

# LIFE MODERN NEC

Qualità dell'aria, la risposta degli ecosistemi

[www.lifemoderneec.eu](http://www.lifemoderneec.eu)



LIFE20 GI/NT/000091  
Realizzato con il contributo dello  
strumento finanziario LIFE dell'EU

BENEFICIARIO COORDINATORE



BENEFICIARI ASSOCIATI





## **Progetto LIFE MODERn (NEC)**

*new MOnitoring system to Detect the Effects of Reduced pollutants emissions resulting from NEC Directive adoption*

**(LIFE20 GIE/IT/000091)**

### **Monitoraggio socio economico degli impatti del progetto C1.2 Monitoraggio socio economico**

**Report ex ante**

Dicembre 2022

## Sommario

Premessa.....	3
1. Introduzione .....	4
2. Le politiche europee, i piani di monitoraggio e la direttiva NEC .....	6
3. Analisi del contesto.....	7
3.1 Emissioni in Europa .....	7
3.2 Emissioni in Italia .....	10
3.3 Gli impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana .....	16
3.4 Impatto dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi .....	19
4 Iter metodologico per la valutazione dell'impatto sociale (monitoraggio ex ante) .....	24
5 Risultati dell'indagine .....	26
Bibliografia .....	31
Allegato I- Questionario semi-strutturato Life MODERn (NEC) .....	32

## Premessa

Il presente rapporto è stato realizzato coerentemente con le indicazioni riportate nel *Technical application form* ed ha come obiettivo valutare l'impatto socio economico del progetto LIFE MODERn. Il monitoraggio socio economico ha lo scopo di misurare l'impatto sociale ed economico generato dalle azioni di progetto sui settori interessati e gli stakeholder coinvolti, al fine di valutare le ricadute in termini di politiche, benefici economici e sociali. Esso si compone di una fase ex ante ed ex post, allo scopo di fotografare la situazione nello stato iniziale e poi finale del progetto, rilevandone le evoluzioni.

Nella fase ex ante del progetto è stato analizzato il livello di consapevolezza degli attori coinvolti sulla tematica trattata, mentre nella fase ex post verranno stimati i benefici economici e sociali, diretti e indiretti, connessi con l'attuazione del Progetto.

Il rapporto qui presentato riporta i risultati della valutazione ex ante del progetto e si compone di cinque capitoli.

Il primo capitolo, dedicato all'introduzione, riassume gli obiettivi del progetto a partire dal quale si andrà a stimare l'impatto sociale sugli stakeholder e sui settori coinvolti.

Nel secondo capitolo vengono illustrate le politiche europee, i piani di monitoraggio, la direttiva NEC e le esigenze specifiche del progetto.

Il terzo capitolo restituisce un quadro di sintesi generale delle emissioni in Europa, Italia e degli impatti degli inquinanti sulla salute umana e sugli ecosistemi.

Nel quarto capitolo viene presentato il framework metodologico impiegato nella fase ex ante per stimare l'impatto sociale relativo alla percezione degli stakeholder sulle azioni di progetto.

Il quinto capitolo è dedicato alla restituzione dei risultati dell'indagine delle interviste, funzionali a stimare la percezione sociale degli stakeholder sugli obiettivi e sulle attività del progetto.

## Abstract

Action C.1.2 aims to assess the socioeconomic impact of the Life MODERn (NEC) project. The monitoring involves two distinct phases. The ex-ante phase is aimed at obtaining a baseline, while the ex-post phase is aimed at measuring the socio-economic impact compared to the starting situation. Specifically, this report provides the results of the ex-ante phase, which concerned: i) European policies, monitoring plans, and the NEC Directive; ii) Context analysis on pollutant emissions (at the EU and national levels) and impacts on human health and ecosystems; and iii) Level of stakeholder awareness on the issue at hand. The results of the interviews report stakeholders' perceptions of project actions, suggestions on criteria to be used for identifying new sites, indicators and protocols, opinions on the possible socioeconomic impacts of the project (direct and indirect), and reflections on the relevant regulatory framework.

## 1. Introduzione

Ai sensi della direttiva sui limiti nazionali di emissione (*National Emissions Reduction Commitments Directive -NECD 2016/2284*), gli Stati membri dell'UE sono tenuti a monitorare (articolo 9) e a comunicare (articolo 10.4) la pressione dell'inquinamento atmosferico e gli impatti sugli ecosistemi rappresentativi delle acque dolci, delle foreste e degli habitat naturali e seminaturali di ciascun Paese. L'Italia ha sviluppato la Rete nazionale di monitoraggio degli ecosistemi (NEMN) i cui siti di rilevamento sono riportati in figura 1.

Il Progetto Life MODERn (NEC) nasce dall'esigenza di ottemperare alla direttiva NECD ampliando la rete di monitoraggio attualmente esistente. Tale ampliamento consentirà di garantire una piena rappresentatività che tenga conto della complessità naturale, biogeografica ed ecologica del territorio italiano. L'obiettivo è portare i siti di monitoraggio delle acque dolci da 4 a 10 ed i siti di monitoraggio degli ecosistemi forestali da 6 a 10. Inoltre in questo modo viene migliorata la copertura rappresentativa dei tipi di habitat sensibili che consentirà di individuare i limiti di emissioni nazionali riguardo ad alcuni inquinanti atmosferici (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC e PM<sub>2,5</sub>) di cui all'allegato 2 della Direttiva NECD, sulla base del loro impatto sugli ecosistemi e sulla salute umana. Tali inquinanti difatti sono responsabili dell'inquinamento atmosferico, dell'acidificazione e dell'eutrofizzazione degli ecosistemi. Inoltre, essendo precursori dell'ozono, provocano danni alla crescita della vegetazione e riducono la biodiversità alterandone la struttura e la composizione.

Tra gli obiettivi del progetto anche quello di verificare l'idoneità degli indicatori raccomandati dalla Direttiva NEC rispetto alla loro capacità di rappresentare la complessità degli impatti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi forestali e sulle acque dolci, individuandone di nuovi.

[Figura 1 Localizzazione dei siti individuati per l'attuazione della direttiva NEC in Italia](#)



## 2. Le politiche europee, i piani di monitoraggio e la direttiva NEC

Le politiche sull'inquinamento ambientale dell'Unione Europea sono molto articolate e si estendono su più livelli. La cornice entro la quale vengono sviluppate è l'*European Green Deal*, proposto dalla Commissione Europea allo scopo di raggiungere entro il 2050 la cosiddetta "neutralità climatica", ossia una situazione di equilibrio fra le fonti di emissioni e gli assorbimenti antropogenici di gas a effetto serra.

In questo contesto rientra il "*Clean air policy package*"<sup>1</sup>, pubblicato dalla Commissione Europea nel 2013, che definisce una strategia per ridurre gli impatti dell'inquinamento dell'aria sulla salute e sull'ambiente entro il 2030, di cui la Direttiva NEC è snodo cruciale. Con la Direttiva NEC gli Stati membri si impegnano a ridurre le emissioni atmosferiche antropogeniche di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), composti organici volatili non metanici (COVNM), ammoniaca (NH<sub>3</sub>) e particolato fine (PM<sub>2,5</sub>) e ad elaborare, adottare ed attuare programmi nazionali di controllo dell'inquinamento e comunicazione relativa ai suddetti inquinanti. In particolare, l'articolo 9 della direttiva stabilisce che gli Stati membri debbano provvedere al monitoraggio degli impatti negativi dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi "*in base a una rete di siti di monitoraggio rappresentativa dei loro tipi di habitat di acqua dolce, naturali e seminaturali e di ecosistemi forestali*"<sup>2</sup>, facendo riferimento ad una serie di indicatori di monitoraggio facoltativi forniti dalla stessa direttiva nell'allegato V.

In relazione alle attività di monitoraggio, l'Italia offre degli spunti particolarmente interessanti per via dell'alto livello di biodiversità funzionale e per la grandissima varietà di condizioni ambientali, paesaggistiche e climatiche. Tali particolari condizioni determinano anche una maggiore difficoltà nell'individuazione di siti di monitoraggio pienamente rappresentativi, soprattutto per quanto riguarda lo studio degli impatti dell'inquinamento dell'aria sugli ecosistemi.

I piani di monitoraggio della qualità dell'aria sono nati nella seconda metà degli anni '80 come diretto risultato di iniziative internazionali quali la Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero a Grande Distanza (CLRTAP). Per adempiere alla Convenzione vennero avviati alcuni programmi internazionali come il Programma Cooperativo Internazionale sul monitoraggio integrato degli effetti dell'inquinamento atmosferico (ICP IM), il Programma Cooperativo Internazionale sulla valutazione ed il monitoraggio degli effetti dell'inquinamento atmosferico sulle foreste (ICP Forests), il Programma Cooperativo Internazionale per la valutazione ed il monitoraggio degli effetti dell'inquinamento atmosferico su fiumi e laghi (ICP Waters) e, più specificamente per quanto riguarda l'Italia, il "Programma CON.ECO.FOR.", CONTROLLO ECOSISTEMI FORESTALI, con lo scopo di gestire il ramo istituzionale italiano in riferimento ai sopracitati programmi internazionali.

L'attuale rete NEC italiana, istituita con Decreto del Ministero della Transizione Ecologica del 26 novembre 2018 attuativo del Decreto legislativo di recepimento della Direttiva NEC, è composta da 4 siti di acqua dolce e 6 siti forestali. Per quanto riguarda gli ecosistemi terrestri, vede l'impiego di 6 aree CON.ECO.FOR di livello II sulla base del protocollo ICP Forests, con il coordinamento del Comando per la Tutela della Biodiversità e dei Parchi dell'Arma dei Carabinieri, in collaborazione con l'Università di Firenze e di Camerino, il CNR ed il CREA. Per quanto riguarda gli ecosistemi di acqua dolce, coinvolge 10 siti ICP WATERS gestiti dal Consiglio Nazionale delle Ricerche CNR-IRSA. Infine, con riguardo ai danni da ozono, si serve di 11 stazioni forestali che ospitano la stessa specie, il faggio, (*Fagus sylvatica* L). I dati provenienti dalla Rete CON.ECO.FOR. di livello II andranno ad alimentare il database della Rete NEC Italia.

<sup>1</sup> <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/clean-air/>

<sup>2</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284&from=RO>

In figura 2 viene riportato, per ogni Stato UE, il raggiungimento degli obiettivi di riduzione degli inquinanti di cui alla direttiva NEC per il 2020 ed il 2030. L'Italia, così come il Belgio Croazia, Estonia, Grecia, Lussemburgo, Paesi Bassi, Portogallo, Slovacchia, hanno ridotto nel 2020 le emissioni rispetto al 2018.

