



# La Valutazione Integrata dell'Impatto dell'Inquinamento atmosferico sull'Ambiente e sulla Salute in Italia (VIAS)

Executive Summary  
Roma, 4 giugno 2015



L'impatto sull'ambiente e sulla salute del cambiamento climatico e dell'inquinamento atmosferico sono stati negli ultimi anni al centro dell'attenzione dei ricercatori, dei cittadini e dei governi della Unione Europea. I trasporti e il riscaldamento domestico sono responsabili di inquinanti di interesse tossicologico che destano molta preoccupazione in termini di impatto sanitario a causa dell'elevato numero di persone esposte, in ambito urbano ed extraurbano. Inoltre, le emissioni di tipo industriale contribuiscono a peggiorare ulteriormente la qualità dell'aria, prevalentemente nelle aree periferiche.

I principali inquinanti di interesse sono il particolato atmosferico (soprattutto la sua frazione fine, il PM<sub>2,5</sub>), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e l'ozono (O<sub>3</sub>) associati in modo inequivocabile ad effetti sanitari quali l'aumento di sintomi respiratori, l'aggravamento di patologie croniche cardiorespiratorie, il tumore polmonare, l'aumento della mortalità e la riduzione della speranza di vita.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stima che l'inquinamento atmosferico ambientale causa nel mondo circa 3.7 milioni di decessi all'anno, 800.000 solo in Europa; esso è responsabile di 6.3 milioni di anni di vita persi e del 3% della mortalità cardio-respiratoria. In un recente processo di revisione della letteratura scientifica sui principali inquinanti, l'OMS ha raccomandato alla Unione Europea politiche urgenti di contenimento delle emissioni e standard di qualità dell'aria più stringenti (progetto REVIHAAP, [www.euro.who.int](http://www.euro.who.int)). L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro dell'OMS ha recentemente stabilito che esistono prove sufficienti della cancerogenicità del particolato atmosferico (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) in particolare per il cancro del polmone.

Un recente rapporto dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha stimato inoltre che nel 2010 l'inquinamento atmosferico in Europa è costato in termini di morti premature e di malattie circa 1.600 miliardi di dollari, cifra quasi equivalente a un decimo del prodotto interno lordo dell'UE nel 2013.

Il Progetto VIAS, Valutazione Integrata dell'Impatto dell'Inquinamento atmosferico sull'Ambiente e sulla Salute, realizzato nel quadro delle iniziative del Centro Controllo Malattie (CCM) del Ministero della Salute, ha effettuato la valutazione integrata dell'inquinamento atmosferico in Italia valutando l'intera catena di eventi (dalle politiche, alle fonti di esposizione, alle modalità di esposizione, all'impatto) che influiscono sulla salute della popolazione. Sono stati condotti approfondimenti a Roma con la misura dell'inquinamento da particelle ultrafini e con la valutazione degli effetti protettivi del verde urbano sull'inquinamento atmosferico e in Emilia Romagna dove il modello VIAS è stato sperimentato localmente.

Il progetto VIAS è stato coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio. Hanno collaborato l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA); le Agenzie Regionali di Protezione Ambientale (ARPA) del Piemonte, Emilia Romagna e Lazio; il Dipartimento di Statistica, Informatica, Applicazioni "G. Parenti" dell'Università di Firenze; il Dipartimento di Biologia Ambientale Università di Roma La Sapienza; l'Università di Urbino; l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA); Zadig, Agenzia di comunicazione, informazione e formazione.

## Obiettivi del progetto VIAS

Il progetto integra le competenze in materia ambientale e sanitaria nel contesto italiano al fine di disporre di un sistema di valutazione integrata degli effetti ambientali e sanitari dell'inquinamento atmosferico in grado di valutare la situazione esistente e i possibili scenari futuri nel contesto nazionale.

Questi gli obiettivi specifici del programma:

- disporre di stime modellistiche delle concentrazioni al suolo di particolato atmosferico (PM<sub>2,5</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e ozono (O<sub>3</sub>) su tutto il territorio nazionale in un anno di riferimento (2005), nel 2010, e nell'anno previsionale 2020;
- stimare la esposizione della popolazione ai tre inquinanti in ciascun scenario in studio;
- quantificare l'impatto dell'inquinamento da PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, ed O<sub>3</sub> sulla popolazione italiana in termini di casi di morte e di malattia attribuibili all'inquinamento e di anni di vita persi.

## La metodologia di VIAS

Il sistema modellistico sviluppato da ENEA nell'ambito del progetto MINNI ([www.minni.org](http://www.minni.org)), per conto del Ministero dell'Ambiente, è stato utilizzato per tutto il territorio nazionale con una risoluzione spaziale orizzontale di 4x4 km. Per l'ozono è stata calcolata sia la media annuale sia quella relativa al solo periodo caldo (periodo aprile-settembre). Le concentrazioni medie al suolo degli inquinanti sono state stimate per diversi anni: il 2005 considerato l'anno di riferimento (tuttora anno di riferimento per le politiche europee, tra cui la revisione del protocollo di Göteborg), per il 2010- anno più attuale che corrisponde alla crisi economica in corso -e per uno scenario al 2020 in cui gli effetti negativi della crisi economica si sono ridotti, sono vigenti le normative europee e nazionali previste ad oggi (da cui la denominazione Current Legislation, CLe) e sono state applicate le scelte e i trend energetici e delle attività produttive previsti nel momento dello specifico sviluppo progettuale. Tali trend sono sviluppati da ISPRA ai sensi del decreto legislativo n. 155 del 2010 che prevede all'art. 22 comma 4, che *"l'ISPRA elabori lo scenario energetico e delle attività produttive nazionale [...] e, sulla base di tale scenario, l'ENEA elabori, secondo la metodologia a tali fini sviluppata a livello comunitario, lo scenario emissivo nazionale"*.

La denominazione CLe indica che lo scenario non comprende le misure aggiuntive che le singole Amministrazioni Regionali potranno porre in essere per abbattere ulteriormente le proprie emissioni, né gli ulteriori eventuali adeguamenti alle direttive comunitarie.

Al 2020 sono stati applicati anche due scenari aggiuntivi per il PM<sub>2,5</sub> e per l'NO<sub>2</sub>. Il primo (target 1) aggiunge, alla situazione prevista in base alla piena applicazione della legislazione vigente CLe, il rispetto dei limiti di 25 µg/m<sup>3</sup> per PM<sub>2,5</sub> e 40 µg/m<sup>3</sup> per NO<sub>2</sub> (Direttiva 2008/50/CE attuata con D.lgs.155/2010 e ss.mm.ii.). Il raggiungimento dei limiti di legge non è ovviamente il risultato di un'applicazione normativa ma un obiettivo da raggiungere. Il secondo (target 2) prevede una ulteriore riduzione del 20% della concentrazione degli inquinanti su tutto il territorio nazionale rispetto a quanto previsto in 2020 CLe.

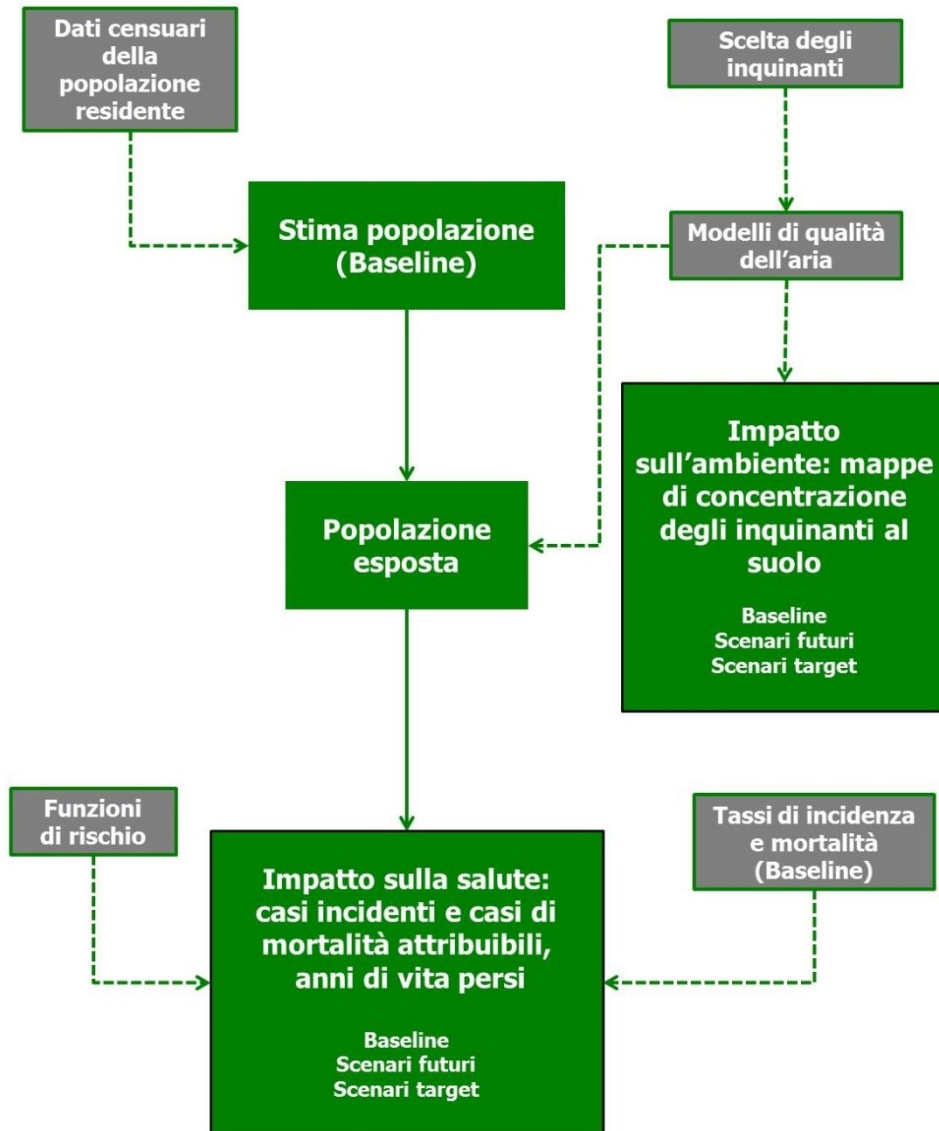
I livelli medi di esposizione sono stati quindi valutati per tutta la popolazione italiana, per macro aree geografiche (Nord, Centro, Sud e isole) e per il contesto urbano o rurale per tutti gli anni e gli scenari.

