seconda causa di mortalità a livello mondiale (3.5 milioni di morti premature l'anno, 33.000 stimate in Italia)



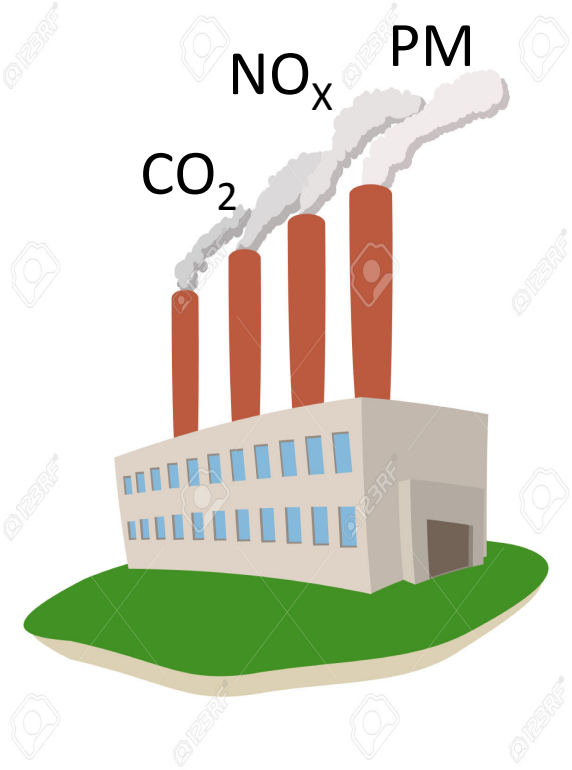
Il 5° IPCC *Assessment Report* ha evidenziato che "il riscaldamento del pianeta è inequivocabile e che dal 1950 molti dei cambiamenti osservati non hanno precedenti a scala di millenni"



Elaborazione: ISPRA

Emissioni antropiche

Tutte le attività antropiche immettono in atmosfera inquinanti gassosi e particolati che modificano la composizione dell'atmosfera



Le stesse sorgenti emettono in atmosfera sia gas a effetto serra sia inquinanti dannosi per la salute

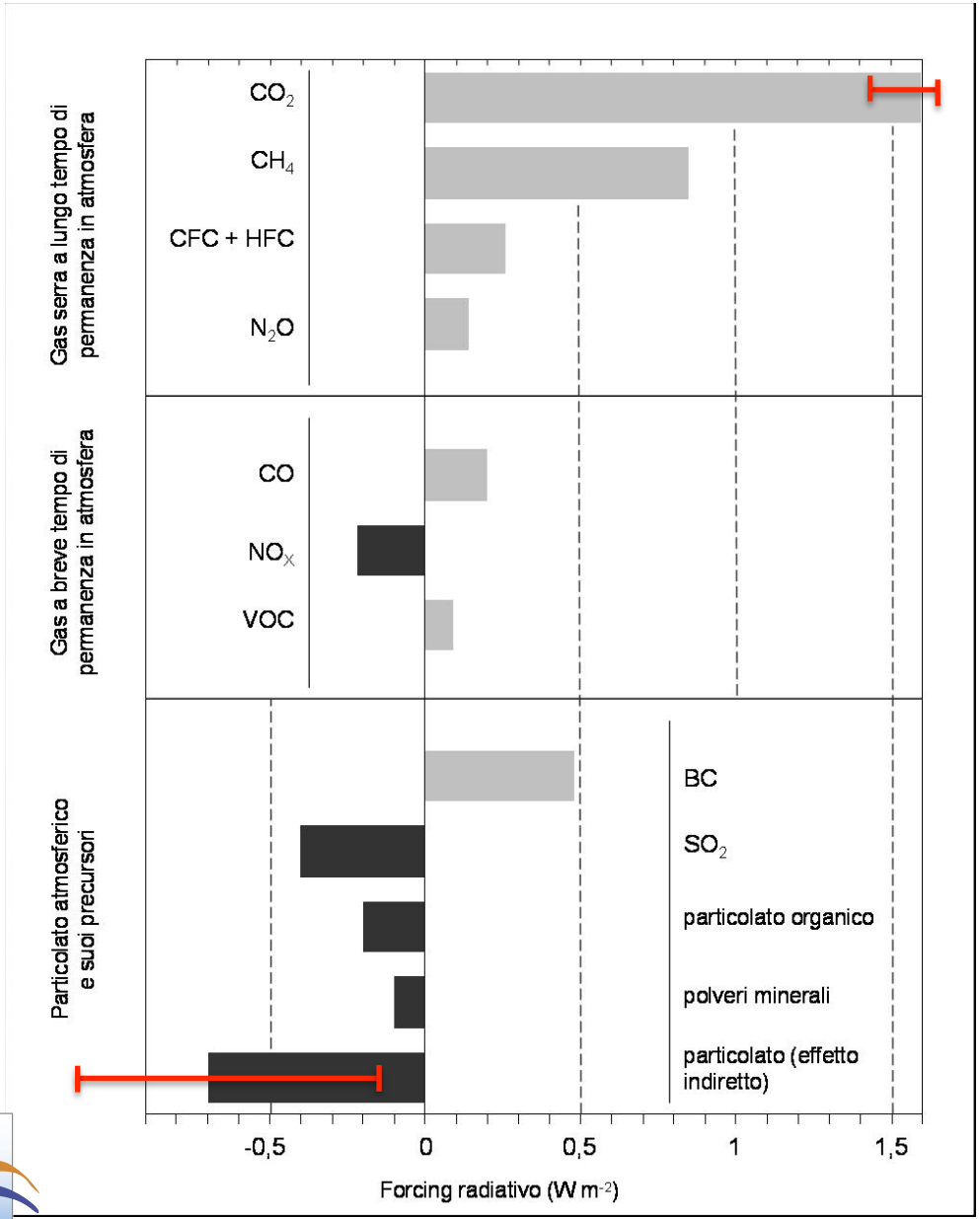
Emissione/rimozione di inquinanti

- L'atmosfera ha un'elevata capacità di autodepurazione e la maggior parte degli inquinanti originati dalle attività antropiche sono rimossi e depositati al suolo sia a causa del dilavamento dovuto alle precipitazioni che di processi di ossidazione, principalmente dovuti al radicale OH (per questo detto lo "spazzino dell'atmosfera")
- La capacità di autodepurazione dell'atmosfera è molto minore per composti scarsamente reattivi, come ad esempio CO_2 e N_2O, che rimangono in atmosfera per tempi molto più lunghi (diverse centinaia di anni).
- Questi composti non sono mai stati considerati inquinanti in quanto non direttamente dannosi per la salute umana
- Ma anche alcuni dei composti inquinanti "tradizionali" a breve tempo di permanenza in atmosfera interagiscono con il clima (in particolare, ozono e PM)