Figura 2 Percentuale di riduzioni delle emissioni ancora necessarie agli Stati membri dell'UE rispetto alle emissioni del 2018 per rispettare gli impegni di riduzione delle emissioni per il 2020 e il 2030. Fonte: National Emission reduction Commitments Directive reporting status 2020. Briefing no. 04/2020. TH-AM-20-006-EN-N - ISBN 978-92-9480-241-5 - ISSN 2467-3196 - doi: 10.2800/30372

Country Name	2020					2030				
	NH3	NMVOG	NOx	PM2.5	SO2	NH3	NMVOG	NOx	PM2.5	SO2
Austria	✓	✓	✓	✓	✓	●	✓	●	●	✓
Belgium	✓	✓	✓	✓	✓	●	✓	●	●	✓
Bulgaria	✓	●	✓	●	✓	●	●	●	●	✓
Croatia	✓	✓	✓	✓	✓	●	●	●	●	●
Cyprus	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Czechia	✓	●	✓	●	✓	●	●	●	●	●
Denmark	●	✓	●	●	✓	●	✓	●	●	●
Estonia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	●	✓	●
Finland	●	✓	✓	●	✓	●	●	●	●	✓
France	●	✓	●	✓	✓	●	●	●	●	●
Germany	●	✓	●	✓	✓	●	✓	●	●	●
Greece	✓	✓	✓	✓	✓	✓	●	●	●	✓
Hungary	●	✓	✓	●	✓	●	●	●	●	●
Ireland	●	●	●	✓	✓	●	●	●	●	●
Italy	✓	✓	✓	✓	✓	●	●	●	●	✓
Latvia	●	✓	●	✓	✓	●	●	●	●	✓
Lithuania	●	●	●	✓	●	●	●	●	✓	●
Luxembourg	✓	✓	✓	✓	✓	●	✓	●	✓	✓
Malta	✓	●	●	✓	✓	✓	✓	●	✓	✓
Netherlands	✓	✓	✓	✓	✓	●	✓	●	✓	✓
Poland	✓	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Portugal	✓	✓	✓	✓	✓	●	●	●	●	●
Romania	✓	✓	●	●	✓	●	●	●	●	●
Slovakia	✓	✓	✓	✓	✓	●	✓	●	✓	●
Slovenia	✓	✓	✓	●	✓	●	●	●	●	●
Spain	●	✓	✓	●	✓	●	●	●	●	●
Sweden	●	✓	●	✓	✓	●	✓	●	✓	✓
United Kingdom	●	✓	●	●	✓	●	●	●	●	●

Current emission levels below the emission reduction commitment	✓
Emission reduction needed by less than 10 % from current levels	●
Emission reduction needed by 10 % to 30 % from current levels	●
Emission reduction needed by 30 % to 50 % from current levels	●
Emission reduction needed by more than 50 % from current levels	●

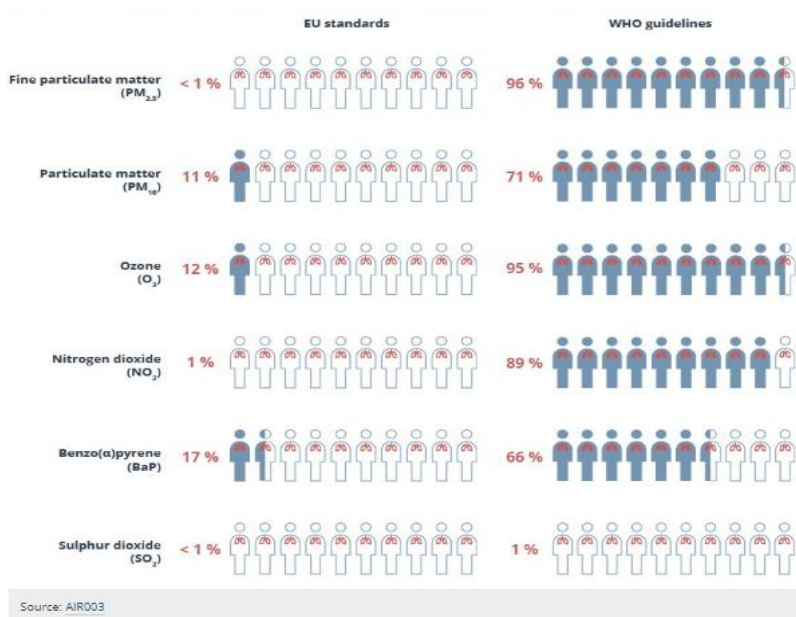
### 3. Analisi del contesto

#### 3.1 Emissioni in Europa

Una significativa percentuale della popolazione urbana europea vive in città in cui le emissioni di sostanze inquinanti vanno oltre i limiti atti a garantire il mantenimento degli standard di qualità dell'aria dell'UE per la protezione della salute umana, con conseguenze più ampie che vanno dal deterioramento degli ecosistemi alla riduzione dell'aspettativa di vita e all'incremento dei costi a carico del sistema sanitario. Secondo quanto riportato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, si stima che il particolato fine nell'aria riduca l'aspettativa di vita nell'UE di oltre otto mesi, al punto da venire considerato, unitamente al biossido di azoto e all'ozono troposferico, uno degli inquinanti con il maggiore impatto sulla salute

umana (fig.3). Sul fronte economico, secondo quanto sostenuto dall'OECD, l'inquinamento atmosferico presenta notevoli costi di mercato legati, fra le altre cose, ad una ridotta produttività del lavoro e perdite di raccolti. Fra le principali fonti antropiche di inquinamento atmosferico in Europa si annoverano i combustibili fossili, utilizzati nel settore industriale, agricolo, dei trasporti ma anche per la produzione di elettricità ed in ambito domestico; i solventi utilizzati nell'industria chimica e mineraria; i composti organici volatili e altri inquinanti gassosi come metano, ammoniaca e acido solfidrico prodotti nell'ambito del trattamento dei rifiuti. In termini di processi, l'inquinamento atmosferico si rende responsabile dei fenomeni di acidificazione ed eutrofizzazione. Il primo consiste nella deposizione di inquinanti acidi su terreni, acque superficiali, vegetazione ed edifici, mentre il secondo identifica una vera e propria alterazione degli ecosistemi terrestri e acquatici a causa della deposizione di composti azotati dall'atmosfera. L'ultimo briefing prodotto dall'Agenzia Europea dell'Ambiente nel 2022, stilato sia sulla base di dati provvisori in aggiornamento riguardanti l'anno 2021 sia di dati ufficiali convalidati per l'anno 2020, rileva in particolare gli inquinanti ritenuti più dannosi per la salute umana, o che superano più di frequente di standard di qualità dell'aria fissati dall'UE e quelli, più rigidi, indicati dalle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Il dato forse più eloquente emerge dall'analisi dell'anno 2020. Nonostante le misure restrittive implementate per arginare il diffondersi della pandemia e la conseguente riduzione delle attività relative al trasporto su strada, all'aviazione e all'industria, il 96% della popolazione è stata comunque esposta a concentrazioni di particolato fine superiori agli standard stabiliti dall'OMS.<sup>3</sup>

Figura 3 - Percentuale di popolazione urbana dell'UE esposta a concentrazioni di inquinanti atmosferici superiori agli standard UE e alle linee guida dell'OMS nel 2020. Fonte: <https://www.eea.europa.eu/publications/status-of-air-quality-in-Europe-2022>



Appare quindi comprensibile che la Comunità Europea abbia progressivamente incrementato gli sforzi tesi a favorire una diminuzione delle emissioni antropiche ed il ripristino di livelli accettabili di qualità dell'aria, incontrando tuttavia non poche difficoltà. Infatti, secondo quanto riportato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, la diminuzione delle emissioni non ha sempre avuto, come

<sup>3</sup> <https://www.eea.europa.eu/publications/status-of-air-quality-in-Europe-2022>

diretta conseguenza, un miglioramento della qualità dell'aria, anche a causa degli inquinanti provenienti da altri Paesi, trasportati a lunga distanza in Europa. Nelle figure 4, 5, 6 e 7 vengono riportati i dati provvisori al 2021 riguardanti la concentrazione in atmosfera degli inquinanti PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, O<sub>3</sub> ed NO<sub>2</sub>.

Figura 4 – Concentrazione di PM<sub>10</sub> nel 2021 (dati provvisori) in relazione al valore limite giornaliero dell'UE. Fonte: European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/publications/status-of-air-quality-in-Europe-2022>

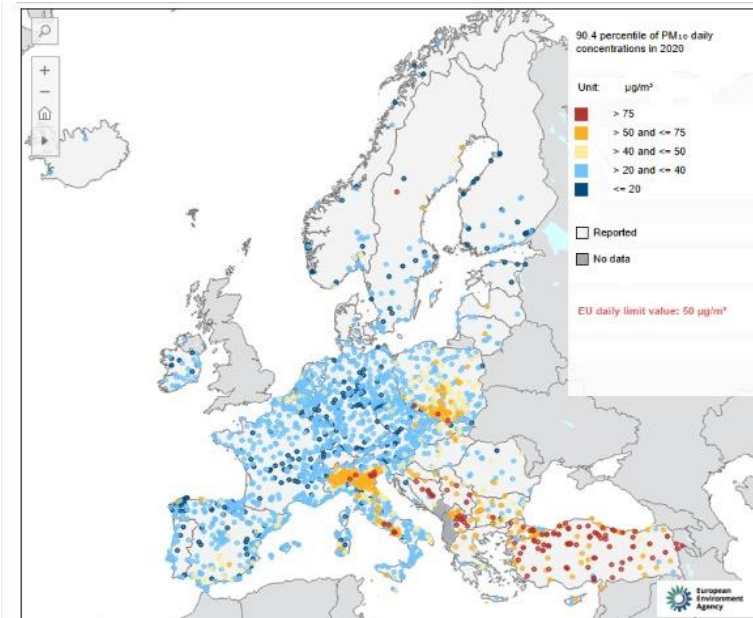


Figura 5- Concentrazione di PM<sub>2,5</sub> nel 2021 (dati provvisori) in relazione al valore limite giornaliero dell'UE. Fonte: European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/publications/status-of-air-quality-in-Europe-2022>

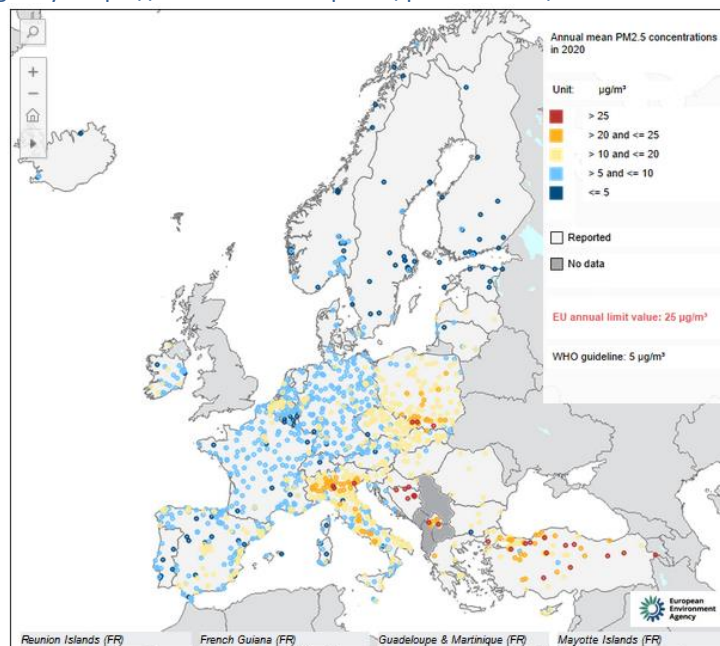


Figura 6- Concentrazione di O<sub>3</sub> nel 2021 (dati provvisori) in relazione al valore limite giornaliero dell'UE. Fonte: European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/publications/status-of-air-quality-in-Europe-2022>