Infine, utilizzando le funzioni concentrazioni-risposta dell'OMS (cioè le stime della frequenza dei danni alla salute per l'aumento unitario delle concentrazioni di ciascun inquinante in esame) proposte nel documento HRAPIE ([www.euro.who.int](http://www.euro.who.int)) sono stati stimati, per tutti i residenti in Italia di 30 o più anni di età, i danni alla salute attribuibili alle esposizioni di lungo termine a  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$ , ed ozono. Tali stime sono state effettuate secondo la metodologia ormai consolidata del "Health Impact Assessment" e hanno utilizzato per ogni cella di  $4 \times 4$  km (20.144 celle) i dati di concentrazione stimati, i dati di popolazione e i tassi di mortalità causa specifici della stessa provincia. Le stime sono state realizzate considerando i livelli di concentrazione del  $PM_{2.5}$  superiori a  $10 \mu g/m^3$ , di concentrazione dell' $NO_2$  superiore a  $20 \mu g/m^3$  e di concentrazione superiore a  $70 \mu g/m^3$  per l'ozono. Si è dunque assunto che al di sotto di tali valori non vi siano effetti sanitari, come per altro suggerisce l'OMS. Secondo questa metodologia, sono stati calcolati i casi attribuibili all'esposizione agli inquinanti per la mortalità dovuta a cause non accidentali (tutte le cause eccetto i traumatismi), cardiovascolari, respiratorie, per tumore del polmone e per incidenza di eventi coronarici (infarto ed angina instabile). Per quanto riguarda il  $PM_{2.5}$  è stato stimato anche il numero di anni o mesi di vita persi a causa dell'inquinamento usando le tavole di sopravvivenza specifiche per ogni area geografica. I dati vengono forniti per ciascuno degli scenari previsti, macro area geografica (Nord, Centro, Sud e isole) e a livello regionale.

In sintesi, la metodologia di VIAS fornisce una stima dei casi attribuibili all'inquinamento atmosferico in Italia e consente di quantificare il guadagno in termini di salute della popolazione italiana conseguente alle diverse politiche di riduzione delle emissioni negli scenari alternativi. Per una descrizione più dettagliata della metodologia si rimanda al sito del progetto ([www.vias.it](http://www.vias.it))

Nella figura 1 sono schematizzate le diverse fasi della valutazione dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sull'ambiente e sulla salute umana condotte nell'ambito di VIAS.

Figura 1. Schema della valutazione dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sull'ambiente e sulla salute umana



## I principali risultati

Nella tabella 1 sono sintetizzati i principali risultati del progetto che vengono di seguito riassunti. Il sito [www.viiAS.it](http://www.viiAS.it) contiene i dati completi per macro area geografica (Nord, Centro, Sud e isole) e regione.

**Tabella 1. Sintesi dei risultati del progetto VIIAS sull'esposizione della popolazione e sulla mortalità attribuibile all'inquinamento atmosferico.**

			2005	2010	2020 CLe <sup>(1)</sup>	2020 CLe + Target 1 <sup>(2)</sup>	2020 CLe + Target 2 <sup>(3)</sup>
PM <sub>2.5</sub>	mortalità generale	Esposizione della popolazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	20,1	15,8	18,1	16,2	14,5
		Decessi attribuibili	34.552	21.524	28.595	23.170	18.511
		Mesi di vita persi	9,7	5,5	7,7	5,9	4,2
NO <sub>2</sub>	mortalità generale	Esposizione della popolazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24,7	17,9	16,6	16,1	13,3
		Decessi attribuibili	23.387	11.993	10.117	9.021	5.247
O <sub>3</sub> (aprile-settembre)	mortalità malattie apparato respiratorio	Esposizione della popolazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	105,1	108,2	97,0	.	.
		Decessi attribuibili	1.707	1.858	1.320	.	.

<sup>(1)</sup>Scenario previsto per il 2020 secondo la legislazione corrente (CLe)

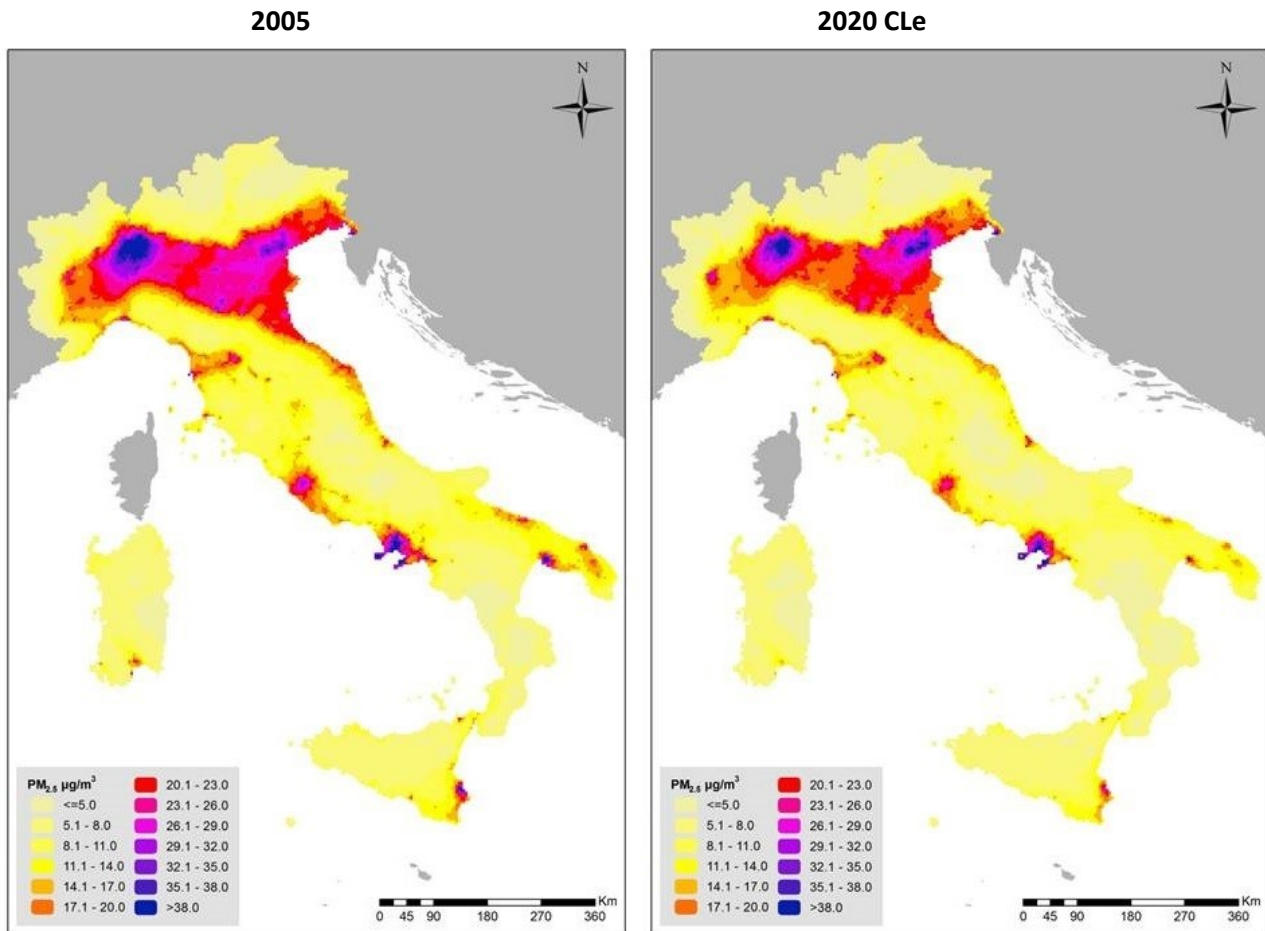
<sup>(2)</sup>Target 1: rispetto dei limiti previsti dalla CE ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

<sup>(3)</sup>Target 2: riduzione del 20% delle concentrazioni stimate.

## Il particolato atmosferico - PM<sub>2.5</sub>

Nel 2005, il modello MINNI ha stimato concentrazioni medie di PM<sub>2.5</sub> sul territorio nazionale pari a  $11.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ :  $14.6$  al Nord,  $10.5$  al Centro e  $8.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  al Sud e Isole. Nei centri urbani si osserva una concentrazione media pari a  $23.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre nelle aree rurali la concentrazione di PM<sub>2.5</sub> scende a  $11.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Figura 2). Anche l'esposizione della popolazione (media nazionale pari a  $20.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) è maggiore al Nord ( $24.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ed è soprattutto a carico dei residenti nei centri urbani ( $27.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nel 2005, il 29% degli italiani era esposto a livelli superiori a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (limite previsto dalla Direttiva 2008/50/CE); questa percentuale sale al 42% al Nord Italia e raggiunge il 53.2% tra i residenti nei centri urbani. Lo scenario previsto in base alla legislazione corrente per il 2020 (CLe) prevede una riduzione rispetto al 2005, sia delle concentrazioni ( $-1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) che della esposizione media di popolazione ( $-2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). (Figura 2)

Figura 2. Concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> sul territorio Italiano al 2005 e al 2020 (CLE)



Il raggiungimento del target 1 nel 2020 CLE farebbe osservare riduzioni dei livelli di inquinamento soprattutto al Nord (-2.3 µg/m<sup>3</sup>) e nelle città (-4.7 µg/m<sup>3</sup>) con un vantaggio ancora più evidente se si considera l'esposizione media della popolazione. La realizzazione del target 2 nel 2020 (corrispondente a una riduzione del 20% delle concentrazioni su tutto il territorio nazionale) ovviamente consentirebbe un ulteriore guadagno netto in tutte le aree geografiche, sia in ambiente urbano che non urbano. In particolare se le concentrazioni di PM<sub>2.5</sub> diminuissero del 20% i residenti nelle città otterrebbero una riduzione del livello medio di esposizione pari a 6.4 µg/m<sup>3</sup>.

