



PROGRAMMA NAZIONALE DI CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

redatto ai sensi del decreto legislativo 30 maggio 2018, n. 81

VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA

RAPPORTO AMBIENTALE

Luglio 2020

SOMMARIO

1.	LA VAS DEL PROGRAMMA NAZIONALE DI CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO	4
	Informazioni generali sulla Valutazione Ambientale Strategica (VAS).....	4
	La Fase preliminare.....	5
	L'elaborazione del rapporto Ambientale e il percorso di valutazione	5
2.	INFORMAZIONI GENERALI SUL PROGRAMMA	6
	Premessa: la nuova direttiva NEC.....	6
	Il Programma Nazionale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico	7
	Obiettivi del Programma	8
	Istruttoria tecnica preliminare	8
	Misure di riduzione.....	10
3.	OBIETTIVI AMBIENTALI DEL PROGRAMMA E PIANIFICAZIONE/PROGRAMMAZIONE PERTINENTE.....	18
	Obiettivi ambientali.....	18
	Coerenza con i piani e programmi pertinenti.....	18
4.	AMBITO D'INFLUENZA TERRITORIALE	33
5.	Contesto ambientale	36
	Fattori climatici.....	36
	Emissioni in atmosfera	42
	Produzione e trasformazione dell'energia	51
	Industria manifatturiera e costruzioni.....	54
	Terziario e residenziale.....	54
	Trasporti	56
	Agricoltura	59
	Qualità dell'aria	65
	Esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico	86
	Biodiversità e ecosistemi.....	90
	Uso e copertura del suolo	100
	Beni culturali e paesaggio.....	101
	Stima dello stato al 2020.....	103
6.	SCENARIO PREVISIONALE DI RIFERIMENTO (EVOLUZIONE PROBABILE SENZA L'ATTUAZIONE DEL PROGRAMMA ex Dlgs 152/06 allegato VI lett b)	121

Consumi energetici e livelli di attività	121
Scenari emissivi	122
Qualità dell'aria	124
Esposizione all'inquinamento atmosferico	129
Esposizione degli ecosistemi all'inquinamento atmosferico.....	131
Degrado dei Beni culturali	134
7. EFFETTI AMBIENTALI DEL PROGRAMMA.....	135
Effetti complessivi	135
Effetti delle misure del Programma	166
Alternative	177
8. MONITORAGGIO AMBIENTALE.....	178

ALLEGATO 1: CONSULTAZIONE DELLA FASE PRELIMINARE

ALLEGATO 2: QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E DEGLI OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ PERTINENTE AL
PROGRAMMA

ALLEGATO 3: STUDIO DI INCIDENZA

PREMESSA

Il Programma Nazionale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico secondo quanto previsto dal D. Lgs. 81/2018 è lo strumento finalizzato a limitare le emissioni di origine antropica al fine di raggiungere gli obiettivi stabiliti dalla Direttiva 2016/2284/UE cosiddetta Direttiva NEC (National Emission Ceilings).

Il Programma è predisposto dal Ministero dell'Ambiente coerentemente alle indicazioni contenute nella Direttiva NEC e illustrate nelle Linee Guida predisposte dalla Commissione Europea.

In linea con le tempistiche previste dalla Direttiva, l'Italia ha trasmesso alla Commissione europea la proposta di Programma entro il primo aprile 2019.

Nel corso della elaborazione della proposta il Ministero ha assicurato la consultazione dei soggetti maggiormente responsabili per l'attuazione delle politiche e delle misure di riduzione delle emissioni. È stata inoltre assicurata la coerenza del Programma con le politiche in corso di definizione in materia di energia e clima come indicato chiaramente anche dalla Direttiva NEC.

Il Programma, sulla base di quanto previsto dal D. Lgs. 152/2006, rientra tra i piani e programmi che devono essere assoggettati sistematicamente a Valutazione Ambientale Strategica (VAS). Lo svolgimento del processo di VAS consente di estendere ai Soggetti competenti in materia ambientale e al pubblico la partecipazione alla definizione del Programma con la finalità di integrare nello stesso le considerazioni ambientali e assicurare che contribuisca alle condizioni per uno sviluppo sostenibile.

La Fase preliminare della VAS è stata avviata con la consultazione dei Soggetti competenti in materia ambientale il 25 giugno 2019 e si è conclusa con il parere della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA-VAS n. 3347 del 23/04/2020.

Nel presente Rapporto Ambientale è descritto il percorso di VAS svolto tenendo in considerazione i contributi derivanti dalla Fase preliminare. Gli elementi principali sviluppati riguardano: l'individuazione degli obiettivi ambientali che il Programma può contribuire a perseguire, la caratterizzazione degli aspetti ambientali interessati dal Programma, l'analisi e valutazione dei possibili effetti significativi della sua attuazione, il sistema di monitoraggio ambientale che ne accompagnerà l'attuazione e dovrà consentire di acquisire i dati e le informazioni utili per gli eventuali riorientamenti e l'aggiornamento del Programma previsto ogni quattro anni.

1. LA VAS DEL PROGRAMMA NAZIONALE DI CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Informazioni generali sulla Valutazione Ambientale Strategica (VAS)

Il presente Rapporto Ambientale (RA) è predisposto nell'ambito del processo di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) del Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico (di seguito Programma) previsto dal Decreto Legislativo 30 maggio 2018 n. 81, entrato in vigore il 17 luglio 2018.

A livello nazionale il riferimento normativo per la VAS è il D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. (di seguito D.Lgs. 152/2006) che nella Parte seconda recepisce la Direttiva 2001/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 giugno 2001, concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente.

La VAS riguarda i piani e i programmi che possono avere effetti significativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale, ne accompagna l'intera vita, dalle prime fasi della loro elaborazione e fino alla loro completa

attuazione, con la finalità di garantire che essi contribuiscano alla protezione dell'ambiente e alle condizioni per uno sviluppo sostenibile

Il Programma, sulla base di quanto previsto dall'art. 6 del D. Lgs. 152/2006, rientra tra i piani e programmi che devono essere sistematicamente assoggettati a VAS.

Secondo quanto stabilito dal D. Lgs. 81/2018, il Programma è elaborato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (di seguito Ministero dell'ambiente) ed è approvato con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri. Sulla base di queste competenze, è sottoposto a VAS in sede statale ed i ruoli per la VAS sono i seguenti:

- il Proponente è il Ministero dell'ambiente - Direzione Generale per il clima, l'energia e l'aria
- l'Autorità procedente è il Presidente del Consiglio dei ministri
- l'Autorità competente è il Ministero dell'ambiente – Direzione Generale per la crescita sostenibile e la qualità dello sviluppo.

Il parere motivato è espresso dal Ministro dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare di concerto con il Ministro dei beni e delle attività culturali che collabora all'attività istruttoria.

La Fase preliminare

Sulla base di un Rapporto preliminare sui possibili effetti ambientali significativi che possono derivare dall'attuazione del Programma, è stata avviata, il 25 giugno 2019, la consultazione dei Soggetti competenti in materia ambientale, come stabilito dall'art. 13 del D.Lgs 152/2006, al fine di definire la portata ed il livello di dettaglio delle informazioni da includere nel Rapporto Ambientale.

A conclusione della Fase preliminare la Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA-VAS ha espresso il parere n. 3347 del 23/04/2020

Nell'Allegato 1 al presente RA è riportato l'elenco completo dei Soggetti competenti in materia ambientale che hanno inviato osservazioni, le osservazioni e i contributi pervenuti, le modalità di recepimento .

Nello stesso Allegato sono riportate le osservazioni della Commissione e le modalità con cui sono recepite nel Programma o nella valutazione ambientale dello stesso.

L'elaborazione del rapporto Ambientale e il percorso di valutazione

Alla Fase preliminare, ha fatto seguito l'elaborazione del presente Rapporto Ambientale che tiene conto delle osservazioni e contributi pervenuti nell'ambito della consultazione della Fase preliminare.

Il Rapporto ambientale è il documento chiave del processo di VAS, in quanto in esso sono esplicitati l'integrazione degli obiettivi di sostenibilità e delle considerazioni ambientali nella elaborazione del Programma, è comprensivo dello Studio di incidenza ed è accompagnato da una Sintesi non tecnica.

L'Autorità procedente, in collaborazione con l'Autorità competente, mette a disposizione dei Soggetti competenti in materia ambientale e del pubblico il Programma, il Rapporto ambientale e la Sintesi non tecnica. Entro sessanta giorni, chiunque può presentare proprie osservazioni anche fornendo nuovi o ulteriori elementi conoscitivi e valutativi.

Entro i successivi 90 giorni, l'Autorità competente per la VAS, in collaborazione con l'Autorità procedente, svolge le attività tecnico-istruttorie, acquisisce e valuta tutta la documentazione presentata, nonché le osservazioni, obiezioni e suggerimenti pervenuti nella fase di consultazione ed esprime il parere motivato, che costituisce presupposto per la prosecuzione del procedimento di approvazione.

Il parere motivato può prevedere l'adozione di specifiche modifiche ed integrazioni della proposta di Programma e Rapporto ambientale.

Prima della presentazione del Programma e del Rapporto ambientale per l'approvazione, l'Autorità procedente, in collaborazione con l'Autorità competente, provvede, ove necessario, alla revisione dei documenti.

Il Presidente del Consiglio dei Ministri approva il Programma.

La decisione finale e tutta la documentazione oggetto dell'istruttoria sono rese pubbliche sui siti delle Autorità interessate. Sono inoltre pubblicati: il parere motivato, le misure adottate in merito al monitoraggio e la dichiarazione di sintesi, volta ad illustrare in che modo le considerazioni ambientali sono state integrate nel Programma, come si è tenuto conto del Rapporto ambientale e delle risultanze di tutte le consultazioni e le ragioni della scelta dell'alternativa di Programma.

Il percorso valutativo proseguirà durante la fase di attuazione del Programma tramite il monitoraggio ambientale dello stesso con cui verranno verificati gli effetti significativi sull'ambiente derivanti dall'attuazione del Programma e il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità prefissati, così da individuare tempestivamente gli effetti negativi imprevisti ed adottare le opportune misure correttive.

2. INFORMAZIONI GENERALI SUL PROGRAMMA

Premessa: la nuova direttiva NEC

Negli ultimi decenni le politiche adottate dall'Unione europea hanno ottenuto buoni risultati nella riduzione delle emissioni della maggior parte dei principali inquinanti atmosferici. Tale riduzione si è rivelata risolutiva per alcune sostanze, quali ad esempio il biossido di zolfo, che ha visto ridotte le sue emissioni di più dell'80% e la diminuzione delle concentrazioni al di sotto dei valori limite stabiliti dalla normativa sulla qualità dell'aria nella maggior parte del territorio dell'Unione. La riduzione delle emissioni di ossidi di azoto e materiale particolato, pur essendo altrettanto significativa, non ha invece ancora portato alla risoluzione delle criticità osservate nella maggior parte dei Paesi per tali inquinanti, per cui sussistono ancora superamenti degli standard di qualità dell'aria stabiliti dalla normativa.

Nonostante i progressi osservati, l'Unione europea è, dunque, ancora lontana dal suo obiettivo a lungo termine di migliorare la qualità dell'aria in modo tale da eliminare il rischio di danni significativi alla salute umana e all'ambiente. Per questo motivo la Commissione europea, alla fine del 2013, ha pubblicato una nuova strategia tematica che prevede l'applicazione più rigorosa delle norme vigenti e l'introduzione di nuovi obiettivi e misure per proteggere i cittadini. Tra le misure proposte nella strategia era incluso l'aggiornamento della direttiva comunitaria sui limiti nazionali alle emissioni in atmosfera, la cosiddetta direttiva NEC (*National Emission Ceilings*). Tale direttiva prevede l'obbligo per gli Stati Membri di perseguire una riduzione percentuale delle emissioni nazionali registrate nel 2005 per alcuni inquinanti (biossido di zolfo, ossidi di azoto, ammoniaca, particolato atmosferico PM_{2,5} e composti organici volatili non metanici) entro date prestabilite, fissate al 2020 ed al 2030. Tali riduzioni devono essere perseguite tramite

l'adozione di un programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico che individui, qualora necessario, politiche e misure aggiuntive rispetto a quelle già prestabilite a livello europeo e/o nazionale.

La direttiva è stata recepita nell'ordinamento nazionale dal decreto legislativo del 30 maggio 2018 n. 81, che introduce le disposizioni relative al programma nazionale all'articolo 4, delineando anche le competenze interne dei soggetti coinvolti nella sua elaborazione. In particolare, definisce obblighi e scadenze relativamente alle varie fasi della predisposizione ed approvazione del programma, incluse le attività di istruttoria tecnica preliminare per le quali il Ministero dell'ambiente si avvale del supporto tecnico dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e dell'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA).

Il Programma Nazionale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico

La riduzione delle emissioni, necessaria a raggiungere gli obiettivi stabiliti dalla direttiva NEC, deve essere perseguita tramite la predisposizione, l'adozione e l'attuazione di specifici programmi di controllo nazionali.

Il decreto legislativo 30 maggio 2018, n. 81 prevede, all'articolo 4, la ripartizione delle competenze per la predisposizione dei programmi nazionali che devono essere elaborati dal Ministero dell'ambiente, con il supporto di ISPRA ed ENEA per la produzione degli scenari tecnici che descrivono la situazione prevista al 2020 e al 2030. In particolare, l'ISPRA elabora le proiezioni dei consumi energetici e dei livelli delle attività produttive responsabili delle emissioni mentre l'ENEA elabora le proiezioni nazionali delle emissioni e gli scenari di qualità dell'aria, utili a valutare l'impatto delle misure di riduzione sulle concentrazioni degli inquinanti.

Il programma è stato predisposto coerentemente con le indicazioni contenute nella stessa direttiva (Allegato III, Parte 1) e diffusamente illustrate nelle Linee guida allo scopo prodotte dalla Commissione Europea ("Guidance for the development of National Air Pollution Control Programmes under Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants", C/2019/888, pubblicata il 1° marzo 2019).

Nello specifico, esso contiene:

- nei capitoli 1 e 2, un quadro generale del contesto internazionale, comunitario e nazionale in cui si inserisce la programmazione ai sensi della NEC e le responsabilità per la predisposizione e l'attuazione del programma;
- nel capitolo 3, l'analisi delle politiche finora adottate e dei risultati ottenuti in termini di riduzione delle emissioni inquinanti e di miglioramento generale della qualità dell'aria;
- nel capitolo 4, la metodologia applicata per la elaborazione degli scenari che sono alla base del processo di individuazione delle misure di riduzione;
- nei capitoli 5, 6 e 7, rispettivamente, i risultati degli scenari prodotti ossia quelli energetici e dei livelli di attività, quelli emissivi e quelli di qualità dell'aria, sia nella ipotesi dell'evoluzione tendenziale delle condizioni al contorno sia nell'ipotesi di adozione di misure aggiuntive;
- nel capitolo 8, infine, le misure di riduzione delle emissioni individuate per il raggiungimento degli obiettivi della NEC.

Nel corso della procedura di elaborazione della prima bozza di programma, il Ministero ha assicurato la consultazione dei soggetti maggiormente responsabili per l'attuazione delle politiche e delle misure di

riduzione. E' stata, inoltre, assicurata la coerenza del programma con le politiche in corso di definizione in materia di energia e clima, come indicato chiaramente anche nel testo della direttiva NEC.

Al fine di assicurare l'attuazione del programma, il decreto legislativo 30 maggio 2018, n. 81 prevede l'istituzione, presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri, di un tavolo di coordinamento che coinvolge i Ministeri dell'ambiente, dello sviluppo economico, delle infrastrutture e dei trasporti, delle politiche agricole e forestali e della salute, rappresentanti delle Regioni e degli Enti Locali responsabili per l'attuazione delle misure e delle politiche del programma, designati dalla Conferenza unificata di cui al decreto legislativo n. 281/97 e del SNPA.

Obiettivi del Programma

Il fine ultimo della direttiva NEC è favorire la riduzione significativa delle emissioni dei principali inquinanti atmosferici così da contribuire al generale miglioramento della qualità dell'aria su tutto il territorio dell'Unione.

A tale scopo, la direttiva stabilisce obiettivi di riduzione delle emissioni nazionali degli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), composti organici volatili non metanici (COVNM), ammoniaca (NH₃) e materiale particolato PM_{2,5} da raggiungere entro il 2020 e il 2030. Tali obiettivi sono individuati come percentuali di riduzione delle emissioni dei singoli inquinanti rispetto ai valori registrati nel 2005.

I target del 2020 sono mutuati integralmente dal protocollo di Gothenburg, afferente alla Convenzione internazionale sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (*LRTAP – Long Range Transboundary Air Pollution*), nella sua versione aggiornata nel 2012; quelli del 2030 sono invece il risultato del negoziato comunitario e corrispondono al conseguimento della riduzione di circa il 50% di morti premature al 2030 rispetto all'anno base 2005.

Gli obiettivi di riduzione delle emissioni assegnati all'Italia sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 2-1: Obiettivi di riduzione assegnati all'Italia dalla direttiva NEC.

Inquinante	Obiettivi 2020	Obiettivi 2030
SO₂	35%	71%
NO_x	40%	65%
COVNM	35%	46%
NH₃	5%	16%
PM_{2,5}	10%	40%

Il programma, sulla base di una istruttoria tecnica preliminare, individua gli inquinanti per cui si prevede che, nel 2020 e nel 2030, non sarà possibile conseguire gli obiettivi di riduzione senza l'adozione di politiche aggiuntive rispetto a quelle già previste dalla normativa europea e nazionale; per tali inquinanti, definisce le misure necessarie a raggiungere i target, in coerenza con le strategie già adottate dall'Italia in altri settori, prevalentemente energia, clima ed agricoltura.

Istruttoria tecnica preliminare

Metodologia

In considerazione dello stretto legame tra i settori inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici e in coerenza con l'indicazione, sia della direttiva NEC che delle norme comunitarie in materia di energia e clima in via di emanazione, di promuovere le sinergie tra i due ambiti, si è deciso di procedere parallelamente alla

predisposizione del piano energia e clima e del programma di riduzione delle emissioni, al fine di garantire per quanto possibile una coerenza tra le due pianificazioni.

Gli scenari energetici e dei livelli delle attività produttive sono stati, dunque, prodotti da ISPRA in coerenza con gli obiettivi definiti nell'ambito della Strategia Energetica Nazionale (SEN) adottata nel novembre 2017 dai Ministri dello Sviluppo Economico e dell'Ambiente, nonché quanto elaborato per la settima comunicazione nazionale effettuata ai sensi della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), per l'allegato 4 al documento di economia e finanza del 2018 (Relazione del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare sullo stato di attuazione degli impegni per la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra) e per il reporting del 2017 in attuazione del Regolamento (UE) n. 525/2013 relativo al monitoraggio e alla comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra e delle politiche e misure.

In particolare lo scenario base è stato costruito sulla scorta dei lavori svolti dal Tavolo Tecnico istituito su iniziativa della Presidenza del Consiglio dei Ministri nel 2016, cui hanno partecipato più di 70 rappresentanti delle Amministrazioni pubbliche centrali e locali, università, istituti di ricerca attivi sul tema dei cambiamenti climatici e della pianificazione energetica.

Lo scenario con politiche e misure alla base di questo programma ricalca, invece, quanto contenuto nella Strategia Energetica Nazionale adottata nel novembre 2017 ed è solo in parte sovrapponibile a quello utilizzato nel Piano nazionale integrato per l'energia e il clima. Le differenze, che non minano comunque la coerenza tra i due documenti, sono motivate dal disallineamento delle tempistiche previste per i due atti di pianificazione; tali differenze potranno essere eliminate o attenuate solo in fase di aggiornamento del programma.

A partire dai risultati degli scenari energetici e dei livelli delle attività produttive ENEA ha, quindi, prodotto gli scenari emissivi nazionali, utilizzando il sistema modellistico MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale sui temi dell'inquinamento atmosferico), una suite modellistica sviluppata, per conto del Ministero dell'Ambiente, da ENEA in collaborazione con ARIANET s.r.l. e IIASA (*International Institute for Applied Systems Analysis*) costituito da due componenti principali:

il Sistema Modellistico Atmosferico (SMA), che produce campi tridimensionali orari di variabili meteorologiche e di concentrazione dei principali inquinanti (SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2,5}, NH₃, etc.) su tutto il territorio italiano con risoluzione spaziale fino a 4 km;

il modello GAINS-Italia per l'elaborazione e valutazione di scenari futuri e alternativi, in termini di politiche di controllo delle emissioni, allineato con l'omonimo modello europeo sviluppato dallo IIASA che ha collaborato alla realizzazione della versione italiana.

L'impatto sulle concentrazioni degli inquinanti in aria ambiente delle variazioni dei livelli emissivi nei diversi scenari è stato, quindi, stimato elaborando scenari di Qualità dell'Aria con il Sistema Modellistico Atmosferico (SMA) dell'ENEA appartenente alla catena MINNI, sviluppata a partire dai primi anni 2000 come strumento di supporto alla definizione e all'analisi di politiche di riduzione delle emissioni.

I dettagli sulle metodologie e gli strumenti applicati sono riportati nel programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico.

Risultati

Lo scenario relativo al 2020 prevede il rispetto degli obiettivi di riduzione stabiliti dalla direttiva per tutti gli inquinanti.

Saranno, invece, necessarie misure di riduzione aggiuntive per assicurare il rispetto dei target stabiliti per il 2030 per tutti gli inquinanti, ad eccezione del biossido di zolfo. Gli obiettivi assegnati all'Italia appaiono, infatti, particolarmente ambiziosi e in special modo quelli riferiti al PM_{2,5} e all'ammoniaca.

Per quanto riguarda il materiale particolato, il settore che principalmente contribuisce ai livelli emissivi è la combustione di biomassa legnosa nel settore residenziale; negli ultimi anni il minor costo di questo combustibile, il cui massiccio utilizzo ha peraltro contribuito al raggiungimento degli obiettivi in materia di rinnovabili ed emissioni di gas serra, ne ha favorito la diffusione, causando un sensibile aumento delle emissioni di polveri in atmosfera dal settore residenziale. Questo ha impedito alle emissioni totali di PM_{2,5} di seguire un andamento di netta riduzione, in analogia con quanto osservato per gli ossidi di zolfo ed azoto.

La valutazione delle possibili misure di riduzione per questo e per gli altri inquinanti, che seppur meno problematici richiedono comunque un'attenzione, è stata svolta in collaborazione con gli altri settori coinvolti (energia, trasporti, attività produttive) ed in particolar modo con il Ministero dello Sviluppo Economico.

Per quanto riguarda invece l'ammoniaca, inquinante derivante quasi esclusivamente dalle attività di allevamento e di fertilizzazione dei terreni agricoli, la valutazione delle politiche di riduzione più indicate per ridurre le emissioni è stata condotta in stretta collaborazione con il Ministero delle politiche agricole alimentari, forestali e del turismo.

Appare, dunque, prioritario concentrare l'azione strategica sui settori che maggiormente contribuiscono ai livelli emissivi degli inquinanti più critici e su cui, negli ultimi anni, meno è stato fatto, oppure si è fatto ma con scarsa efficacia, per ottenere le riduzioni attese. Fondamentale sarà in fase attuativa, così come lo è stato in fase di pianificazione, cercare di promuovere il più possibile sinergie e coerenze strategiche con gli altri settori rilevanti, in particolar modo il clima, l'energia e l'agricoltura, al fine di contribuire in modo più evidente anche al generale miglioramento della qualità dell'aria.

Misure di riduzione

Il programma contiene misure di riduzione per i settori che sono stati individuati come i principali responsabili dei livelli emissivi degli inquinanti oggetto della direttiva NEC, tramite l'applicazione della *Key Source Analysis*, svolta secondo la metodologia riconosciuta a livello internazionale e riportata in Appendice al programma. I settori individuati sono la produzione di energia elettrica, il residenziale/terziario, i trasporti e l'agricoltura.

Poiché gli scenari emissivi prodotti per il 2020 mostrano che tutti gli obiettivi di riduzione al 2020 saranno raggiunti nello scenario di base, le misure di riduzione individuate sono finalizzate al raggiungimento degli obiettivi di riduzione del 2030.