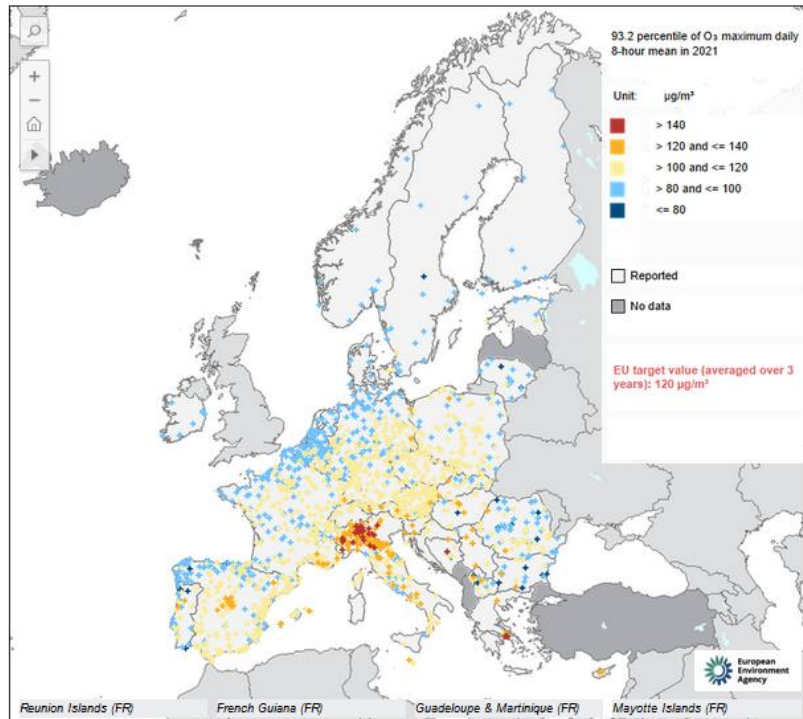
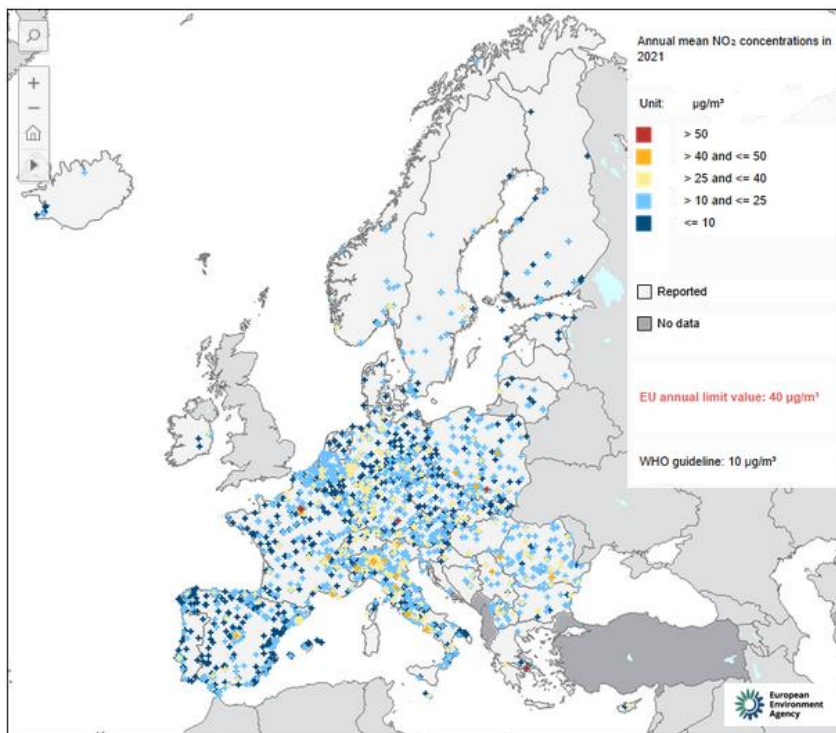


Figura 7 Concentrazione di NO<sub>2</sub> nel 2021 (dati provvisori) in relazione al valore limite giornaliero dell'UE. Fonte: European Environment Agency <https://www.eea.europa.eu/publications/status-of-air-quality-in-Europe-2022>



### 3.2 Emissioni in Italia

In Italia, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) è il *National Reference*

Centre per l'area tematica "Air Quality" della rete *European Environment Information and Observation Network* (Eionet) dell'Agencia Europea per l'Ambiente e rappresenta dunque uno dei principali punti di riferimento in materia. L'istituto raccoglie su base quotidiana i dati delle reti di monitoraggio regionali, poi ulteriormente analizzati su base annuale e, per conto del Ministero della Transizione Ecologica (MiTE), trasmette le informazioni relative alla valutazione della qualità dell'aria in Italia alla Commissione Europea. ISPRA ha inoltre elaborato una serie di indicatori dello stato e del trend della qualità dell'aria: Particolato (PM<sub>10</sub>); benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>); Benzo(a)pirene nel PM<sub>10</sub>; biossido di azoto (NO<sub>2</sub>); microinquinanti (arsenico, nichel e cadmio nel PM<sub>10</sub>) ozono troposferico (O<sub>3</sub>) particolato fine (PM<sub>2,5</sub>). Proprio sulla base di tali indicatori, è stata in grado di osservare le tendenze relative al decennio 2010-2020, registrando un trend decrescente per quanto riguarda il biossido di azoto (Fig.8), il particolato (fig.9), il particolato fine (fig.10), mentre l'ozono troposferico (fig.11) continua a rappresentare un elemento di particolare criticità, con i suoi massimi nella stagione estiva. Risultati parzialmente sovrapponibili sono forniti dal Rapporto su 20 anni di studi degli ecosistemi forestali a cura del Comando Unità Forestali Ambientali e Agroalimentari per la Tutela della Biodiversità e dei Parchi. A partire dalle analisi delle chiome degli alberi, risulta una recente e contenuta riduzione delle emissioni di ossidi di azoto.

Figura 8 Trend delle emissioni di NO<sub>2</sub> (2010-2020)

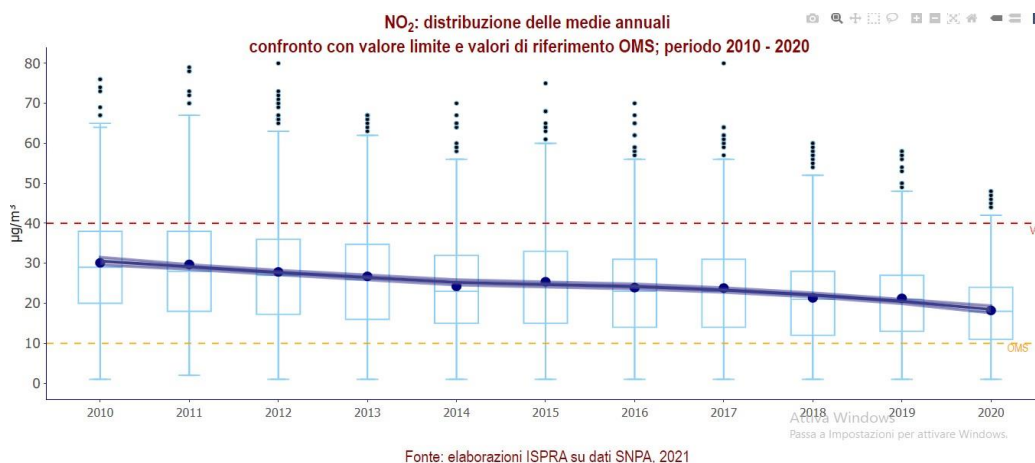


Figura 9 Trend delle emissioni di PM<sub>10</sub> (2010-2020)

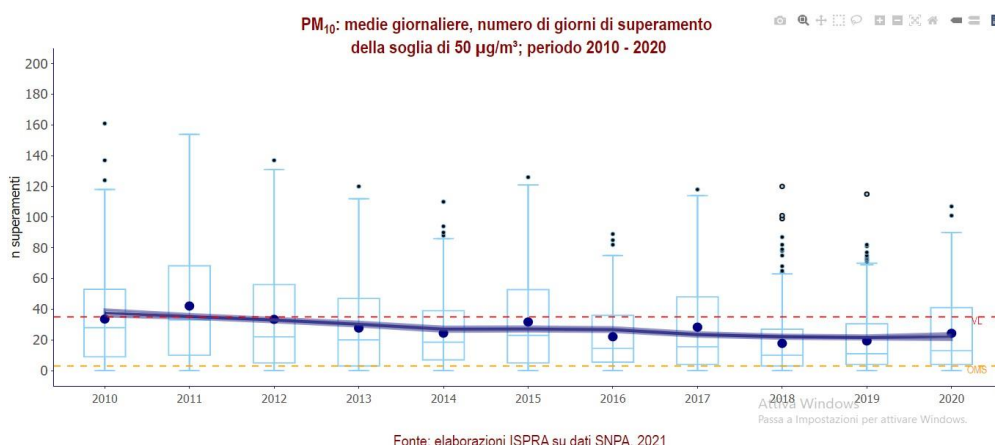


Figura 10 - Trend delle emissioni di PM<sub>2,5</sub> (2010-2020)

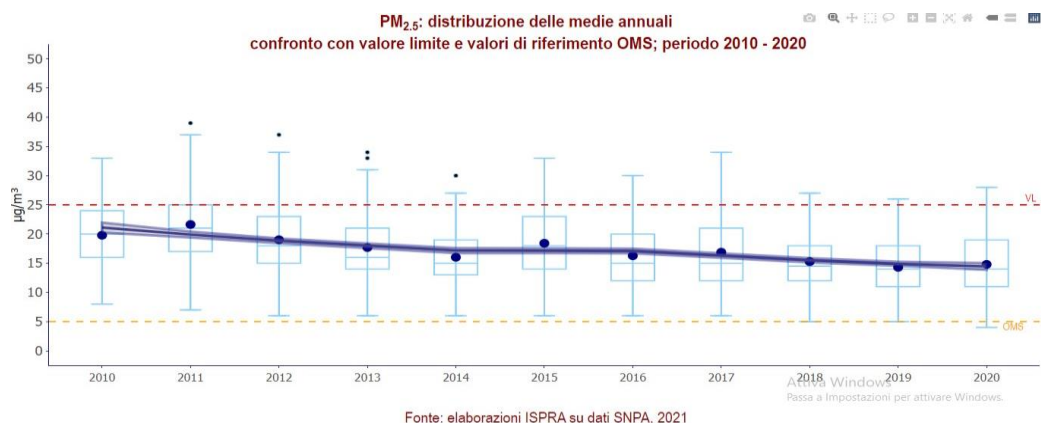
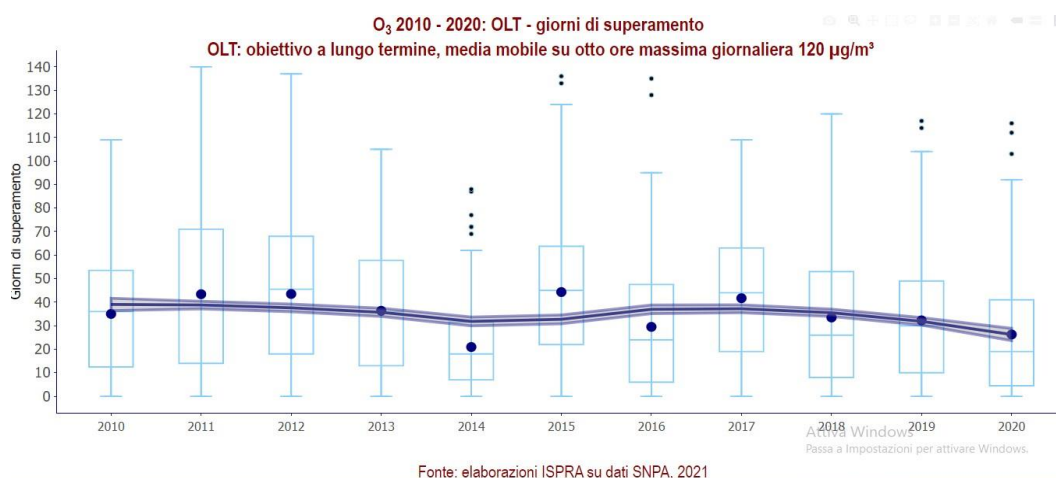


Figura 11 - Trend delle emissioni di O<sub>3</sub> (2010-2020)



L'ISPRA ha inoltre individuato alcune aree del Paese particolarmente esposte all'inquinamento atmosferico a causa di fattori come la prolungata alta pressione, il debole irraggiamento solare, la bassa velocità del vento o la calma di vento. Si evidenziano in particolare il bacino padano, la valle del Sacco (basso Lazio) e specifiche zone dell'entroterra appenninico.

È inoltre utile specificare che la legislazione, a partire dall'allegato VIII del D.Lgs. 155/2010, ha previsto l'individuazione di siti fissi di campionamento a livello nazionale per valutare la qualità dell'aria proprio ai fini della protezione della vegetazione e degli ecosistemi naturali.