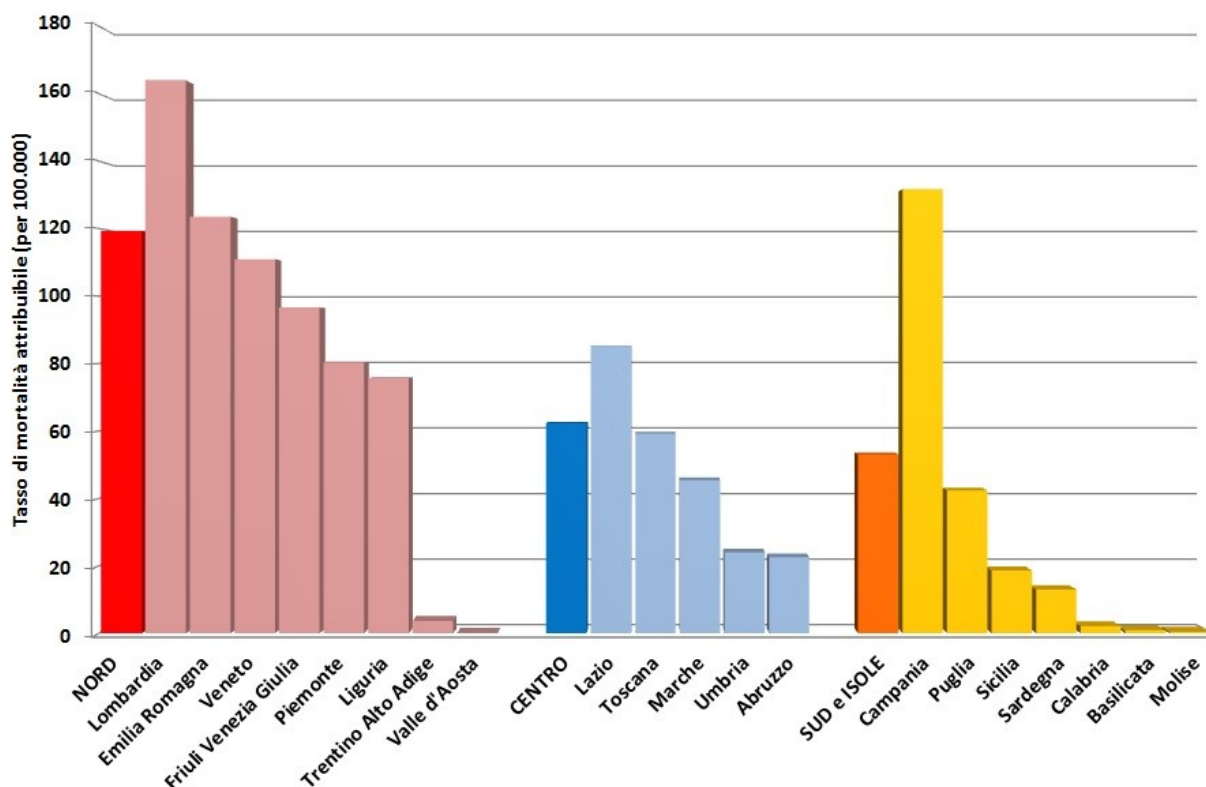
Nel passaggio dall'anno di riferimento 2005 alla situazione più attuale del 2010 si osserva come le concentrazioni ambientali di PM<sub>2.5</sub>, e la relativa esposizione della popolazione, diminuiscano in maniera quasi equivalente a quanto si osserverebbe se il target 2 venisse raggiunto. Questa diminuzione, geograficamente omogenea, è più grande di quella prevista dallo scenario 2020 CLE che prevede una ripresa economica e un progressivo aumento dell'uso delle biomasse. E' quindi possibile concludere che le variazioni previste per il 2020 CLE sono inferiori a quelle che la riduzione delle emissioni e la riduzione dei consumi conseguenti alla crisi economica hanno verosimilmente provocato in Italia a partire dal 2010.

Nel 2005, sono risultati attribuibili all'esposizione della popolazione al PM<sub>2.5</sub> 34.552 decessi (il 7% della mortalità per cause non accidentali osservata in Italia), di questi il 65% (pari a 22.485 decessi) sono stati stimati tra i residenti del Nord.



Nella figura 3 sono riportati i decessi per cause non accidentali attribuibili a PM<sub>2.5</sub> per 100.000 residenti per macro area geografica e regione (2005).

**Figura 3. Decessi per cause non accidentali attribuibili a PM<sub>2.5</sub> per 100.000 residenti per macro area geografica e regione (2005).**

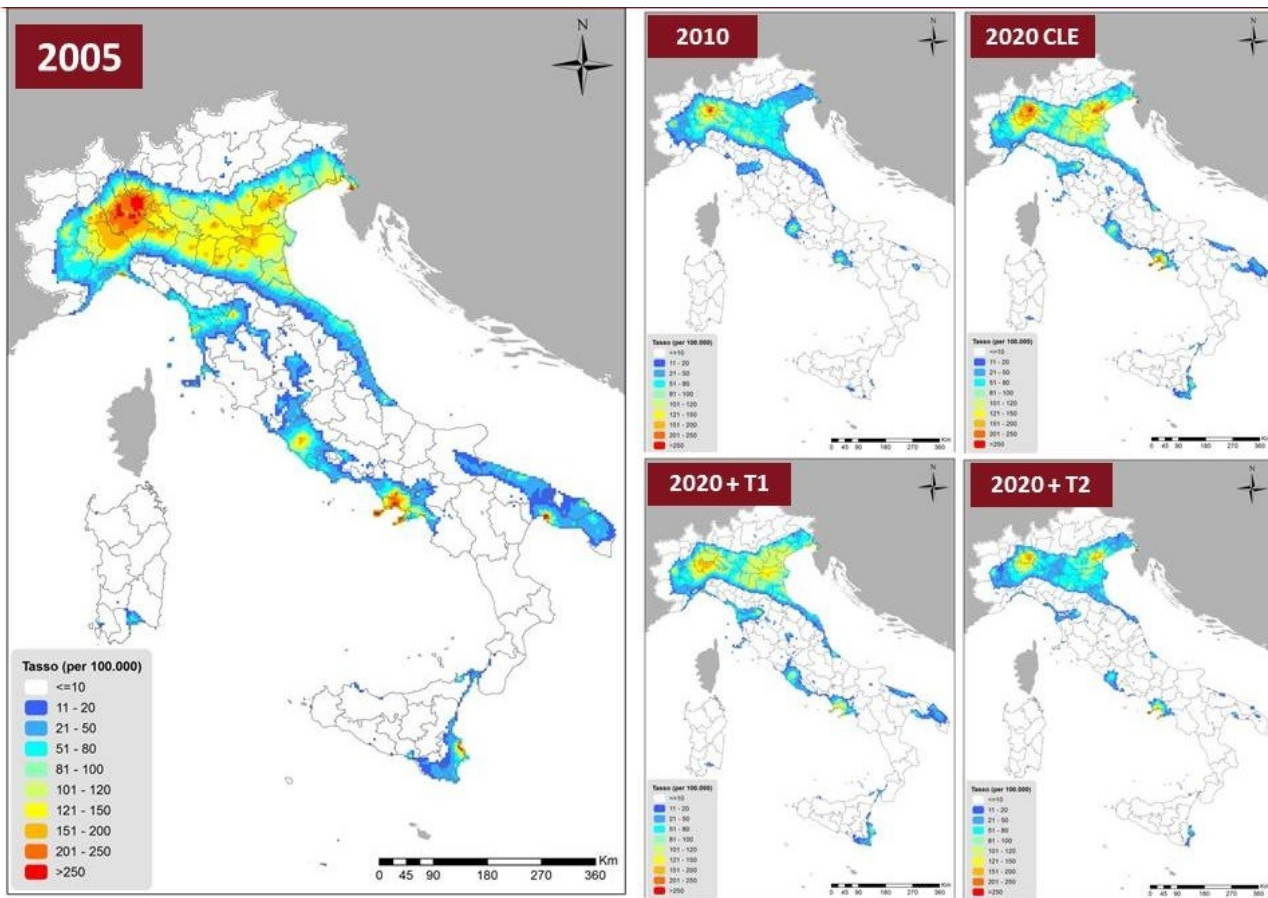


Analizzando la mortalità causa-specifica sono stati stimati 19.945 decessi per patologie cardiovascolari, 3.197 decessi per malattie dell’apparato respiratorio e 2.938 per tumore polmonare. Inoltre, sono stimati 12.400 nuovi casi di eventi coronarici (infarto ed angina instabile) attribuibili all’esposizione a PM<sub>2.5</sub>. A causa dell’esposizione a PM<sub>2.5</sub> ogni persona residente in Italia perde 9.7 mesi di vita (14 mesi al Nord, 6.6 al Centro e 5.7 al Sud e isole). Nei residenti nei centri urbani questa perdita è pari a 1 anno e 5 mesi.

Lo scenario al 2020 della normativa europea (CLE) porterebbe ad un risparmio di circa 6.000 decessi rispetto al 2005, ma un guadagno sanitario più importante si potrebbe ottenere con l’applicazione totale dei limiti di legge previsti dalla legislazione EU e nazionale sulla qualità dell’aria (target 1) con un risparmio di ulteriori 5.000 decessi, mentre il raggiungimento del target 2 (riduzione del 20% delle concentrazioni) farebbe risparmiare addirittura altri 10.000 decessi, sempre rispetto allo scenario 2020 CLE. Si noti come la diminuzione dei consumi e delle emissioni anche a causa della crisi economica nel 2010 VIAS porti ad una riduzione di circa 13.000 decessi attribuibili rispetto al 2005 contro l’ipotesi massima di 15.000 decessi risparmiabili nel 2020 applicando lo scenario che vede raggiunto il target 2.