Tempo di vita dei composti atmosferici

Composto	Tempo (approssimativo) di residenza in atmosfera	Effetti inquinanti sulla salute e gli ecosistemi	Effetti sul clima
Biossido di carbonio (CO_2)	800 anni	Acidificazione degli oceani, effetti sulla fotosintesi	Gas serra a lungo tempo di residenza in atmosfera
Ossido nitroso (N_2O)	120 anni	Distruzione dello strato di ozono stratosferico	Gas serra a lungo tempo di residenza in atmosfera
Metano (CH_4)	8 anni	Precursore dell'ozono troposferico (vedi sotto)	Gas serra a medio tempo di residenza in atmosfera
Ozono (O_3)	1 mese	Danni per la salute e la vegetazione	Gas serra a breve tempo di residenza in atmosfera
Biossido di zolfo (SO_2)	1 settimana	Danni per la salute, acidificazione degli ecosistemi	Precursore dell'aerosol atmosferico che causa raffreddamento del clima
Ossidi di azoto (NO_X)	1 settimana	Precursore dell'ozono troposferico, acidificazione degli ecosistemi, eutrofizzazione delle acque	Precursore dell'aerosol atmosferico che causa raffreddamento del clima
Ammoniaca (NH_3)	1 settimana	Acidificazione degli ecosistemi, eutrofizzazione delle acque	Precursore dell'aerosol atmosferico che causa raffreddamento del clima
Particelle carboniose (BC)	1 settimana	Danni per la salute	Assorbe la radiazione solare causando riscaldamento del clima
Comosti organici volatili (VOC)	variabile	Danni per la salute, precursore dell'ozono troposferico	Precursore dell'ozono troposferico