Fatta eccezione per il settore agricoltura, le misure di riduzione prese in considerazione sono coerenti con quelle valutate nel corso della elaborazione del Piano Energia e clima. Sono state, pertanto, selezionate le misure utili al raggiungimento degli obiettivi nazionali stabiliti dalla SEN e in materia di fonti rinnovabili, efficienza energetica ed emissioni di gas serra al 2020, cui si aggiungono una serie di ulteriori traguardi individuati dalla strategia stessa per il 2030. Tali obiettivi sono perseguiti, in particolare, tramite la dismissione delle centrali termoelettriche alimentate a carbone entro il 2025, il raggiungimento di una

quota pari al 55% di fonti rinnovabili nella produzione di energia elettrica, la diffusione di circa 5 milioni di auto elettriche, la forte metanizzazione del trasporto merci sia su strada che navale, la riduzione delle emissioni di gas serra nel settore non ETS del 33% rispetto ai livelli del 2005.

Per quanto riguarda le riduzioni di ammoniaca dal settore agricoltura, le misure sono state concordate con il Ministero delle politiche agricole alimentari forestali e del turismo e sono relative alla maggiore diffusione di buone pratiche agricole. Le indicazioni complete sul settore sono contenute nel "Codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole per il controllo delle emissioni di ammoniaca" che costituisce l'Allegato al programma.

Segue una tabella sintetica che riassume le misure di riduzione individuate.

Tabella 2-2: Misure di riduzione del Programma

Settore	Codice	Nome	Descrizione
Elettrico	E1	Phase-out del carbone	Eliminazione progressiva degli impianti di generazione elettrica alimentati a carbone secondo uno scenario completo di uscita al 2025. Tale azione è sostenuta da una serie di interventi paralleli atti ad assicurare la sicurezza del sistema quali sviluppi e rinforzi di rete, potenza di generazione, accumuli, organizzazione dei mercati dei servizi, finalizzate alla piena integrazione delle rinnovabili, al superamento delle congestioni, alla gestione del tema dell' <i>overgeneration</i> .
Elettrico	E2	Decreto biometano	Ridimensionamento delle forme di incentivazione delle bioenergie senza perdere l'attuale quota di produzione, ad eccezione dei bioliquidi, per cui si prevede un blocco dell'incentivazione in favore della conversione del biogas in biometano. Oltre alla finalità di ridurre le emissioni in atmosfera, tale misura promuove una concorrenza leale sul mercato delle materie prime, il rispetto del principio della "cascata" e lo sviluppo delle filiere a minor impatto e che non sono in competizione con il mondo agricolo per l'uso del terreno.
Elettrico	E3	Fotovoltaico negli edifici	Introduzione dell'obbligo di integrazione del fotovoltaico negli edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti e perfezionamento della normativa sulla quota minima di fotovoltaico in tali edifici. Promozione dei sistemi integrati di produzione di calore efficiente e rinnovabile, come ad esempio i sistemi ibridi.
Termico	C1	Fonti rinnovabili negli edifici	Introduzione dell'obbligo di integrazione di fonti rinnovabili ad eccezione delle biomasse negli edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti e perfezionamento della normativa sulla quota minima

Settore	Codice	Nome	Descrizione
			di fonti rinnovabili in tali edifici. Promozione dei sistemi integrati di produzione di calore efficiente e rinnovabile, come ad esempio i sistemi ibridi.
Termico	C2	Sostituzione degli impianti a biomasse	Rinnovamento dei vecchi impianti di riscaldamento a biomasse con tecnologie efficienti e a ridotte emissioni. Introduzione di requisiti prestazionali di accesso all'ecobonus più stringenti per i generatori di calore a biomassa.
Termico	C3	Teleriscaldamento	Adeguare e potenziare gli strumenti oggi a disposizione per favorire la nuova costruzione e l'ampliamento delle infrastrutture per la distribuzione del calore in ambito urbano. Sarà confermata la riserva economica per garantire interventi di realizzazione di reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento inclusa nel fondo per l'efficienza energetica.
Residenziale	C4	Standard minimi per l'edilizia	Rafforzamento degli standard minimi per l'edilizia, tramite: <ol style="list-style-type: none"> 1) applicazione dei decreti che hanno già introdotto nell'ordinamento nazionale la Direttiva 2010/31/UE elevando i requisiti per gli edifici privati di nuova costruzione (NZEB - edifici ad energia quasi zero) dal 2021; 2) introduzione di obblighi di efficientamento energetico in occasione delle ristrutturazioni, laddove giustificato in termini di rapporto tra costi e benefici (Trigger point); 3) recepimento delle proposte del Clean Energy Package in merito all'adozione di tecnologie di demand-response, sistemi di ICT e domotica che consentano il monitoraggio e il controllo della performance; 4) recepimento Direttiva 2010/31/UE che eleverà significativamente i requisiti per gli edifici di nuova costruzione dal 2021 per gli edifici privati e dal 2019 per gli edifici della PA; 5) applicazione dei Criteri ambientali minimi alle gare di appalto di acquisto di beni e servizi.
Residenziale	C5	Ristrutturazioni edilizie	Detrazione fiscale per ristrutturazioni edilizie e predisposizione di una strategia di lungo termine per la riqualificazione del parco immobiliare residenziale tramite: <ol style="list-style-type: none"> 1) Ottimizzazione del meccanismo delle detrazioni

Settore	Codice	Nome	Descrizione
			<p>fiscali: modulare la percentuale di detrazione in relazione al risparmio atteso, per favorire interventi di deep renovation; detrazione in aggiunta a incentivi (in particolare antisismico e dissesto idrogeologico); massimali unitari di spesa per tipologia intervento; portabilità titolo di credito; stabilizzazione detrazione;</p> <p>2) Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica;</p> <p>3) Rafforzare le misure per la riduzione del fabbisogno energetico degli immobili della popolazione meno abbiente e la riqualificazione profonda degli edifici residenziali pubblici (social housing)</p> <p>4) Misure per migliorare la qualità degli attestati di prestazione energetica e favorire l'acquisto di abitazioni in alta classe energetica.</p>
Residenziale	C6	Ruolo attivo dei consumatori	<p>Accrescere la consapevolezza e il ruolo attivo dei consumatori tramite:</p> <p>1) accelerazione, con opportuni strumenti di sostegno e regolatori, dell'introduzione delle tecnologie della domotica, della digitalizzazione delle reti e dello smart metering;</p> <p>2) completa attuazione delle disposizioni già previste dal decreto legislativo 102/2014 in materia di sistemi di misurazione e fatturazione dei consumi energetici nel settore residenziale;</p> <p>3) attuazione di programmi di formazione ed educazione all'efficienza energetica;</p> <p>4) valutazione della promozione di sistemi integrati di Energy Customer Feedback che sollecitino comportamenti virtuosi del consumatore tramite la comunicazione di feedback real-time sul consumo e la costituzione di community con obiettivi condivisi di risparmio.</p>
Residenziale	C7	Riscaldamento e raffrescamento	<p>Promozione delle tecnologie a bassa emissione ed alta efficienza nel settore del riscaldamento e raffrescamento</p>
Terziario	C8	Cambiamento comportamentale	<p>Incentivazione del cambiamento comportamentale nel terziario tramite:</p> <p>1) promozione della diffusione delle tecnologie della domotica e dello smart metering;</p> <p>2) rafforzamento dei programmi di formazione ed</p>

Settore	Codice	Nome	Descrizione
			<p>educazione indirizzate al settore commerciale e alla PA;</p> <p>3) obblighi di riduzione di consumo per la PA, con eventuali penali e premi conseguenti al raggiungimento dei target di riduzione.</p>
Terziario	C9	Riqualificazione energetica del parco immobiliare pubblico	<p>Riqualificazione energetica del parco immobiliare pubblico tramite:</p> <p>1) inserimento di clausole di risparmio obbligatorio nei contratti di servizi energetici sottoscritti dalla PA;</p> <p>2) introduzione di meccanismi di penalità e premialità ai dirigenti/funzionari preposti alla gestione dell'edificio;</p> <p>3) revisione delle regole di contabilizzazione del debito pubblico in caso di interventi di efficienza energetica;</p> <p>4) prosecuzione del Programma per la Riqualificazione Energetica degli Edifici della Pubblica Amministrazione Centrale (PREPAC) nel periodo 2021-2030;</p> <p>5) strutturazione di un programma sull'illuminazione pubblica finalizzata all'accelerazione del processo di sostituzione delle sorgenti luminose e all'installazione di sistemi di monitoraggio dei consumi.</p>
Trasporti	T0	Obbligo biocarburanti ed altre fonti energetiche rinnovabili in recepimento della RED II	<p>Predisposizione ed emanazione del decreto legislativo di recepimento della Direttiva Energie Rinnovabili RED 2 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili e conseguenti decreti interministeriali di aggiornamento dei decreti vigenti di settore. In particolare per:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggiornare le quote obbligatorie di immissione in consumo fino al 2030 dei biocarburanti normali ed avanzati; - introdurre target differenziati per benzina, diesel e eventualmente metano; - introdurre l'idrogeno da fonti rinnovabili ed eventualmente i combustibili da carbonio riciclato nell'elenco dei biocarburanti e carburanti utilizzabili ai fini dell'obbligo; - prevedere il raccordo con il data base europeo di monitoraggio della sostenibilità; - aggiornare i moltiplicatori da utilizzare ai fini

Settore	Codice	Nome	Descrizione
			<p>del calcolo del target;</p> <ul style="list-style-type: none"> - individuare le percentuali massime di utilizzo dei biocarburanti di prima generazione; - attuare misure di promozione dell'uso dei biocarburanti nel settore avio e marittimo.
Trasporti	T1	Potenziamento del TPL e riduzione del fabbisogno di mobilità privata	<p>Potenziamento del TPL e Rinnovo del parco autobus finalizzati anche ad una riduzione complessiva del numero di veicoli privati circolanti e alla promozione del cambiamento modale, tramite un Piano strategico nazionale della mobilità sostenibile che includa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) cura del ferro in ambito urbano, con la realizzazione e il completamento delle reti metropolitane e tranviarie e, in ambito nazionale, attraverso il continuo sviluppo della rete ferroviaria e l'integrazione dei nodi logistici con la rete ferroviaria di trasporto merci; informazioni in tempo reale su localizzazione dei mezzi pubblici, sul traffico e sui tempi di percorrenza; 2) agevolazioni fiscali per l'utilizzo del mezzo pubblico (legge di stabilità 2018); 3) miglioramento dell'accessibilità, sicurezza e riconoscibilità delle fermate del trasporto pubblico, promuovendo anche l'integrazione con altre forme di servizio social, quali info point o rete Wi-Fi; 4) promozione della mobilità condivisa (bike, car e moto sharing a basse o zero emissioni); 5) integrazione tra i servizi di mobilità sostenibile (quali strutture di sosta per i velocipedi o servizi di car e bike sharing in prossimità delle fermate del trasporto pubblico) e parcheggi di interscambio; 6) promozione della mobilità a piedi; 7) integrazione del trasporto pubblico nei progetti di riqualificazione urbana; 8) ottimizzazione della regolazione dei sistemi semaforici; 9) smart parking; 10) promozione degli strumenti di smart working.
Trasporti	T2	Veicoli elettrici puri	<p>Promozione della diffusione di veicoli elettrici per la mobilità urbana privata, che contribuirà anche a migliorare l'integrazione della produzione da</p>

Settore	Codice	Nome	Descrizione
			rinnovabili elettriche.
Trasporti	T3	Veicoli ibridi elettrici plug-in PHEV	Promozione della diffusione di veicoli ibridi elettrici plug-in PHEV per la mobilità urbana privata, che contribuirà anche a migliorare l'integrazione della produzione da rinnovabili elettriche.
Trasporti	T4	Diffusione dei veicoli meno inquinanti	Favorire l'utilizzo di veicoli più efficienti e a minore emissioni tramite la revisione graduale dei sistemi fiscali sul trasporto (tassa immatricolazione, tassa di possesso, imposte sui carburanti, etc.). Valorizzazione e rafforzamento delle iniziative di regolamentazione locale (quali le limitazioni alla circolazione dei veicoli inquinanti nelle aree urbane, accesso libero dei veicoli a combustibili alternativi ed in particolare elettrici alle zone a traffico limitato, limiti di velocità, corsie preferenziali e parcheggi dedicati per veicoli a zero emissioni).
Trasporti	T5	ITS per il trasporto merci	Promuovere la diffusione di nuove tecnologie ITS (Intelligence Transport Systems) nel trasporto merci su strada.
Trasporti	T6	Rinnovo del parco auto esistente	Favorire la diffusione di mezzi per il trasporto merci meno inquinanti tramite la promozione dell'utilizzo di furgoni a metano e di autocarri pesanti a GNL. Promozione del trasporto marittimo a GNL.
Agricoltura	A1	Incorporazione fertilizzanti	Incorporazione dei fertilizzanti a base urea con una riduzione attesa delle emissioni di ammoniaca del 50-80%.
Agricoltura	A2	Spandimento materiali non palabili	Su terreni con una pendenza media minore del 15%, divieto di distribuzione della frazione liquida con attrezzature in pressione. Si evita la formazione di aerosol che aumenta l'emissione di ammoniaca con una riduzione attesa delle emissioni di ammoniaca del 30-90%
Agricoltura	A3	Incorporazione del liquame	Incorporazione del liquame applicato in superficie (almeno entro 24 ore) Se immediata (con aratura): 90% Se immediata con dischi: 70% Se dopo 4h: da 45% a 65% Se dopo 24h: 30%

Settore	Codice	Nome	Descrizione
Agricoltura	A4	Spandimento materiali palabili (seminativi)* * Sono esclusi dall'obbligo: - terreni coltivati a no tillage; - colture permanenti; - prati, prati pascoli e pascoli.	Incorporazione del solido distribuito in superficie (almeno entro 24 ore) Se immediata (con aratura): 90% Se immediata con dischi: 60% Se dopo 4h: da 45% a 65% Se dopo 12h: 50% Se dopo 24h: 30%
Agricoltura	A5	Divieto nuove lagune	Divieto di costruzione di nuove lagune con riduzione attesa delle emissioni di ammoniaca del 30-60%
Agricoltura	A6	Copertura flottante	Formazione di crosta naturale riducendo le miscele e il caricamento di nuovo liquame dall'alto (copertura flottante) con riduzione attesa delle emissioni di ammoniaca del 40%

Si ritiene che l'applicazione di tali misure consentirà il conseguimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni entro il 2030 e produrrà un significativo miglioramento della qualità dell'aria ambiente sul territorio nazionale.

3. OBIETTIVI AMBIENTALI DEL PROGRAMMA E PIANIFICAZIONE/PROGRAMMAZIONE PERTINENTE

Obiettivi ambientali

La sostenibilità del Programma è valutata attraverso la capacità di contribuire al perseguimento di obiettivi ambientali individuati sulla base della loro pertinenza con le misure previste considerando pertanto tutti gli aspetti ambientali sui quali l'attuazione delle misure potrebbero generare effetti.

Gli obiettivi ambientali di livello generale pertinenti al Programma sono desunti dalla normativa, (incluse politiche, strategie...) a vari livelli (internazionale, comunitario, nazionale) pertinente i temi interessati dal programma.

L'insieme delle normative e dei riferimenti in tema di sostenibilità internazionali, comunitari e nazionali considerati rilevanti per il Programma è descritto nell'Allegato 2 al presente Rapporto Ambientale in cui sono riportati gli obiettivi di protezione ambientali pertinenti.

Sulla base del quadro normativo delineato e degli obiettivi ambientali pertinenti, in particolare avendo a riferimento la Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, sono stati estrapolati gli obiettivi di sostenibilità che il Programma potrà contribuire a perseguire e che saranno di riferimento per il Programma. Gli obiettivi sono di seguito riportati:

- ✓ Minimizzare le emissioni e abbattere le concentrazioni inquinanti in atmosfera (SNSS)
- ✓ Mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi (D. Lgs. 155/2010)
- ✓ Decarbonizzazione totale al 2050 (Green Deal, SNSS)
- ✓ Zero emissioni nette di gas a effetto serra nel 2050 (Green Deal europeo)
- ✓ Diminuire l'esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale e antropico (SNSS)
- ✓ Salvaguardare e migliorare lo stato di conservazione di specie e habitat per gli ecosistemi terrestri e acquatici (SNSS)
- ✓ Incrementare l'efficienza energetica e la produzione di energia da fonte rinnovabile evitando o riducendo gli impatti sui beni culturali e il paesaggio (SNSS)
- ✓ Aumentare la mobilità sostenibile di persone e merci (SNSS)
- ✓ Assicurare elevate prestazioni ambientali di edifici, infrastrutture e spazi aperti (SNSS)
- ✓ Non aumentare il degrado del territorio entro il 2030 (UN, 2015)
- ✓ Dematerializzare l'economia, migliorando l'efficienza dell'uso delle risorse e promuovendo meccanismi di economia circolare (SNSS)

Coerenza con i piani e programmi pertinenti

Al fine di valutare come il Programma si inserisce nelle strategie di sviluppo nazionali è riportata di seguito un'analisi comparativa tra gli obiettivi principali dei Piani/programmi individuati e le misure del programma che presentano correlazioni in termini di sinergie (la piena attuazione delle misure del programma è legata al perseguimento degli obiettivi dei PP), coerenze (le misure del programma contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi di altri PP) e possibili incoerenze (l'attuazione delle misure del programma necessita di elementi di attenzione in considerazione della pianificazione interessata).

Tabella 3-1: Analisi comparativa tra piani/programmi pertinenti e misure del Programma

Piani/programmi (P/P) pertinenti	Obiettivi dei P/P	Misure e tipo di correlazione	note
Piano Nazionale Infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad Energia Elettrica	al 2020 la realizzazione fino a 13.000 punti di ricarica lenta/accelerata, 6.000 punti di ricarica veloce, con un rapporto di 1 punto di ricarica pubblica ogni 8 punti di ricarica privati, e la presenza di 130.000 veicoli elettrici	T2 sinergia T4 sinergia	
Piano d'azione nazionale sul GPP (PAN GPP) Il Piano, adottato con il Decreto Interministeriale dell'11 aprile 2008 (G.U. n. 107 dell'8 maggio 2008), ha l'obiettivo di massimizzare la diffusione del GPP presso gli enti pubblici in modo da farne dispiegare in pieno le sue potenzialità in termini di miglioramento ambientale, economico ed industriale. Tale Piano, come previsto dallo stesso, è stato aggiornato con Decreto 10 aprile 2013 (G.U. n. 102 del 3 maggio 2013) ed è in corso di ulteriore revisione	Tra gli obiettivi del PAN GPP: ... Efficienza e risparmio nell'uso delle risorse, in particolare dell'energia e conseguente riduzione delle emissioni di CO2. Riduzione dei consumi di energia da fonti fossile, sia attraverso l'aumento dell'efficienza energetica, sia attraverso l'utilizzo delle fonti rinnovabili: - Incrementare la domanda pubblica di prodotti e tecnologie ad alta efficienza energetica nonché di servizi energetici - Contribuire a convertire l'edilizia corrente in edilizia sostenibile ... Il PAN GPP consentirà di conseguenza, di incidere positivamente su altre problematiche ambientali quali la riduzione delle emissioni inquinanti e la riduzione dei relativi rischi ambientali	E3 coerenza C1 coerenza C3 coerenza C4 coerenza C5 coerenza C6 coerenza C7 coerenza C8 coerenza C9 coerenza	
Programma Operativo Nazionale (PON) "Infrastrutture e Reti" 2014-2020	Potenziamento ferroviario, integrazione modale e miglioramento dei collegamenti multimodali Aumento della competitività del sistema portuale ed interportuale	T1 coerenza T5 coerenza	
Accordo di bacino padano per	definire, in un quadro condiviso, importanti misure aggiuntive di	Coerenza con tutte le misure	L'accordo del bacino padano 2017 individua interventi e

Piani/programmi (P/P) pertinenti	Obiettivi dei P/P	Misure e tipo di correlazione	note
<p>l'attuazione di misure congiunte per il miglioramento della qualità dell'aria</p>	<p>risanamento, nell'ambito del processo avviato per il miglioramento della qualità dell'aria, da inserire nei piani di qualità dell'aria e da applicare in modo coordinato e congiunto nel territorio del Bacino Padano</p>	<p>del Programma in considerazione dell'obiettivo comune di miglioramento della qualità dell'aria</p>	<p>azioni comuni per contrastare le emissioni, incluse quelle a effetto serra e le polveri sottili. Per quanto riguarda le misure in campo agricolo e zootecnico, le Regioni hanno l'obbligo, nell'ambito dei piani di qualità dell'aria, di applicare pratiche finalizzate alla riduzione delle emissioni prodotte dalle attività agricole (fonte PNIEC) Per la redazione del codice di buone pratiche agricole in cui sono presenti le misure A1 – A6 del programma si è tenuto conto tra l'altro delle "Linee guida per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività agricole e zootecniche" prodotte nel contesto dell'Accordo Bacino Padano (cfr considerazioni MiPAF alle osservazioni ATS di Brescia)</p>
<p>PAEE Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica</p>	<p>obiettivi di efficienza energetica dell'Italia al 2020. In particolare, il secondo capitolo illustra gli obiettivi nazionali di riduzione dei consumi di energia primaria e finale, specificando i risparmi di energia attesi al 2020 con riferimento ai singoli comparti economici (riscaldamento e raffrescamento, industria, trasporti, settore pubblico, ecc.) e ai principali strumenti di promozione dell'efficienza energetica.</p>	<p>C4 coerenza C5 coerenza C6 coerenza C7 coerenza C8 coerenza C9 coerenza T2 attenzione</p>	<p>La misura T2, comportando maggiori consumi di energia elettrica, troverà attuazione contestualmente ad una maggiore integrazione della produzione da rinnovabili elettriche</p>
<p>Piano di Sviluppo delle reti di trasmissione elettrica - TERNA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - garantire la sicurezza e la continuità degli approvvigionamenti; - aumentare l'efficienza e l'economicità del servizio di trasmissione e del sistema elettrico nazionale; 	<p>E1 sinergia E3 sinergia</p>	

Piani/programmi (P/P) pertinenti	Obiettivi dei P/P	Misure e tipo di correlazione	note
	<ul style="list-style-type: none"> - migliorare la qualità del servizio; - connettere alla rete di trasmissione nazionale tutti i soggetti aventi diritto; - ridurre le congestioni di rete; - sviluppare e potenziare l'interconnessione con l'estero; - rispettare i vincoli ambientali e paesaggistici 		
Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili	<p>promuovere lo sviluppo delle fonti rinnovabili nella produzione di energia elettrica: quota complessiva di energia da fonti energia rinnovabili, sul consumo finale lordo di energia al 2020 pari al 17%</p>	<p>E1 sinergia E2 coerenza E3 coerenza C1 coerenza T0 coerenza T2 sinergia</p>	
Piano Nazionale Integrato Energia E Clima (PNIEC)	<p><u>Fonti rinnovabili:</u> Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia nei trasporti Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi per riscaldamento e raffrescamento <u>Efficienza energetica</u> Riduzione dei consumi di energia primaria rispetto allo scenario PRIMES 2007 Risparmi consumi finali tramite regimi obbligatori efficienza energetica <u>Emissioni di gas serra</u> Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS Riduzione complessiva dei gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990</p>	<p>Coerenza con le misure E, C e T</p>	<p>Le misure del Programma (misure aggiuntive) nei settori elettrico, termico, residenziale, terziario e trasporti sono stabilite sulla base della SEN e contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi in materia di fonti rinnovabili, efficienza energetica ed emissioni di gas serra al 2020, nonché ad una serie di ulteriori traguardi posti dalla strategia stessa al 2030.</p>
Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria 2019-2021	<p>azioni specifiche articolati in 5 ambiti di intervento (1 trasversale e 4 tematici) che sia direttamente sia indirettamente possano assicurare un'aria più salubre per i cittadini riducendo le emissioni</p>	<p>Coerenza con tutte le misure del Programma in quanto orientate alla riduzione delle</p>	<p>L'ambito misure trasversali, azione 2 del Piano prevede: Fondo finalizzato a finanziare l'attuazione delle misure previste dal programma nazionale di</p>