Per l'ozono, gli ossidi di azoto e gli ossidi di zolfo, la valutazione andrebbe compiuta presso punti di misura suburbani, rurali e rurali di fondo dotati della più elevata rappresentatività spaziale possibile (da alcune decine ad alcune migliaia di km<sup>2</sup>).<sup>4</sup>

In particolare, i siti dovrebbero essere individuati ad oltre 20 km dalle aree urbane e ad oltre 5 km da altre zone edificate, impianti industriali, autostrade o strade principali con conteggi di traffico superiori a 50.000 veicoli al giorno. L'area di rappresentatività delle stazioni di misurazione dovrebbe essere pari ad almeno 1.000 km<sup>2</sup>. Per quanto riguarda gli ossidi di azoto e zolfo, è bene precisare che la zonizzazione per una valutazione della qualità dell'aria con riferimento alla vegetazione e agli ecosistemi non trova necessariamente esatta corrispondenza con la zonizzazione prevista per una valutazione della qualità dell'aria in relazione alla salute umana. Per il monitoraggio a protezione degli ecosistemi, sarebbe

<sup>4</sup> <https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/12/QUALITA-ARIA-ITALIA.pdf>

auspicabile servirsi di una zonizzazione sovregionale, data la particolare conformazione orografica del territorio italiano che a volte rende difficoltoso il rispetto dei requisiti di ubicazione previsti dalla direttiva 2008/CE sulla qualità dell'aria ambiente <sup>5</sup>.

Come vedremo, proprio il concetto di rappresentatività si dimostra cruciale per lo sviluppo del progetto Life MODERn. Mentre però quella precedentemente menzionata è di tipo prettamente spaziale, la rappresentatività che il Progetto Life MODERn si prefigge di ottenere ha un carattere diverso, che potrebbe essere definito come "qualitativo". Tale concetto verrà approfondito nei successivi capitoli di questo report.

Le elaborazioni ISPRA sulle stazioni di monitoraggio per la protezione della vegetazione relative all'anno 2019 consegnano, in generale, un quadro di parziale mancato rispetto degli obiettivi. Per quanto riguarda l'ozono, le stazioni che rispettano la percentuale minima richiesta per il calcolo dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40v) sono 93 su 106 (fig.12). Per quanto riguarda invece gli ossidi di azoto (fig.13), il livello critico viene superato solo in una stazione su 50. Per il biossido di zolfo, non risulta che il livello critico sia stato superato.

Figura 12. O<sub>3</sub> - Stazioni di monitoraggio e superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (2019). Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA



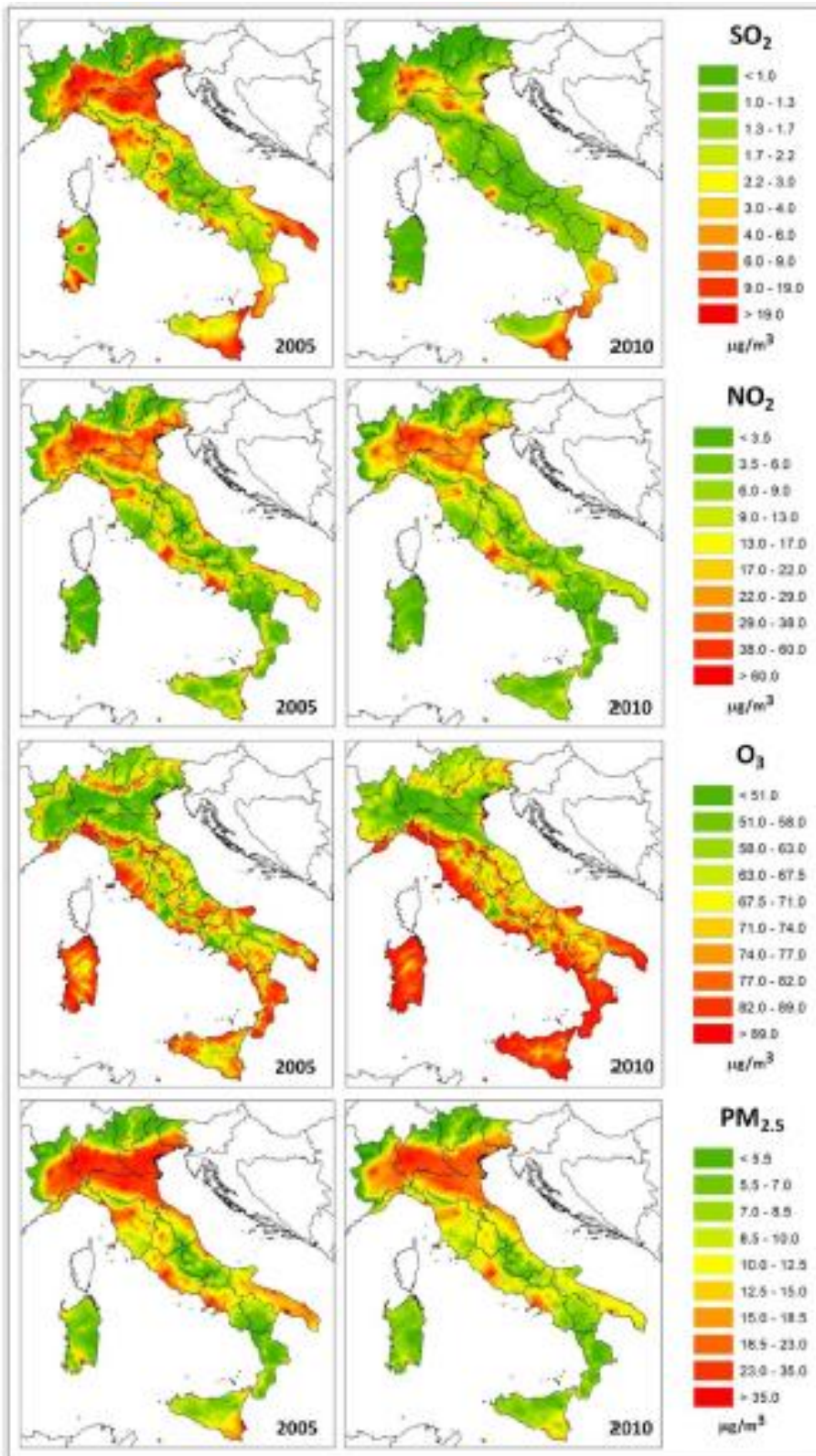
Figura 13. NO<sub>x</sub> - Stazioni di monitoraggio e superamenti del livello critico annuale per la protezione della vegetazione (2019). Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA

<sup>5</sup> <https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/12/QUALITA-ARIA-ITALIA.pdf>



In figura 14 è riportata la media annua delle concentrazioni orarie di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, e PM<sub>2,5</sub> simulate dal Modello AMS-MINNI sulla qualità dell'aria (Mircea et al., 2016) per gli anni 2005 e 2010.

Figura 14- Media annuale delle concentrazioni orarie di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e PM<sub>2,5</sub> nel 2005 e nel 2010 in Italia con il sistema di modellazione atmosferica MINNI a una risoluzione spaziale di 4 km. Fonte: De Marco et al., 2019



### 3.3 Gli impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana

L'inquinamento atmosferico è considerato il principale fattore di rischio per la salute umana. L'agenzia Europea per l'Ambiente nella pubblicazione *"Health impacts of air pollution in Europe, 2022"* ha stimato l'impatto sulla salute causato dall'esposizione al particolato fine (PM<sub>2,5</sub>), al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) ed all'ozono (O<sub>3</sub>). Tali sostanze inquinanti sono ritenute le più dannose per la salute umana. Nella tabella 1 si riporta, per ogni paese, la concentrazione annuale di inquinanti ed il numero stimato di morti premature.

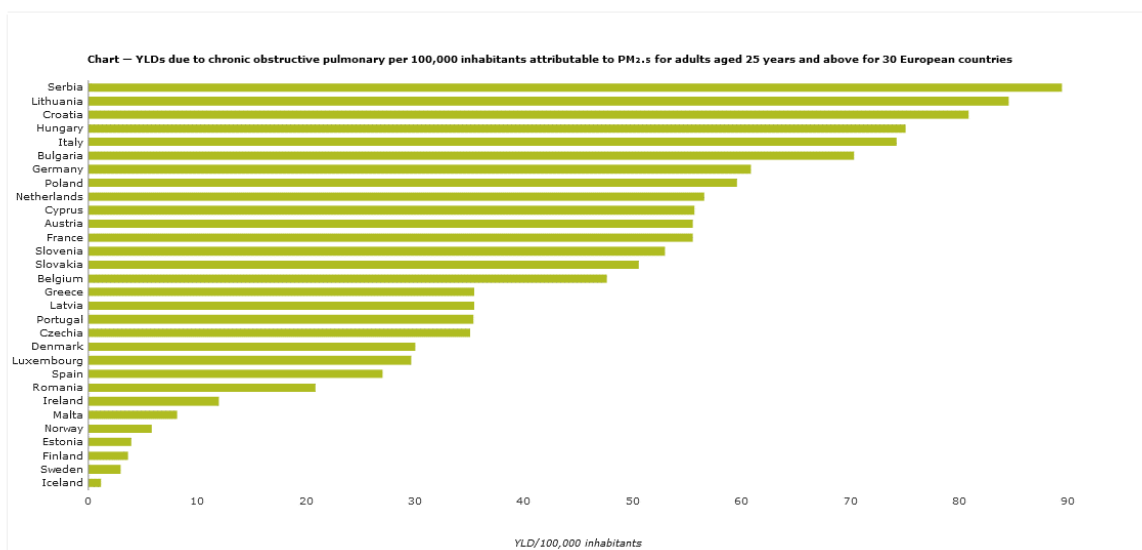
Tabella 1 Popolazione totale del Paese, concentrazioni medie ponderate per la popolazione e numero stimato di morti premature attribuibili per Paese nel 2020. Fonte: Web Report Health impacts of air pollution in Europe, 2022 (<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>)

Country	Population 1,000 inhabitants	PM <sub>2.5</sub>		NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>	
		Annual mean concentrations	Premature deaths	Annual mean concentrations	Premature deaths	SOMO35	Premature deaths
Austria	8,901	9.9	3,200	14.3	810	4,584	470
Belgium	11,522	9.4	3,900	14.3	1,100	3,798	530
Bulgaria	6,951	17	10,600	16.7	1,700	2,967	430
Croatia	4,058	15.4	4,100	13.1	420	4,760	300
Cyprus	1,230	14	560	20.8	180	6,295	60
Czechia	10,694	12.5	6,900	12.5	740	4,252	620
Denmark	5,823	7.6	1,000	7.5	40	2,287	140
Estonia	1,329	5.4	60	5.8	<10	1,468	30
Finland	5,525	4.4	60	6.2	10	1,365	80
France	65,178	8.6	16,500	12.2	4,400	4,271	3,100
Germany	83,166	9.1	28,900	15.2	10,000	4,195	4,600
Greece	10,718	14.5	8,800	16.9	1,900	6,167	920
Hungary	9,770	14.5	9,500	14.9	1,400	4,044	640
Ireland	4,964	7.1	490	7.4	50	1,908	70
Italy	59,641	15	52,300	17.7	11,200	6,067	5,100
Latvia	1,908	9.1	830	9.7	100	1,699	50
Lithuania	2,794	9.8	1,500	10.1	140	2,044	100
Luxembourg	626	7.3	80	15.8	50	4,272	20
Malta	515	10.2	150	11	10	6,592	30
Netherlands	17,408	9.1	5,000	15.9	1,800	3,426	640
Poland	37,958	16	36,500	13.1	3,400	3,216	1,700
Portugal	9,795	8.1	2,600	12.5	850	3,585	470
Romania	19,329	15.2	21,600	15.1	3,100	2,955	1,000
Slovakia	5,458	14.5	3,900	11.3	210	3,867	260
Slovenia	2,096	12.5	1,300	12.8	150	5,008	130
Spain	45,166	10	17,000	14.6	4,800	4,522	2,400
Sweden	10,328	4.8	370	6.5	40	2,181	240
Albania	2,846	15.6	3,600	12.8	330	5,678	310
Andorra	78	8.5	20	17.6	10	2,812	<10
Bosnia and Herzegovina	3,825	25.8	9,200	14.1	610	4,047	300
Iceland	364	4.2	< 1	7.2	<10	1,582	<10
Kosovo	1,782	19.4	3,100	14.4	260	3,901	130