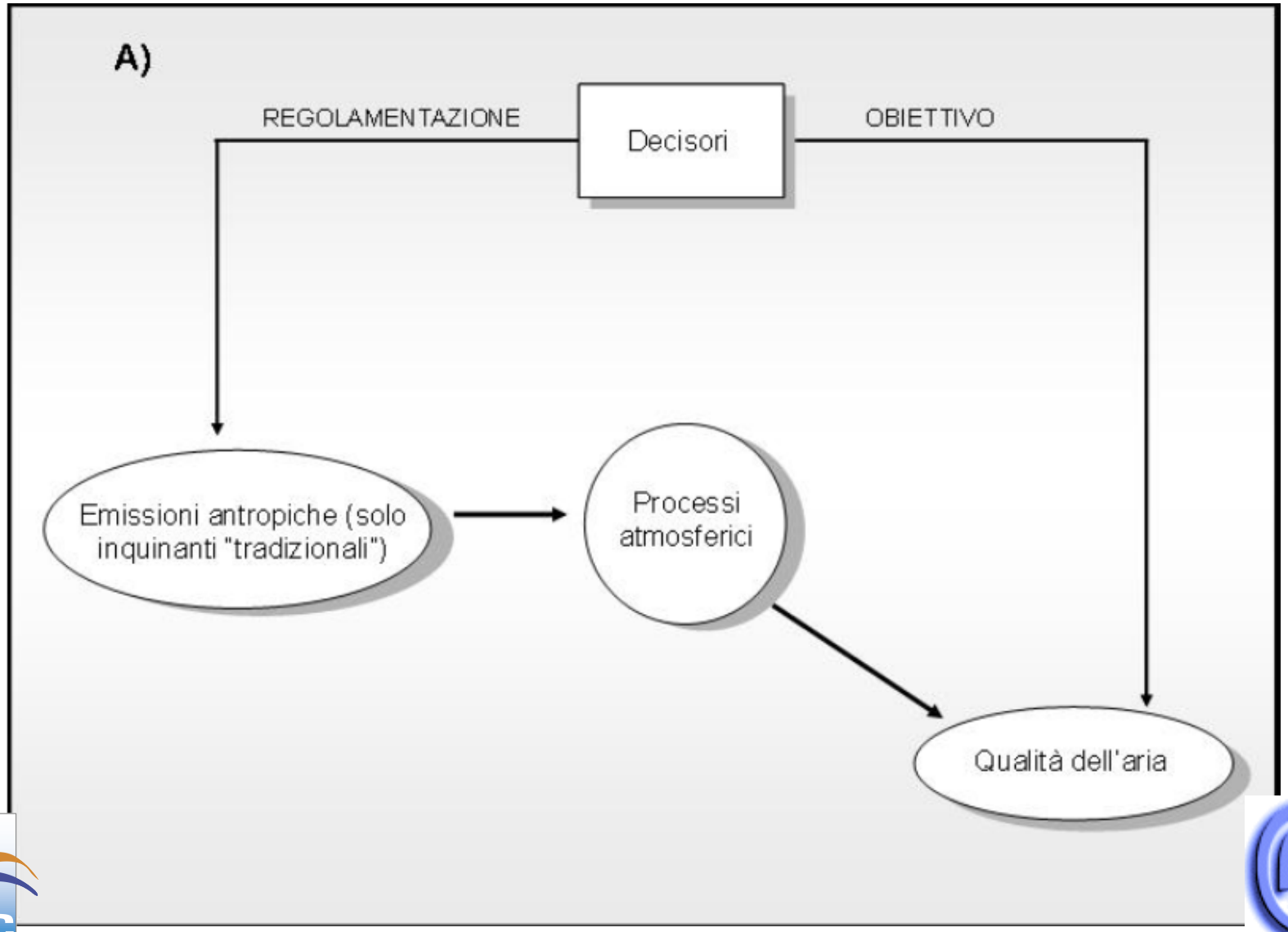
Forcing radiativo



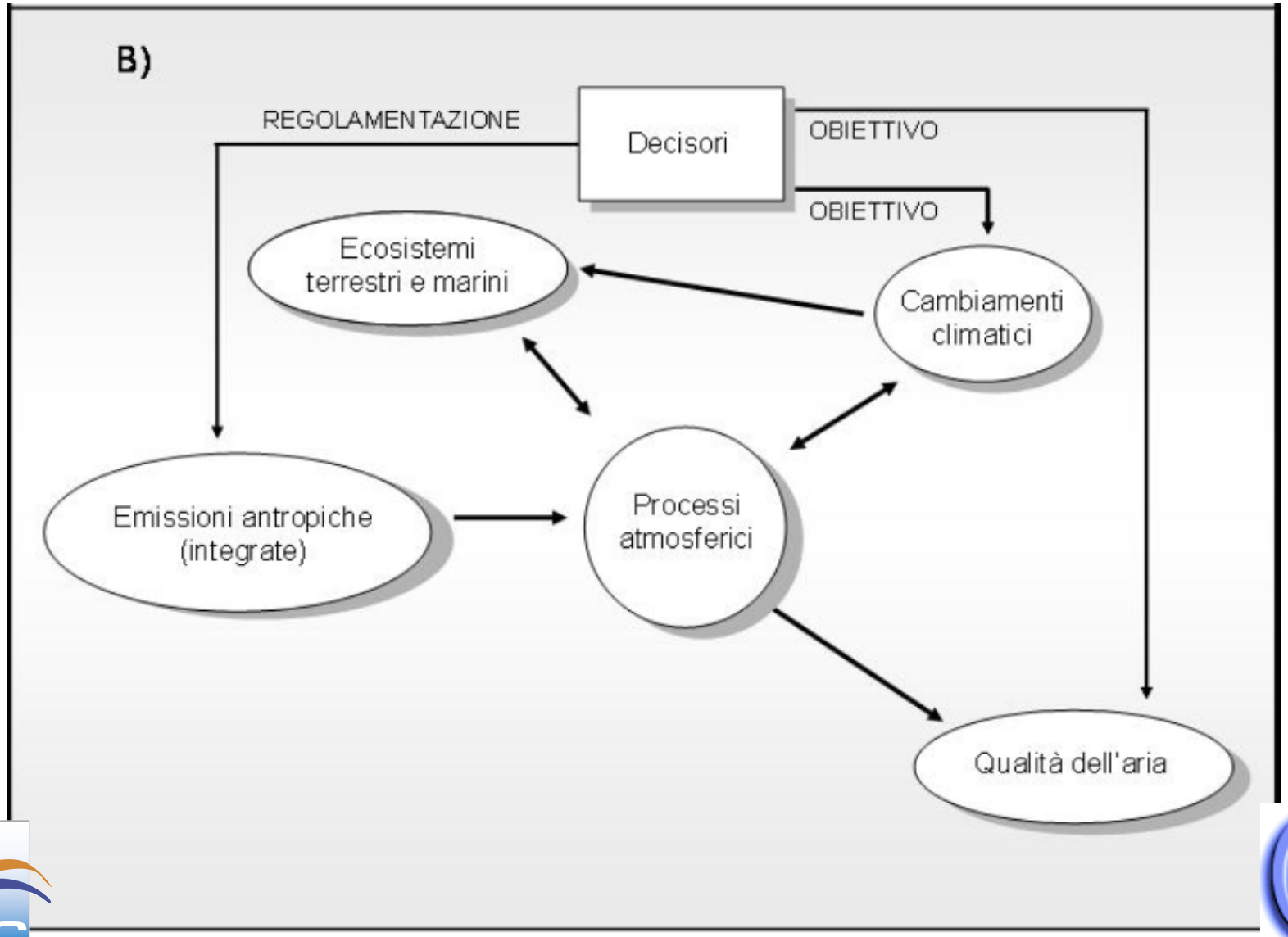
Politiche di riduzione delle emissioni

- Non è possibile separare in modo inequivocabile le emissioni antropiche in due gruppi distinti: inquinanti atmosferici e composti clima-alteranti
- Tuttavia ancora oggi le politiche relative a queste due emergenze ambientali sono trattate separatamente nell'ambito di diversi dipartimenti ed uffici a livello di Assessorati, Ministeri e Commissione Europea

Mitigazione della qualità dell'aria

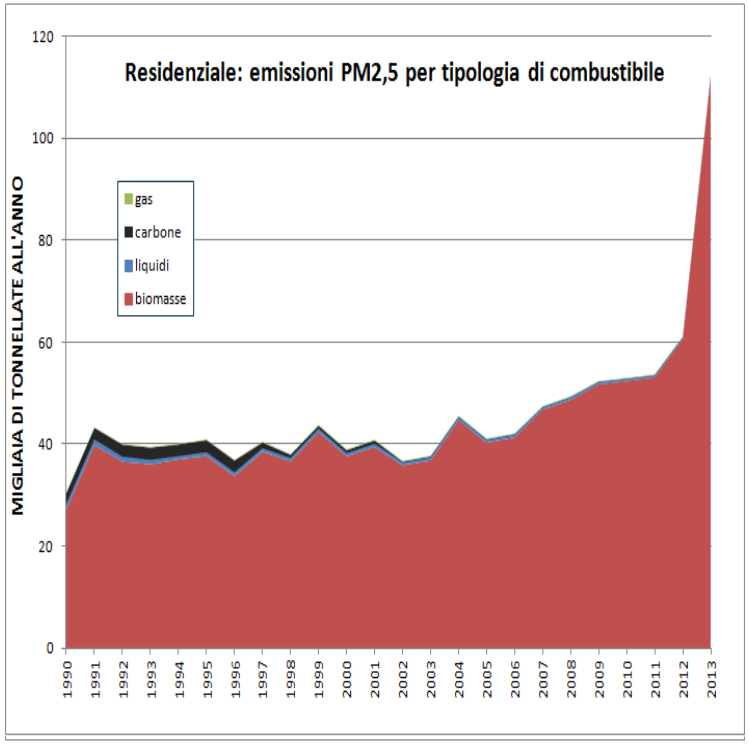


Mitigazione integrata qualità dell'aria-clima



Interazione qualità dell'aria-clima

E' stato incentivato negli ultimi anni l'uso di biomasse come combustibili domestici, in quanto *climate-neutral*