Piani/programmi (P/P) pertinenti	Obiettivi dei P/P	Misure e tipo di correlazione	note
	<p>atmosferiche inquinanti. Gli ambiti di intervento tematici sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agricoltura e combustione di biomasse - Mobilità - Riscaldamento civile - Uscita dal carbone <p>Si richiamano a titolo esemplificativo alcune misure del Protocollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - limitazione all'abbruciamento dei residui vegetali; - introduzione criteri ambientali nella disciplina della circolazione in ambito extraurbano; - linee guida per la classificazione dei veicoli elettrici ibridi; - sostegno alla diffusione della micromobilità elettrica e promozione dell'utilizzo di mezzi di trasporto innovativi e sostenibili; - qualificazione degli installatori di impianti alimentati a fonti rinnovabili; - limitazioni all'utilizzo degli impianti di riscaldamento alimentati a gasolio. 	<p>emissioni e al miglioramento della qualità dell'aria</p>	<p>controllo dell'inquinamento atmosferico</p>
<p>Piano Nazionale della Mobilità Sostenibile (adottato con DPCM nell'aprile 2019)</p>	<p>Rinnovo del parco mezzi su gomma per i servizi di trasporto pubblico locale e miglioramento della qualità dell'aria ricorrendo a tecnologie innovative in linea con gli accordi internazionali e con le disposizioni normative della Unione Europea, nonché rilanciare la filiera industriale di produzione di autobus</p>	<p>T1 sinergia Coerenza con le altre misure del Programma rispetto al miglioramento della qualità dell'aria</p>	<p>Il Piano Nazionale della Mobilità Sostenibile rappresenta un primo piano operativo, che dà attuazione ad una parte delle azioni previste per il Piano <u>Strategico</u> Nazionale della Mobilità Sostenibile indicato nella misura T1 come strumento attuativo del Programma</p>
<p>Piani di sviluppo Rurale regionali</p>	<p>Per il periodo 2014-2020 sono stati stabiliti tre obiettivi strategici:</p> <ul style="list-style-type: none"> - il miglioramento della competitività dell'agricoltura; - la gestione sostenibile delle 	<p>A1 coerenza A2 coerenza A3 coerenza A4 coerenza A5 coerenza</p>	<p>Le misure obbligatorie previste nel codice di buone pratiche agricole e inserite come misure nel Programma per quanto previsto dal</p>

Piani/programmi (P/P) pertinenti	Obiettivi dei P/P	Misure e tipo di correlazione	note
	<p>risorse naturali e l'azione per il clima;</p> <ul style="list-style-type: none"> - uno sviluppo territoriale equilibrato per le zone rurali. <p>Per lo sviluppo rurale questi tre obiettivi sono stati tradotti in sei priorità:</p> <ul style="list-style-type: none"> - promuovere il trasferimento di conoscenze nel settore agricolo e forestale e nelle zone rurali; - potenziare la competitività dell'agricoltura in tutte le sue forme e la redditività delle aziende agricole e promuovere una gestione sostenibile delle foreste; - incentivare l'organizzazione della filiera agroalimentare e la gestione dei rischi nel settore agricolo; - preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi dipendenti dall'agricoltura e dalla silvicoltura; - incoraggiare l'uso efficiente delle risorse e il passaggio a un'economia a basse emissioni di carbonio e resiliente al clima nel settore agroalimentare e forestale; - promuovere l'inclusione sociale, la riduzione della povertà e lo sviluppo economico nelle zone rurali. 	<p>A6 coerenza</p>	<p>D.lgs. 81/2018, a differenza di quelle facoltative, non possono essere finanziate tramite il dispositivo politico dello Sviluppo Rurale. Le misure facoltative sono finanziabili tramite il dispositivo politico dello Sviluppo Rurale, previa verifica della congruità con la pertinente analisi dei fabbisogni regionale.</p> <p>Nell'allegato 1 al codice di buone pratiche agricole è riportata una breve sintesi di alcune tipologie di operazioni già finanziate nei PSR Regionali e finalizzati alla riduzione dell'ammoniaca</p>
<p>Piani regionali di gestione della qualità dell'aria</p>	<ul style="list-style-type: none"> - il raggiungimento dei valori limite e dei livelli critici, per il perseguimento dei valori obiettivo e per il mantenimento del relativo rispetto; - la riduzione del rischio di superamento dei valori limite, dei valori obiettivo e delle soglie di allarme; - la gestione della qualità dell'aria ambiente in relazione all'ozono. 	<p>Coerenza con tutte le misure del Programma in considerazione dell'obiettivo comune di miglioramento della qualità dell'aria</p>	<p>Il PQA, attraverso la caratterizzazione del territorio, l'individuazione delle specifiche fonti di emissione (inventario delle emissioni e relative proiezioni), la valutazione della qualità dell'aria e l'elaborazione di scenari emissivi e di qualità dell'aria, individua misure "aggiuntive", rispetto a quelle già esistenti sia a</p>

Piani/programmi (P/P) pertinenti	Obiettivi dei P/P	Misure e tipo di correlazione	note
			<p>livello nazionale che regionale, volte al miglioramento della qualità dell'aria.</p> <p>Le misure adottate riguardano i settori di intervento: Trasporti, Residenziale e commerciale, Industria (inclusa la produzione di calore ed energia), Agricoltura Off-road (trasporti non su strada), Shipping (trasporto marittimo) e altro</p>
<p>Piani paesaggistici D.lgs 42/2004</p>	<ul style="list-style-type: none"> - I Piani paesaggistici “con riferimento al territorio considerato, ne riconoscono gli aspetti e i caratteri peculiari e ne delimitano i relativi ambiti” e “in riferimento a ciascun ambito, predispongono specifiche normative d’uso”; - Tra le finalità dei PP analisi delle dinamiche di trasformazione del territorio ai fini dell’individuazione dei fattori di rischio e degli elementi di vulnerabilità del paesaggio (art. 143, comma 1, lettera f); - l’individuazione degli interventi di recupero e riqualificazione 	<p>E3, C1, C4, C5, C9 attenzione da affrontare in fase attuativa nel rispetto delle norme di tutela e dei vincoli¹ stabiliti dalla normativa e pianificazione di settore</p>	<p>misure che interessano beni e aree soggette a limitazioni d’uso e vincoli di cui al D.lgs 42/2004 e ai piani paesaggistici es. Interessamento di edifici di elevata valenza storico-architettonica</p>

¹ norme prescrittive dei singoli piani paesaggistici regionali, dei Piani di gestione dei siti UNESCO e norme di tutela di cui al Codice dei Beni culturali e del Paesaggio, D.L.gs. n. 42/2004 e ss.mm.ii.:

- art. 7 bis – Espressioni di identità culturale collettiva (Patrimonio UNESCO),
- art. 10 – Beni Culturali;
- art. 11 – Cose oggetto di specifiche disposizioni di tutela;
- art. 45, 46 e 47 – Altre forme di protezione – Prescrizioni di tutela indiretta (zone di rispetto del vincolo);
- art. 94 – Convenzione UNESCO sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo;
- art. 134 – Beni Paesaggistici;
- art. 136 – Immobili ed aree di notevole interesse pubblico (vincoli decretati);
- art. 142 – Aree tutelate per legge (c.d. zone Galasso);
- art. 143, comma 1, lett. e) - aree riconosciute di interesse paesaggistico dai Piani Paesaggistici regionali;
- art. 143, comma 1, lett. g) - zone di riqualificazione paesaggistica;
- art. 152 – Interventi soggetti a particolari prescrizioni

Nella tabella 3-3 sono riportati a livello regionale l’estensione superficiale e percentuale del territorio sottoposto a regime vincolistico (beni paesaggistici) ex Dlgs 42/2004 artt. 136 e 142

Piani/programmi (P/P) pertinenti	Obiettivi dei P/P	Misure e tipo di correlazione	note
	<p>delle aree significativamente compromesse" (lettera g);</p> <ul style="list-style-type: none"> - determinazione, per le tre categorie di beni paesaggistici ex art. 136, art. 142 e art. 13, della specifica normativa d'uso; - individuare "le misure necessarie al corretto inserimento, nel contesto paesaggistico, degli interventi di trasformazione del territorio, al fine di realizzare uno sviluppo sostenibile delle aree interessate" (art. 143 lett. h). 		
Piano energetico regionale	<p>Gli obiettivi di un PER riguardano i seguenti ambiti principali: la riduzione dei consumi energetici da fonte fossile, riduzione dei consumi finali di energia incremento della produzione elettrica da fonti rinnovabili (incremento della quota di energia rinnovabile sui consumi finali lordi) incremento delle fonti di energia rinnovabile termica Reti e generazione distribuita</p>	Coerenza con le misure E, C e T	Le misure del Programma (misure aggiuntive) nei settori elettrico, termico, residenziale, terziario e trasporti sono stabilite sulla base della SEN e contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi in materia di fonti rinnovabili, efficienza energetica ed emissioni di gas serra al 2020, nonché ad una serie di ulteriori traguardi posti dalla strategia stessa al 2030.
Piani di gestione dei siti UNESCO	<p>I siti del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO sono beni culturali o naturali (o misti, se comprendono entrambe le categorie) identificati da una perimetrazione, ed inseriti nella Lista del Patrimonio Mondiale al fine di garantirne la protezione, conservazione, valorizzazione e trasmissione alle generazioni future.</p> <p>Le proposte di candidatura dei siti devono essere accompagnate dai Piani di gestione che informano sullo stato dei beni culturali, identificano i problemi da risolvere per la conservazione e valorizzazione, selezionano le</p>	E3, C1, C4, C5, C9 attenzione da affrontare in fase attuativa	

Piani/programmi (P/P) pertinenti	Obiettivi dei P/P	Misure e tipo di correlazione	note
	<p>modalità per attuare un sistema di azioni, una politica di sviluppo locale sostenibile, di cui valutano con sistematicità i risultati. Essi si configurano quindi come una programmazione integrata tra oggetti e soggetti diversi, ma sono anche uno strumento strategico in quanto accanto agli obiettivi individuano e definiscono puntualmente le strategie e le azioni che si intendono mettere in atto per perseguirli.</p>		
<p>Programmi d'azione regionali per la tutela e il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola²</p>	<p>tutela e risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola nelle zone designate come vulnerabili ai nitrati (ZVN)</p> <p>tutte le aziende agricole e altre tipologie di insediamenti produttivi affini (Decreto MiPAAF del 25 febbraio 2016) ubicate in ZVN sono soggette alle misure dei Programmi d'Azione regionali.</p>	<p>A1 – A6 sinergia</p>	<p>Le aziende situate nelle ZV e non vulnerabili dovranno adempiere agli obblighi prescritti dalla direttiva nitrati, dal decreto n. 5046 del 25 febbraio 2016 e dal codice di buone pratiche agricole. Per quanto concerne la distribuzione agronomica degli effluenti di allevamento digestati e fertilizzanti azotati è opportuno riferirsi a quanto approvato a livello regionale dei programmi di azione regionali che danno applicazione al decreto del 25 febbraio 2016.</p>

Tabella 3-2: Stato di attuazione dei piani regionali

Regioni/Province autonome	Piano regionale di qualità dell'aria (PRQA)	Piano paesaggistico regionale	Piano energetico regionale (PER)
Piemonte	L.R. n. 43 7-4-2000 e successivi aggiornamenti	DGR n. 233-35836 3-10-2017	DGR n. 36-8090 14-12-2018 ^c
Valle d'Aosta	LR n. 23 25-11-2016	LR n. 13 10-4-1998 (piano territoriale)	DCR n. 727 25-9-2014
Lombardia	DGR n. 449 2-8-2018	DCR n. X/1676 28-11-	DGR n. 3706 12-6-2015

² Nel paragrafo successivo è riportato un approfondimento sulle ZVN, sui PdA e sul loro stato di attuazione

Regioni/Province autonome	Piano regionale di qualità dell'aria (PRQA)	Piano paesaggistico regionale	Piano energetico regionale (PER)
		2017 (piano territoriale)	
<i>Bolzano-Bozen</i>	DGP n. 1992 6-6-2005	piani paesaggistici comunali redatti in base a "Linee guida natura e paesaggio in Alto Adige" (approvate con DGP n. 3147 del 2-9-2002)	DGP n. 7080 22-12-1997 e
<i>Trento</i>	DGP n. 1387 1-8-2018	LP n. 5, 27-5-2008 (piano territoriale)	DGP n. 775 3-5-2013 e successivi aggiornamenti
Veneto	DCR n. 57 11-11-2004 ^k	DCR n. 382 28-05-1992 e successivi aggiornamenti (piano territoriale)	DCR n. 6 9-02-2017
Friuli-Venezia Giulia	DPR n. 124 31-5-2010 e successivi aggiornamenti	DPR n. 0111/Pres 24-4-2018	DPR n. 260 23-12-2015
Liguria	DCR n. 4 21-2-2006	DCR n. 6 25-2-1990 e successivi aggiornamenti	DCR n. 19 14-11-2017
Emilia-Romagna	DAL n. 115 11-4-2017	DCR n. 1338 28-1-1993 e successivi aggiornamenti	DAL n. 111 1-3-2017
Toscana	DCR n. 72 18-7-2018	DCR n. 37 27-3-2015	DCR n. 10 11-2-2015
Umbria	DCR n. 296 17-12-2013	LR n. 27, 24-3-2000 (piano territoriale)	DAL n. 205 7-11-2017 ^o
Marche	DAL n. 143 12-1-2010	DACR n. 197 3-11-1989	DA n. 42 20-12-2016
Lazio	DCR n. 66 10-12-2009 e successivi aggiornamenti	salvaguardie	DCR n. 45 24-3-2001
Abruzzo	DCR n. 79/4 25-9-2007	DCR n. 141/21 21-3-1990	DCR n. 27/6 15-12-2009
Molise		8 piani d'area vasta (1997-1999)	DCR n. 133 11-7-2017
Campania	DCR n. 86/1 27-6-2007 e successivi aggiornamenti	16 piani d'ambito (1994-2002)	
Puglia	Reg. Reg. n. 6 21-5-2008	DGR n. 176 16-2-2015 e successivi aggiornamenti (piano territoriale)	DGR n. 827 8-6-2007 e successivi aggiornamenti ^c
Basilicata		alcuni piani d'area vasta	LR n. 1 19-1-2010 e successivi aggiornamenti
Calabria			DCR n. 315 14-2-2005
Sicilia	DGR n. 268 18-07-2018	piani per alcuni ambiti territoriali	DPR n. 9-3-2009

Regioni/Province autonome	Piano regionale di qualità dell'aria (PRQA)	Piano paesaggistico regionale	Piano energetico regionale (PER)
Sardegna	DGR n. 1/3 10-1-2017		DGR n. 45/40 2-8-2016

Fonte: ISPRA – Annuario dei dati ambientali 2019

Il quadro di attuazione dei Programmi d'Azione regionali per le ZVN è riportato al paragrafo successivo

Relativamente ai PSR si rimanda a quanto riportato nell'allegato 1 al Codice Agricoltura allegato al Programma.

Tabella 3-3: Estensione dei beni paesaggistici ex Dlgs 42/2004 nelle regioni italiane

Regioni	art. 136		art. 142 comma 1 lett. c		art. 142 comma 1 lett. a, b, c	
	kmq	%	kmq	%	kmq	%
Piemonte	4184,74	16,479	4678,10	18,42	4220,58	16,62
Valle d'Aosta	239,20	7,340	2479,42	76,08	442,38	13,57
Lombardia	1936,07	8,114	3322,09	13,92	3406,75	14,28
Trentino Alto Adige	9626,14	70,741	6710,45	49,31	3763,02	27,65
Veneto	3046,42	16,608	1407,88	7,68	3289,71	17,93
Friuli-Venezia Giulia	298,62	3,764	554,37	6,99	1405,09	17,71
Liguria	2504,12	46,247	112,53	2,08	1468,58	27,12
Emilia-Romagna	1732,15	7,718	614,00	2,74	3538,40	15,77
Toscana	3702,46	16,109	418,06	1,82	2616,17	11,38
Umbria	965,86	11,411	270,44	3,20	818,16	9,67
Marche	2492,97	26,519	350,65	3,73	1303,37	13,86
Lazio	3596,63	20,878	3,78	0,02	2401,58	13,94
Abruzzo	4748,26	43,848	2721,73	25,13	1343,40	12,41
Molise	2264,01	50,749	0,25	0,01	581,73	13,04
Campania	2493,95	18,253	0,29	0,002	1629,85	11,93
Puglia	2236,50	11,448	0,00	0,00	1049,02	5,37
Basilicata	2273,36	22,569	420,47	4,17	1339,40	13,30
Calabria	697,94	4,587	1395,42	9,17	2461,97	16,18
Sicilia	3108,21	12,036	432,41	1,67	4455,32	17,25
Sardegna	4106,79	17,045	151,34	0,63	2942,63	12,21

Fonte: elaborazione ISPRA su dati MiBACT

Strumenti centrali della Direttiva Nitrati: definizione di PdA e delimitazione delle ZVN

L'obiettivo strategico dei Programmi d'Azione regionali per le ZVN (PdA) consiste nella protezione e nel risanamento delle zone vulnerabili ai nitrati e può essere declinato come segue:

- limitazione dell'applicazione al suolo dei fertilizzanti azotati basata sull'equilibrio tra il fabbisogno prevedibile di azoto delle colture e l'apporto alle colture di azoto proveniente dal suolo e dalla fertilizzazione;

- promozione di strategie di gestione integrata degli effluenti zootecnici al fine di ristabilire un equilibrio sostenibile e sinergico tra l'agricoltura e l'ambiente.

I criteri per l'individuazione delle zone vulnerabili ai sensi del Dlgs 152/2006, intese come "...le zone di territorio che scaricano direttamente o indirettamente composti azotati in acque già inquinate o che potrebbero esserlo in conseguenza di tali scarichi" sono:

1. la presenza di nitrati o la loro possibile presenza ad una concentrazione superiore a 50 mg/L (espressi come NO₃) nelle acque dolci superficiali, in particolare quelle destinate alla produzione di acqua potabile, se non si interviene;
2. la presenza di nitrati o la loro possibile presenza ad una concentrazione superiore a 50 mg/L (espressi come NO₃) nelle acque dolci sotterranee, se non si interviene;
3. la presenza di eutrofizzazione oppure la possibilità del verificarsi di tale fenomeno nell'immediato futuro nei laghi naturali di acque dolci o altre acque dolci, estuari, acque costiere e marine, se non si interviene.

Nella figura seguente sono riportate le ZVN individuate sul territorio nazionale.

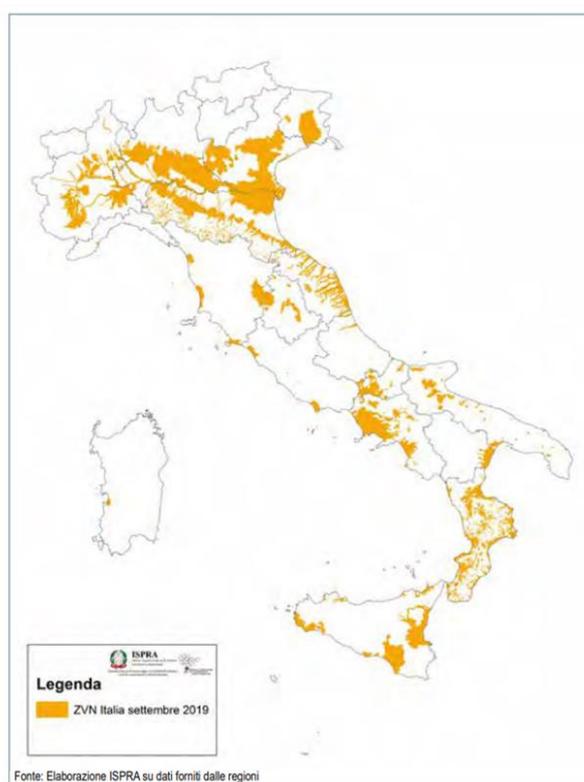


Figura 3-1: ZVN sul territorio nazionale

Tutte le regioni in cui risultano designate zone vulnerabili ai nitrati hanno adottato il relativo Programma d'Azione. Ciò comporta che tutte le aziende agricole e altre tipologie di insediamenti produttivi affini (Decreto MiPAAF del 25 febbraio 2016) ubicate in ZVN siano soggette alle misure dei Programmi d'Azione regionali. La copertura territoriale dei PdA adottati riguarda, da diversi anni, tutte le ZVN designate (n. 18 PdA per altrettante regioni con ZVN).