Nella figura 4 sono riportati i decessi per cause non accidentali attribuibili a PM<sub>2.5</sub> per 100.000 residenti (4x4km) nell’anno di riferimento 2005, 2010, 2020 (CLE) e scenari target 1 e 2.

**Figura 4. Decessi per cause non accidentali attribuibili a PM<sub>2.5</sub> per 100.000 residenti per (4x4km) nell'anno di riferimento 2005, 2010, 2020 (CLE) e scenari target 1 e 2.**



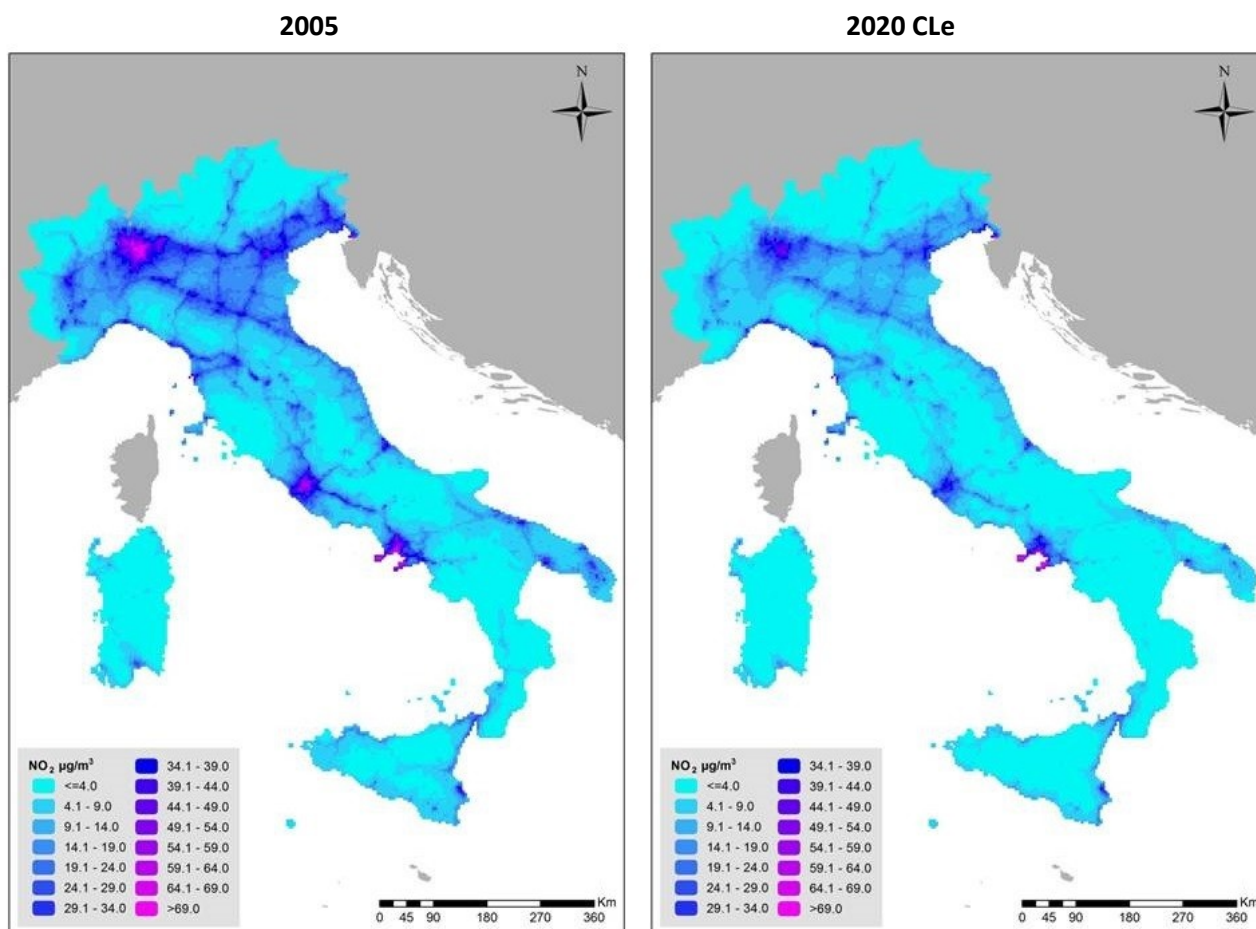
## Il biossido di azoto - NO<sub>2</sub>

Nel 2005, a fronte di una media sul territorio nazionale pari a 9.4 µg/m<sup>3</sup>, la concentrazione media di NO<sub>2</sub> è stata di 13 µg/m<sup>3</sup> al Nord, 9.2 µg/m<sup>3</sup> al Centro e a 5.7 µg/m<sup>3</sup> al Sud e nelle isole (Figura 2). L'NO<sub>2</sub> è elevato soprattutto nei centri urbani dove si osserva una concentrazione media pari a 32.4 µg/m<sup>3</sup> contro gli 8.8 µg/m<sup>3</sup> delle aree rurali. Anche l'esposizione della popolazione (media nazionale pari a 24.7 µg/m<sup>3</sup>) è maggiore al Nord (29.5 µg/m<sup>3</sup>) rispetto al Sud (18.4 µg/m<sup>3</sup>) ed è maggiore per i residenti nei centri urbani (38 rispetto a 17.4 µg/m<sup>3</sup> nelle aree rurali).

Nel 2010 si è osservata una riduzione delle concentrazioni ambientali dell'NO<sub>2</sub> in tutte le aree geografiche (Nord, Centro e Sud e isole); anche la proporzione di popolazione esposta a livelli superiori alle concentrazioni ammesse (40µg/m<sup>3</sup>) si riduce del 20% in modo geograficamente omogeneo. La riduzione più importante della popolazione esposta si osserva nelle città. E' plausibile che la riduzione delle emissioni conseguenti alla crisi economica abbia influito su questi andamenti, a partire dal 2008.

Lo scenario previsto per il 2020 CLe mostra una riduzione rispetto al 2005 sia delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> che della frazione di popolazione esposta, con vantaggi più importanti nel nord Italia e nelle aree urbane (Figura 5).

Figura 5. Concentrazioni di NO<sub>2</sub> sul territorio Italiano al 2005 e al 2020 (CLe)

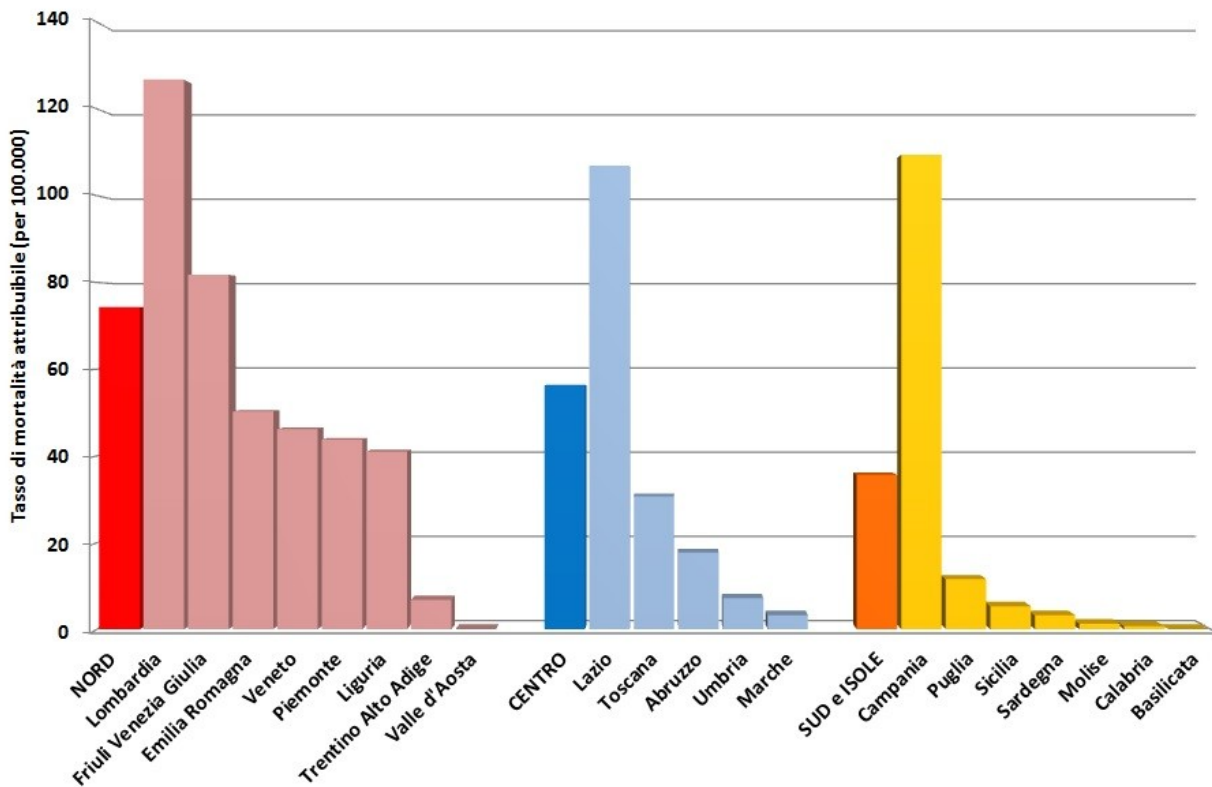


Lo scenario 2020 CLe mostra una ulteriore lieve riduzione sia delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> che della frazione di popolazione esposta (ad eccezione del Sud Italia) rispetto al 2010, con riduzioni più importanti nelle aree urbane. Il target 1 per il 2020 non mostra un vantaggio apprezzabile, mentre in presenza di interventi capaci di ridurre le concentrazioni dell’inquinante del 20% (target 2) si registrerebbe un netto miglioramento anche rispetto al 2010.