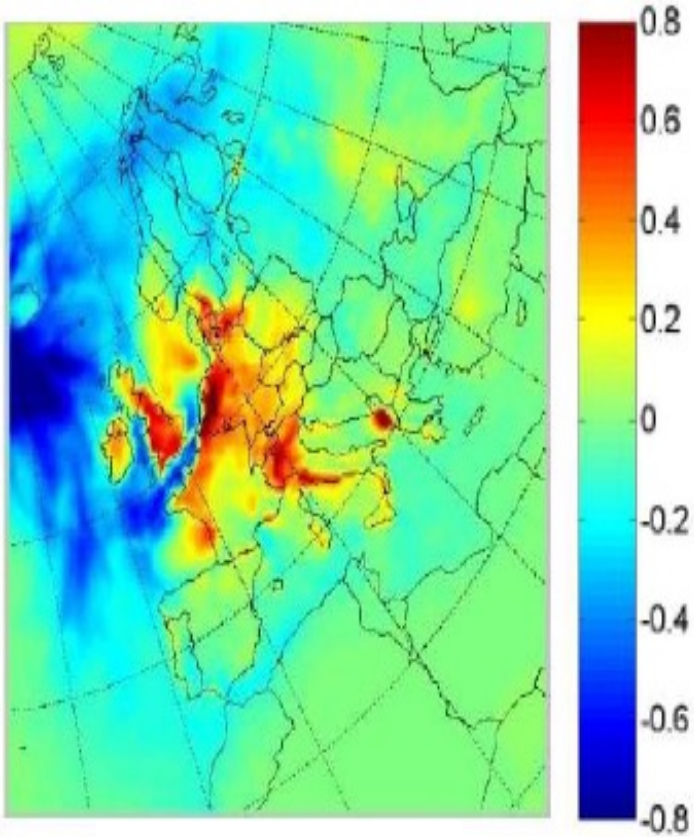


D. Faccini (2016)
Elaborazione dati ISPRA

La combustione di biomasse costituisce una importante sorgente di $PM_{2.5}$ che causa il deterioramento della qualità dell'aria ed è dannoso per la salute umana

Interazione clima-qualità dell'aria

Simulazione dell'aumento di $PM_{2.5}$ (in $\mu g/m^3$) per un aumento di 2.5 °C di temperatura (Megaritis et al., 2015)