Nella tabella seguente sono riportati gli atti di adozione dei PdA nitrati per regione (settembre 2019)

Tabella 3-4: stato dei Programmi d'Azione regionali per le ZVN

Regione	Atto di adozione PdA
Piemonte	Deliberazione della Giunta Regionale 29 febbraio 2016, n. 19-2971 Regolamento regionale recante "Revisione del programma d'azione e modifiche al regolamento regionale 29 ottobre 2007, n. 10/R (Disciplina generale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti zootecnici e delle acque reflue e programma di azione per le zone vulnerabili da nitrati di origine agricola 'Legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61')". Approvazione
Lombardia	Deliberazione della Giunta Regionale 16 maggio 2016, n. X/ 5171 "Approvazione del programma d'azione regionale per la protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole nelle zone vulnerabili ai sensi della direttiva nitrati 91/676/CEE"
Veneto	Deliberazione della Giunta Regionale n. 1835 del 25 novembre 2016 Direttiva 91/676/CEE sulla protezione delle acque dall'inquinamento da nitrati provenienti da fonti agricole. Approvazione della documentazione elaborata in esecuzione della procedura di Valutazione Ambientale Strategica - VAS (Dir. 2001/42/CE), ai sensi della DGR 31 marzo 2009, n. 791 e del "Terzo Programma d'Azione per le Zone Vulnerabili ai nitrati di origine agricola del Veneto".
Friuli-Venezia Giulia	Decreto del Presidente della Regione 11 gennaio 2013, n. 03/Pres. "Nuovo regolamento per la disciplina dell'utilizzazione agronomica dei fertilizzanti azotati nelle zone ordinarie e nelle zone vulnerabili da nitrati (programma d'azione)" http://bur.regione.fvg.it/newbur/visionaBUR?bnum=2013/01/23/4 Decreto del Presidente della Regione 17 dicembre 2013, n. 0248/Pres Regolamento di modifica al decreto del Presidente della Regione 11 gennaio 2013, n. 3 (Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione agronomica dei fertilizzanti azotati e del programma d'azione nelle zone vulnerabili da nitrati, in attuazione dell'articolo 20 della legge regionale 16/2008, dell'articolo 3, comma 28 della legge regionale 24/2009 e dell'articolo 19 della legge regionale 17/2006). http://bur.regione.fvg.it/newbur/visionaBUR?bnum=2014/01/02/1
Liguria	Deliberazione di Giunta della Regione Liguria n. 1069 del 15 dicembre 2017 "Art. 92, c. 8 bis D.Lgs. n. 152/2006. Aggiornamento Programma di Azione Nitrati per le zone vulnerabili di Albenga e Ceriale e di Arma di Taggia per il sessennio 2016-2021."
Emilia-Romagna	Regolamento regionale 15 dicembre 2017, n.3 "Regolamento regionale in materia di utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, del digestato e delle acque reflue", contenente l'aggiornamento del Programma d'azione per le Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola, ai sensi dell'art. 5 della direttiva 91/676/CEE: http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/acque/temi/tutela-qualitativa-delle-

Regione	Atto di adozione PdA
	acque/applicazione-della-direttiva-nitrati
Toscana	<p>DPGR 17 dicembre 2012, n. 76/R "Modifiche al regolamento emanato con decreto del Presidente della Giunta regionale 8 settembre 2008, n. 46/R (Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006, n. 20 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento")"</p> <p>http://www.irri.it/zvnitrati/pdf/Regolamento_tutela%20acque_BURT_21_12_2012.pdf</p> <p>DPGR 11 novembre 2014, n. 66/R "Modifiche al regolamento emanato con Decreto del Presidente della Giunta regionale 8 settembre 2008 n. 46/R (Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006, n.20 " Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento"</p> <p>http://www.gazzettaufficiale.it/atto/regioni/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2014-12-20&atto.codiceRedazionale=14R00460</p>
Umbria	<p>Deliberazione della Giunta Regionale 11 febbraio 2013, n. 95. Conferma zone vulnerabili da nitrati di origine agricola in attuazione all'art. 36, comma 7 ter del decreto legge 18 ottobre 2012, n. 179, convertito con legge n. 221 del 17 dicembre 2012. (Conferma Programma d'Azione) http://www2.regione.umbria.it/bollettini/download.aspx?doc=130227A11.pdf&t=bollettino&p=1&show=true</p>
Marche	<p>Delibera di Assemblea del Consiglio Regionale del 26 gennaio 2010, n. 145 - sez. D</p> <p>Delibera di Giunta Regionale n. 1448 del 3 dicembre 2007 - http://www.regione.marche.it/Portals/0/Agricoltura/Condizionalita/DGR_2007_1448.pdf La regione Marche non ha apportato modifiche.</p>
Lazio	<p>Determinazione del Dipartimento Istituzionale e Territorio del 27 febbraio 2013, n. A01477. Conferma delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola, designate con D.G.R. n 767 del 6/8/2004, e del R.R. n. 14/2007 "Programma d'Azione" da attuare in dette zone.</p>
Abruzzo	<p>Deliberazione del Consiglio della Regione Molise n. 25 del 6 febbraio 2018 "Piano regionale di tutela delle acque e Piano Nitrati della Regione Molise. Approvazione": http://www3.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/13020</p>
Molise	<p>Deliberazione del Consiglio della Regione Molise n. 25 del 6 febbraio 2018 "Piano regionale di tutela delle acque e Piano Nitrati della Regione Molise. Approvazione": http://www3.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/13020</p>
Campania	<p>Deliberazione di Giunta Regionale n. 56 del 07/03/2013 "Conferma della delimitazione delle zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola della Campania di cui alla dgr n.700/2003 e proposta della nuova designazione ai sensi dell'art. 92, comma 5, d. lgs n. 152/2006 e dell'art. 36, comma 7-ter, d.l. n.179/2012, convertito con l.</p>

Regione	Atto di adozione PdA
	n.221/2012." (Conferma Programma d'Azione) http://www.agricoltura.regione.campania.it/comunicati/comunicato_15_03_13.html Deliberazione di Giunta Regionale n. 771 del 21 dicembre 2012 - Approvazione "Disciplina tecnica regionale per l'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento e delle acque reflue derivanti da aziende di cui all'art. 101, comma 7, lettere a), b), c) del D.Lgs n. 152/2006 e da piccole aziende agroalimentari", in attuazione dell'art. 3 della legge regionale 22 novembre 2010, n. 14 "tutela delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati di origine agricola". http://www.agricoltura.regione.campania.it/comunicati/pdf/dgr_771_2012.pdf
Puglia	Deliberazione della Giunta regionale n. 1408 del 6/9/2016 "Attuazione direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento dai nitrati provenienti da fonti agricole. Approvazione del Programma d'Azione Nitrati di seconda generazione."
Basilicata	Deliberazione del Consiglio Regionale n. 119 del 5 giugno 2006. La Regione Basilicata non ha apportato modifiche.
Calabria	Deliberazione di Giunta Regionale n. 63 del 8.03.2013 "Conferma della perimetrazione aree vulnerabili di cui alla DGR n.301/2012 e del Programma d'Azione di cui alla DGR N.8172005 e alla DGR n.393/2006." http://www.burc.regione.calabria.it/download_a.php?a=2013&f=7_1.pdf Deliberazione di Giunta Regionale n. 301 del 2 luglio 2012 "Conferma del Programma d'Azione di cui alla DGR n.817/2005 e DGR n. 393/2006. Approvazione del documento cartografico riportante la designazione e perimetrazione delle aree vulnerabili ai nitrati di origine agricola (ZVN)" http://www.regione.calabria.it/index.php?option=com_content
Sicilia	Deliberazione di Giunta Regionale n.62 del 5 febbraio 2013 "Direttiva 91/676/CEE del Consiglio relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole. (Conferma del programma di azione) http://www.regione.sicilia.it/deliberegiunta/file/giunta/allegati/105757Deliberazione_n_62_del_5_02_2013.pdf
Sardegna	Deliberazione di Giunta Regionale n. 81-5421 del 21 febbraio 2013 Conferma zona vulnerabile da nitrati di origine agricola di Arborea (Delib.G.R. n.1/12 del 18.1.2005) in attuazione dell'art. 36, comma 7-ter del decreto legge n.179/2012, convertito in legge n. 221/2012, proroga del termine per il riesame e la revisione del Programma d'Azione (Delib.G.R. n. 14/17 del 4.4.2006) e proroga del Piano di Monitoraggio e Controllo. http://www.regione.sardegna.it/documenti/1_274_20130212091135.pdf

Fonte: *Annuario dati ambientali ISPRA 2019 - Strumenti per la pianificazione (elaborazione MATTM su informazioni regioni/siti web regionali)*

4. AMBITO D'INFLUENZA TERRITORIALE

L'ambito di influenza territoriale del Programma ossia l'ambito territoriale in cui possono manifestarsi gli effetti ambientali dello stesso, è considerato coincidente con il territorio nazionale. Tale scelta è stata assunta sulla base delle seguenti considerazioni.

L'inquinamento atmosferico è per sua natura, un fenomeno caratterizzato da una natura globale e qualunque cambiamento nei livelli dell'inquinamento su scala locale o regionale può avere una influenza anche sui territori circostanti, in misura significativa soprattutto per gli inquinanti di natura secondaria.

Il particolato atmosferico, nello specifico, è costituito da una componente primaria e da una componente di origine secondaria che deriva dalla trasformazione di inquinanti gassosi quali ossidi zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili, ammoniaca, ossia di inquinanti che si definiscono "transfrontalieri" per le caratteristiche di permanenza in atmosfera e di trasporto su lunghe distanze.

Valutazioni degli effetti transfrontalieri di variazioni emissive su deposizioni di zolfo e azoto e su concentrazioni di ozono e particolato vengono annualmente condotte da EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) attraverso simulazioni modellistiche basate su relazioni sorgente/recettore (disponibili per tutti gli anni al link http://emep.int/mscw/mscw_publications.html e in EMEP, 2018 per l'anno 2018, ultimo anno in cui sono state realizzate simulazioni relative all'anno 2016). In particolare, per l'Italia è disponibile il rapporto di Klein et al., 2018.

Di seguito sono riportati i contributi delle emissioni nazionali a flussi e concentrazioni verso gli altri Stati Membri e viceversa, il contributo che le emissioni degli altri Stati Membri hanno su flussi e concentrazioni nazionali per l'anno 2016, anno più recente su cui sono disponibili gli inventari emissivi nazionali utilizzati da EMEP. I contributi transfrontalieri sono stati determinati attraverso simulazioni sorgente/recettore ipotizzando una riduzione del 15% delle emissioni di uno o più precursori di ogni Paese.

Particolato atmosferico

Il termine particolato atmosferico indica agglomerati di polveri, contenenti varie sostanze chimiche, e gocce d'acqua che restano sospese in atmosfera per tempi più o meno lunghi. A seconda delle dimensioni delle particelle che lo compongono il particolato atmosferico può penetrare più o meno profondamente nell'apparato respiratorio, causando danni alla salute che possono essere più o meno importanti anche in base alla composizione chimica che lo caratterizza. Il particolato atmosferico è costituito da una componente di origine naturale e da una componente di origine antropica, quest'ultima caratterizzata sia da una parte primaria che da una secondaria, organica ed inorganica.

Le figure seguenti mostrano la variazione nelle concentrazioni di $PM_{2,5}$ e PM_{coarse} da una riduzione del 15% delle emissioni nazionali ed il contributo dei principali 6 Paesi alle concentrazioni di $PM_{2,5}$ e PM_{coarse} in Italia.

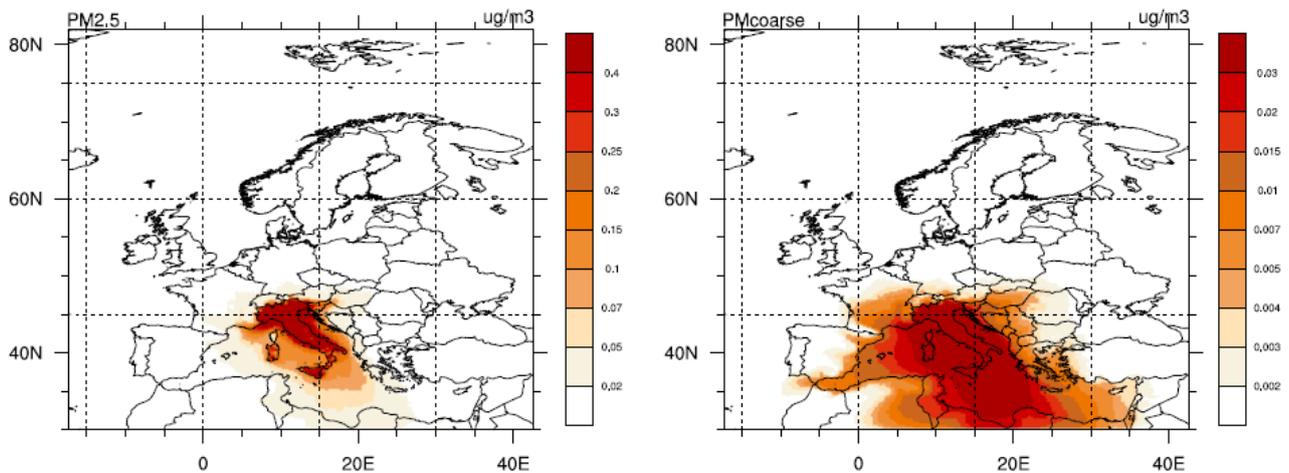


Figura 4-1 - Riduzione delle concentrazioni di PM_{2,5} (sinistra) e PM_{coarse} (destra) che risulterebbero da una riduzione del 15% delle emissioni in Italia (unità di misura $\mu\text{g}/\text{m}^3$) per l'anno 2016 (fonte Klein et al., 2018).

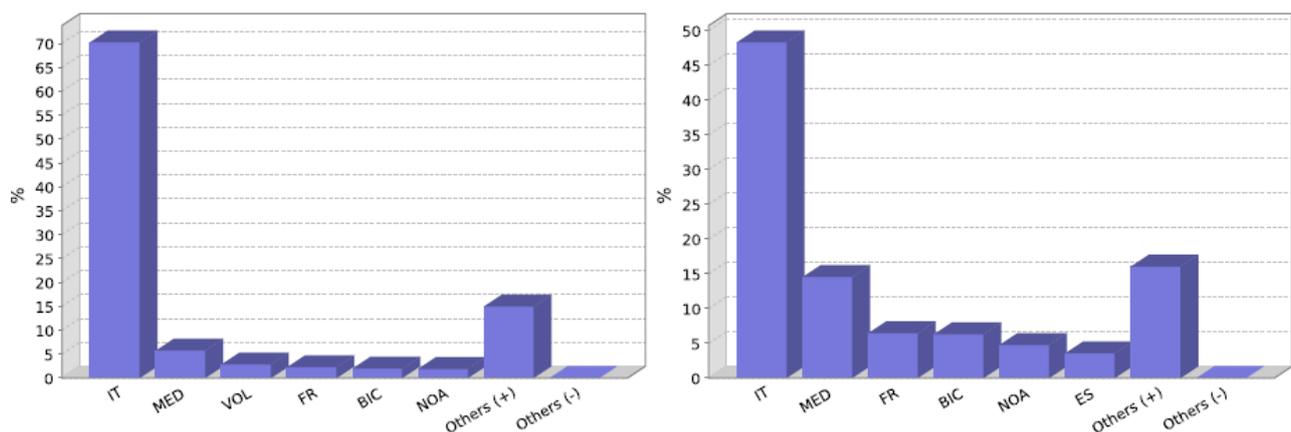


Figura 4-2 – I sei principali contributori alle concentrazioni di PM_{2,5} (sinistra) e PM_{coarse} (destra) in Italia che risulterebbero da una riduzione delle emissioni per l'anno 2016 (fonte Klein et al., 2018).

OZONO (SOMO35)

Il SOMO35 (Sum of Ozone Means Over 35 ppb) è un indicatore dell'impatto sulla salute legato all'ozono (O_3) ed è definito come la somma annuale del massimo giornaliero della media mobile su 8 ore delle concentrazioni di O_3 che superano i 35 ppb, ossia per ogni giorno si seleziona il valore massimo della media mobile su 8 ore di O_3 (A_8^d) e i valori che superano i 35 ppb vengono sommati per tutto l'anno (N_y numero giorni anno, 365 o 366 giorni).

$$SOMO35 = \sum_{d=1}^{d=N_y} \max(A_8^d - 35 \text{ ppb}, 0.0)$$

L'unità di misura è il ppb*giorno.

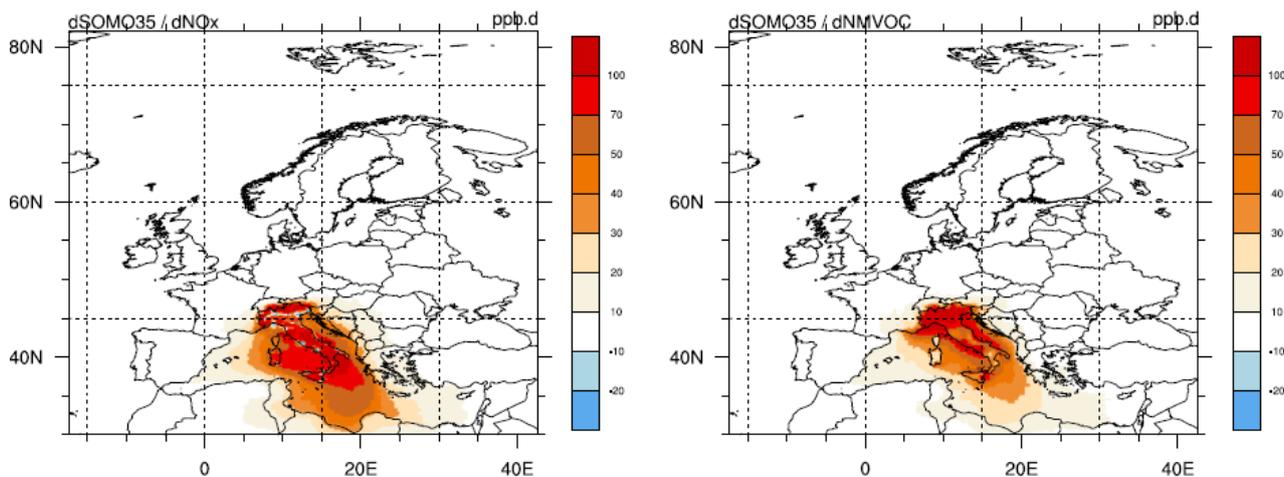


Figura 4-3 – Riduzione delle concentrazioni di SOMO35 che risulterebbero da una riduzione del 15% delle emissioni di NOx (sinistra) e NMVOC (destra) in Italia (unità di misura ppb*giorno) per l'anno 2016 (fonte Klein et al., 2018).

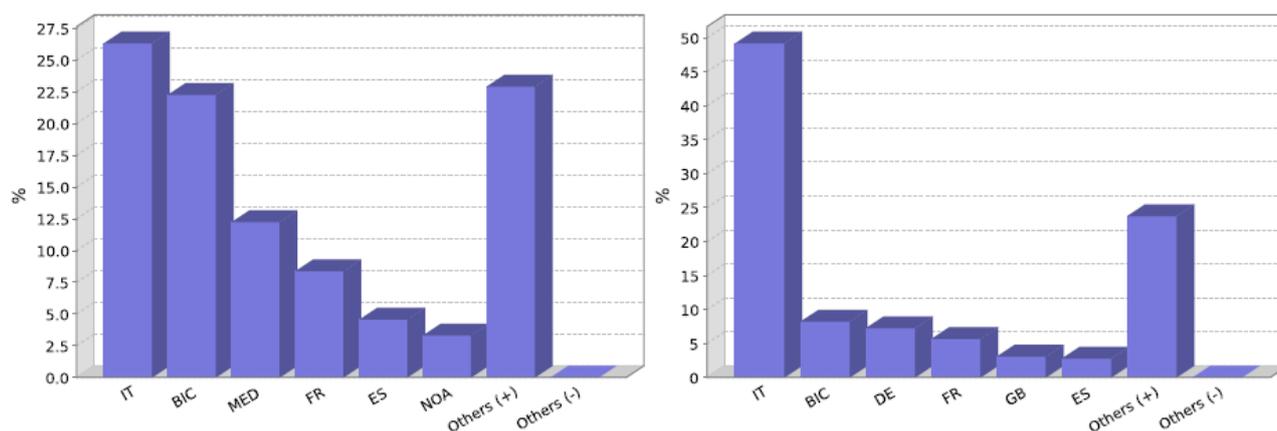


Figura 4-4 – I principali sei contributori alle concentrazioni di SOMO35 in Italia che risulterebbero da una riduzione delle emissioni di NOx (sinistra) e NMVOC (destra) per l'anno 2016 (fonte Klein et al., 2018).

L'analisi mostra che trascurabile è il contributo transfrontaliero che l'Italia apporta e riceve dagli altri Paesi.

Tabella 4-1: Legenda delle sigle dei Paesi utilizzate nel rapporto EMEP Status Report 1/2018

Sigla	Paese/Regione
AT	Austria
BIC	Condizioni Iniziali e al Contorno
CH	Svizzera
DE	Germania
ES	Spagna
FR	Francia
GB	Gran Bretagna
HR	Croazia
IT	Italia
MED	Mar Mediterraneo
NOA	Nord Africa

RS	Serbia
TR	Turchia
VOL	Vulcani

5. Contesto ambientale

L'inquadramento ambientale oggetto del presente paragrafo è sviluppato attraverso l'analisi del contesto interessato dai possibili effetti generati dal Programma. Tale analisi è finalizzata a valutare lo stato di qualità ambientale del territorio nazionale per le componenti pertinenti e, contestualmente, a individuare e descrivere gli elementi di criticità sui quali l'attuazione del programma potrebbe avere effetti. In tale analisi sono compresi i fattori di pressione responsabili dello stato ambientale che interagiscono con le misure del programma.

A tal riguardo l'allegato VI alla Parte II del D. Lgs. 152/2006 prevede tra i contenuti del rapporto ambientale i seguenti elementi:

- aspetti pertinenti dello stato attuale dell'ambiente e sua evoluzione probabile senza l'attuazione del piano o del programma;
- caratteristiche ambientali, culturali e paesaggistiche delle aree che potrebbero essere significativamente interessate;
- qualsiasi problema ambientale esistente, pertinente al piano o programma, ivi compresi in particolare quelli relativi ad aree di particolare rilevanza ambientale, culturale e paesaggistica, quali le zone designate come Zone di Protezione Speciale per la conservazione degli uccelli selvatici e quelli classificati come Siti di importanza Comunitaria (SIC) per la protezione degli habitat naturali e della flora e della fauna selvatica, nonché i territori con produzioni agricole di particolare qualità e tipicità, di cui all'articolo 21 del decreto legislativo 18 maggio 2001, n.228

Con riferimento ai temi ambientali riportati alla lett. f) dell'Allegato VI: biodiversità, popolazione, salute umana, flora e fauna, suolo, acqua, aria, fattori climatici, beni materiali, patrimonio culturale, anche architettonico e archeologico, l'analisi di contesto è condotta per i seguenti aspetti ritenuti pertinenti per il Programma: emissioni in atmosfera, qualità dell'aria, effetti sui beni culturali dovuti all'inquinamento atmosferico, biodiversità e ecosistemi, fattori climatici, uso e copertura del suolo, esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico.

Sono inoltre analizzati i principali settori di governo tra quelli riportati all'art. 6 del D. Lgs. 152/2006 responsabili dell'inquinamento atmosferico in considerazione degli effetti che le misure del programma avranno sugli stessi: trasporti, energia, agricoltura.

L'analisi di contesto è condotta mediante indicatori ambientali opportunamente individuati sulla base della loro popolabilità e aggiornamento che saranno di riferimento anche per l'analisi degli effetti e il monitoraggio VAS del Programma.

Fattori climatici

Il riferimento principale per la caratterizzazione dello stato del Clima in Italia e delle sue tendenze in corso, sono i Rapporti del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente "Gli indicatori del clima in Italia", pubblicati con cadenza annuale dall'ISPRA.

I dati utilizzati per la caratterizzazione del clima sono tratti dal Rapporto “gli Indicatori del CLIMA in Italia nel 2018”, (ISPRA, 2018[a]).

Temperatura

Sulla base del confronto con il periodo climatologico 1961-1990 rispetto al quale vengono calcolate tutte le anomalie, le stime più recenti attualmente disponibili evidenziano come nei 10 anni più caldi della serie storica considerata, ovvero a partire dal 1961 e fino al 2018 compreso, 7 sono rappresentati da anni tutti successivi al 2010, ovvero gli anni più recenti. In Italia il 2018 ha segnato il nuovo record di temperatura media annuale, con un'anomalia media di +1.71°C rispetto al valore climatologico di riferimento.

Un altro elemento saliente della temperatura nel 2018 è stato il nuovo record di anomalia della temperatura minima giornaliera (+1.68°C), che ha superato il precedente record del 2014 (+1.58°C), mentre l'anomalia della temperatura massima del 2018 è risultata la terza di tutta la serie, dopo quelle del 2015 e del 2017: in altre parole, a rappresentare il 2018 come l'anno più caldo della serie storica hanno contribuito in modo particolare le notti più calde.

Analizzando in dettaglio le anomalie mensili della temperatura media nel corso del 2018 sull'intero territorio nazionale, febbraio è stato l'unico mese con anomalia media negativa (-1.16°C) mentre a marzo la temperatura è stata appena al di sopra della media climatologica; in tutti gli altri mesi dell'anno, la temperatura media in Italia è stata nettamente superiore ai valori normali 1961-1990, con punte di anomalia ad aprile (+3.49°C), gennaio (+2.75°C) e novembre (+2.52°C).

Riguardo al dettaglio dell'Italia suddivisa in Nord, Centro, Sud e Isole, l'anomalia della temperatura media è stata più elevata al Nord (+2.03°C), quindi al Centro (+1.75°C) ed infine al Sud e sulle Isole (+1.33°C); il record di anomalia è stato registrato nel mese di aprile al Centro e al Nord (rispettivamente +3.74 e +3.69°C); febbraio è stato l'unico mese con anomalia termica negativa ovunque, mentre a marzo l'anomalia è stata negativa al Nord, positiva al Sud e prossima alla norma al Centro.

Su base stagionale, invece, l'autunno del 2018 è stato il più caldo della serie storica (anomalia di +2.0°C), superando di poco quello del 2014; la primavera e l'estate sono state rispettivamente la terza e la quinta più calde della serie, mentre in inverno la temperatura è stata di poco superiore alla media climatologica.

Analogamente alla temperatura dell'aria, la temperatura superficiale dei mari italiani nel 2018 è stata nettamente superiore alla media climatologica 1961-1990, con un'anomalia media di +1.08°C, collocandosi al 2° posto dell'intera serie; negli ultimi 20 anni l'anomalia media dei mari italiani è stata sempre positiva. L'anomalia media della temperatura superficiale dei mari italiani è stata positiva in tutti i mesi dell'anno; gli scostamenti più elevati dai valori normali sono stati registrati in primavera e in estate, con un picco nel mese di agosto (+2.2°C).

Per un'analisi sistematica degli estremi di temperatura, sono stati presi in considerazione alcuni indici definiti da uno specifico Gruppo di Lavoro della Commissione per la Climatologia dell'OMM³.

³ Peterson T.C., Folland C., Gruza G., Hogg W., Mokssit A. e Plummer N., 2001, Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. World Meteorological Organization, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143 pp.