L’impatto sulla salute è coerente con l’andamento delle concentrazioni ambientali e delle frazioni di popolazione esposta. Nel 2005, 23.387 decessi sono attribuibili all’esposizione della popolazione ad NO<sub>2</sub>, cioè il 4% della mortalità per cause naturali osservata in Italia, e oltre la metà dei decessi (pari a 14.008) si osserva tra i residenti al Nord Italia.

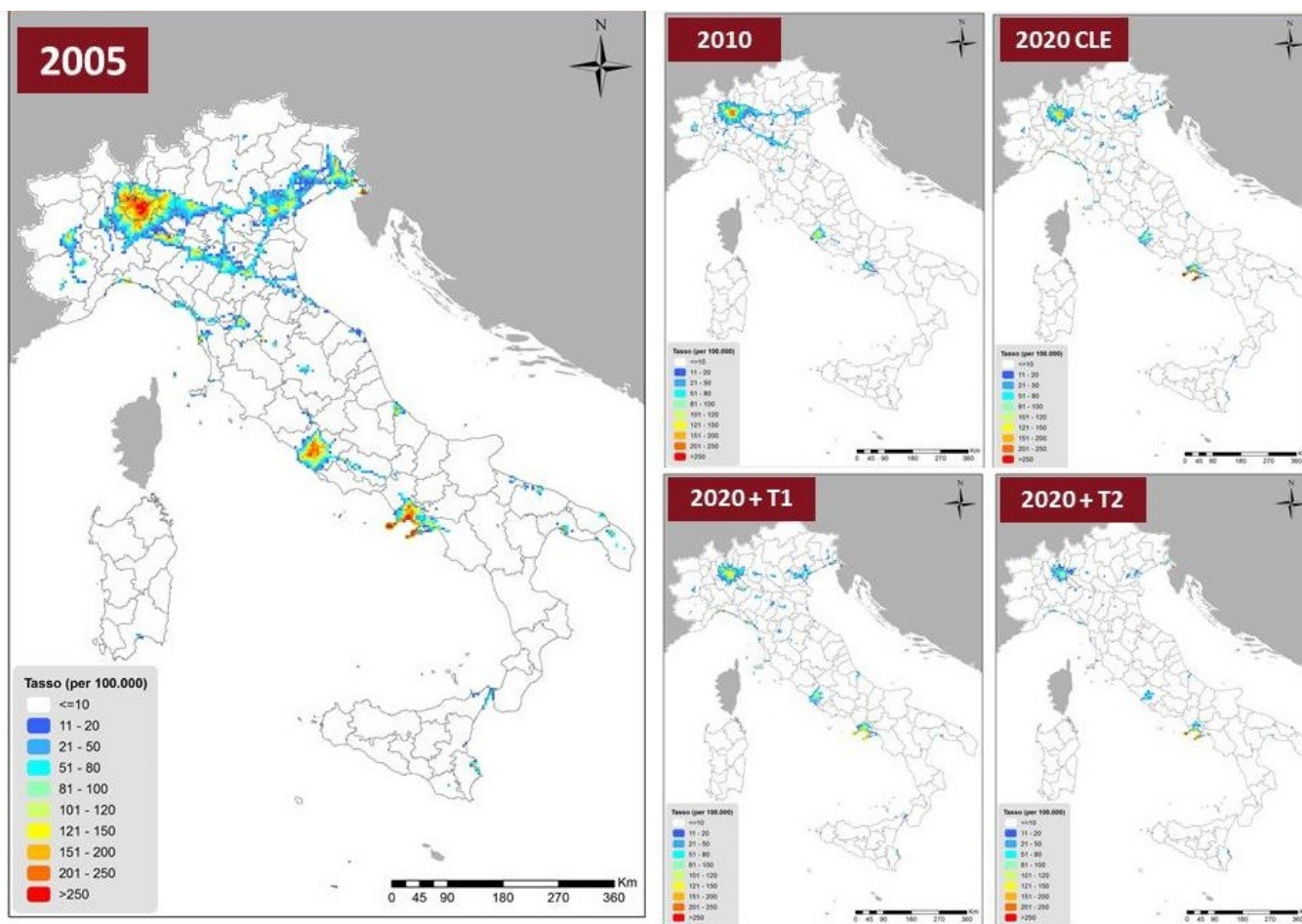
Nella figura 6 sono riportati i decessi per cause non accidentali attribuibili a NO<sub>2</sub> per 100.000 residenti per macro area geografica e regione (2005).

Figura 6. Decessi per cause non accidentali attribuibili a NO<sub>2</sub> per 100.000 residenti per macro area geografica e regione (2005).



Nella figura 7 sono riportati i decessi per cause non accidentali attribuibili a NO<sub>2</sub> per 100.000 residenti (4x4km) nell'anno di riferimento 2005, nell'anno 2010, e negli scenari 2020 (CLe), target 1 e 2.

**Figura 7. Decessi per cause non accidentali attribuibili a PM<sub>2,5</sub> per 100.000 residenti per (4x4km) nell'anno di riferimento 2005, 2010, 2020 (CLE) e scenari target 1 e 2.**



Nel 2020 (CLE) il numero di decessi si dimezza (10.117) rispetto a quanto stimato per il 2005, si riduce ulteriormente con il target 1 (9.021 decessi), mentre il raggiungimento del target 2 comporterebbe l'ulteriore dimezzamento della quota di decessi attribuibili ad esposizione a NO<sub>2</sub> (5.267).

L'impatto sanitario dell'inquinamento da NO<sub>2</sub> nel 2010 si riduce in maniera proporzionale alla riduzione delle concentrazioni e della esposizione media di popolazione con un risparmio di circa 11.000 decessi rispetto al 2005. Lo scenario 2020 CLE stima un ulteriore risparmio di 1900 decessi sulle stime 2010, e l'applicazione dei limiti per la qualità dell'aria previsti dalla legislazione EU (target 1) aggiungerebbe un ulteriore risparmio di 1096 decessi. Il guadagno più rilevante in termini di salute si otterrebbe con il raggiungimento del target 2 che vedrebbe un ulteriore risparmio medio di 3774 decessi, riducendo fino a meno di ¼ i decessi attribuibili all'NO<sub>2</sub> nel 2005.

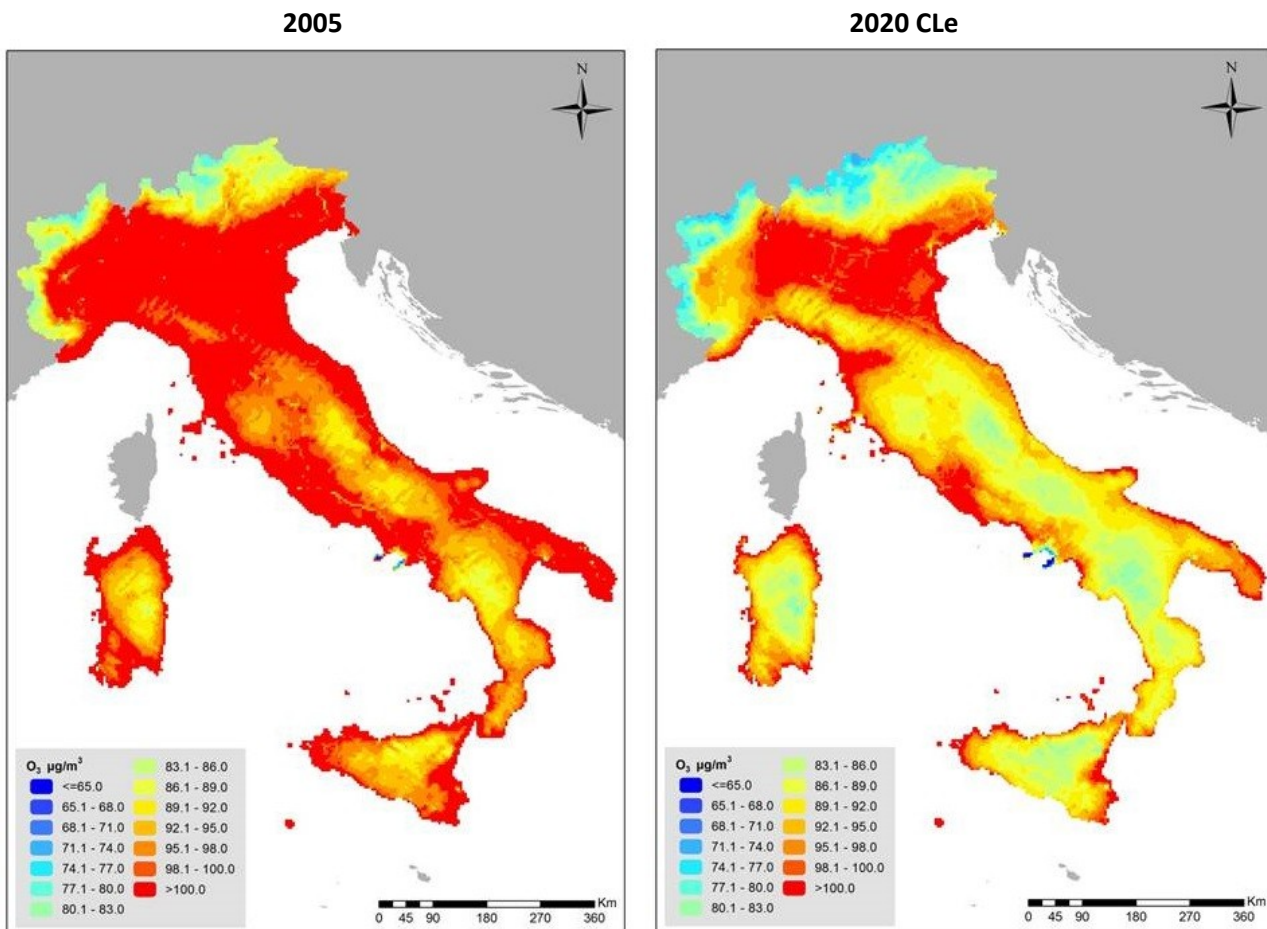


## Ozono- O<sub>3</sub>

Nel 2005, a fronte di una media annuale sul territorio nazionale pari a 86.4 µg/m<sup>3</sup>, la concentrazione media di ozono - calcolata sui massimi giornalieri delle medie mobili su otto ore - è nel Nord pari a 84.2 µg/m<sup>3</sup>, al Centro di 86.9 µg/m<sup>3</sup> e al Sud e isole di 88.5 µg/m<sup>3</sup>. L'ozono si concentra soprattutto nelle aree rurali. Anche l'esposizione della popolazione (media nazionale pari a 84.5 µg/m<sup>3</sup>) è maggiore al Sud (87.3 µg/m<sup>3</sup>) rispetto al Nord (82.4 µg/m<sup>3</sup>) ed è soprattutto a carico dei residenti nelle aree rurali (86.7 vs 82 µg/m<sup>3</sup> delle aree urbane). Valori medi più elevati si stimano per il semestre caldo dell'anno (aprile-settembre) quando la concentrazione media è pari a 100.4 µg/m<sup>3</sup>. La relativa esposizione di popolazione media è di 105.1 µg/m<sup>3</sup> (108 µg/m<sup>3</sup> al Nord, 104.4 µg/m<sup>3</sup> al Centro, 101.5 µg/m<sup>3</sup> al Sud e isole).