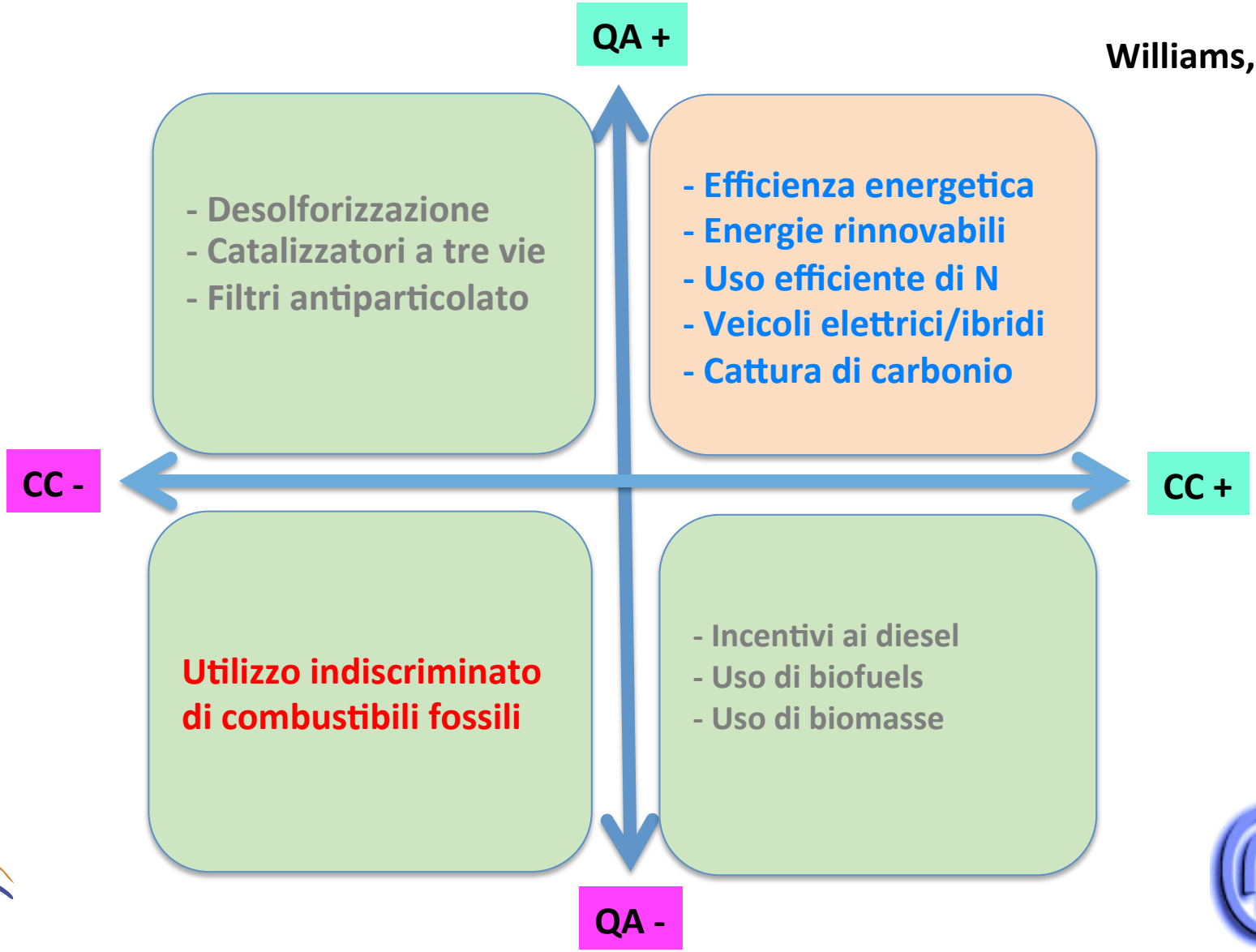


$PM_{2.5}$ - Estate

Il PM influenza sia la qualità dell'aria che il cambiamento climatico

Politiche *win-win* o *win loose*

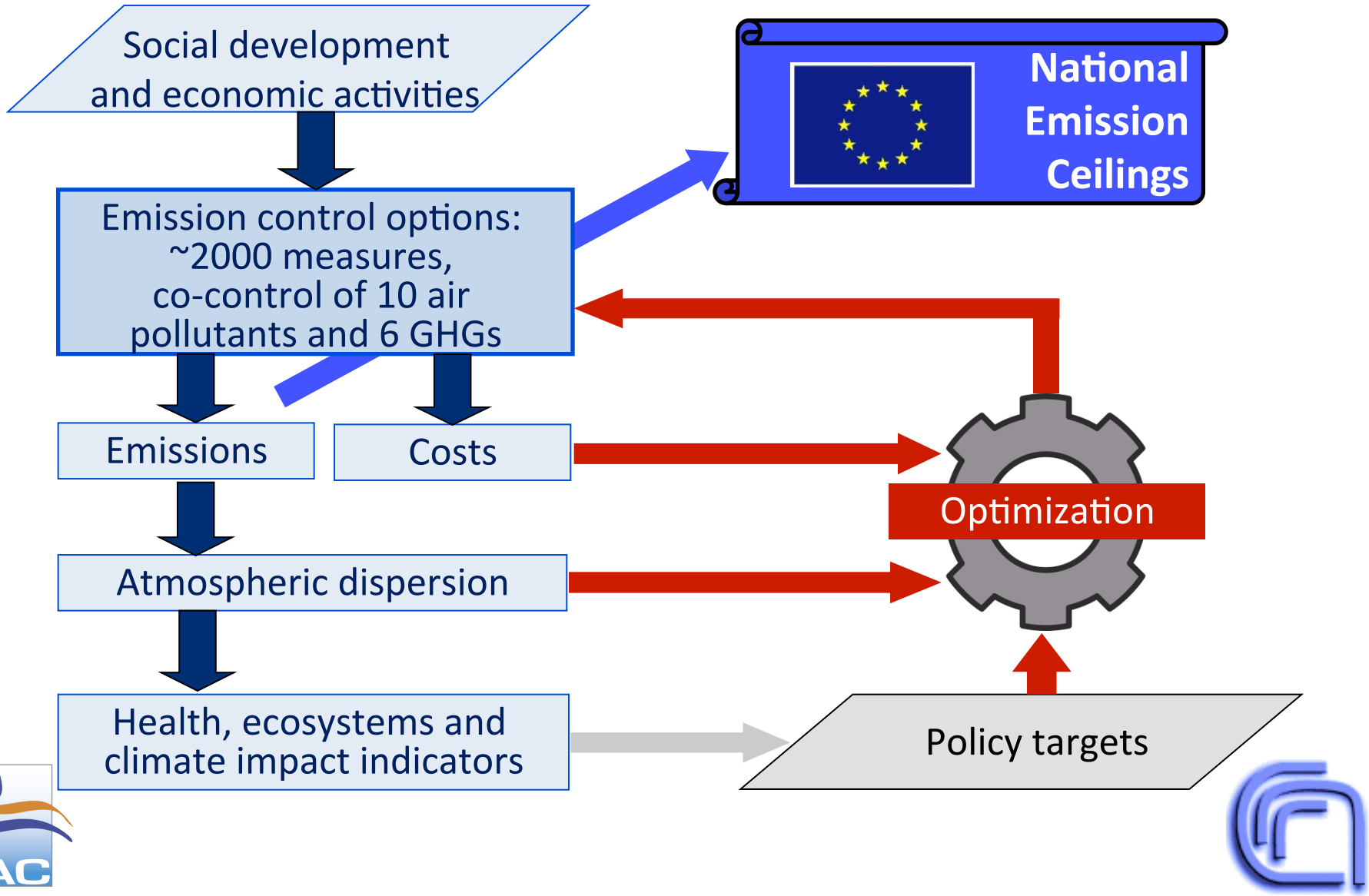
Williams, 2012



Integrated system analysis

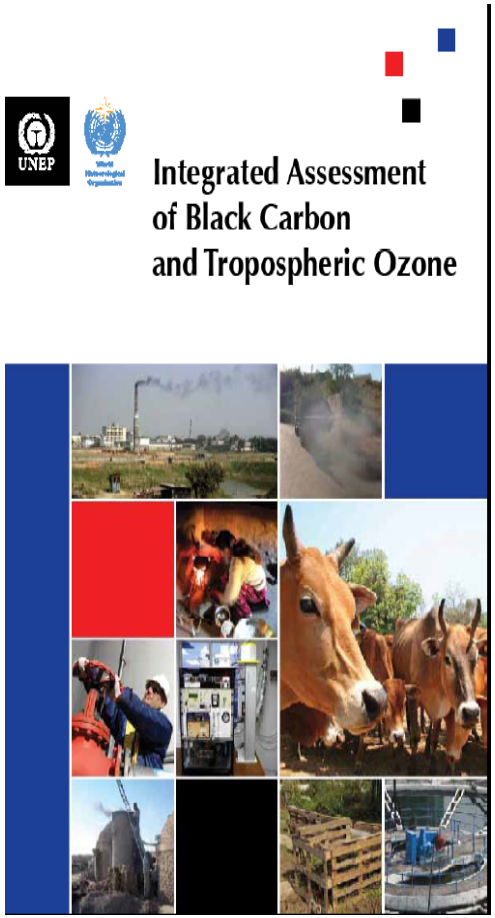
- I modelli di analisi integrata sono lo strumento che si utilizza per valutare e implementare le politiche che riguardano clima e qualità dell'aria
- Il modello sicuramente oggi più utilizzato al mondo è GAINS (*Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies*), sviluppato da IIASA (*International Institute for Applied System Analysis*)
- Questo è, fra l'altro, il modello di riferimento della Commissione Europea

GAINS


Social development
and economic activities
Emission control options:
~2000 measures,
co-control of 10 air
pollutants and 6 GHGs
Emissions
Costs
Atmospheric dispersion
Health, ecosystems and
climate impact indicators
National
Emission
Ceilings
Optimization
Policy targets

Report UNEP

Un lavoro pionieristico con questo approccio è stato realizzato per conto dell'UNEP e del WMO nel 2012 (*Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone*)



BC e O_3

- BC deriva dalla combustione incompleta di combustibili fossili e biomasse
- BC riscalda l'atmosfera assorbendo la radiazione solare a bassa lunghezza d'onda.
- La deposizione di BC sui ghiacci ne altera l'albedo contribuendo al loro scioglimento
- BC è anche considerato dal WHO uno degli inquinanti più pericolosi per la salute umana