Nel 2018 l'indice relativo al numero di giorni con gelo, cioè del numero medio di giorni con temperatura minima minore o uguale a 0°C, è stato inferiore al valore normale 1961-1990 e si pone al 5° posto tra gli anni con numero di giorni con gelo più basso.

Il 2018 è il 22° anno consecutivo con numero di notti tropicali, cioè del numero medio di giorni con temperatura minima maggiore di 20°C, e numero di giorni estivi, cioè del numero medio di giorni con temperatura massima maggiore di 25°C, superiori alla media climatologica. Per il numero medio di giorni estivi, il 2018 si colloca al secondo posto della serie storica, dopo il 2003, l'anno di cui si ricorda l'estate eccezionalmente calda sul Centro Europa.

Come sempre negli ultimi 23 anni, nel 2018 l'indice rappresentativo delle onde di calore WSDI (Warm Spell Duration Index) è stato superiore alla media 1961-1990: con un'anomalia media di circa +21 giorni nell'anno, per questo indice il 2018 si colloca all'8° della serie dal 1961.

Altri indici di estremi di temperatura che si basano sul confronto con la distribuzione statistica dei valori normali sono le notti fredde (TN10p), cioè la percentuale di giorni in un anno con temperatura minima inferiore al 10° percentile della corrispondente distribuzione sul periodo climatologico, i giorni freddi (TX10p), cioè la percentuale di giorni con temperatura massima inferiore al 10° percentile, le notti calde (TN90p), cioè la percentuale di giorni con temperatura minima superiore al 90° percentile e i giorni caldi (TX90p), cioè la percentuale di giorni con temperatura massima superiore al 90° percentile.

Il 2018 ha fatto registrare il secondo valore più alto di notti calde (TN90p), il terzo valore più basso di notti fredde (TN10p), il quarto valore più basso di giorni freddi (TX10p) e il sesto valore più alto di giorni caldi (TX90p). Negli ultimi 5 anni sono stati registrati i 5 valori più bassi di giorni freddi di tutta la serie. In sintesi, l'analisi degli indici mostra che il 2018 non è stato contrassegnato da periodi particolari di caldo estremo né da valori di picco eccezionali, ma che il record di temperatura media annuale è il risultato di anomalie termiche positive distribuite nelle diverse stagioni e con un contributo di rilievo delle ore notturne.

Riguardo alle stime più recenti delle variazioni della temperatura dal 1981 ad oggi (v. Tabella sotto), la stima aggiornata del rateo di variazione della temperatura media è di $+0.38 \pm 0.05$ °C / 10 anni. Il rateo di variazione della temperatura massima ($+0.42 \pm 0.07$ °C / 10 anni) è maggiore di quello della temperatura minima ($+0.35 \pm 0.05$ °C / 10 anni). Su base stagionale i trend di aumento della temperatura più forti si registrano in primavera e in estate ($+0.50 \pm 0.10$ °C / 10 anni).

Tabella 5-1: Variazioni della temperatura nel periodo 1981-2018

Indicatore	TREND (°C/10 anni)
Temperatura media	$+0.38 \pm 0.05$
Temperatura minima	$+0.35 \pm 0.05$
Temperatura massima	$+0.42 \pm 0.07$
Temperatura media inverno	$+0.30 \pm 0.10$
Temperatura media primavera	$+0.50 \pm 0.10$
Temperatura media estate	$+0.50 \pm 0.10$
Temperatura media autunno	$+0.27 \pm 0.10$

Si riportano di seguito la mappa dell'anomalia delle temperatura media nel 2018 e la serie delle anomalie medie in Italia della temperatura media. Tutte le anomalie sono rispetto al valore normale 1961-1990.

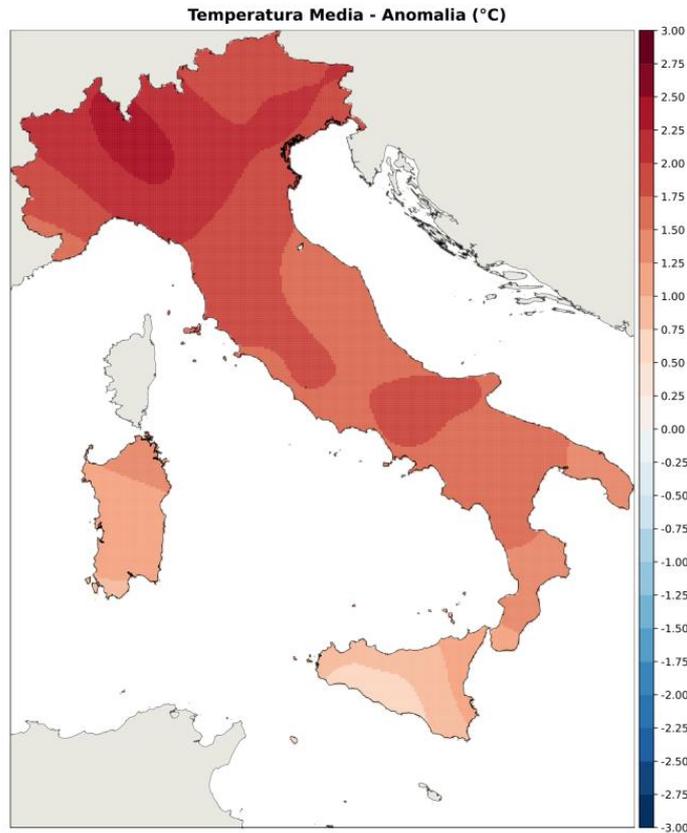


Figura 5-1: Anomalia della temperatura media nel 2018

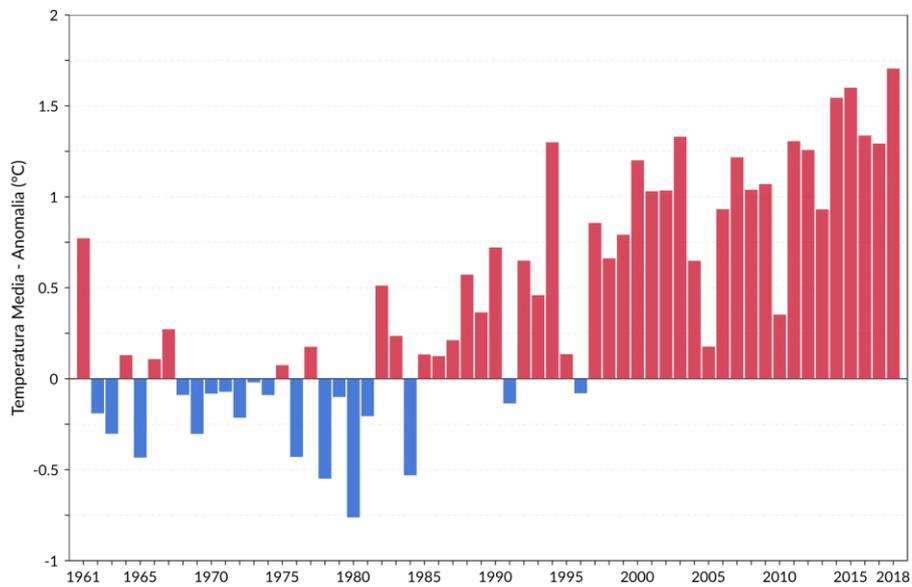


Figura 5-2: Anomalie medie in Italia della temperatura media

Precipitazione

Sulla base del confronto con il periodo climatologico 1961-1990 rispetto al quale vengono calcolate tutte le anomalie su base percentuale, le stime più recenti attualmente disponibili evidenziano come in Italia nel 2018 le precipitazioni in media sono state moderatamente superiori ai valori climatologici normali, con un'anomalia media di circa +18%, collocandosi all'8° posto tra gli anni più piovosi della serie dal 1961. L'andamento nel corso dell'anno è stato tuttavia piuttosto altalenante e mesi molto piovosi si sono alternati ad altri più secchi. Marzo, maggio e ottobre sono stati caratterizzati da piogge abbondanti, estese a tutto il territorio nazionale, mentre ad aprile, settembre e soprattutto dicembre le piogge sono state scarse in tutte le regioni.

Le precipitazioni sono state superiori alla norma soprattutto al meridione e sulle Isole, dove l'anomalia annuale del 2018 (+29%) risulta essere la quarta più elevata di tutta la serie.

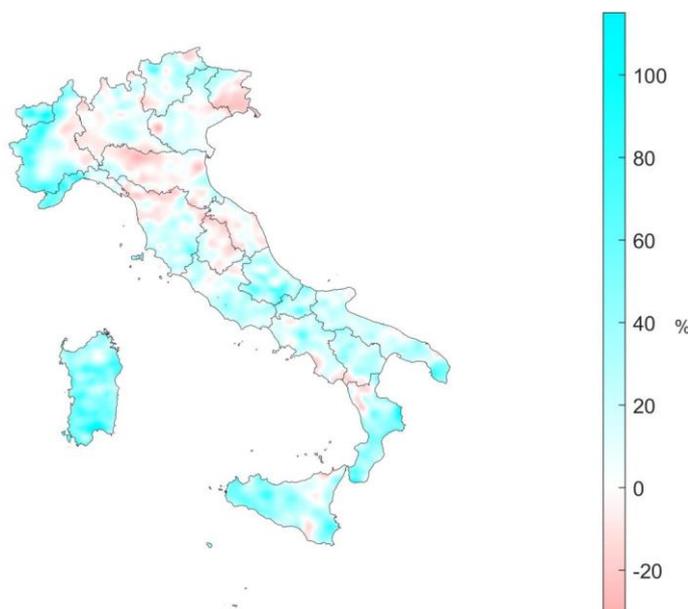
Al Nord il mese relativamente più piovoso è stato ottobre (anomalia media + 87%), seguito da marzo (+62%) e maggio (+40%); al Centro i mesi relativamente più piovosi sono stati marzo (+131%), maggio (+105%) e febbraio (+60%); al Sud i mesi estivi: agosto (nettamente più piovoso della media: +275%), giugno (+226%) e maggio (+132%). I mesi più secchi rispetto alla norma sono stati dicembre (soprattutto al Nord, anomalia di -66%), settembre, aprile e, limitatamente al Centro ed al Sud e Isole, gennaio.

Su base stagionale, sia l'estate (anomalia media +62%) che la primavera (+38%) del 2018, si collocano al terzo posto tra le più piovose dell'intera serie dal 1961; anomalie più contenute, ma sempre positive, per l'autunno e l'inverno.

Dall'analisi statistica dei trend della precipitazione cumulata annuale nel periodo 1961-2018 non emergono tendenze statisticamente significative.

Come per la temperatura, per valutare l'andamento della frequenza, dell'intensità e dei valori estremi di precipitazione, sono stati presi in considerazione alcuni indici definiti dal Gruppo di Lavoro della Commissione per la Climatologia dell'OMM; complessivamente, dall'analisi delle serie temporali di questi indici non emergono segnali netti di variazioni della frequenza e della intensità delle precipitazioni nel medio-lungo periodo.

Si riportano di seguito riportate la mappa dell'anomalia delle precipitazioni cumulata annuale nel 2018,



espressa in valori percentuali, e la serie delle anomalie medie in Italia, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale. Tutte le anomalie sono rispetto al valore normale 1961-1990.

Figura 5-3: Anomalia della precipitazione cumulata annuale nel 2018

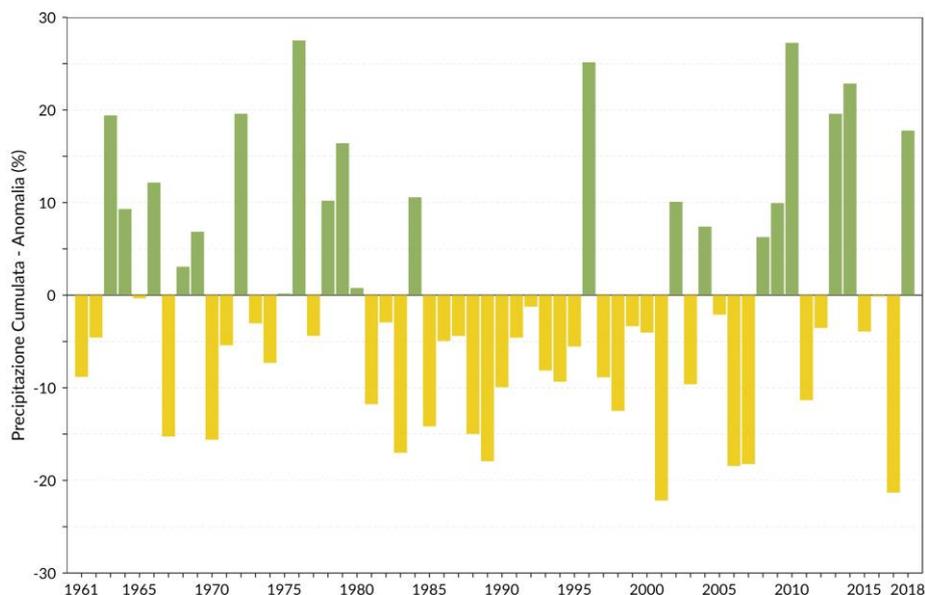


Figura 5-4: anomalie medie in Italia, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale

Clima e qualità dell'aria

La concentrazione degli inquinanti nell'atmosfera è regolata dalle emissioni e dalle trasformazioni chimico-fisiche cui vengono sottoposti, ma anche dai fenomeni meteorologici che, più dei primi due fattori, permettono di comprendere le dinamiche della qualità dell'aria.

I cambiamenti climatici influenzano la qualità dell'aria, poiché implicano modifiche delle condizioni di stabilità dell'atmosfera, della temperatura, delle precipitazioni, della radiazione solare, della velocità delle reazioni chimiche e quindi dei processi di formazione, dispersione e trasformazione degli inquinanti.

In particolare la concentrazione in aria degli inquinanti primari dipende dal vento e dalla turbolenza atmosferica, la concentrazione degli inquinanti secondari (che si formano in atmosfera a seguito di processi fisici e chimici) dipende da ulteriori parametri climatici come temperatura, umidità, velocità del vento e turbolenza atmosferica oltre che dalla radiazione solare.

Tali influenze non avvengono con le stesse modalità e con la stessa intensità su tutto il pianeta. Secondo i primi studi che hanno affrontato il tema, tra cui quello dell'Agenzia Europea dell'Ambiente del 2013, il riscaldamento climatico che si sta osservando a livello planetario sembra favorire l'inquinamento atmosferico in particolare nel sud dell'Europa, facilitando la formazione di inquinanti secondari, in particolare ozono e particolato fine. Ciò rende l'Italia particolarmente esposta al rischio di un aggravamento dello stato di qualità dell'aria connesso ai mutamenti climatici.

L'aumento della temperatura, ad esempio, favorisce l'incremento delle emissioni di composti organici volatili (VOCs), che sono precursori di ozono, e delle emissioni da incendi. L'ozono altera la crescita della vegetazione, riducendo l'assorbimento di CO₂ da parte della vegetazione. I cambiamenti climatici alterando le condizioni ambientali (ad esempio temperatura, pH) modificano la biodisponibilità di inquinanti (ad esempio metalli e POP), l'esposizione, l'assorbimento e la sensibilità delle specie agli inquinanti. Il cambiamento climatico potrebbe, pertanto, amplificare gli effetti ambientali negativi degli inquinanti, compresi O₃, metalli tossici e inquinanti organici persistenti (POP). (EEA, 2018)

Specifiche condizioni orografiche e meteo climatiche, come quelle ad esempio che presentano le Regioni del Bacino Padano (scarsità dei venti, frequenti situazioni di inversione termica, ecc.), favoriscono la formazione e l'accumulo nell'aria di inquinanti, con particolare riferimento a quelli secondari quali le polveri sottili, fenomeni che producono situazioni di inquinamento particolarmente diffuse; tali particolari condizioni orografiche e meteorologiche, interferiscono con il raggiungimento del rispetto dei valori limite di qualità dell'aria come nel caso delle Regioni del Bacino Padano.

L'Arpa Emilia Romagna ha elaborato un indicatore che stima i giorni favorevoli all'accumulo di particolato nel periodo critico per questo inquinante tra ottobre e marzo, sulla base della ventosità e della piovosità. Trattandosi di un indicatore meteorologico risente inevitabilmente delle naturali oscillazioni annuali e non è facile individuare dei trend su finestre temporali strette: in ogni caso, la stagione invernale 2015 ha fatto registrare quasi il 70% dei giorni favorevoli all'accumulo a fronte di valori generalmente oscillanti tra il 50 e 60%. (Fondazione per lo sviluppo sostenibile, "La sfida della qualità dell'aria nelle città italiane")

Emissioni in atmosfera

Gli obiettivi di riduzione delle emissioni inquinanti contenuti nella direttiva NEC (*National Emission Ceilings*) si inseriscono nel quadro più ampio della Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza (*Long Range Transboundary Air Pollution – LRTAP*), che costituisce il primo accordo internazionale, firmato nel 1979 in ambito UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe*), finalizzato alla riduzione delle emissioni degli inquinanti atmosferici pericolosi per la salute umana e gli ecosistemi.

In tale contesto, la Commissione europea ha in realtà previsto un intervento di più ampio respiro anche ai fini di un ulteriore consolidamento della politica dell'Unione in materia di qualità dell'aria. Alla fine del 2013 è stata pertanto pubblicata la nuova strategia tematica, il cosiddetto pacchetto "Aria pulita", che stabilisce obiettivi per ridurre gli impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute e sull'ambiente entro il 2030 e contiene proposte legislative volte ad attuare norme più severe in materia di emissioni e di inquinamento atmosferico.

Il pacchetto è stato pubblicato dalla Commissione il 18 dicembre 2013 ed è composto da una comunicazione sul programma "Aria pulita per l'Europa", ossia una strategia della Commissione che delinea le misure volte a garantire il raggiungimento degli obiettivi esistenti e che stabilisce nuovi obiettivi in materia di qualità dell'aria per il periodo fino al 2030, e da tre proposte legislative in materia di emissioni e inquinamento atmosferico:

- la ratifica della versione aggiornata del protocollo di Gothenburg, che costituisce attuazione della summenzionata Convenzione LRTAP;

- la revisione della direttiva sui limiti di emissione nazionali, sfociata poi nell'adozione della direttiva 2016/2284/UE;
- una proposta di direttiva volta a ridurre l'inquinamento originato da impianti di combustione medi, divenuta quindi la direttiva 2015/2193.

La direttiva 2016/2284/UE introduce nuovi *target* di riduzione delle emissioni degli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), ammoniaca (NH₃), composti organici volatili non metanici (COVNM) e particolato atmosferico (PM_{2,5}). A ciascuno Stato è assegnato un obiettivo di riduzione percentuale delle emissioni di ciascun inquinante al 2020 e al 2030, in riferimento alle emissioni dell'anno base, ossia il 2005.

Come già riportato al capitolo 2, i target del 2020 sono mutuati integralmente dal protocollo di Gothenburg aggiornato nel 2012, mentre quelli del 2030 sono il risultato del negoziato comunitario e corrispondono al conseguimento della riduzione di circa il 50% di morti premature al 2030 rispetto all'anno base 2005 (COM, 2018).

Dalla Convenzione internazionale LRTAP sono mediate anche altre disposizioni tra cui gli obblighi di *reporting* dei dati emissivi nazionali, delle emissioni geograficamente disaggregate, delle emissioni provenienti dai grandi impianti di combustione e delle proiezioni delle emissioni.

Gli obiettivi di riduzione delle emissioni a tal fine stabiliti sono riassunti nella tabella 2-1 del capitolo 2.

Sia la direttiva che il decreto di recepimento richiedono esplicitamente una coerenza tra le materie inerenti l'energia e il clima da una parte e le materie inerenti l'inquinamento atmosferico e la qualità dell'aria dall'altra. Necessità di coerenza per altro esplicitata anche nel Regolamento (UE) 2018/1999 dell'11 dicembre 2018 sulla *governance* dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima che ha tra i suoi obiettivi principali la riduzione delle emissioni di gas climalteranti, le cui sorgenti coincidono in larga parte con quelle responsabili delle emissioni dei gas oggetto della direttiva NEC.

Per descrivere gli impatti sull'atmosfera e i relativi indicatori proposti si fa riferimento alla classificazione dei settori utilizzata a livello internazionale per il *reporting* delle emissioni. In particolare l'ambito dei settori "produzione e trasformazione dell'energia", "industria manifatturiera e costruzioni", "trasporti", "servizi", "residenziale" e "agricoltura" è definito tenendo presente sia la *Nomenclature for Reporting* (NFR)⁴ decisa dalla *Task Force on Emission Inventories and Projections* (TFEIP) nell'ambito della Convenzione UNECE "Convention on Long-range Transboundary Air Pollution", sia il *Common Reporting Format* (CRF)⁵ stabilito nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici.

Nella tabella seguente è riportata la codifica dei settori emissivi, così come utilizzata nell'ambito della nomenclatura usata per il reporting delle emissioni sia in ambito RTAP che ai sensi della direttiva NEC (NFR – Nomenclature For Reporting).

Tabella 5-2: Codifica dei settori nella nomenclatura NFR

Codice NFR	Settore
1A1	Energy Industries
1A2	Manufacturing Industries
1A3	Transport

⁴ <http://www.tfeip-secretariat.org/guidance-resources/>

⁵ <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/reporting-requirements>

1A4	Residential-public-commercial sector
1A5	Other Energy
1B	Fugitive Emissions from Fuel
2	Industrial Processes
3	Solvent and Other Product Use
4	Agriculture
5	Land Use, Land Use Change
6	Waste

Si riportano di seguito un quadro dei trend emissivi per i diversi inquinanti.

Trend emissivi

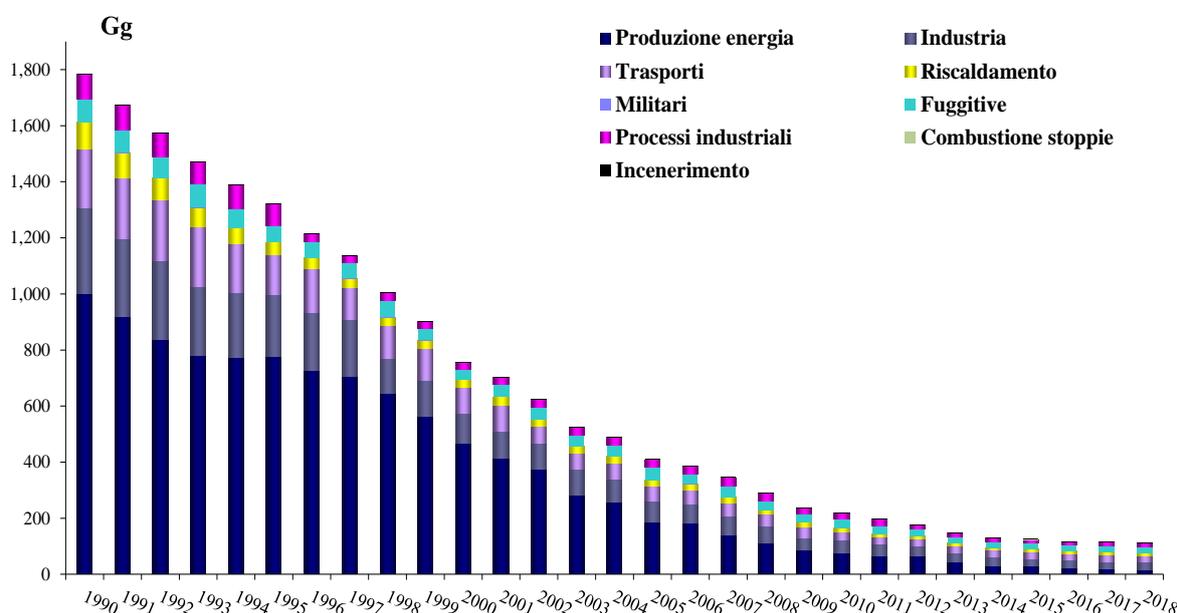


Figura 5-5: andamento delle emissioni di ossidi di zolfo, categorie NFR

Le emissioni di SO_x mostrano un andamento decrescente nel periodo e sono passate da 1.784 Gg nel 1990 a 110 Gg nel 2018. L'obiettivo nazionale delle emissioni di SO_x, fissato dalla Direttiva NEC a 475 Gg per il 2010 (CE, 2001) è stato raggiunto e continua ad essere rispettato. I nuovi obiettivi fissati per il 2020 nell'ambito della Convenzione UNECE / CLRTAP pari al 65% delle emissioni del 2005 da raggiungere entro il 2020 è stato raggiunto. Inoltre, la revisione della direttiva NEC ha fissato un nuovo obiettivo per l'Italia pari al 29% delle emissioni del 2005 nel 2030, anch'esso già raggiunto.