Country	Population 1,000 inhabitants	PM <sub>2.5</sub>		NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>	
		Annual mean concentrations	Premature deaths	Annual mean concentrations	Premature deaths	SOMO35	Premature deaths
Liechtenstein	39	8.1	10	15.3	<10	4,976	<10
Monaco	38	10.5	20	18.1	10	6,445	<10
Montenegro	622	17.4	920	13.7	90	4,338	50
North Macedonia	2,076	20.3	3,800	14.2	290	4,345	180
Norway	5,368	4.6	160	8.2	90	2,042	90
San Marino	35	12.8	20	13.2	<10	5,387	<10
Serbia	6,927	22.7	14,400	14.9	1,200	3,099	420
Switzerland	8,606	8.1	1,700	14.5	660	5,387	450
Türkiye	83,155	N/A	N/A	24.9	12,300	4,561	2,300
EU27	442,851	11.2	238,000	14.1	49,000	4,182	24,000
EEA32 excluding Türkiye	457,228	11	240,000				
EEA32	540,383			15.7	62,000	4,237	27,000
All countries excluding Türkiye	475,456	11.4	275,000				
All countries	558,612			15.7	64,000	4,228	28,000

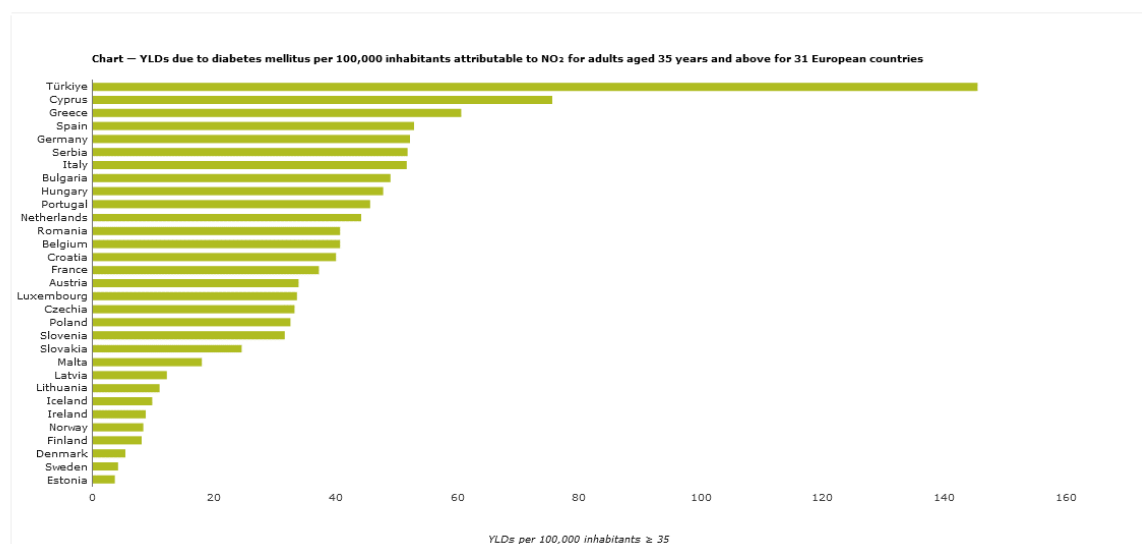
Le particelle di PM<sub>2.5</sub> provengono principalmente dagli scarichi dei veicoli e dalle operazioni che comportano la combustione di combustibili come legno, olio da riscaldamento o carbone e dagli incendi di boschi. La sospensione di tali inquinanti nell'atmosfera si registra principalmente nelle aree urbane e costituisce un problema per la salute umana soprattutto nei giorni di scarsa ventilazione ove il ricambio di aria è quasi assente. L'inalazione di PM<sub>2.5</sub> produce problemi respiratori tra cui la broncopneumopatia cronica ostruttiva soprattutto in individui adulti di età superiore a 25 anni (fig. 15). Secondo i dati dell'EEA, l'Italia è il quinto paese in cui si registra un maggior numero di anni di vita persi a causa della broncopneumopatia cronica ostruttiva dovuta all'inalazione di PM<sub>2.5</sub> mentre la Serbia e l'Islanda sono rispettivamente il primo e l'ultimo paese per numero di anni di vita persi.

Figura 15. Anni di vita persi a causa della broncopneumopatia cronica ostruttiva per 100.000 abitanti attribuibili a PM<sub>2,5</sub> per gli adulti di età pari o superiore a 25 anni per 30 paesi europei. Fonte: Web Report Health impacts of air pollution in Europe, 2022 (<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>)



Le emissioni di biossido di azoto provengono soprattutto dal traffico veicolare e dall'utilizzo di gas da riscaldamento. L'esposizione prolungata a NO<sub>2</sub> produce effetti negativi sulla salute umana generando diverse patologie tra cui il diabete. A livello europeo la Turchia è il paese che registra il maggior numero di anni di vita persi mentre l'Italia è il settimo paese. I paesi UE in cui gli effetti sono minimi sono del Nord Europa ed in particolare la Danimarca, la Svezia e l'Estonia (fig.16).

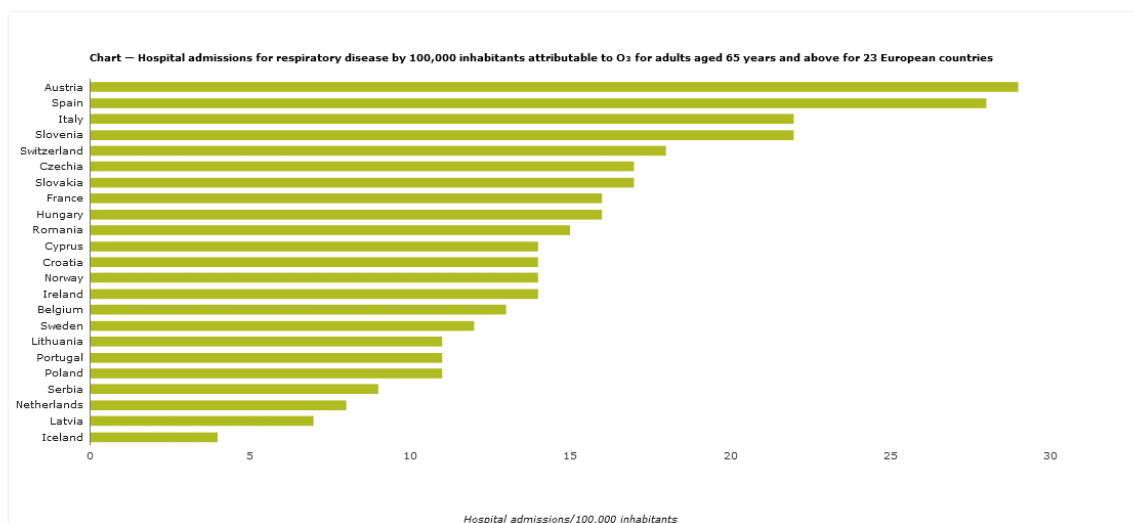
Figura 16 Anni di vita persi a causa del diabete mellito per 100.000 abitanti attribuibili all'NO<sub>2</sub> per gli adulti di età pari o superiore a 35 anni per 31 paesi europei. Fonte: Web Report Health impacts of air pollution in Europe, 2022 (<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>)



L'ozono troposferico (O<sub>3</sub>) si forma attraverso processi fotochimici di ossidi d'azoto (NO<sub>x</sub>) e di composti organici volatili (COV). La concentrazione massima si forma nelle aree urbane (dove hanno origine NO<sub>x</sub> e COV) soprattutto nei periodi dell'anno in cui si registrano alte temperature. La presenza di O<sub>3</sub> provoca diverse malattie tra cui quelle che colpiscono l'apparato respiratorio. Tra i Paesi UE l'Austria e la Spagna

registrano gli effetti negativi maggiori in termini di ricoveri ospedalieri dovuti a malattie respiratorie attribuibili all'ozono troposferico mentre l'Italia occupa il terzo posto in questa classifica. (fig. 17).

Figura 17 Ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie per 100.000 abitanti attribuibili all'O<sub>3</sub> per gli adulti di 65 anni e oltre per 23 paesi europei. Fonte: Web Report Health impacts of air pollution in Europe, 2022 (<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>)



### 3.4 Impatto dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi

Gli ecosistemi naturali forniscono una vasta gamma di beni e servizi ecosistemici indispensabili per il benessere economico e sociale della collettività. Tra questi il servizio di purificazione dell'aria dagli inquinanti e di assorbimento di carbonio sono ritenuti particolarmente importanti per contrastare gli effetti indotti dalle attività antropiche sulla salute umana.

La vegetazione forestale, presente soprattutto nelle aree urbane dove si raggiunge la massima concentrazione di questi inquinanti, produce effetti positivi sulla qualità dell'aria e di conseguenza può migliorare la qualità della vita degli abitanti (Mori J, 2018, Nowak et al., 2013; Janhäll, 2015). Nowak (2006) ed Escobedo & Nowak (2009) hanno stimato la capacità potenziale di alcune tipologie forestali di catturare PM<sub>10</sub> in atmosfera. Ad esempio i Boschi di latifoglie assorbono 160 (kg/ha/anno), i boschi di conifere 490 Kg/ha/anno, ed i boschi misti (latifoglie e conifere) 325 (kg/ha/anno).

Elevate concentrazioni di PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> ed O<sub>3</sub> provocano danni agli ecosistemi naturali ed agli ecosistemi agricoli.

Interessanti anche i dati ricavati dall'ISPRA sulla base dei concetti di carico critico ed eccedenza. Per carico critico si intende "la *stima quantitativa dell'esposizione a uno o più inquinanti, al di sotto della quale non avvengono effetti dannosi significativi nell'ecosistema recettore, in accordo con le attuali conoscenze*". Per eccedenza, invece, "la *quantità di inquinante (nella deposizione atmosferica) che supera il valore di carico critico e influisce negativamente sull'ecosistema.*"<sup>6</sup>

Quando la concentrazione di inquinanti presente in atmosfera è maggiore di quella trattenuta dagli ecosistemi si verificano problemi di acidificazione ed eutrofizzazione degli ecosistemi con conseguente

<sup>6</sup> <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/aria-1/piani-e-programmi-di-risanamento-della-qualita-dellaria/carichi-critici>

danneggiamento della vegetazione e perdita di biodiversità. Le emissioni di NH<sub>3</sub> di origine antropica, soprattutto quelle provenienti dall'agricoltura, hanno provocato un aumento dell'inquinamento atmosferico, l'acidificazione del suolo, l'eutrofizzazione delle acque superficiali con danni significativi alla salute umana e agli ecosistemi (Giannadaki et al 2018).

Secondo van Grinsven (2013) il costo ambientale totale dell'azoto reattivo è stato stimato in 75-485 miliardi di euro all'anno, e circa il 60% del costo è legato agli impatti sugli ecosistemi, il 40% agli impatti sulla salute umana.

Secondo l'Agenzia Europea per l'ambiente (EEA 2019) nel periodo compreso tra il 2005 ed il 2016 le emissioni di anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), composti organici volatili non metanici (COVNM) e particolato (PM<sub>2,5</sub>) sono diminuite rispettivamente del 70%, 37%, 28% e 21%.