Lo scenario previsto per il 2020 mostra una riduzione rispetto al 2005, sia delle concentrazioni di ozono (annuale e periodo caldo) che della esposizione media della popolazione. I vantaggi più importanti si hanno nel sud Italia dove le medie annuali registrano una diminuzione delle concentrazioni. Di conseguenza si osserva una diminuzione anche della esposizione della popolazione; nelle aree rurali questa differenza è ancora più decisa (-3.6 µg/m<sup>3</sup> rurale verso -0.6 µg/m<sup>3</sup> urbano). (Figura 8)

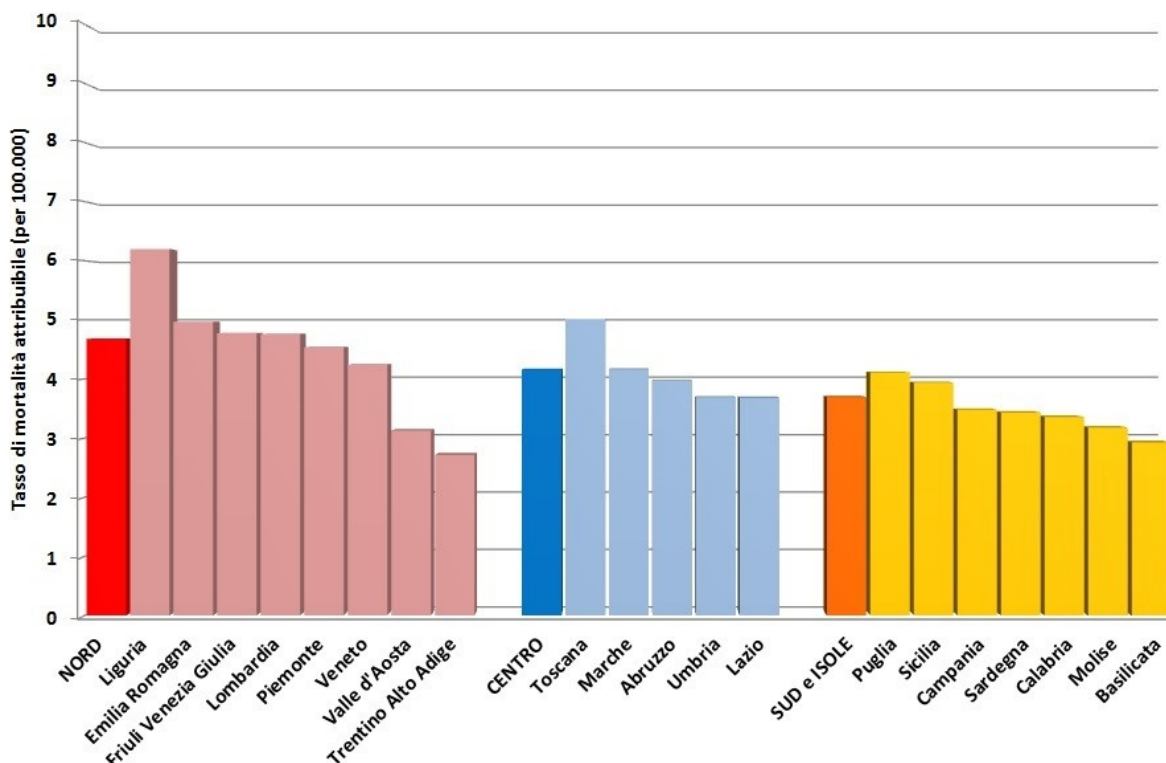
**Figura 8. Concentrazioni di ozono nel periodo aprile-settembre sul territorio italiano al 2005 e al 2020 (CLe)**



Nel 2005, 1.707 decessi per patologie a carico dell’apparato respiratorio sono risultati attribuibili all’esposizione nel lungo periodo ad ozono; il 52% (pari a 882 decessi) di questi sono stimati per residenti al Nord.

Nella figura 9 sono riportati i decessi per patologie a carico dell’apparato respiratorio attribuibili all’esposizione ad ozono per 100.000 residenti per macro area geografica e regione (2005).

**Figura 9. Decessi per patologie a carico dell’apparato respiratorio attribuibili all’esposizione ad ozono per 100.000 residenti per macro area geografica e regione (2005).**



Nel 2010 si stimano 151 decessi in più per questa patologia (+8.8%) mentre lo scenario 2020 (ClE) stima un netto risparmio (-22.7%) con 387 decessi in meno rispetto all’anno di riferimento 2005.

Per quanto riguarda l’ozono, VIAS ha anche stimato gli effetti a breve termine sulla mortalità naturale e risultati più dettagliati sono sul sito [www.vias.it](http://www.vias.it).

## Altri risultati del progetto

### **Valutazione degli effetti protettivi del verde urbano**

L'approfondimento condotto a Roma ha consentito di quantificare il ruolo delle foreste urbane nella fornitura di Servizi Ecosistemici di regolazione, evidenziando l'effetto positivo della biodiversità delle specie arboree nella rimozione dell'O<sub>3</sub> e del PM<sub>10</sub>. È stato inoltre prodotto, per l'anno 2005, un indicatore di rimozione (t/ha) di O<sub>3</sub> e PM<sub>10</sub> da parte delle principali tipologie vegetazionali presenti nell'area metropolitana. È inoltre stato quantificato il valore economico del Servizio Ecosistemico svolto dal verde urbano, che può essere stimato pari a circa 2-3 milioni di euro/anno per l'O<sub>3</sub>, e fino a 36 milioni di euro/anno per il PM<sub>10</sub> (valori lordi, ai quali vanno sottratti i costi di gestione del verde). Questa funzione di rimozione degli inquinanti atmosferici si inserisce nel contesto delle strategie sulla conservazione delle biodiversità, e sul ruolo che le Infrastrutture Verdi assumono nelle politiche di miglioramento della qualità dell'aria nelle aree metropolitane, al fine di aumentare la fornitura di Servizi Ecosistemici per il benessere umano e la qualità della vita.

### **Sviluppo di un modello LUR per la stima della variabilità spaziale delle particelle ultrafini nella città di Roma a supporto della valutazione di impatto sanitario**

Lo studio sulla concentrazione delle particelle ultrafini nell'area urbana di Roma ha fornito informazioni sulla variabilità spaziale e temporale delle particelle ultrafini in ambienti antropizzati complessi. La distribuzione spaziale della concentrazione in numero delle particelle ultrafini (particelle aerodisperse aventi diametro inferiore a 0,1 μm) a Roma è stata stimata sviluppando un modello di Land Use Regression (LUR). La performance del modello è risultata molto buona con una variabilità spiegata del 69%. L'errore quadratico medio (1822 particelle/cm<sup>3</sup>) è accettabile considerato il range di concentrazione osservato (10633–26263 particelle/cm<sup>3</sup>). I gradienti di concentrazione osservati sono in larga parte attribuibili alla prossimità alle strade più vicine e ai relativi flussi di traffico. Anche la conformazione dei palazzi e delle strade (ad esempio la presenza di strade con caratteristica conformazione a canyon), la presenza di verde urbano e di aree a bassa densità abitativa sono fattori che contribuiscono a spiegare la variabilità osservata. La carenza di stime affidabili della variabilità spaziale è la principale ragione dell'assenza di stime degli effetti sanitari a lungo termine dell'esposizione a particelle ultrafini. Il modello sviluppato potrà essere certamente utilizzato nell'ambito di futuri studi di coorte per la valutazione dell'esposizione al lungo termine della popolazione di Roma alle particelle ultrafini.

### **Applicazione della metodologia VIAS in Emilia Romagna**

Le metodologie messe a punto dal progetto sono state sperimentate a livello locale. La regione Emilia-Romagna ha di recente adottato il Piano Aria Integrato Regionale 2020 (PAIR2020), all'interno del quale sono stati prodotti tre scenari di riduzione dell'inquinamento atmosferico: il primo (CLE) analogo allo scenario 2020CLE del progetto VIAS, il secondo (obiettivo di piano) che riprende nella sostanza gli obiettivi del target 1, mentre il terzo (Maximum Feasible Reduction - MFR) ipotizza l'applicazione di tutte le tecnologie attualmente disponibili. È stato messo a punto un pacchetto statistico per la valutazione di impatto sulla salute relativamente agli scenari 2020 del PAIR2020, tenendo conto delle dinamiche di popolazione nel periodo di valutazione e delle incertezze legate alle stime degli scenari di inquinamento.

I risultati ottenuti sono in linea con quelli del progetto CCM VIAS, con riduzioni di circa 1-2 mesi di vita persi per la popolazione regionale applicando lo scenario obiettivo di piano, rispetto allo scenario CLE.