La decrescita nel livello delle emissioni è determinata principalmente dalla riduzione delle emissioni da combustione in energia (-98%) e nell'industria (-91%), che rappresentano nel 2018 circa il 15% e il 24% del totale, rispettivamente. Anche le emissioni derivanti dagli impianti di combustione non industriali e dal trasporto su strada mostrano un forte calo (-87% e -99,7%, rispettivamente), ma queste emissioni rappresentano solo il 9% e lo 0,4% del totale nel 2018. Processi produttivi e altre sorgenti mobili presentano un trend in significativo calo (-81% e -77%, rispettivamente), settori che pesano sul totale per il 27% e 20%. Le emissioni di SO_x stimate dall'agricoltura e dall'uso di solventi e altri prodotti sono trascurabili.

Le figure sottostanti riportano la distribuzione delle emissioni di SOx per settore nel 1990 e nel 2018 nonché la variazione totale settoriale tra il 1990 e il 2018.

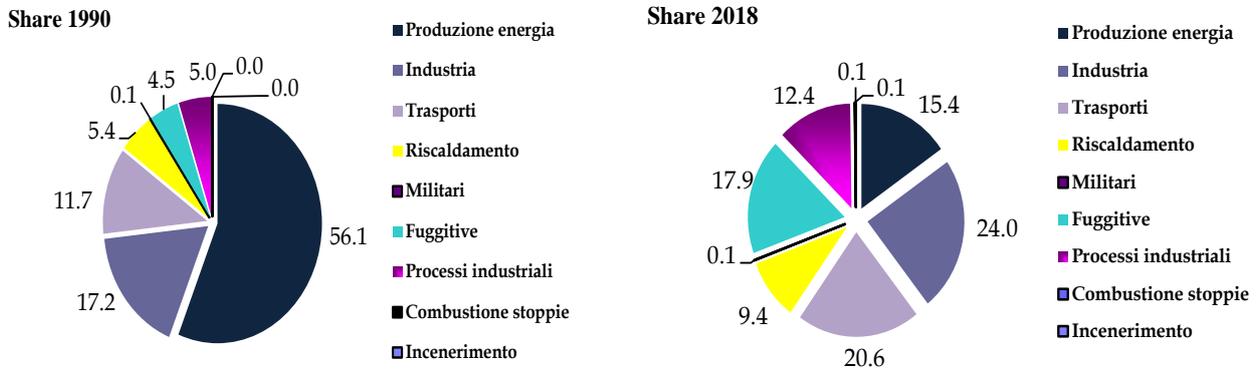


Figura 5-6: Distribuzione delle emissioni di SOx per settore nel 1990 e nel 2018

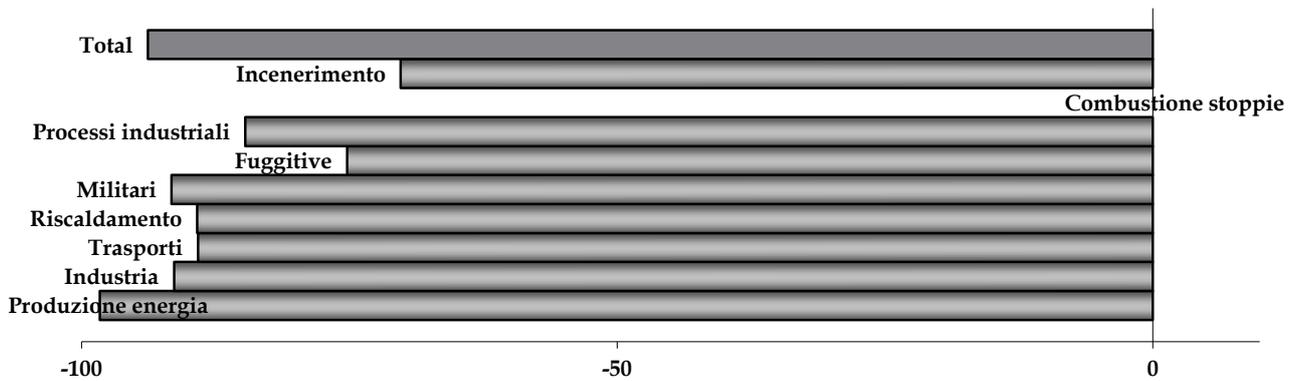


Figura 5-7: variazione percentuale settoriale delle emissioni di SOx tra il 1990 e il 2018

Gli NOx sono tra i principali precursori dell'ozono (O₃) e del PM (Materiale Particolato). Nel grafico sottostante è riportato l'andamento degli ossidi di azoto dal 1990 al 2018. Le emissioni nazionali di ossidi di azoto mostrano un andamento decrescente nel periodo 1990-2018, da 2.123 Gg a 669 Gg.

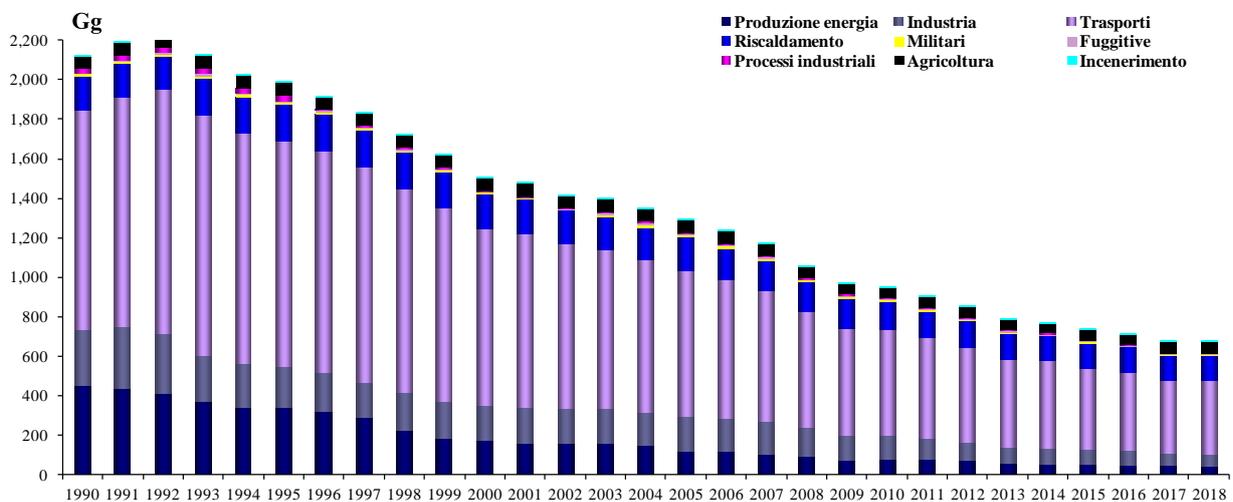


Figura 5-8: andamento delle emissioni di ossidi di azoto, categorie NFR

Le emissioni totali mostrano una riduzione di circa il 68% dal 1990 al 2018, con una marcata diminuzione tra il 1995 e il 2000, soprattutto nei settori del trasporto – specialmente quello su strada - e della produzione di energia. Il valore obiettivo delle emissioni, fissato per il 2010 dalla direttiva NEC sui limiti nazionali di emissione a 990 Gg è stato raggiunto e continua a essere rispettato. Nel 2015, nell'ambito della Convenzione UNECE / CLRTAP è stato fissato un nuovo obiettivo per l'Italia pari al 60% delle emissioni del 2005 da raggiungere entro il 2020 ed è già stato raggiunto. Inoltre, la revisione della direttiva NEC ha fissato un obiettivo per l'Italia pari al 35% delle emissioni del 2005 nel 2030.

La principale fonte di emissioni è il trasporto su strada (circa il 43% nel 2018), che mostra una riduzione del 71% tra il 1990 e il 2018 (trasporti –nei grafici-comprende navi e aerei); le altre sorgenti mobili nel 2018 contribuiscono alle emissioni totali per il 19% e si sono ridotte del 51% dal 1990. La produzione di energia e l'industria mostrano una diminuzione di circa il 91% e il 77%, rispettivamente, con una quota sul totale di circa il 6% e il 9% nel 2018. Tra i settori interessati, l'unico che evidenzia un aumento delle emissioni è rappresentato dal riscaldamento che mostra un aumento del 36%, pari al 13% del totale (nel grafico risulta il 19% poiché è considerato anche Agriculture/Forestry/Fishing).

Le figure sottostanti riportano la distribuzione delle emissioni di NOx per settore nel 1990 e nel 2018 nonché la variazione totale settoriale tra il 1990 e il 2018.

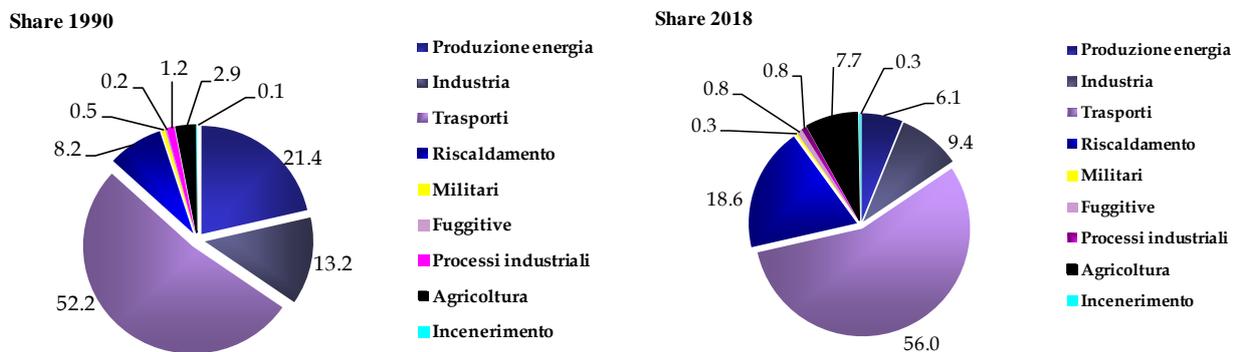


Figura 5-9: Distribuzione delle emissioni di NOx per settore nel 1990 e nel 2018

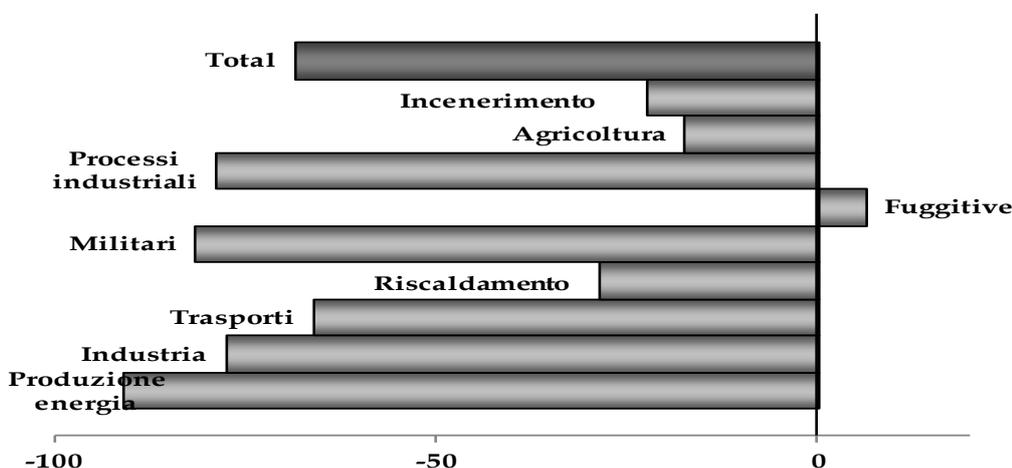


Figura 5-10: Variazione percentuale settoriale tra il 1990 e il 2018

I COVNM sono, insieme agli NO_x, tra i principali precursori dell'ozono (O₃) e del materiale particolato (PM). Nel grafico sottostante è riportato l'andamento dal 1990 al 2018. Al contrario degli NO_x che derivano principalmente da processi di combustione, le principali sorgenti dei COVNM sono costituite da emissioni fuggitive e dall'uso dei solventi anche a livello domestico.

Il trend delle emissioni, descritto nel grafico sottostante, mostra una riduzione di circa il 54% tra il 1990 e il 2018, da 1.965 Gg a 913 Gg.

Gg=1000 tonnellate

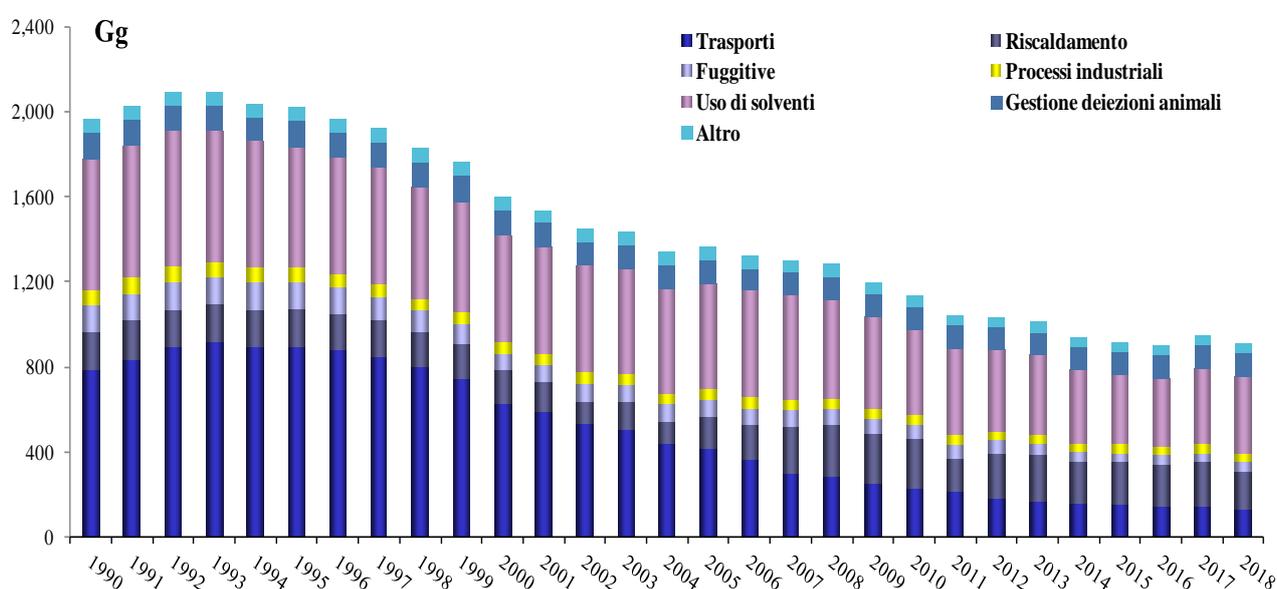


Figura 5-11: Emissioni nazionali di NMVOC dal 1990 al 2018 per settore

Nel quadro della direttiva NEC, è stato raggiunto il valore obiettivo di NMVOC per il 2010 fissato a 1.159 Gg. Il nuovo obiettivo stabilito nel quadro della convenzione UNECE / CLRTAP per il 2020 è pari al 65% del livello di emissioni del 2005. Nella recente revisione della Direttiva NEC sui tetti delle emissioni nazionali è stato fissato un obiettivo per l'Italia pari al 54% delle emissioni del 2005 da raggiungere entro il 2030.

L'uso di solventi è la principale fonte di emissioni, contribuendo al totale con il 39% e mostrando una diminuzione di circa il 41% rispetto al 1990. Le principali riduzioni riguardano il settore dei trasporti (-84%) che rappresentano il 14% del totale (la maggior parte della riduzione dovuta ai trasporti su strada (-85%) con un peso del 12% sul totale) e il settore dell'estrazione e distribuzione di combustibili (indicato per brevità con Fuggitive) (-60%), che rappresentano solo il 4%. Le emissioni provenienti dall'agricoltura diminuiscono di circa il 10% e sono pari al 15% del totale nazionale nel 2018. Le emissioni dalle altre sorgenti mobili, pari al 3% del totale, diminuiscono di circa l'80%. Le emissioni da riscaldamento mostrano il maggiore aumento (71%), pari al 19% del totale nel 2018 (nel grafico a barre grigie risulta il 2% poiché considera anche Agriculture/Forestry/Fishing che invece è in decrescita). Le emissioni derivanti dalla gestione dei rifiuti e dall'industria mostrano una diminuzione rispettivamente di circa il 6% e il 5%, ma entrambe queste fonti rappresentano solo circa l'1%. Le figure sottostanti riportano lo share delle emissioni di COVNM per settore nel 1990 e nel 2018 nonché la variazione totale settoriale tra il 1990 e il 2018.

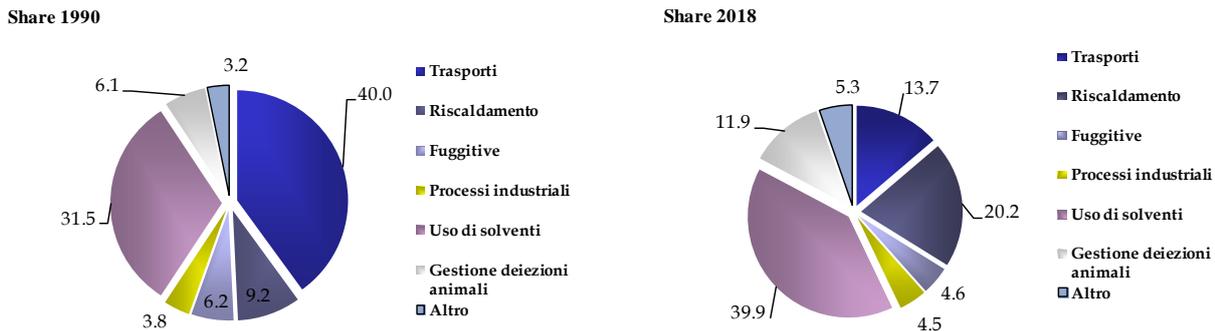


Figura 5-12: Distribuzione delle emissioni di COVNM per settore nel 1990 e nel 2018

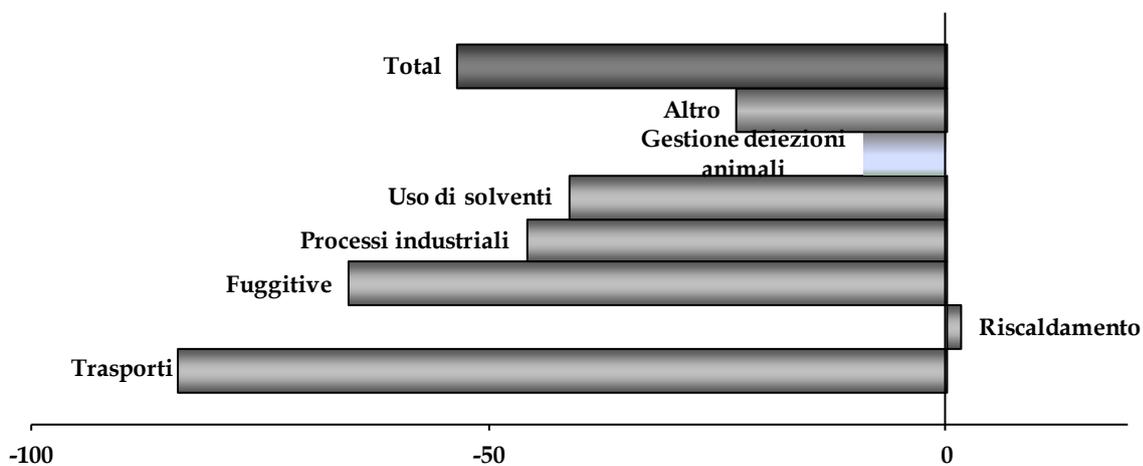


Figura 5-13: Variazione percentuale settoriale delle emissioni di COVNM tra il 1990 e il 2018

Le emissioni di ammoniaca mostrano un leggero calo nel periodo 1990-2018, da 467 Gg a 366 Gg.

Il valore obiettivo delle emissioni al 2010, secondo la direttiva NEC, pari a 419 Gg, è stato già raggiunto. Il nuovo obiettivo stabilito per il 2020, nell'ambito della Convenzione UNECE/ CLRTAP e il relativo protocollo è pari per l'Italia al 95% delle emissioni del 2005, ed è stato anche questo raggiunto. Inoltre, la revisione della direttiva NEC (UE, 2016) ha introdotto un limite pari all'84% delle emissioni del 2005 per il 2030.

Nel 2018 l'agricoltura è la principale fonte di emissioni, con un contributo del 94% sul totale delle emissioni di NH₃; dal 1990 al 2018 le emissioni di questo settore mostrano un calo di circa il 23%.

Le emissioni di ammoniaca del settore agricoltura, pari a 345000 tonnellate di NH₃ nel 2018, abbiamo detto rappresentano più del 90% delle emissioni totali nazionali. L'80% di queste emissioni deriva dagli allevamenti e in particolare dalle categorie bovini, suini ed avicoli e riguardano le fasi di gestione delle deiezioni nei ricoveri, negli stoccaggi e durante le fasi di spandimento al suolo. Il contributo dell'uso dei fertilizzanti sintetici alle emissioni totali del settore è del 15% circa.

La riduzione delle emissioni di ammoniaca dal 1990, nel settore dell'agricoltura, (-23%), è dovuta principalmente alla riduzione del numero dei capi, delle superfici e produzioni agricole, dell'uso dei fertilizzanti sintetici e alla diffusione delle tecniche di riduzioni delle emissioni.

In particolare, le emissioni provenienti dall'agricoltura sono diminuite a causa della riduzione del numero di animali e dell'andamento della produzione agricola e dell'introduzione di tecnologie di abbattimento a seguito dell'attuazione della direttiva Emissioni Industriali, (2008 /1/CE), direttiva IED, ex IPPC (CE, 1996). Negli ultimi anni un'ulteriore riduzione delle emissioni è il risultato dell'attuazione dei programmi di sviluppo rurale dell'UE che offrono incentivi all'introduzione di buone pratiche e all'uso di tecnologie per la mitigazione delle emissioni di gas serra e di ammoniaca.