In tabella 2 vengono riportati gli Standard di qualità dell'aria per la protezione della vegetazione per l'ozono ed i livelli critici di NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub>. (Direttiva CE, 2022°)

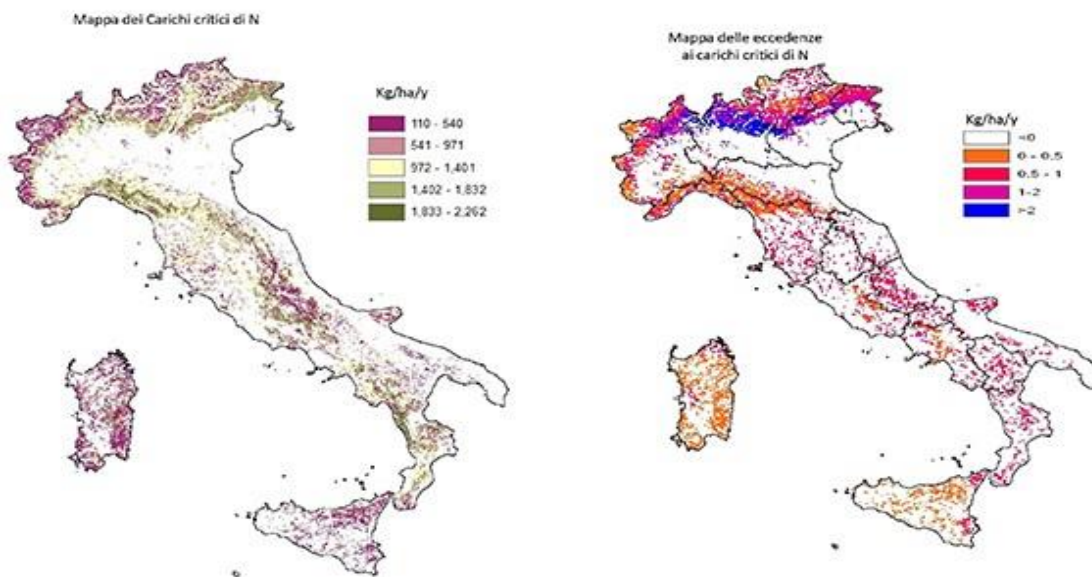
Tabella 2 Standard di qualità dell'aria per la protezione della vegetazione. Fonte EEA (2022). AIR QUALITY IN EUROPE 2022. Report no. 05/2022. ISBN 978-92-9480-515-7 - ISSN 1977-8449 - doi: 10.2800/488115

Pollutant	Averaging period	Standard type and concentration	Comments
O <sub>3</sub>	AOT40 <sup>(a)</sup> accumulated over May to July	EU target value: 18,000µg/m <sup>3</sup> per hour	Averaged over 5 years <sup>(b)</sup>
		EU long-term objective: 6,000µg/m <sup>3</sup> per hour	
	AOT40 <sup>(a)</sup> accumulated over April to September	Critical level for the protection of forests: 10,000µg/m <sup>3</sup> per hou	Defined under the UNECE Air Convention
NO <sub>x</sub>	Calendar year	EU critical level: 30µg/m <sup>3</sup>	
SO <sub>2</sub>	Winter	EU critical level: 20µg/m <sup>3</sup>	1 October to 31 March
	Calendar year	EU critical level: 20µg/m <sup>3</sup>	

Gli ossidi di azoto, a contatto prolungato con le superfici delle piante, possono penetrarvi causando necrosi; allo stesso modo il biossido di zolfo, assorbito da parti delle piante al di sopra del terreno (ad esempio le foglie) conduce a processi come degradazione della clorofilla, una ridotta fotosintesi e modificazioni nel metabolismo delle proteine. Licheni e muschi, per via della loro struttura, sono da ritenersi particolarmente sensibili proprio al biossido di zolfo.

L'inquinamento dell'aria causato dall'ozono troposferico provoca danni alla vegetazione forestale (fig.18) riducendone la capacità fotosintetica e rendendola vulnerabile alle malattie ed ai parassiti. L'azoto troposferico difatti risulta essere il principale inquinante per le foreste (Paoletti, 2010). Altro elemento inquinante ritenuto dannoso per la vegetazione è la deposizione di N negli ecosistemi terrestri. Difatti, quando viene superata la soglia di carico critico ovvero la concentrazione massima di inquinante sopportato dall'ecosistema) si verificano problemi di eutrofizzazione con conseguenti danni agli ecosistemi acquatici e terrestri (fig.18).

Figura 18 Mappa dei carichi critici e delle eccedenze ai carichi critici. Fonte: ISPRA



In figura 20 vengono riportate gli ecosistemi a rischio di eutrofizzazione ed entità dei superamenti dei carichi critici nei paesi membri del EEA.

Figura 19 esposizione delle aree forestali all’ozono nei paesi membri dell’EEA. Fonte EEA (2022). Air quality in Europe 2022. Report no. 05/2022. ISBN 978-92-9480-515-7 - ISSN 1977-8449 - doi: 10.2800/488115

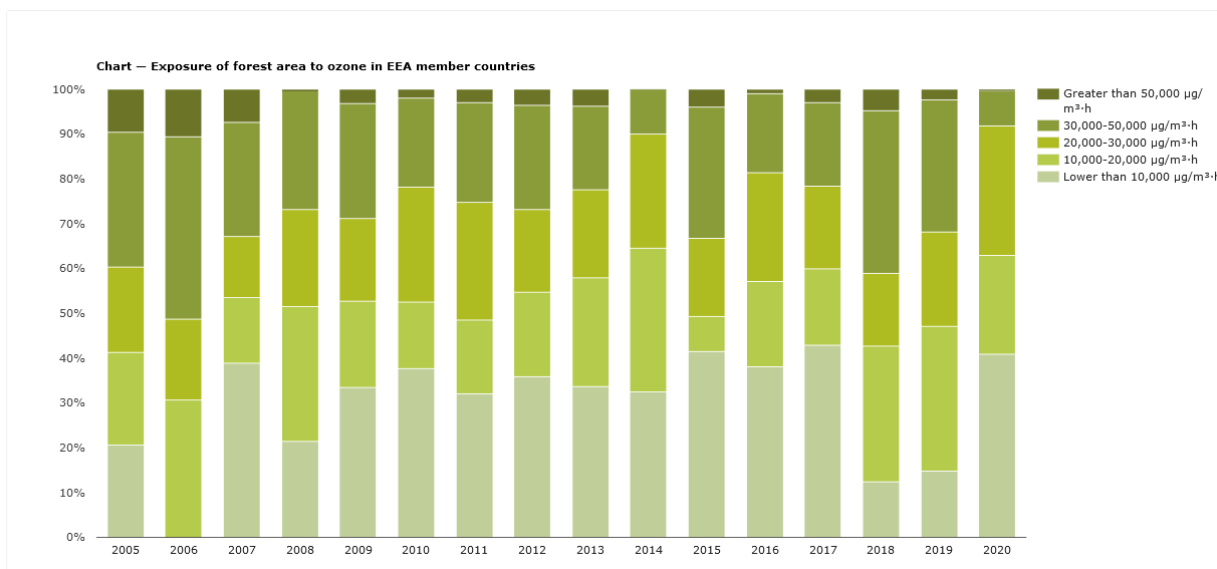
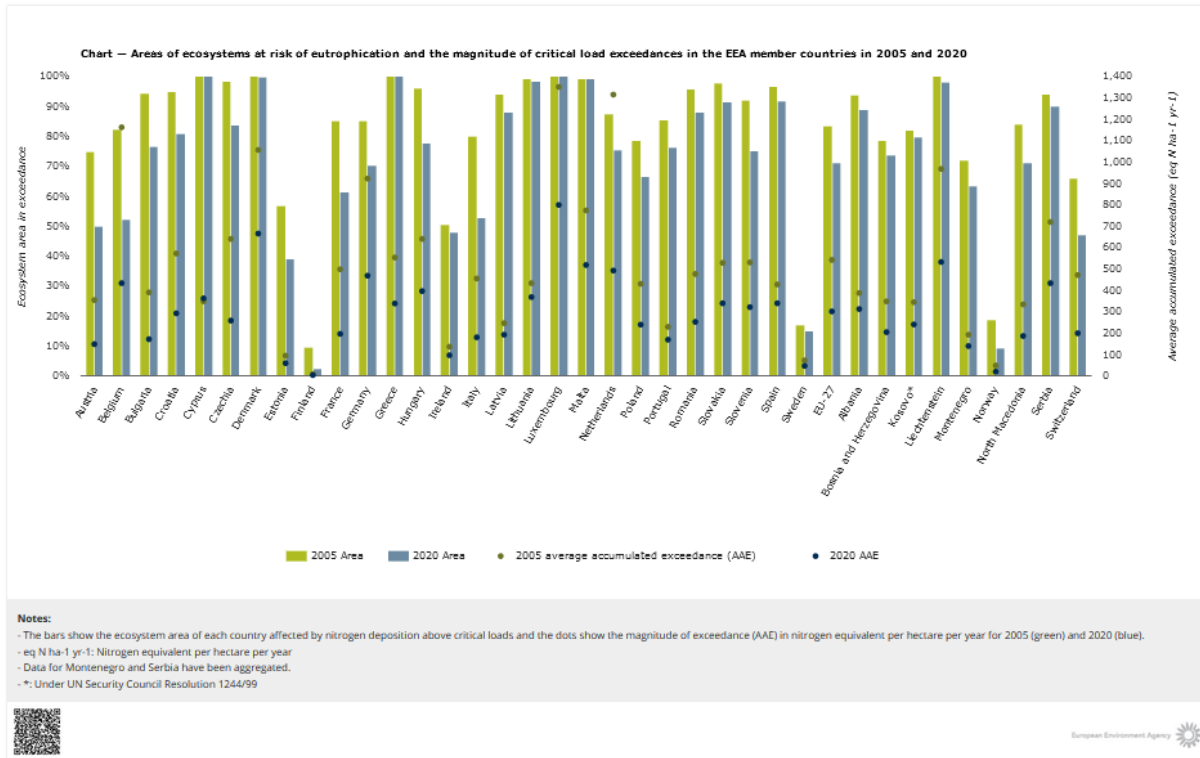


Figura 20 Ecosistemi a rischio di eutrofizzazione ed entità dei superamenti dei carichi critici nei paesi membri del EEA nel 2005 e nel 2020. Fonte EEA (2022). Air quality in Europe 2022. Report no. 05/2022. ISBN 978-92-9480-515-7 - ISSN 1977-8449 - doi: 10.2800/488115



Anche le coltivazioni agricole risentono notevolmente dell'esposizione dell'ozono (fig.21) provocando una riduzione della produttività agricola e minacce per la sicurezza alimentare in tutto il mondo (Tai APK, 2021). Secondo Tai APK, (2021) a causa del riscaldamento globale la concentrazione in atmosfera di O<sub>3</sub> tenderà ad aumentare nei prossimi anni soprattutto nelle aree più calde del pianeta. L'UE ha stimato il costo economico delle perdite di resa del grano causate dall'esposizione di O<sub>3</sub>. Secondo tali stime la Francia e la Germania, risultano essere i Paesi in cui si è registrata la maggiore perdita (fig.22).