## Discussione

### **I principali risultati**

Il progetto VIAS fornisce, per la prima volta in Italia, le valutazioni quantitative dell'impatto sulla salute dei principali inquinanti dell'aria su tutto il territorio nazionale e con dettaglio a livello regionale. Sono stati stimati per il 2005 34.552 decessi per cause naturali attribuibili a esposizione nel lungo periodo a PM<sub>2.5</sub> e 23.387 decessi per esposizione a NO<sub>2</sub>; inoltre 1.707 decessi per patologie a carico dell'apparato respiratorio sono attribuibili all'esposizione ad ozono. Emergono considerevoli disuguaglianze degli effetti sanitari sul territorio italiano: l'inquinamento colpisce maggiormente il Nord e in generale le aree urbane congestionate dal traffico e dalla prossimità alle aree industriali. Anche il riscaldamento domestico, soprattutto per l'incremento dell'utilizzo delle biomasse (principalmente legno e pellet) è responsabile del peggioramento della qualità dell'aria e del conseguente impatto sulla salute. E' stato possibile apprezzare gli effetti sanitari dell'inquinamento nel tempo. Nel 2010 si è osservata una importante diminuzione degli effetti del PM<sub>2.5</sub> (21.524 decessi) e dell' NO<sub>2</sub> (11.993 decessi), dovute alla riduzione delle emissioni e alla contrazione dei consumi imputabili alla recessione economica, mentre nel 2020, nonostante i miglioramenti tecnologici e le politiche adottate (CLE), si avrà uno scenario simile rispetto a dieci anni prima (28.595 decessi per PM<sub>2.5</sub> e 10.117 per NO<sub>2</sub>). I risultati indicano che le variazioni previste per il 2020 (CLE), e che vedono i consumi di biomassa per riscaldamento come elemento di trade-off tra politiche climatiche e di qualità dell'aria, producono un impatto sanitario peggiore di quello che si è già verificato con la diminuzione delle emissioni dovuto alla recessione economica.

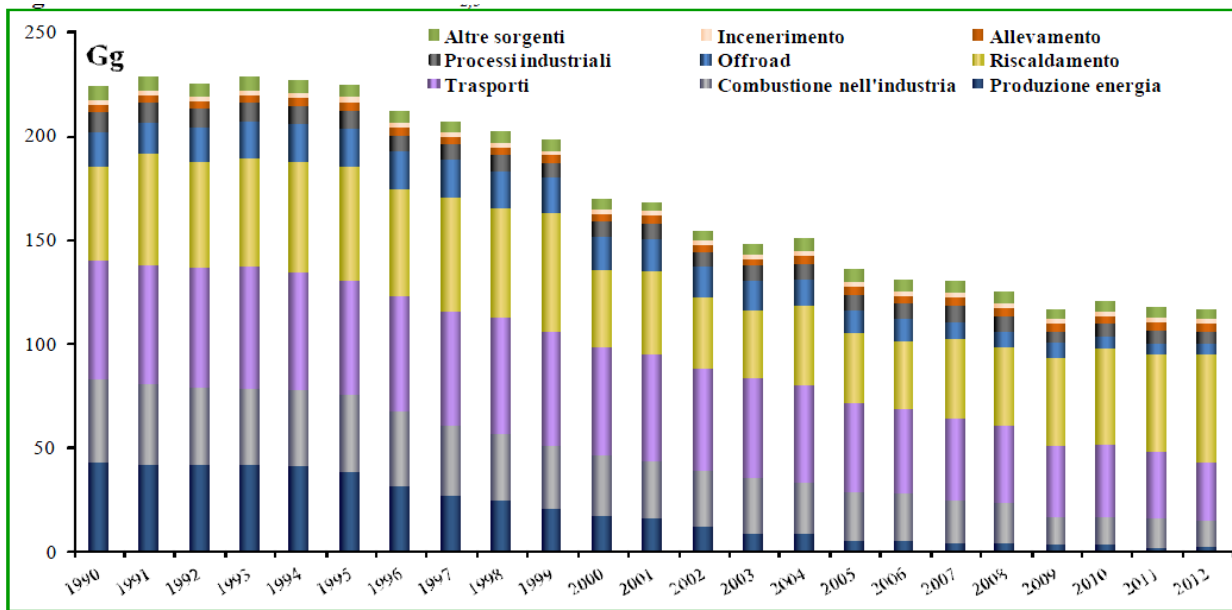
### **Evoluzione temporale delle emissioni inquinanti e politiche di prevenzione**

Gli inquinanti oggetto della valutazione sono legati in primo luogo alle emissioni dovute al traffico veicolare (NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub>) e al riscaldamento domestico (PM<sub>2.5</sub>). Gli NO<sub>x</sub> sono inoltre tra i principali precursori della componente secondaria del PM in atmosfera e, insieme ai Composti Organici Volatili Non Metanici (COVNM), sono precursori dell'ozono che è un inquinante solo secondario (cioè non esistono emissioni di ozono).

Negli ultimi anni, sono stati compiuti notevoli sforzi in tema di riduzione e prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle aree metropolitane. L'Agenzia Ambientale Europea (EEEA) ha registrato nel periodo 2002-2011 un generale miglioramento del trend dell'inquinamento con riduzioni delle emissioni di PM primario (-14% per i PM<sub>10</sub>, e -16% per PM<sub>2.5</sub> e dei suoi principali precursori, -27% per gli ossidi di azoto). Nel settore trasporti, a causa della progressiva riduzione delle emissioni dei veicoli Euro 4 e del passaggio agli Euro 5 nel 2009, si è osservata una riduzione delle emissioni: - del 24% per il PM<sub>10</sub>, - 27% per il PM<sub>2.5</sub> e -31% per NO<sub>x</sub>. D'altro canto, la progressiva diminuzione delle emissioni veicolari ha fatto sì che il contributo delle emissioni di particolato da traffico veicolare da usura, in particolare di freni e pneumatici ed abrasione del manto stradale, stia diventando percentualmente più importante e tale percentuale aumenta notevolmente se, insieme alla componente abrasiva, viene anche presa in considerazione quella relativa alla risospensione di polvere precedentemente depositata sulle strade. Rimane rilevante, tuttavia, il contributo alle sostanze inquinanti dovute alle emissioni dei motori Diesel che hanno avuto una diffusione notevole nel nostro Paese.

In Italia questa tendenza è confermata e in Figura 10 (fonte: ISPRA, RT 203/2014) è riportato il trend delle emissioni nazionali di PM<sub>2.5</sub> dal 1990 al 2012.

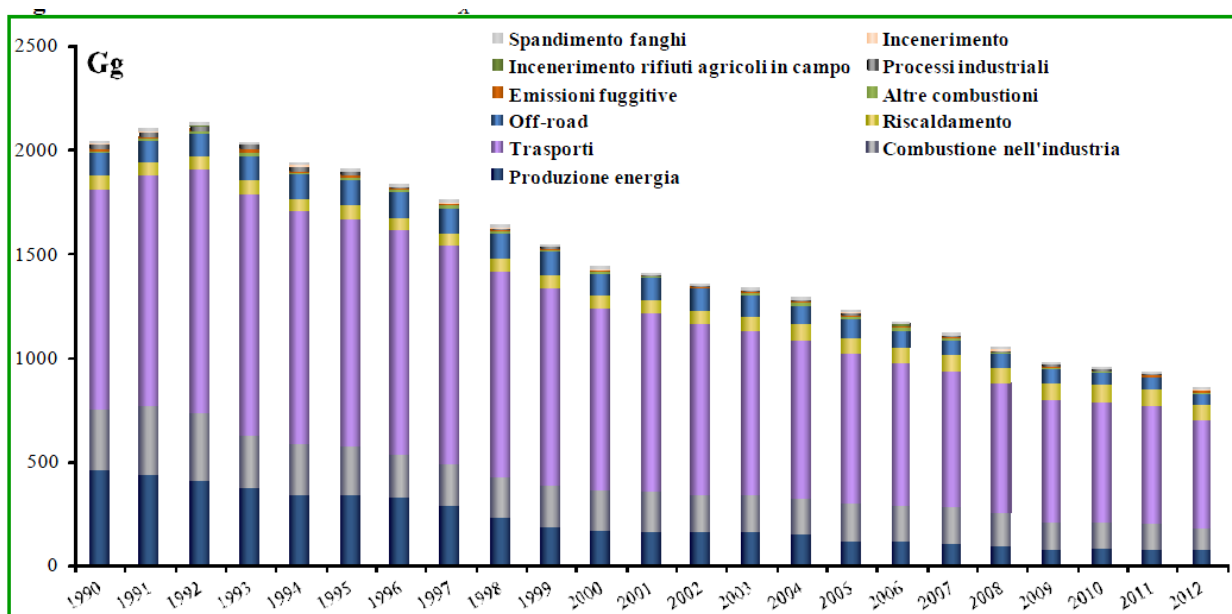
**Figura 10. Emissioni nazionali di PM2.5 (fonte ISPRA, RT 203/2014)**



Accanto alla riduzione delle emissioni da trasporto su strada si evidenzia la crescita delle emissioni da riscaldamento, sostenute essenzialmente dall'incremento della combustione di biomassa legnosa nel settore domestico. Al 2012 lo share del settore riscaldamento sul totale delle emissioni si attesta nell'intorno del 50%.

L'analogo trend di riduzione per gli NOx è riportato in Figura 11 (fonte: ISPRA, RT 203/2014). Il settore trasporti al 2012 costituisce circa il 50% delle emissioni totali e di queste il 91% è dovuto ai veicoli diesel.