Le emissioni del trasporto su strada mostrano un forte aumento, ma la quota sul totale è solo dell'1,6%. Le emissioni del trasporto su strada sono aumentate a seguito dell'introduzione del catalizzatore, ma negli ultimi anni si è osservata una riduzione dovuta all'introduzione di limiti più rigorosi nei nuovi veicoli. Le emissioni derivanti dal trattamento e dallo smaltimento dei rifiuti, che rappresentano il 2,5% del totale, mostrano un aumento di circa il 73% a causa dell'aumento delle emissioni di NH₃ dall'uso di biogas negli impianti dovuto agli incentivi per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

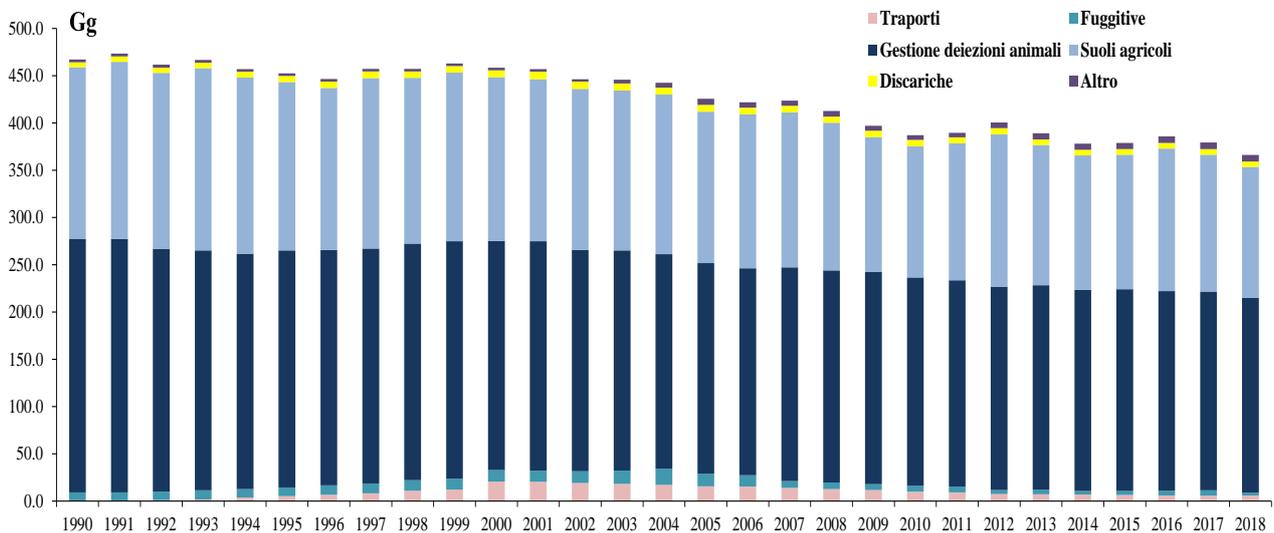


Figura 5-14: emissioni nazionali di ammoniaca, dal 1990 al 2018 per settore

Le figure sottostanti riportano lo share delle emissioni di NH₃ per settore nel 1990 e nel 2018 nonché la variazione totale e settoriale tra il 1990 e il 2018.

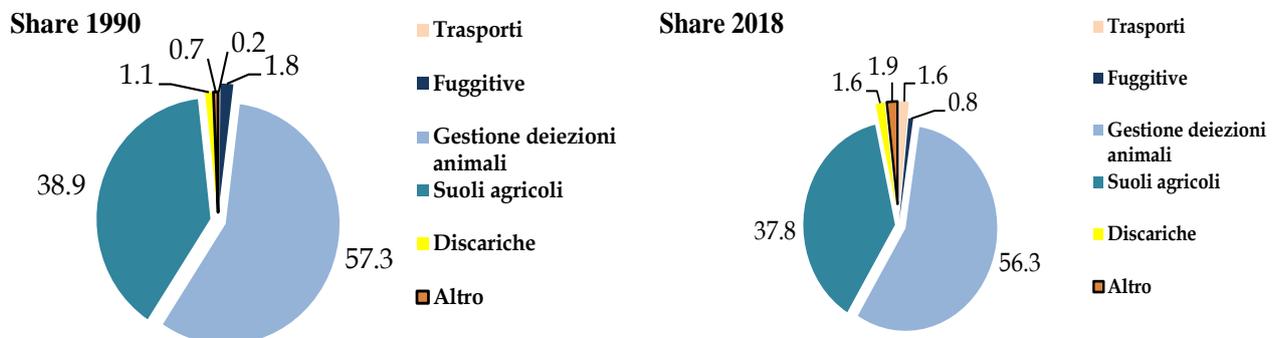


Figura 5-15: Distribuzione delle emissioni di NH₃ per settore nel 1990 e nel 2018

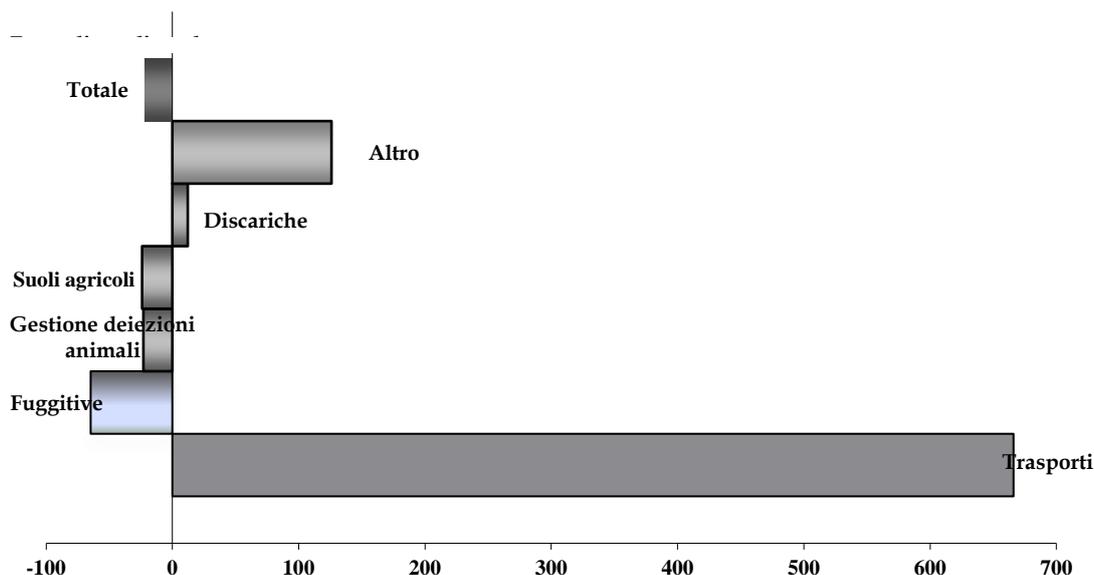


Figura 5-16: variazione percentuale e settoriale delle emissioni di NH3 tra il 1990 e il 2018

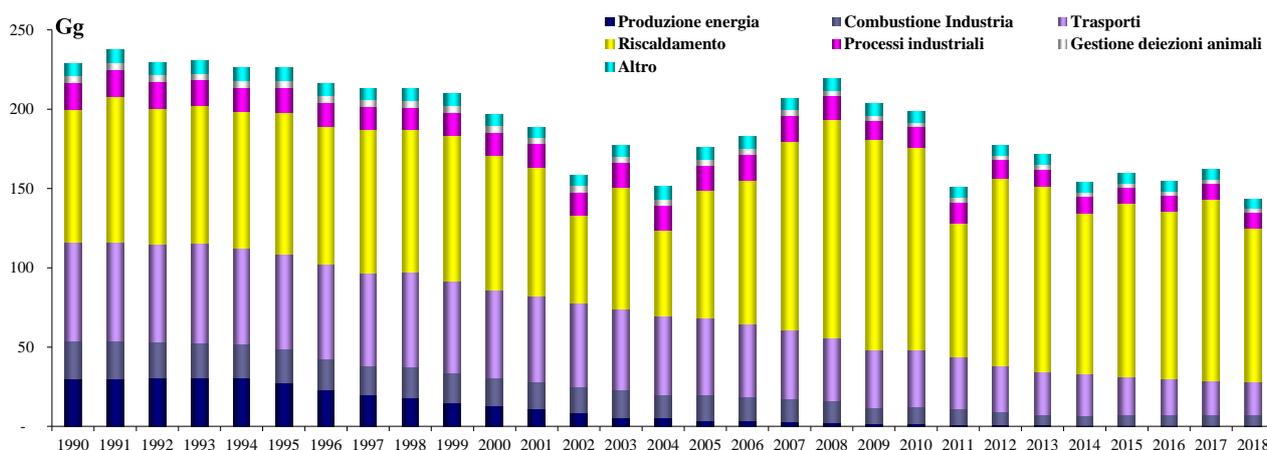


Figura 5-17: andamento delle emissioni di PM2.5, categorie NFR

Le emissioni di PM2.5 diminuiscono dal 1990 al 2018, passando da 229 Gg a 143 Gg.

Nel 2018, nell'ambito della revisione del protocollo Multieffect della Convenzione UNECE / CLRTAP, è stato fissato per l'Italia una riduzione nel 2020 delle proprie emissioni di PM 2,5 del 10% rispetto al 2005 e tale obiettivo è stato già raggiunto. Inoltre, nella direttiva NEC per il 2030 è stato fissato un obiettivo pari al 60% delle emissioni del 2005.

Le emissioni totali mostrano una riduzione globale dal 1990 al 2018 di circa il 37%.

La principale fonte di emissioni è costituita dal riscaldamento (68% nel 2018), che è l'unico settore che aumenta le proprie emissioni, di circa il 15%, a causa dell'aumento della combustione di legna per il riscaldamento residenziale. Il trasporto stradale rappresenta il 11% delle emissioni totali nel 2018 (trasporti –nei grafici–comprende navi e aerei) e diminuisce del 71% a seguito dell'introduzione delle pertinenti direttive europee che controllano e limitano le emissioni di PM dalle automobili.

Nel 2018 le altre sorgenti mobili, pari al 6% del totale, mostrano una riduzione di circa il 72% in considerazione dell'attuazione delle direttive europee in materia di macchinari. Le emissioni della combustione nell'industria rappresentano circa il 5% del totale e diminuiscono di circa il 67%. Le emissioni dei processi industriali, che rappresentano il 7% del totale, nel 2018 diminuiscono di circa il 44% rispetto al 2018. Il calo maggiore (-97%) si osserva nelle emissioni derivanti dalla produzione di energia, il cui contributo alle emissioni totali è quasi irrilevante nel 2018 e inferiore all'1%. Le emissioni derivanti dalla gestione delle deiezioni animali, pari a circa il 2% del totale nel 2018, mostrano una diminuzione del 37%. Le figure sottostanti riportano lo share delle emissioni di PM_{2.5} per settore nel 1990 e nel 2018 nonché la variazione totale e settoriale tra il 1990 e il 2018.

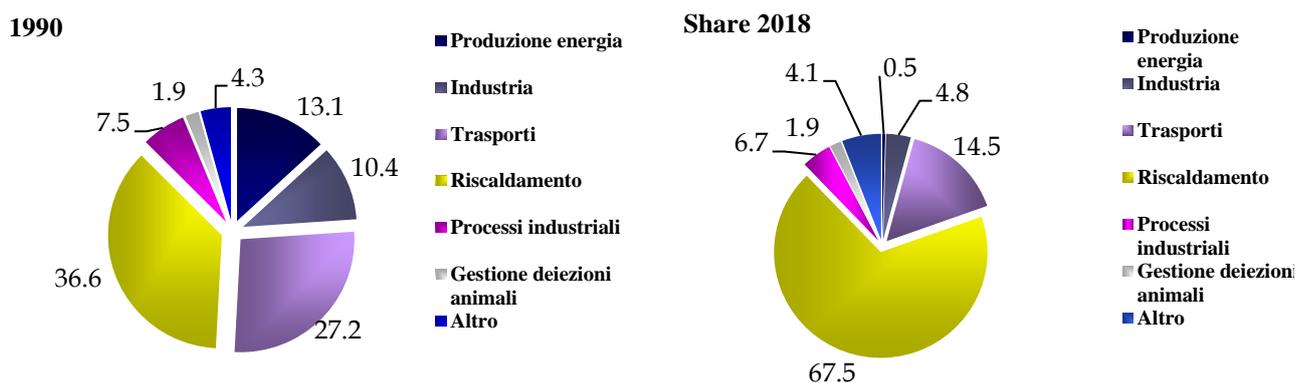


Figura 5-18: Distribuzione delle emissioni di PM_{2.5} per settore nel 1990 e nel 2018

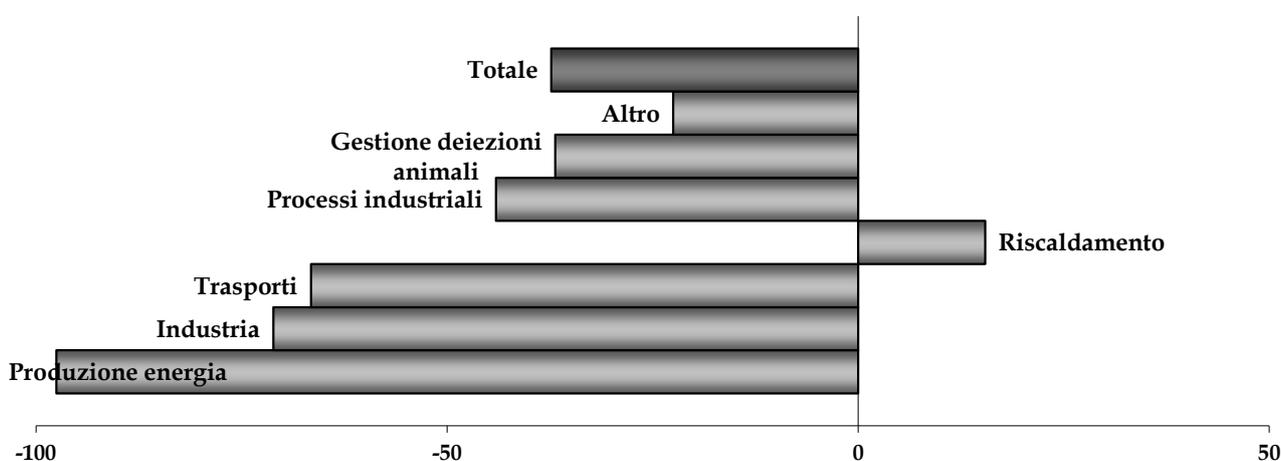


Figura 5-19: variazione percentuale e settoriale delle emissioni di PM_{2,5} tra il 1990 e il 2018

Produzione e trasformazione dell'energia

Il Programma si concentra soprattutto sugli usi finali dell'energia dal momento che i processi di produzione e trasformazione, già a partire dagli anni novanta, hanno ridotto drasticamente il proprio contributo alla produzione di emissioni inquinanti.

Tabella 5-3: Consumi totali di energia per fonti primarie

	Combustibili solidi	Petrolio	Gas	Rinnovabili	Rifiuti non rinnovabili	Energia elettrica*	Totale

Anno	Mtep						
2005	16,47	83,32	70,65	14,11	0,67	4,23	189,45
2006	16,67	82,13	69,19	15,33	0,77	3,87	187,96
2007	16,33	80,00	69,53	16,95	0,83	3,98	187,61
2008	15,80	75,81	69,52	19,71	0,75	3,44	185,03
2009	12,37	70,61	63,90	21,03	0,80	3,87	172,57
2010	13,67	68,41	68,06	21,86	1,04	3,80	176,84
2011	15,33	65,95	63,81	21,03	1,14	3,93	171,19
2012	15,71	58,65	61,36	23,89	1,13	3,71	164,44
2013	13,54	56,34	57,39	26,37	1,14	3,62	158,39
2014	13,06	54,65	50,71	26,51	1,16	3,76	149,85
2015	12,30	56,72	55,30	26,27	1,15	3,99	155,73
2016	10,98	54,83	58,08	26,02	1,18	3,18	154,28
2017	9,34	55,42	61,55	28,82	1,13	3,25	159,51

Fonte: ENEA su dati MSE

* import netto di energia elettrica

Tabella 5-4: Bilancio elettrico Italia 2018

BILANCIO ELETTRICO ITALIA	2017	2018	2018/2017
	TWh		
Produzione lorda	295,83	289,71	-2,1%
- idrica	38,02	50,50	32,8%
- termica	209,48	192,73	-8,0%
- geotermica	6,20	6,10	-1,5%
- eolica	17,74	17,72	-0,1%
- fotovoltaica	24,38	22,65	-7,1%
Consumi dei servizi ausiliari	10,56	9,86	-6,6%
Produzione netta	258,27	279,84	-1,9%
- idrica	37,56	49,93	32,9
- termica	200,31	184,34	-8,0%
- geotermica	5,82	5,76	-1,1%
- eolica	17,56	17,56	0,0%
- fotovoltaica	24,02	22,26	-7,3%
Energia destinata ai pompaggi	2,48	2,31	-6,7%
Produzione destinata al consumo	282,79	277,53	-1,9%
Ricevuta da fornitori esteri	42,89	47,17	10,0%
Ceduta a clienti esteri	5,13	3,27	-36,3%
RICHIESTA	320,55	321,43	0,3%
Perdite di rete	18,67	17,99	-3,6%
in percentuale della richiesta	5,8%	5,6%	
CONSUMI	301,88	303,44	0,5%

Fonte: Terna

Tabella 5-5: Consumi finali di energia per settore economico

Settore	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	ktep										
Agricoltura e pesca	3.177	3.085	3.122	2.940	2.924	2.824	2.785	2.776	2.851	2.871	2.918
Industria	35.908	34.528	28.553	29.015	27.745	26.949	25.354	24.739	24.853	25.089	24.926
Siderurgia	4.700	4.569	3.275	3.651	3.843	4.011	3.560	3.635	3.547	3.681	3.597
Estrattive	181	176	149	151	174	123	116	121	111	122	113
Metalli non ferrosi	947	931	858	843	944	764	639	644	625	655	694
Meccanica	5.226	5.119	4.144	4.394	4.094	3.865	3.721	3.689	3.755	3.828	3.922
Agroalimentare	3.191	3.289	2.995	2.777	2.726	2.677	2.657	2.737	2.708	2.824	2.853
Tessile e abbigliamento	1.908	1.655	1.384	1.340	1.191	1.201	1.167	1.138	1.106	1.099	1.163
Minerali non metalliferi	8.123	8.218	5.943	5.948	5.842	5.396	4.984	4.487	4.971	4.622	4.193
Chimica e petrolchimica	5.674	4.718	4.365	4.242	4.098	4.112	4.137	3.723	3.292	3.506	3.654
Cartaria e grafica	2.837	2.567	2.433	2.412	2.246	2.356	2.020	2.244	2.372	2.314	2.286
Altre manifatturiere	2.915	3.081	2.816	3.054	2.155	2.062	1.992	1.969	2.017	2.083	2.069
Edilizia	205	203	192	203	433	383	361	353	350	355	381
Trasporti	42.315	40.707	39.131	38.566	38.572	36.349	35.701	37.009	36.374	35.815	34.525
Altri settori	47.637	50.756	51.102	52.531	48.277	50.438	50.214	44.324	48.029	47.780	51.242
Residenziale	32.340	33.612	34.041	35.393	32.378	34.348	34.231	29.546	32.494	32.185	32.899
Servizi*	15.182	17.019	16.919	16.979	15.751	15.931	15.847	14.667	15.391	15.440	18.242
altri settori	116	125	141	160	147	159	137	111	143	155	102
Consumi finali	129.036	129.077	121.908	123.053	117.518	116.559	114.054	108.848	112.108	111.555	113.611
Usi non energetici	8.934	8.909	8.488	9.560	9.187	7.880	6.339	7.188	6.605	6.306	7.915
Disponibile per il consumo finale	136.553	136.884	130.822	131.728	125.612	121.870	120.700	113.958	117.629	116.754	121.174

Fonte: MSE, ENEA

*I consumi degli acquedotti sono inseriti nel settore Servizi

Nel 2016 il settore contribuisce a circa lo 0.4% delle emissioni totali di PM_{2,5} e di COVNM, allo 0.04% delle emissioni di NH₃, al 6.3% delle emissioni di NO_x e al 18.8% delle emissioni di SO₂. È importante ricordare che per quest'ultimo inquinante l'obiettivo di riduzione risulta già rispettato nel 2016 e quindi non sarebbero necessarie ulteriori misure.

Le politiche e misure incluse nel presente Programma hanno fondamentalmente lo scopo di garantire la necessaria sinergia con quanto contenuto nella Strategia Energetica Nazionale e nella bozza di Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima trasmessa alla Commissione europea il 28 Dicembre 2018.

Gli indicatori individuati per supportare la stima e il monitoraggio degli effetti ambientali sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 5-6: indicatori emissioni produzione e trasformazione dell'energia

	Nome Indicatore	DPSIR	Periodicità di aggiornamento	Copertura temporale	Copertura spaziale
Produzione e trasformazione dell'energia	Emissioni di NO _x	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di SO ₂	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di PM _{2,5}	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di COVNM	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di CH ₄	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di NH ₃	P	Annuale	1990-2016	
	Emissioni di GHG	P	Annuale	1990-2016	I

Industria manifatturiera e costruzioni

In anni recenti le emissioni di questo settore hanno subito una contrazione considerevole. Le ragioni di tale contrazione sono molteplici, ma i fattori che vanno di sicuro considerati determinanti sono il calo di alcune produzioni dovuto al prolungato periodo di crisi economica, il progressivo efficientamento dei processi, il sempre più massiccio utilizzo di gas metano a discapito di altri combustibili, nonché l'efficacia delle norme ambientali sia di origine comunitaria che nazionali. In effetti, le normative sulla limitazione delle emissioni di inquinanti in atmosfera, attuate sia livello nazionale che locale, spesso hanno correttamente indirizzato l'evoluzione delle tecnologie e dei processi. Tali fattori hanno interagito in modo sinergico negli anni passati e continueranno a farlo anche in futuro. Inoltre in molti casi sono stati raggiunti livelli di *performance* molto elevati anche grazie all'utilizzo delle migliori tecniche disponibili come imposto dalle autorizzazioni integrate ambientali.

Alla luce di tali considerazioni, il Programma nazionale non contiene misure specificatamente volte al contenimento delle emissioni di questo settore. Ad ogni buon conto, nella tabella seguente si riportano alcuni indicatori che si ritengono utili al monitoraggio dell'evoluzione del settore di cui si potrà tenere conto nel caso in cui si dovessero rendere necessari degli interventi di ulteriore riduzione delle emissioni.

Tabella 5-7: indicatori emissioni MANIFATTURIERA E COSTRUZIONI

	Nome Indicatore	DPSIR	Periodicità di aggiornamento	Copertura temporale	Copertura spaziale
Totale settore industria e costruzioni (inclusi i processi non energetici)	Emissioni di SO ₂	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di NO _x	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di PM _{2,5}	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di COVNM	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di CH ₄	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di NH ₃	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di IPA	P	Annuale	1990-2016	I
Minerali non metalliferi	Emissioni di NO _x	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di PM _{2,5}	P	Annuale	1990-2016	I
Industria siderurgica (incluse cokerie)	Emissioni di SO ₂	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di NO _x	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di PM _{2,5}	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di IPA	P	Annuale	1990-2016	I

Terziario e residenziale

Il settore residenziale è stato oggetto da diversi anni di specifiche politiche e misure volte a ridurre i consumi finali di energia soprattutto attraverso il sistema degli sgravi fiscali. Alla luce delle informazioni

ad oggi disponibili, però, rimangono molti margini di miglioramento nel settore, soprattutto se confrontato con quanto accade negli altri Paesi dell'Unione europea.

Inoltre va sottolineato che, negli ultimi dieci – quindici anni, le statistiche nazionali sui consumi energetici, aggiornate anche grazie alle specifiche analisi condotte dall'ISTAT, hanno rilevato un consumo sempre crescente di biomassa solida per il riscaldamento domestico, favorito soprattutto dai bassi costi rispetto ai combustibili di origine non rinnovabile, anche per il più vantaggioso trattamento fiscale (accise nulle e, sul *pellet*, IVA agevolata per molto tempo).

Se da un lato grazie a tale contributo è stato possibile raggiungere l'obiettivo sull'uso delle rinnovabili per riscaldamento e raffrescamento stabilito nel Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili (livello raggiunto nel 2016 circa 20% a fronte di un obiettivo del 17% da raggiungere entro il 2020), l'ampio utilizzo della biomassa comporta tuttavia delle criticità sul piano delle emissioni inquinanti.

Gli apparecchi a biomassa, infatti, soprattutto quelli meno avanzati sul piano tecnologico come camini aperti, stufe e caldaie convenzionali, producono quantità elevate di polveri, composti organici volatili e idrocarburi policiclici aromatici (IPA). È quindi fondamentale porre la massima attenzione alla riduzione dell'inquinamento atmosferico prodotto da tali impianti, garantendo al tempo stesso che l'obiettivo di riduzione delle emissioni di GHG e di incremento del contributo delle fonti rinnovabili non sia disatteso.

L'avanzamento tecnologico, l'aumento dell'efficienza energetica, il ricorso a fonti rinnovabili a scarse o nulle emissioni, anche attraverso il maggior ricorso alle pompe di calore e all'elettrificazione dei consumi finali saranno certamente determinanti.