Figura 21 Esposizione delle aree agricole all'ozono nei paesi membri dell'EEA. Fonte EEA (2022). Air quality in Europe 2022. Report no. 05/2022. ISBN 978-92-9480-515-7 - ISSN 1977-8449 - doi: 10.2800/488115

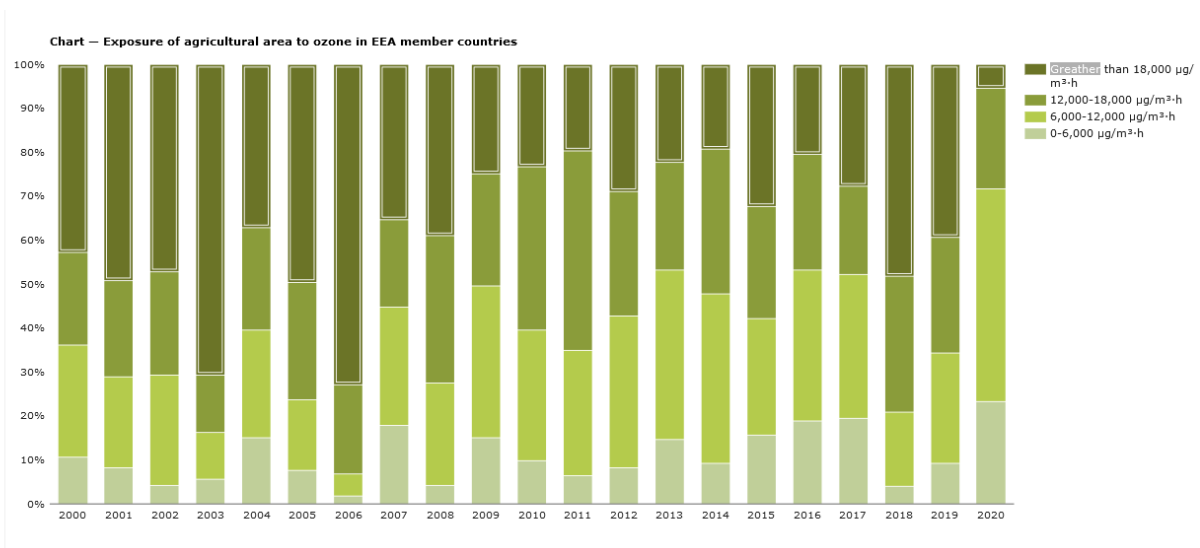
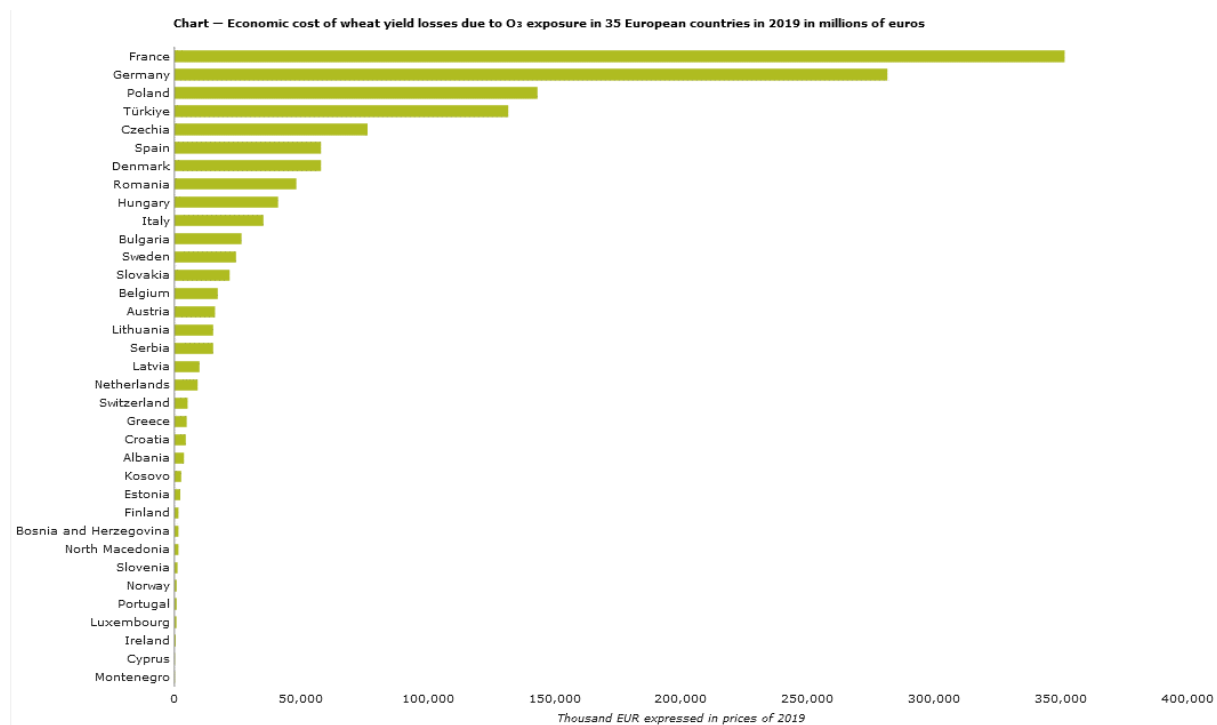


Figura 22 Costo economico delle perdite di resa del grano dovute all'esposizione all'O<sub>3</sub> in 35 paesi europei nel 2019 in milioni di euro. Fonte. ETC/ATNI (2021). Fonte EEA (2022). Air quality in Europe 2022. Report no. 05/2022. ISBN 978-92-9480-515-7 - ISSN 1977-8449 - doi: 10.2800/488115

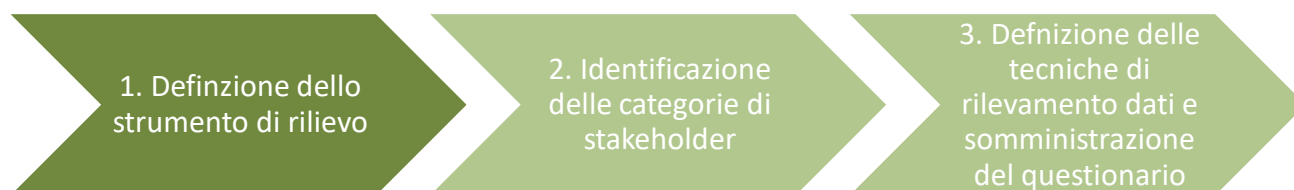


Il cambiamento nella composizione della struttura della vegetazione costituisce un fattore determinante per rilevare gli effetti dell'inquinamento atmosferico.

## 4 Iter metodologico per la valutazione dell'impatto sociale (monitoraggio ex ante)

Attraverso l'attività di monitoraggio ex ante, si intende rilevare le diverse istanze degli stakeholder al fine non solo di valutare la situazione di partenza e delineare i bisogni specifici del contesto, ma anche per creare quelle condizioni utili a favorire l'adesione al processo partecipativo previsto dal progetto. L'iter metodologico proposto per valutare l'impatto sociale in fase ex ante è composto di tre fasi riportate in figura 23

Figura 23 – Iter metodologico



**Fase 1. Definizione dello strumento di rilievo.** La prima fase consiste nella definizione e nella predisposizione di una traccia di intervista semi-strutturata (Allegato I) impiegata per intervistare gli stakeholders privilegiati (target specifici) al fine di:

- analizzare la percezione del fenomeno dell'inquinamento atmosferico;
- valutare le aspettative riposte nel progetto in termini di benefici economici e sociali diretti e indiretti;
- raccogliere il loro contributo su aspetti tecnici quali i criteri e le metodologie per l'individuazione di siti aggiuntivi per l'ampliamento della rete NEC e per l'individuazione di nuovi indicatori e protocolli;
- incrementare la visibilità del progetto e valorizzarne i risultati.

La traccia d'intervista semi-strutturata lascia allo stakeholder ampia libertà di spaziare ed esprimersi in base all'ambito di competenza e al ruolo ricoperto: la traccia d'intervista ha infatti il solo scopo di definire le linee generali che guidano la raccolta delle informazioni. Si compone di cinque domande: due di carattere generico, tese a registrare le percezioni e le aspettative generali sul progetto; una, di carattere tecnico, focalizzata sui possibili criteri da seguire per l'individuazione di ulteriori siti di monitoraggio; una, di carattere prettamente socioeconomico, che interroga lo stakeholder circa i possibili impatti del progetto in termini di incremento dei posti di lavoro ed espansione dell'indotto in una determinata area; una, di carattere giuridico, circa l'adeguatezza delle normative vigenti.

**Fase 2. Identificazione delle categorie di stakeholders (Testimoni privilegiati):** L'obiettivo di questa fase è quella di selezionare i testimoni privilegiati a cui somministrare i questionari. Tale selezione è stata effettuata a partire da una lista più ampia messa a disposizione dai partner di progetto comprendente rappresentanti delle agenzie nazionali, delle autorità locali, dei centri di ricerca e del mondo accademico. Inoltre, gli stakeholders vengono selezionati cercando di mantenere la giusta

proporzione tra le diverse categorie. Le categorie di stakeholders individuate per la somministrazione dei questionari sono riportate in tabella 3.

Tabella 3 – Categorie di stakeholders oggetto di indagine

Categorie di stakeholders
Associazioni/fondazioni
Enti di ricerca/università
Istituti/Organi europei
Stakeholders istituzionali
Stakeholder privati

**Fase 3. Definizione delle tecniche di rilevamento dati e somministrazione del questionario:** Gli stakeholders vengono contattati con largo anticipo tramite email e/o telefonata ed adeguatamente informati circa le caratteristiche del progetto e gli obiettivi da raggiungere. Viene inoltre messa a disposizione la traccia d'intervista. Ricevuta la conferma di partecipazione, viene poi concordato un appuntamento telefonico.

## 5 Risultati dell'indagine

In questo capitolo si riportano i risultati delle interviste mirate a raccogliere i pareri dei testimoni privilegiati, intercettando le percezioni generali in merito al progetto, i suggerimenti sui criteri da utilizzare per l'individuazione di nuovi siti, indicatori e protocolli, le opinioni circa i possibili impatti socioeconomici del progetto (diretti ed indiretti), le riflessioni sul quadro normativo di riferimento.

In tabella 4 si riporta un elenco degli stakeholders, suddivisi per categorie ed ente di appartenenza, contattati per effettuare l'indagine. È da precisare che a seguito di un primo contatto solo alcuni di essi hanno risposto all'intervista in modalità telefonica avvenuta tra agosto e novembre 2022.

Tabella 4 – Elenco dei testimoni privilegiati per categorie (n°)

CATEGORIE	N°
<b>ASSOCIAZIONI/FONDAZIONI</b>	<b>7</b>
Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia (AIOL)	2
Fondazione MACH	1
Rete Italiana per la Ricerca Ecologica di Lungo Termine (LTER-Italia)	1
Società Italiana di ecologia	1
Società italiana di pedologia	1
Società Lichenologica Italiana	1
<b>ENTI DI RICERCA/UNIVERSITA'</b>	<b>20</b>
Chairman ICP Forests	1
CNR	1
ENEA	1
ISPRA	2
La Sapienza	1
Università della Basilicata	1
Università di Bologna	1
Università di Cagliari	1
Università di Firenze	5
Università di Genova	1
Università di Milano	1
Università di Palermo	1
Università di Pisa	1
Università di Sassari	1
Università di Torino	1
<b>ISTITUTI/ORGANI EUROPEI</b>	<b>1</b>
Commissione europea	1
<b>STAKEHOLDERS ISTITUZIONALI</b>	<b>13</b>
Arpa Piemonte	2
Comando Carabinieri	1
Comune di Acquapendente	1
Comune di Alpagò	1

CATEGORIE	N°
Comune di Biella	1
Ministero della Salute	1
Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetic	1
Ente Gestore per i Parchi e la Biodiversità - Emilia Occidentale	1
Provincia di Cuneo	1
Provincia di Verbano Cusio Ossola	1
Regione Friuli Venezia Giulia	1
Regione Toscana	1
<b>STAKEHOLDERS PRIVATI</b>	<b>2</b>
IPLA	1
Liberi professionisti	1
<b>Totale complessivo</b>	<b>43</b>
<b>Totale complessivo rispondenti</b>	<b>10</b>

### ***La percezione generale degli stakeholder in merito al progetto***

La percezione degli stakeholder emersa in merito al progetto ed ai suoi obiettivi è, in generale, positiva. L'attività di monitoraggio viene infatti considerata estremamente importante- oltre che talvolta sottovalutata- perché in grado di riconsegnare dati altrimenti non reperibili tramite iniziative di breve termine: il monitoraggio degli effetti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi necessita infatti di una continuità che il progetto Life MODERN sembra poter garantire. Il sistema alla base del progetto, inoltre, viene percepito da alcuni testimoni non come un percorso "chiuso" e già perfettamente tracciato, ma come un processo aperto ad ulteriori sviluppi e future integrazioni, ed anche per questo ritenuto promettente. Gli stakeholder hanno inoltre spontaneamente rivolto particolare attenzione al tema della rappresentatività. È infatti opinione comune che l'attuale rete NEC non sia pienamente rappresentativa del territorio nazionale e della grande varietà di ecosistemi che esso presenta, e che dunque il progetto sia fondamentale per portare a risoluzione tale lacunosità. È stata rilevata, ad esempio, un'estrema carenza di copertura al sud e nelle isole. Allo stesso modo, con riguardo ai corpi idrici, il monitoraggio, attualmente focalizzato su quelli alpini (poiché dotati di una maggiore sensibilità alle deposizioni), dovrebbe comunque includere siti in differenti zone della penisola per raggiungere una indispensabile omogeneità.