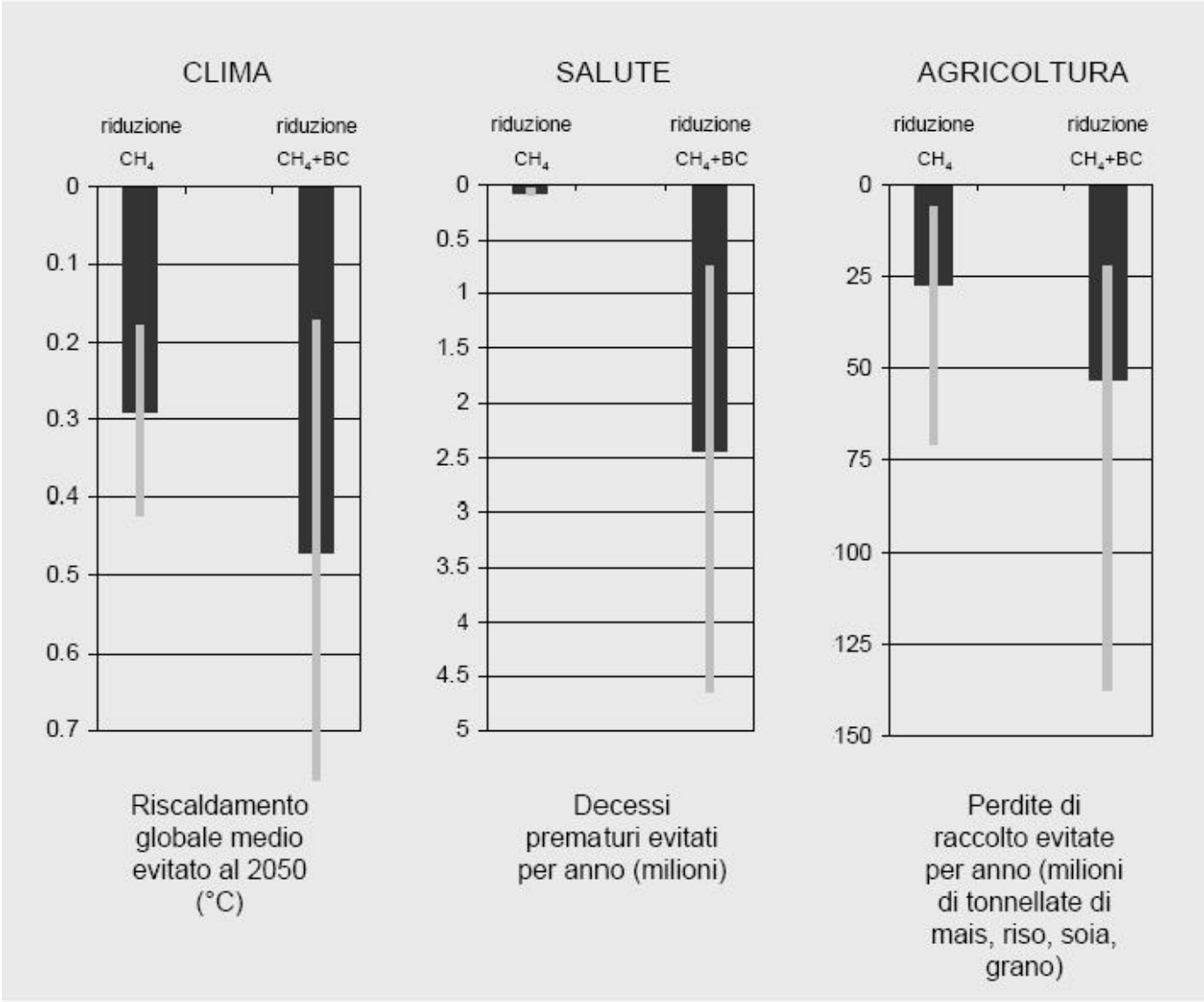
- L'ozono troposferico è un costituente dell'atmosfera di natura secondaria
- Deriva dalla reazione fotochimica di VOC (incluso metano) e CO con NO_X
- È il terzo più importante gas serra dopo CO_2 e CH_4
- È dannoso per la salute umana e per gli ecosistemi terrestri, inclusi quelli agricoli
- Per limitare la concentrazione di O_3 in atmosfera si agisce sulle emissioni di CH_4, suo principale precursore

Integrated system analysis

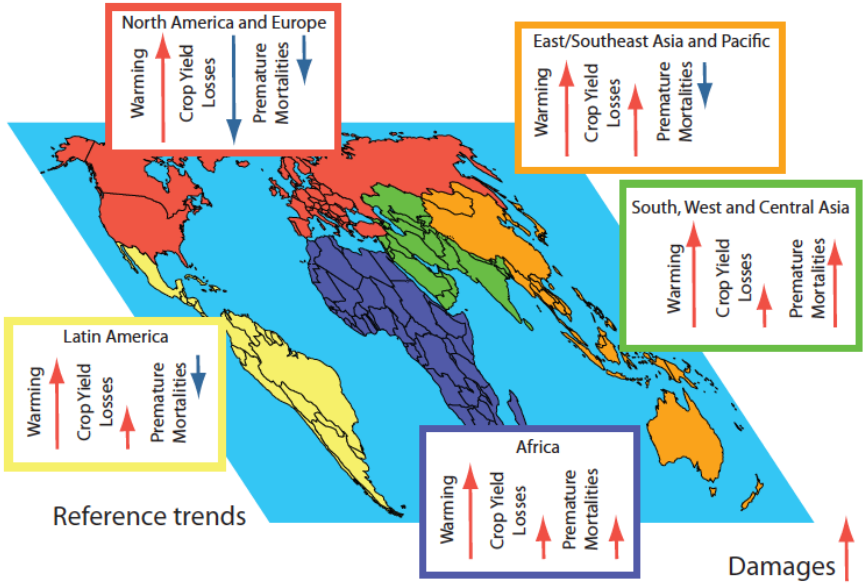
- Lo studio ha evidenziato le misure di limitazione delle emissioni di BC e CH_4 (precursore della formazione di O_3) che danno benefici sia per la salute che per il clima
- Sono state scelte unicamente le misure che portano benefici sia in termini di qualità dell'aria che di riduzione del riscaldamento climatico (*win-win solutions*), escludendo le misure che portano benefici solo ad uno dei due fenomeni, peggiorando l'altro (*win-lose solutions*)
- Sono state scelte 15 misure di riduzione delle emissioni fra le 2000 esistenti nel database di GAINS, per le quali sono già disponibili le metodologie/tecnologie di realizzazione

Misure emissione WIN_WIN	Settore
Riduzione emissioni metano dalle miniere di carbone	Estrattivo
Recupero ed uso delle emissioni fuggitive di metano dai pozzi petroliferi	Estrattivo
Riduzione perdite condotte trasporto combustibili	Estrattivo
Separazione rifiuti biodegradabili e digestione anaerobica e utilizzo metano	Rifiuti
Miglioramento tecnologico impianti reflui liquidi e utilizzo metano	Rifiuti
Controllo emissioni dagli allevamenti	Agricoltura
Aereazione intermittente delle risaie	Agricoltura
Filtri antiparticolato diesel secondo standard Euro 6 (anche off-road)	Trasporti
Eliminazione veicoli ad elevate emissioni (anche off-road)	Trasporti
Eliminazione del riscaldamento a carbone	Residenziale
Sistemi efficienti per il riscaldamento con utilizzo di biomasse	Residenziale
Sostituzione dei vecchi sistemi per la cottura	Residenziale
Sostituzione dei vecchi forni per laterizi	Industria
Sostituzione dei vecchi forni a coke nella siderurgia	Industria
Bando alla combustione in campo di residui agricoli	Agricoltura