**Figura 11. Emissioni nazionali di NOx (fonte: ISPRA, RT 203/2014)**



Nonostante gli indubbi miglioramenti osservati anche in Italia, le avanzate tecniche di modellizzazione degli inquinanti dimostrano che il relativamente rapido calo delle emissioni inquinanti alla fonte è stato seguito da un declino più lento delle concentrazioni degli inquinanti nell'ambiente e quindi della esposizione della popolazione. Infatti, sempre l'EEA ha riferito che nel 2011, il 33% della popolazione urbana europea è stata esposta a livelli di PM<sub>10</sub> superiori al limite UE, e 88% a livelli di PM<sub>10</sub> superiori al limite ancora più stringente proposto dalle Linee guida sulla qualità dell'aria dell'OMS.

Recentemente, per rispettare gli obiettivi di riduzione dei gas serra in atmosfera, anche in Italia si è puntato sulle biomasse. L'uso della biomassa nei settori della produzione di energia e il suo impiego per il riscaldamento domestico (legna, pellet etc) è stato incentivato e favorito da politiche e norme europee (Direttiva 2009/28/CE), nazionali (D. Lgs 28/2011 e DM 15/03/2012) e regionali relative all'uso delle energie rinnovabili. Tali strategie non hanno però prestato particolare attenzione all'impatto negativo sulla qualità dell'aria: le biomasse usate come combustibile provocano infatti l'immissione nell'ambiente di polveri e idrocarburi policiclici aromatici (IPA). I dati dei consumi di biomassa a uso domestico, presenti nei diversi inventari delle emissioni, hanno permesso di evidenziare un incremento del peso delle emissioni di PM<sub>10</sub> primario da parte del riscaldamento degli ambienti, ad oggi una delle più importanti fonti di emissioni in atmosfera, soprattutto nelle regioni del Nord. A causa degli effetti negativi sulla qualità dell'aria provenienti dal crescente utilizzo della biomassa per il riscaldamento civile sono state introdotte da alcune amministrazioni regionali misure di contrasto all'inquinamento da tali fonti.

Nonostante la normativa comunitaria imponga dei valori limiti alle concentrazioni di inquinanti in atmosfera, in alcune zone dell'Italia si assiste al loro superamento sistematico, soprattutto per il particolato, per ragioni complesse. Anzitutto bisogna considerare le particolari condizioni meteo climatiche che determinano, specie nella Pianura Padana, un aumento delle concentrazioni di particolato nell'aria; questa è una caratteristica del territorio che non può essere modificata, né ignorata, ma che richiede strategie particolari di intervento.

Ciò detto, è importante sottolineare parimenti che la causa principale di un inquinamento così persistente e diffuso deve essere individuata nella difficoltà di adottare una politica di prevenzione unitaria ed efficace. A tutt'oggi, infatti, la competenza in materia di pianificazione degli interventi permane in capo alle Regioni, a fronte di un fenomeno di inquinamento i cui effetti si manifestano su tutto il territorio nazionale. Il "caso" dello scenario al 2010, in cui la crisi economica del Paese ha determinato una considerevole riduzione delle emissioni e della mortalità attribuibile, pare suggerire notevoli margini di miglioramento nel contrasto all'inquinamento atmosferico, da realizzare investendo su politiche e tecnologie pulite. Il guadagno ambientale e sanitario sarebbe peraltro ben maggiore di quello delineato dal progetto VIAS, perché comprenderebbe anche un miglioramento dei parametri del riscaldamento globale.

Il progetto VIAS, tenendo conto delle recenti raccomandazioni dell'OMS ha stimato per la prima volta in Italia gli effetti a lungo termine dell'esposizione a ozono, dimostrando come le precedenti valutazioni sottostimassero l'entità dell'impatto di questo inquinante. I risultati di VIAS evidenziano che le variazioni previste per il 2020 (CLE) produrrebbero una netta riduzione dell'impatto anche per questo inquinante.

L'approfondimento condotto a Roma ha illustrato come il verde urbano abbia un ruolo importante nella riduzione dell'inquinamento atmosferico suggerendo che la biodiversità sia da tenere in considerazione nelle politiche di miglioramento della qualità dell'aria degli ambienti urbani. Lo studio sulla concentrazione delle particelle ultrafini nell'area urbana di Roma ha fornito informazioni sulla variabilità spaziale e temporale delle particelle ultrafini in ambienti antropizzati complessi. In Emilia Romagna il modello VIAS è stato sperimentato nella valutazione degli impatti legati agli scenari previsti dal Piano Aria Integrato Regionale 2020 (PAIR2020).

### Incertezza e limiti delle stime

Le stime di impatto (decessi attribuibili e anni di vita persi) prodotte da VIAS utilizzano formule matematiche che si basano su parametri che non sono completamente noti ma il cui valore deriva da studi epidemiologici o da sofisticate modellazioni matematiche. In particolare per la pericolosità degli inquinanti si utilizzano le stime che l'OMS ha recentemente suggerito a seguito di una revisione della letteratura scientifica fino ad oggi prodotta (REVIHAPP). Nonostante l'autorevolezza queste stime sono relativamente incerte: gli studi epidemiologici sono condotti su popolazioni differenti in differenti contesti ambientali e sanitari e non è sempre agevole estrapolare questi valori ad altre popolazioni. In VIAS tutte le stime di impatto sono state corredate degli intervalli di confidenza al 95% che permettono al lettore di avere un'idea della variabilità statistica connessa all'incertezza delle stime di effetto degli inquinanti considerati. Ad esempio per il  $PM_{2.5}$  VIAS stima 34.552 decessi attribuibili ai superamenti del limite di  $10 \mu g/m^3$  nell'intero territorio nazionale considerando i livelli di concentrazione predetti per il 2005. L'intervallo di confidenza al 95% è 20.608 - 43.215. La metà dell'ampiezza dell'intervallo (circa 11.000) è chiamata coefficiente di errore ed espresso in percentuale sulla stima di 34.552 decessi attribuibili è pari al 33%. Sono valori di una certa importanza e devono richiamare la necessità di prendere le stime VIAS come indicative dell'ordine di grandezza del fenomeno. Tuttavia le variazioni registrate tra le regioni del Nord e quelle del Sud Italia, oppure tra aree urbane e rurali restano valide anche considerando gli intervalli di confidenza a conferma del quadro d'insieme fornito dal progetto.

E' importante inoltre osservare che, sebbene non sia corretto sommare i decessi attribuibili all'esposizione agli inquinanti oggetto di questa valutazione di impatto (questo comporterebbe una sovrastima dell'impatto reale), si può affermare che l'insieme delle esposizioni determina una mortalità che è certamente superiore a quella riferita alle singole esposizioni.

Le concentrazioni degli inquinanti e l'esposizione della popolazione si basano su una modellistica matematica e sono prodotte per l'anno di riferimento 2005 e per i diversi scenari al 2010 e 2020. Una parte specifica del progetto VIAS è stata dedicata alla stima dell'incertezza legata alla modellazione matematica delle concentrazioni degli inquinanti. La variazione percentuale delle stime oscilla tra il 7% delle zone con concentrazione più bassa e il 2,2% delle zone con concentrazione più alta. Valori quindi molti più bassi di quelli che abbiamo discusso relativamente alle stime epidemiologiche di effetto. Naturalmente situazioni con emissioni puntiformi locali possono sfuggire ad una modellistica matematica e di solito vengono colte da centraline di monitoraggio specifiche. Nell'ambito delle 20.144 celle 4x4 solo una decina di punti legati a situazioni particolari di emissione nell'area di Milano, Roma e Taranto registrano valori di incertezza e quindi intervalli di confidenza più ampi.

Il livello di mortalità di base per le celle 4x4 del territorio nazionale usate nella modellazione di impatto da VIAS è stato assunto omogeneo per Provincia. Questo riduce l'incertezza statistica grazie al fatto che i tassi di mortalità sono basati su popolazioni non piccole.

Vi sono arbitrarietà legate alla definizione dei valori delle concentrazioni e degli scenari. In generale il livello delle concentrazioni per stimare gli effetti nei vari scenari (livello controfattuale) è assunto a priori sulla base di considerazioni sia pratiche che teoriche relative alle indicazioni dell'OMS nelle linee guida sulla qualità dell'aria e al fondo "naturale" di concentrazione degli inquinanti. Gli scenari invece sono stati scelti sulla base della normativa europea e rappresentano il portato della riflessione circa la raggiungibilità dei livelli al 2020 in sede comunitaria. Da qui l'interesse che rivestono. Tuttavia le previsioni al 2020 riflettono le scelte energetiche ed produttive e sono soggette anch'esse all'incertezza delle previsioni. Tant'è che le differenze tra gli impatti calcolati secondo i differenti scenari tendono ad avere intervalli di confidenza sovrapposti, quindi non sono nettamente distinti tra loro. E' quindi prudente prendere queste previsioni come linee di tendenza generali.

## Conclusioni

Il progetto VIAS ha coniugato una metodologia scientifica consolidata a uno sforzo di comunicazione accessibile ai cittadini, da proseguire ben oltre il termine naturale del progetto. Un sito Internet dedicato ([www.vias.it](http://www.vias.it)) costituisce il veicolo fondamentale della comunicazione, necessario per restituire la complessità del tema e la ricchezza quantitativa dei dati da rendere pubblici, oggetto di scrutinio, dibattito e deliberazioni. Il rigore scientifico dei metodi usati garantisce la validità delle stime prodotte e messe a disposizione dei cittadini, dei decisori e dei servizi ambientali e sanitari italiani. Lo strumento è anche utile alle regioni per il perseguimento degli obiettivi del Piano Nazionale della Prevenzione 2015-2018 che il Ministero della Salute ha adottato.

E' auspicabile dunque che, sulla base dei risultati del progetto VIAS, vengano messi in atto i provvedimenti necessari a tutelare la salute della popolazione, garantendo il dialogo e la sinergia istituzionale a livello nazionale e regionale. Sono all'ordine del giorno interventi locali volti ad influenzare in modo sostenibile la mobilità nelle aree urbane; piani ed interventi per disincentivare l'uso di veicoli diesel; sistemi di certificazione delle emissioni veicolari maggiormente vicini ai cicli reali di guida; una regolamentazione dell'uso e della qualità degli impianti di riscaldamento domestico e la sostituzione della legna con impianti a bassa emissione.