Una minoranza di interlocutori interpellati ha invece rilevato qualche difficoltà nella comprensione degli obiettivi del progetto e sollevato alcuni dubbi di carattere metodologico, ritenendo che i numeri che il progetto si prefigge di raggiungere (portare i siti di monitoraggio delle acque dolci da 4 a 10 ed i siti di monitoraggio degli ecosistemi forestali da 6 a 10) non siano sufficienti a perseguire l'obiettivo della rappresentatività. La spiegazione addotta è che una piena rappresentatività possa essere ottenuta solamente tramite una selezione di siti basata su dati statistici che, secondo alcuni stakeholder, sono esclusi a priori dal progetto. La mancata rappresentatività dei siti precluderebbe generalizzazioni basate sui risultati ottenuti, minando, di fatto, l'efficacia del progetto stesso.

Per quanto riguarda l'individuazione di nuovi indicatori, l'auspicio generale è che questa operazione venga svolta sulla base di ipotesi scientifiche ben precise sul funzionamento degli ecosistemi. Sarebbe infatti possibile aggiungere un grande numero di indicatori, individuati in relazione al funzionamento

degli ecosistemi: quanto più si ha un'idea chiara circa il funzionamento degli stessi, tanto più si riusciranno ad ottenere solide previsioni.

Per quanto riguarda nuovi protocolli di monitoraggio, l'aspettativa è che siano in grado di identificare sequenze di campionamento adeguate per ciascuna tipologia di ecosistema, in base sia alle variabilità stagionali sia alle condizioni meteorologiche. In assenza di un protocollo che tenga conto di questi fattori, vi è rischio di effettuare un campionamento in un periodo di minore sensibilità e biodisponibilità di un dato inquinante, ottenendo un effetto falsato. Gli indicatori ed i protocolli dovrebbero inoltre essere messi a punto con l'obiettivo di rilevare possibili effetti sinergici tra l'inquinamento atmosferico ed altri fattori di stress ambientale, sia di tipo biotico che di tipo abiotico, in considerazione del fatto che, a volte, l'inquinante non produce un effetto diretto ma funziona da esacerbante rispetto ad altri fattori ambientali presenti in uno specifico momento.

### ***I criteri per l'individuazione di ulteriori siti di monitoraggio***

L'opinione generale emersa dalle interviste è che le reti di monitoraggio preesistenti possano costituire un buon punto di partenza per l'individuazione di nuovi siti per l'ampliare la rete NEC. Ad esempio, potrebbero essere assunti come punto di riferimento i 250 (e più) siti di livello I che esistono già in Italia ed i circa 30 siti di livello II, oltre che le reti LTER ed ICOS, con il vantaggio di poter lavorare con continuità a partire da dati preesistenti ed avvalersi di infrastrutture di monitoraggio avanzate già a disposizione, ottimizzando così l'impiego di strumentazione e personale.

Al di là di questo punto condiviso dalla maggioranza degli stakeholder, non sono mancate proposte alternative:

- Aggiungere siti "speciali", cioè siti che, per le loro caratteristiche, permettono di condurre tutte le valutazioni necessarie sulla base di un elevato numero di parametri, ed in grado di produrre indicatori "di alto livello". Per la selezione di questi siti andrebbero considerati diversi fattori, quali la localizzazione sul territorio (data l'esigenza di coprire tutte le aree del Paese) ed il numero di parametri che possono essere monitorati (più alto sarà il numero, più incisivi saranno i rilievi);
  - Adottare come punto di partenza i principali siti inquinanti (ad esempio grandi centri urbani ed industriali) per individuare un gradiente di distanza dal punto di emissione che possa misurare gli effetti degli inquinanti man mano che ci si allontana dai centri, facendo attenzione a selezionare diversi tipi di ecosistemi, in considerazione del fatto che ogni ecosistema risponde in modo diverso alle deposizioni di inquinanti;
- Installare siti anche in zone colpite da eventi estremi, seguendo quindi un'idea di criticità. In tali zone, infatti, è possibile osservare delle dinamiche di ricolonizzazione di specie che spesso incidono sulla biodiversità e possono dunque fornire prospettive interessanti. L'inquinamento atmosferico in una zona perturbata ha un effetto maggiore rispetto ad un sistema in cui la biodiversità è in equilibrio e quindi è anche molto più resiliente. Si suggerisce dunque il monitoraggio di siti post fire o di zone degradate che presentano punti deboli in termini di equilibrio della biodiversità;

- Aumentare il numero di siti su un gradiente latitudinale ma anche altitudinale: gli appennini, ad esempio, risultano essere sottorappresentati e presentano interessanti differenze in termini di ecosistemi (l'appennino settentrionale è molto diverso da quello meridionale). Sarebbe inoltre utile monitorare ecosistemi diversi rispetto a quelli forestali, ad esempio praterie e pascoli. È essenziale, infine, individuare uno o più siti in Sicilia e Sardegna;
- Prevedere un ampliamento dei siti valutando delle aree in cui vi sarebbe garanzia di dare continuità al monitoraggio, tenendo in considerazione la disponibilità di strutture e personale.

### ***I possibili risvolti socioeconomici***

Una parte degli stakeholder interpellati ritiene che il progetto possa avere degli effetti diretti sul piano socioeconomico. Questi potrebbero concretizzarsi in un incremento dei posti di lavoro per profili altamente specializzati, ad esempio botanici ed etologi, figure di grande competenza attualmente poco valorizzate. Il progetto, inoltre, potrebbe coinvolgere spin off e start up, favorendo la partecipazione di giovani in attesa di affacciarsi al mondo del lavoro. Un'altra parte degli stakeholder, al contrario, non rileva grandi opportunità in termini di effetti socioeconomici diretti, ma evidenzia invece la concreta possibilità di ottenere benefici indiretti quali, ad esempio, la valorizzazione del territorio come conseguenza di una migliore fruizione degli ambienti interessati dal monitoraggio.

### ***Il quadro normativo***

Tutti gli stakeholder concordano nell'affermare che il quadro normativo attuale debba considerarsi completo e non necessita, al momento, di ulteriori integrazioni. Viene invece riscontrato un problema sostanzialmente attuativo: non sempre tutto ciò che è normato si traduce in una rigorosa applicazione, anche in conseguenza della spesso scarsa organizzazione delle strutture preposte alla gestione e della mancanza cronica di risorse.

In figura 24 si riporta la distribuzione percentuale dei principali aspetti emersi dall'indagine sulla percezione degli stakeholder mentre il tag cloud di figura 25 rappresenta i concetti chiave emersi dalle interviste.



## Bibliografia

De Marco A., Proietti C., Anav A., Ciancarella L., D'Elia I., Fares S., Fornasier M.F., Fusaro L., Gualtieri M., Manes F., Marchetto A., Mircea M., Paoletti E., Piersanti A., Rogora M., Salvati L., Salvatori E., Screpanti A., Vialetto G., Vitale M., Leonardi C., Impacts of air pollution on human and ecosystem health, and implications for the National Emission Ceilings Directive: Insights from Italy, *Environment International*, Volume 125, 2019, Pages 320-333, ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.064>.

EEA (2022). Air quality in Europe 2022. Report no. 05/2022. ISBN 978-92-9480-515-7 - ISSN 1977-8449 - doi:10.2800/488115

Escobedo F. J., Nowak D. J., 2009. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *landscape and urban planning* 90,102-110

Giannadaki D, Giannakis E, Pozzer A and Lelieveld J 2018 Estimating health and economic benefits of reductions in air pollution from agriculture *Sci. Total Environ.* 622–3 1304–16

Janhäll S., 2015. Review on urban vegetation and particle air pollution e Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment* 105, 130-137. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.052>

Mircea, M., Grigoras, G., D'Isidoro, M., Righini, G., Adani, M., Briganti, G., Ciancarella, L., Cappelletti, A., Calori, G., Cionni, I., Cremona, G., Finardi, S., Larsen, B.R., Pace, G., Perrino, C., Piersanti, A., Silibello, C., Vitali, L. and Zanini, G. (2016). Impact of Grid Resolution on Aerosol Predictions: A Case Study over Italy. *Aerosol Air Qual. Res.* 16: 1253-1267. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2015.02.0058>

Mori, J., Ferrini, F. and Saebo, A. (2018) 'Air pollution mitigation by urban greening', *Italus Hortus*, 25(1), pp. 13-22. doi: 10.26353/j.itahort/2018.1.1322

National Emission reduction Commitments Directive reporting status 2020. Briefing no. 04/2020. TH-AM-20-006-EN-N - ISBN 978-92-9480-241-5 - ISSN 2467-3196 - doi: 10.2800/30372

Nowak D.J., Greenfield E.J., Hoehn R.E., Lapoint E., 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution* 178, 229-236

Paoletti E., Schaub M., Matyssek R., Wieser G., Augustaitis A., Bastrup-Birk A.M., Bytnerowicz A., Günthardt-Goerg M.S., Müller-Starck G., Serengil Y., Advances of air pollution science: From forest decline to multiple-stress effects on forest ecosystem services, *Environmental Pollution*, Volume 158, Issue 6, 2010, Pages 1986-1989, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.11.023>

Tai APK, Sadiq M, Pang JYS, Yung DHY and Feng Z (2021) Impacts of Surface Ozone Pollution on Global Crop Yields: Comparing Different Ozone Exposure Metrics and Incorporating Co-effects of CO<sub>2</sub>. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:534616. doi: 10.3389/fsufs.2021.534616

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2020 Assessment report on ammonia—2020 (available at: [https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2020/AIR/WGSR/Final\\_Assessment\\_Report\\_on\\_Ammonia\\_v2\\_20201126\\_b.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2020/AIR/WGSR/Final_Assessment_Report_on_Ammonia_v2_20201126_b.pdf)) (Accessed 16 June 2021)

Van Grinsven H J M, Holland M, Jacobsen B H, Klimont Z, Sutton M and Willems W J 2013 Costs and benefits of nitrogen for Europe and implications for mitigation *Environ. Sci. Technol.* 47 3571–9

## Allegato I- Questionario semi-strutturato Life MODERn (NEC)

- Il progetto, finalizzato a rendere la rete NEC Italia più efficiente, prevede l'elaborazione di una nuova serie di indicatori ed il miglioramento dei protocolli di monitoraggio per studiare gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla biodiversità. Quali sono le sue riflessioni a riguardo in termini di aspettative ed eventuali criticità?
- La rete NEC Italia sarà ampliata affinché risulti pienamente rappresentativa della varietà degli ecosistemi forestali e di acqua dolce. A suo parere, quali criteri andrebbero seguiti per l'individuazione di ulteriori siti di monitoraggio? Quali sono le sue aspettative a riguardo? Quali le possibili criticità?
- Quali potrebbero essere, secondo la sua esperienza, i possibili risvolti socio-economici (diretti e indiretti) delle iniziative sopra-menzionate? (es.: aumento dei posti di lavoro, espansione dell'indotto in una determinata area, impatti indiretti sulla salute umana e sulla biodiversità, prevenzione e riduzione dei costi socio-economici dovuti ai cambiamenti climatici etc.)
- Il processo di riduzione dell'inquinamento atmosferico dovrebbe passare anche attraverso l'implementazione delle normative di riferimento. Quali sono le sue riflessioni ed aspettative a riguardo?
- Si senta libero di aggiungere le sue personali considerazioni circa il suo interesse nei confronti del progetto, le sue aspettative, i possibili miglioramenti da apportare, soprattutto in base alla sua esperienza, alle sue competenze ed al ruolo che ricopre.