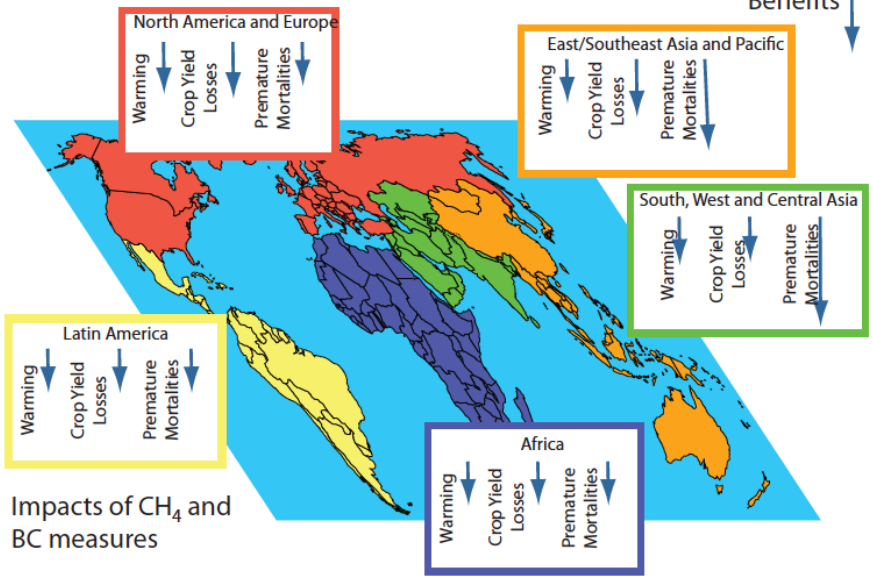
Clima-salute-agricoltura



Risultati a livello regionale

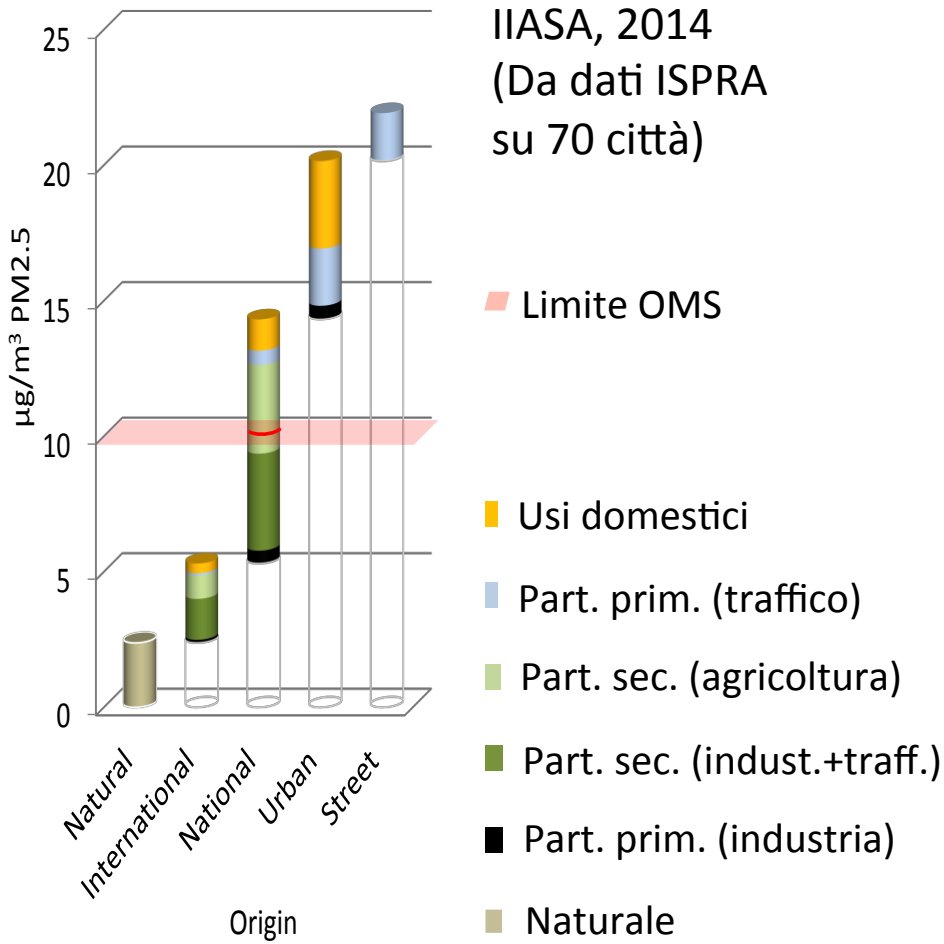


Scenario al 2030 con la legislazione attuale



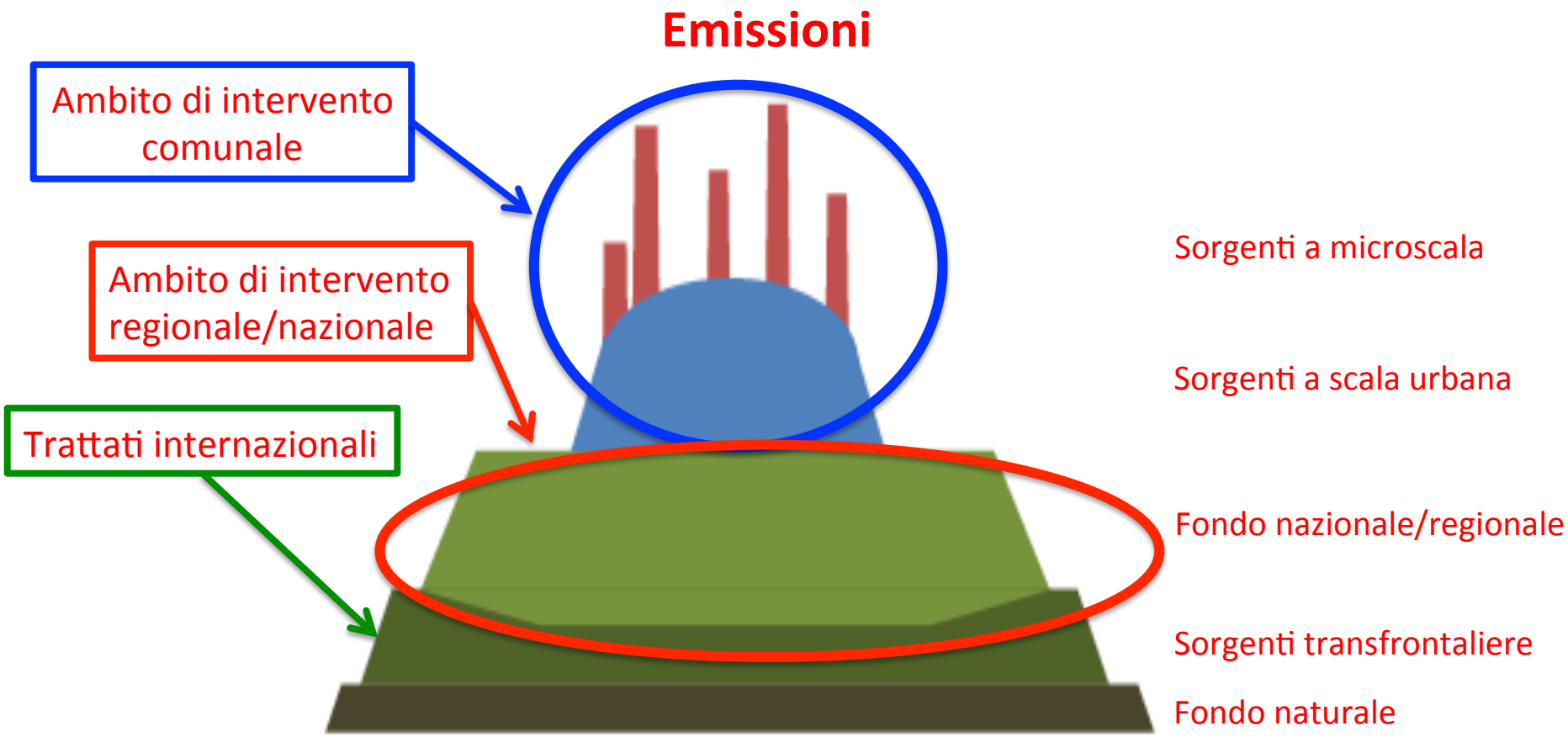
Scenario al 2030 con implementazione delle misure per BC e metano

Inventario delle sorgenti



Azioni di mitigazione di qualità dell'aria e clima debbono tenere in opportuno conto sia l'origine che la natura delle sorgenti che immettono inquinanti e composti clima-alteranti in atmosfera

L'integrazione fra i diversi livelli decisionali



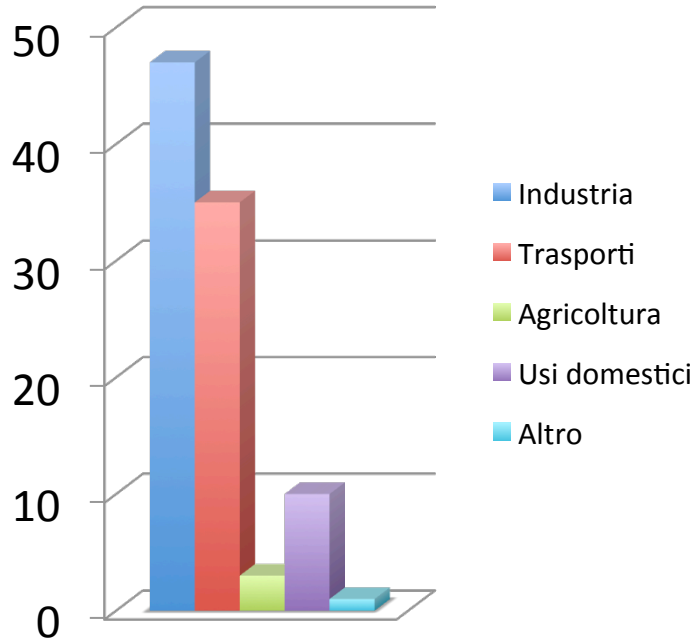
Misure comportamentali

- Le misure contenute nel modello GAINS (ca. 2000) sono tutte di tipo tecnologico
- Ugualmente importanti sono le misure comportamentali, per le quali è importante il coinvolgimento attivo dei cittadini

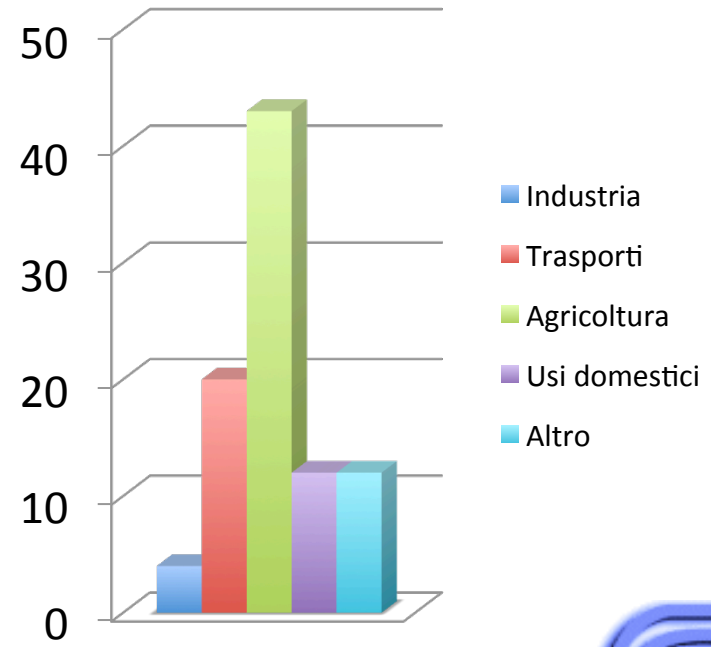
Comunicazione e percezione

- L'accettabilità sociale è fondamentale per ogni politica ambientale
- Occorre per questo una corretta informazione

Sorgenti $PM_{2.5}$ Percepito



Sorgenti $PM_{2.5}$ (IIASA, 2014)



Campione 2300 persone
Progetto Europeo SEFIRA

Valutazione delle politiche di QA e CC

- Molte misure di riduzione delle sorgenti offrono l'opportunità di migliorare allo stesso tempo la qualità dell'aria e mitigare il riscaldamento climatico (politiche *win-win*)
- Vi sono però anche misure benefiche per uno dei due aspetti, ma dannose per l'altro (politiche *win-lose*)
- I modelli di valutazione integrata sono gli strumenti da utilizzare per la valutazione delle politiche per QA e CC
- Utilizzare la ricerca socio-economica è necessario a gestire gli antagonismi fra i diversi portatori di interesse
- L'accettabilità sociale è fondamentale per ogni politica ambientale ed è necessaria una corretta comunicazione verso i cittadini
- Azioni integrate che tengono conto delle retroazioni qualità dell'aria/clima costituiscono le migliori strategie di politica ambientale anche in termini di costi sociali ed economici