Per quanto riguarda il terziario, va ricordato che il settore è quello che ha visto la maggior crescita in termini di rilevanza economica. Il prodotto interno lordo italiano è ormai in larga parte determinato dal livello di attività di questo comparto che, conseguentemente, negli ultimi anni ha assunto un'importanza crescente in termini di consumi energetici e di impatti sull'atmosfera, che restano comunque piuttosto limitati grazie alla forte penetrazione del metano nel settore.

Inoltre, secondo le ipotesi sull'andamento macroeconomico che stanno alla base della componente analitica del Programma, il terziario avrà verosimilmente un ruolo crescente anche negli anni a venire. Risulta quindi evidente che la spinta all'innovazione tecnologia e al progressivo efficientamento, determinata anche dagli obiettivi nazionali in materia di clima ed energia, deve necessariamente portare ad una importante riduzione dei consumi energetici e delle emissioni specifiche del settore. Nel futuro anche il ruolo delle fonti rinnovabili, delle pompe di calore e dell'elettrificazione dei consumi finali saranno certamente determinanti.

Nella tabella seguente si riportano gli indicatori ritenuti più idonei a monitorare gli effetti prodotti dalle politiche e misure definite dal Programma.

Tabella 5-8: indicatori emissioni terziario e residenziale

	Nome Indicatore	DPSIR	Periodicità di aggiornamento	Copertura temporale	Copertura spaziale
Totale terziario	Emissioni di NO _x	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di PM _{2,5}	P	Annuale	1990-2016	I
Totale residenziale	Emissioni di NO _x	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di PM _{2,5}	P	Annuale	1990-2016	I

	Emissioni di COVNM	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di IPA	P	Annuale	1990-2016	I
	% Emissioni di PM _{2.5} sul totale nazionale	D/P	Annuale	2005-2016	I

Trasporti

Il settore dei trasporti sta assumendo un peso sempre crescente sia in termini di emissioni di inquinanti che di gas serra. Infatti, sebbene negli anni le emissioni complessive siano andate diminuendo, le riduzioni sono decisamente più modeste di quelle registrate in altri settori. Ciò è stato in parte dovuto al parziale fallimento delle politiche europee in materia di riduzione delle emissioni inquinanti dei veicoli, dove è ormai ampiamente dimostrato quanto sia differente il dato di omologazione corrispondente a determinati *standard* EURO dalle emissioni realmente prodotte su strada. Inoltre negli anni passati le politiche messe in atto in materia di GHG ed efficienza da una parte e di emissioni inquinanti dall'altra non sono sempre state del tutto coerenti.

Le azioni del Programma saranno quindi volte a garantire una riduzione dell'impatto sulla qualità dell'aria, soprattutto in ambito urbano, garantendo al contempo un maggior contributo del settore alla decarbonizzazione del Paese. La spinta verso l'utilizzo di carburanti a minori emissioni in tutti gli ambiti di trasporto, l'elettrificazione del trasporto privato unito ad uno spostamento di quote consistenti di passeggeri e merci su ferro e ad un aumento delle merci trasportate via mare, sono tutti elementi volti al perseguimento congiunto di tali obiettivi.

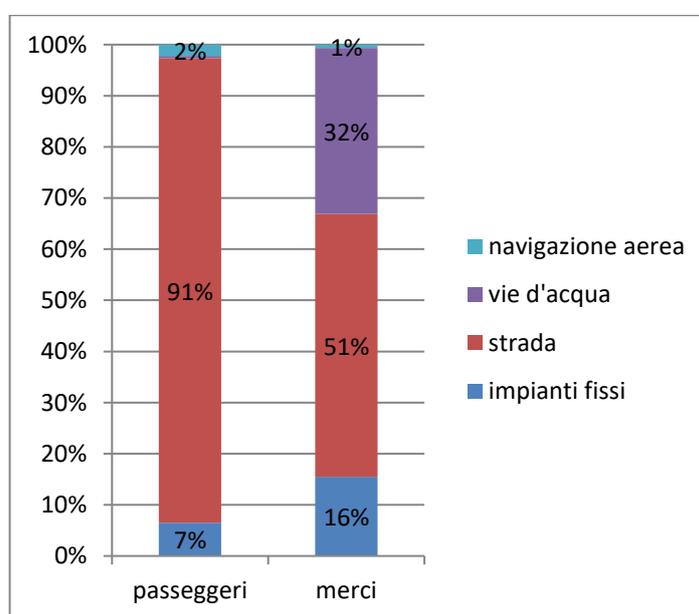


Figura 5-20: Ripartizione percentuale per modo di trasporto del traffico passeggeri e merci nel 2018 -
 FONTE: Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti – MIT

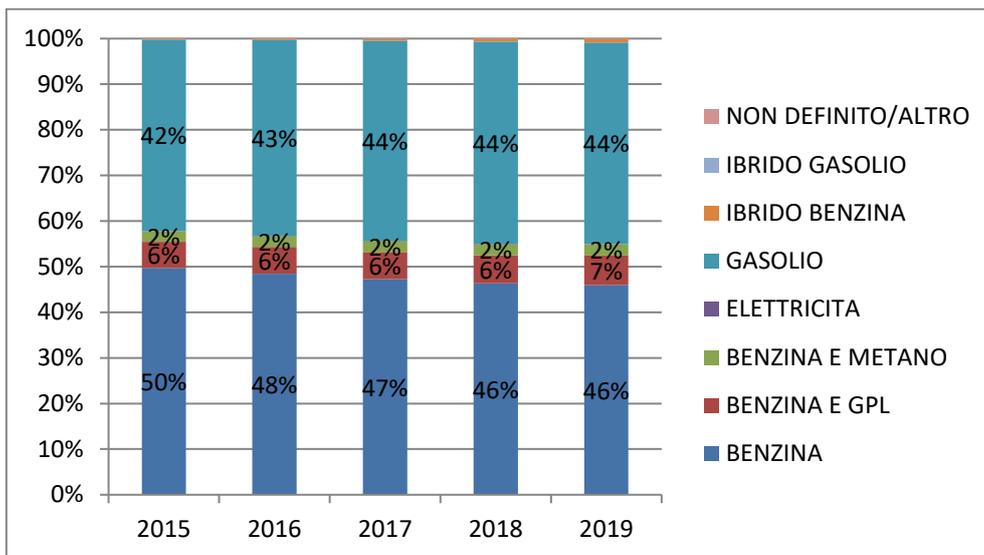


Figura 5-21: Consistenza parco autovetture secondo l'alimentazione - Fonte: A.C.I. – Annuario Statistico 2020

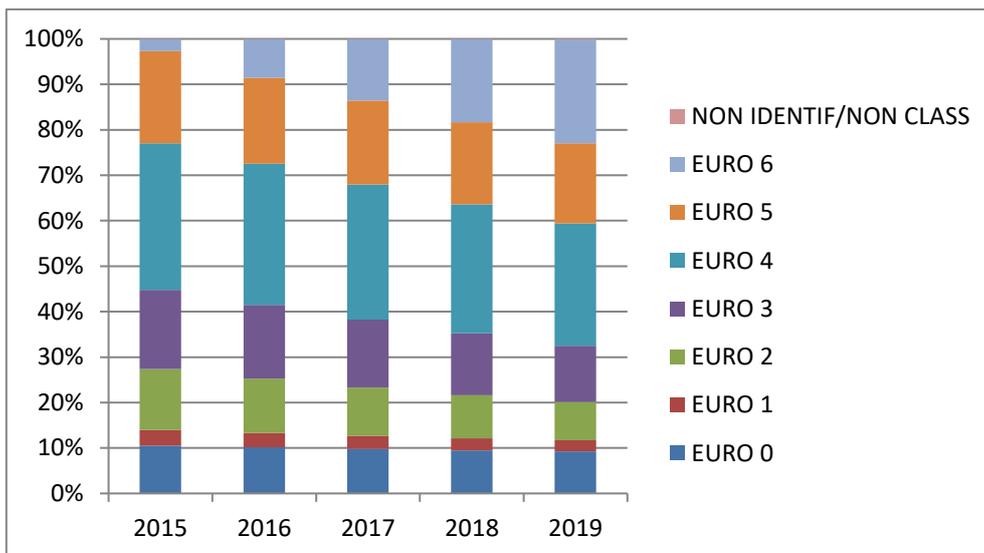
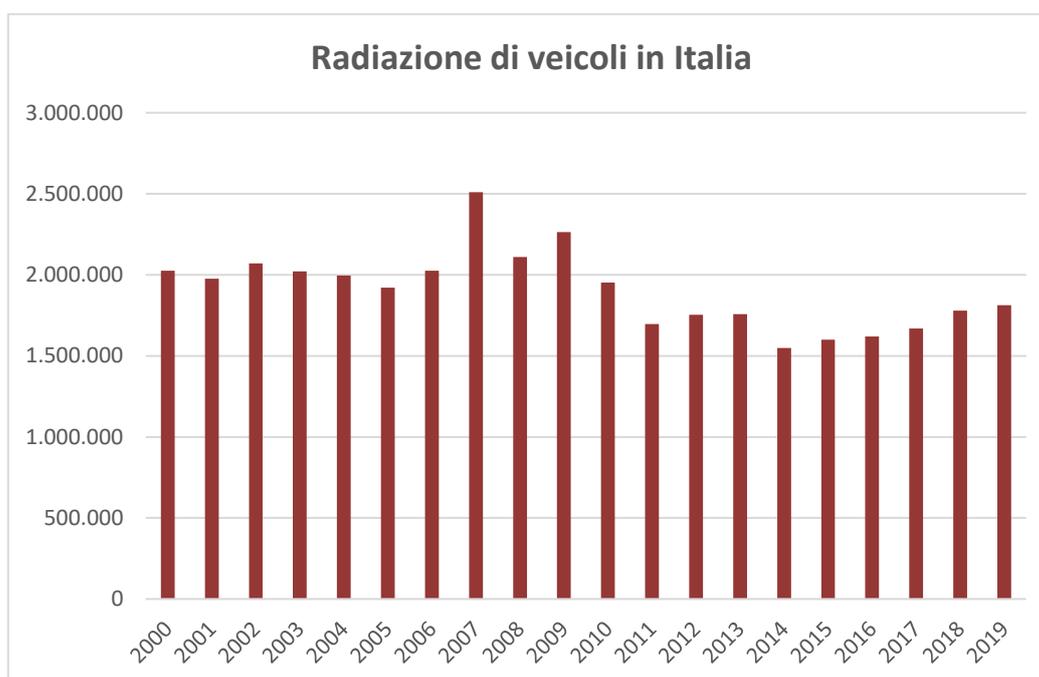


Figura 5-22: Consistenza parco autovetture secondo classe euro - Fonte: A.C.I. - Annuario Statistico 2020



5-23: Andamento delle radiazioni dei veicoli in Italia – Fonte: A.C.I. - Annuario Statistico 2020

Nel 2014 la produzione di rifiuti speciali pericolosi da veicoli fuori uso è stata pari a 1.095.592 tonnellate (il valore di produzione comprende sia i veicoli rientranti nei campi di applicazione della Direttiva 2000/53/CE sia quelli esclusi da tale legislazione (art. 231 del D.Lgs: 152/2006)

La ripartizione geografica è pari a 505.428 tonnellate al Nord (il 46,1%), 221.417 tonnellate al Centro (il 20,2%) e 368.747 tonnellate al Sud (il 36,7%).

Tabella 5-9: indicatori emissioni: trasporti

	Nome Indicatore	DPSIR	Periodicità di aggiornamenti	Copertura temporale	Copertura spaziale
Totale settore Trasporti	Emissioni di NO _x	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di PM _{2.5}	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di COVNM	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di GHG	P	Annuale	1990-2016	I
Trasporto passeggeri strada e ferro	Emissioni di NO _x	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di PM _{2.5}	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di CO ₂ per veicolo-km, parco auto circolante	D/P	Annuale	2005-2016	I
	% passeggeri-km su ferrovia ed autobus sul totale	D	Annuale	2005-2016	I
Trasporto merci su strada	Emissioni di NO _x	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di PM _{2.5}	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di GHG	P	Annuale	1990-2016	I

Trasporto marittimo	Emissioni di NO _x	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di PM _{2.5}	P	Annuale	1990-2016	I
	% di tonnellate-km trasportate in navigazione di cabotaggio	D	Annuale	2005-2016	I

Agricoltura

Il Programma nazionale individua delle misure specifiche per il settore ed incorpora il Codice Agricoltura. Il Programma può avere degli effetti non trascurabili anche su questo settore che è il principale responsabile delle emissioni di ammoniaca, con un impatto non trascurabile sulla qualità dell'aria, soprattutto nel bacino padano. Per altro anche in questo caso è necessario ricordare che, sebbene le emissioni siano nel complesso diminuite, in confronto alle riduzioni rilevate in altri settori il contributo è stato piuttosto modesto. Le azioni del Programma saranno quindi finalizzate a far sì che in questo settore sia perseguita la finalità di ridurre le emissioni di ammoniaca. L'oculata gestione dei reflui degli allevamenti è certamente una delle strade in grado di perseguire tali finalità. Al fine di monitorare i reali effetti del Programma si possono impiegare gli indicatori riportati nella seguente tabella.

Tabella 5-10: indicatori emissioni: agricoltura

	Nome Indicatore	DPSIR	Periodicità di aggiornamento	Copertura temporale	Copertura spaziale
Agricoltura	Emissioni di NH ₃	P	Annuale	1990-2016	I
	Emissioni di CH ₄	P	Annuale	1990-2016	I

Le principali sorgenti emissive di ammoniaca del settore agricoltura sono gli allevamenti e la gestione dei suoli, come riportato nell'*Italian Informative Inventory Report 2020* (ISPRA, 2020[a]⁶). Nel primo caso si considerano le emissioni derivanti dall'azoto escreto, contenuto nelle deiezioni degli animali, e che si generano nei ricoveri degli animali e durante lo stoccaggio delle deiezioni. Per quanto riguarda i suoli agricoli, si considerano le emissioni derivanti dall'applicazione al suolo di azoto contenuto nei fertilizzanti sintetici, quali l'urea per esempio, ed organici, costituiti per lo più dalle deiezioni animali, e in minor misura da altri composti organici, fanghi da depurazione, e deiezioni depositate durante il pascolo.

Secondo le linee guida dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EMEP/EEA, 2019[a])⁷, la stima delle emissioni delle diverse sorgenti è effettuata a partire dai dati di attività, relativi ad indicatori correlati con le quantità

⁶ Nell'*Italian Informative Inventory Report 2020* sono riportate le informazioni sull'inventario nazionale delle emissioni fino all'anno 2018, con la descrizione delle metodologie, delle fonti di dati, delle attività di verifica della qualità delle informazioni e dei processi di controllo dei dati, e con un'analisi delle tendenze delle emissioni e delle categorie emissive principali. Tale rapporto, aggiornato ogni anno, è realizzato dall'ISPRA, che ha la responsabilità della realizzazione e dell'invio dell'inventario delle emissioni nell'ambito della Convenzione quadro della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UNECE) sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza (CLRTAP), nonché della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), ed è responsabile di tutto il processo di realizzazione dell'inventario.

⁷ L'*EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* fornisce una guida per la stima delle emissioni degli inquinanti atmosferici provenienti da fonti sia antropogeniche che naturali ed è adottato dai Paesi per la

emesse, ed opportuni fattori di emissione. La fonte principale dei dati di attività è l'ISTAT, le cui statistiche, relative agli allevamenti (consistenza per tipo di produzione – riproduzione o macellazione - e per età dei capi e dati sulle produzioni zootecniche), all'uso dei fertilizzanti azotati (sintetici ed organici), alle superfici e produzioni agricole, sono ampiamente utilizzate. La metodologia di stima richiede, inoltre, informazioni dettagliate su vari parametri, quali il peso degli animali e la quantità di azoto escreto per categoria animale.

Tali informazioni derivano dai risultati di un progetto interregionale sul bilancio dell'azoto per le principali specie di interesse zootecnico, che ha coinvolto le Regioni Emilia-Romagna, Lombardia, Piemonte e Veneto, dove è più elevata la concentrazione zootecnica. Nel progetto è stata utilizzata la metodologia del bilancio dell'azoto, come suggerito dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in base alla quale la stima dell'azoto escreto e dell'azoto al campo sono ottenute come bilancio degli input e output dell'azoto nell'allevamento, come riportato nel National Inventory Report (ISPRA, 2020[b]).

Nella Tabella 5-11 sono riportati i dati relativi alle consistenze degli allevamenti nazionali, nella Tabella 5-12 i dati del peso unitario e dell'azoto escreto per categoria animale e nella Tabella 5-13 i dati relativi l'azoto contenuto nei fertilizzanti sintetici e i fattori di emissione di ammoniaca per tipologia di fertilizzante.

Tabella 5-11: Numero di capi per categoria animale

Anno	Vacche da latte	Altri bovini	Bufalini	Ovini	Caprini	Equini	Suini*	Avicoli	Altri animali (**)
	Numero capi								
1990	2.641.755	5.110.397	94.500	8.739.253	1.258.962	371.700	6.949.091	173.341.562	15.218.892
1995	2.079.783	5.189.304	148.404	10.667.971	1.372.937	352.622	6.625.890	184.202.416	17.330.587
2000	2.065.000	4.988.000	192.000	11.089.000	1.375.000	313.000	6.828.000	176.722.211	18.103.993
2005	1.842.004	4.409.921	205.093	7.954.167	945.895	308.725	7.484.162	178.430.413	20.704.282
2010	1.746.140	4.086.317	365.086	7.900.016	982.918	419.799	7.588.658	175.912.339	18.082.421
2011	1.754.981	4.142.544	354.402	7.942.641	959.915	424.293	7.602.093	177.876.150	17.709.225
2012	1.857.004	3.885.606	348.861	7.015.729	891.604	455.778	7.254.621	176.599.128	17.630.477
2013	1.862.127	3.984.545	402.659	7.181.828	975.858	457.081	7.111.607	181.307.019	16.718.690
2014	1.830.990	3.925.080	369.349	7.166.020	937.029	457.902	7.269.295	179.763.191	16.610.598
2015	1.826.484	3.954.864	374.458	7.148.534	961.676	455.639	7.266.945	183.077.679	15.940.502
2016	1.821.764	4.108.003	385.121	7.284.874	1.026.263	462.539	7.102.896	191.239.266	15.367.274
2017	1.791.120	4.158.273	400.792	7.215.433	992.177	440.016	7.185.630	186.291.367	14.180.931
2018	1.693.332	4.229.872	401.337	7.179.158	986.255	440.016	7.085.003	179.662.390	12.234.836

(*) Sono esclusi i lattinzoli – suini di peso inferiore a 20 kg; (**) Include i conigli e gli animali da pelliccia

Tabella 5-12: Peso e azoto escreto per categoria animale (2018)

Categoria	Peso	Ricovero	Pascolo	Totale
	kg	kg N capo ⁻¹ a ⁻¹		
Altri bovini	387,8	51,01	1,44	52,45
Vacche da latte	602,7	122,75	6,46	129,22
Bufalini	509,9	58,62	1,75	60,37
Suini da ingrasso	88,1	13,45	-	13,45
Scrofe	172,1	28,53	-	28,53
Ovini	46,9	1,62	14,58	16,20
Caprini	44,8	1,62	14,58	16,20
Cavalli	550,0	20,0	30,0	50,00

comunicazione degli inventari delle emissioni nell'ambito della convenzione UNECE sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza e delle direttive europee sui limiti nazionali di emissione.

Altri equini	300,0	20,0	30,0	50,00
Avicoli	1,9	0,49	-	0,49
Conigli	1,6	1,02	-	1,02
Animali da pelliccia	1,0	4,10	-	4,10

Tabella 5-13: Contenuto di azoto (N) per fertilizzante e relativo fattore di emissione (FE) di ammoniaca

Tipo di fertilizzante	FE	Contenuto di azoto (t N /anno)								
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Solfato di ammonio	8%	50.762	61.059	36.698	27.855	32.568	16.986	18.064	16.174	16.624
Calcio cianammide	1%	3.310	507	3.003	2.357	4.958	3.046	2.803	2.958	2.696
Nitrato (*)	1%	157.221	189.907	164.134	167.872	72.833	91.357	79.753	79.717	88.281
Urea	13%	291.581	321.196	329.496	317.814	209.829	266.154	321.594	261.767	241.209
Altro azoto nitrico	1%	-	-	3.204	5.219	3.332	1.189	1.513	1.001	1.221
Altro azoto ammoniacale	1%	-	-	6.278	18.069	12.412	7.035	8.423	6.868	7.460
Altri azotati ammidici	13%	-	-	6.988	17.420	15.366	11.796	18.246	19.944	17.982
Fosfati azotati	6%	112.237	99.468	77.916	69.758	45.837	35.054	33.240	42.937	35.555
Potassio azotato	2%	3.937	2.876	5.291	12.289	15.955	9.077	13.361	10.503	10.751
Concimi NPK	6%	138.018	101.528	113.897	106.384	64.462	50.174	49.829	47.416	45.749
Organico minerali	1%	444	20.960	38.688	34.809	19.085	25.986	20.385	33.555	27.477
Totale		757.509	797.500	785.593	779.846	496.637	517.854	567.211	522.840	495.005

(*) include nitrato di ammonio < 27% e nitrato di ammonio > 27% e nitrato di calcio

I fattori di emissione degli allevamenti sono basati su misure nazionali e su dati di letteratura internazionale, adattati al caso nazionale. Le variazioni negli anni dei valori dipendono dalle modifiche delle pratiche agricole volte alla riduzione delle emissioni e al benessere degli animali, e riguardano le modalità di stabulazione, stoccaggio e spandimento dei reflui, rilevate attraverso studi nazionali e dati statistici. I fattori di emissione dei suoli agricoli derivano dalle linee guida dell'EMEP/EEA.

Effetti delle pratiche agricole sulle acque; Direttiva Nitrati n.676/1991/CEE

Le attività agricole possono provocare uno squilibrio nell'ambiente, come ad esempio l'uso eccessivo di fertilizzanti azotati, lo spargimento sui suoli agricoli di fanghi di depurazione possono causare l'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee, e la loro eutrofizzazione, dovuta all'incremento del carico di nutrienti.

La Direttiva 91/676/CEE (Direttiva Nitrati), del 12 dicembre 1991, mira a proteggere la qualità delle acque in Europa prevenendo l'inquinamento delle acque sotterranee e superficiali provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole e favorendo l'uso di corrette pratiche agricole. Inoltre, introduce misure specifiche per l'applicazione al terreno dei fertilizzanti azotati, con limiti per ettaro nella distribuzione degli effluenti di allevamento e nella concentrazione dei nitrati nelle acque.

I principali adempimenti connessi con la Direttiva Nitrati sono:

- il monitoraggio delle acque (concentrazione dei nitrati),
- l'individuazione delle acque inquinate o a rischio di inquinamento,
- la designazione delle Zone Vulnerabili ai Nitrati (ZVN), aree dove le caratteristiche ambientali (tipologia di suolo, condizioni meteorologiche, gestione del territorio) e la pressione agricola, in particolare la zootecnia, possono determinare condizioni di rischio per gli acquiferi,
- l'elaborazione di Codici di Buona Pratica Agricola e Programmi di Azione (PdA), che comprendono una serie di misure volte a prevenire e a ridurre l'inquinamento causato, direttamente ed indirettamente, dai nitrati (periodi in cui è proibita l'applicazione di fertilizzanti, capacità minima richiesta di stoccaggio degli effluenti di allevamento, misure volte a controllare l'applicazione dei fertilizzanti sui terreni adiacenti ai corpi idrici o sui terreni in forte pendenza, al fine di ridurre il rischio di contaminazione delle acque).

Agricoltura nelle Aree Protette

In Italia le aree protette istituite sono di diversa tipologia e soprattutto la loro designazione deriva da una diversa tipologia di normative definite a livello internazionale, europeo, nazionale e regionale.

Nel complesso, il sistema delle Aree Protette nazionali e regionali, insieme alla rete Natura 2000, copre attualmente un'estensione di circa 9.474.343 ettari, interessando il 21% della superficie terrestre nazionale e il 19,1% della superficie marina nazionale, attestandosi, in tal modo, largamente al di sopra delle percentuali richieste dall'Aichi *Target* 11.

Le aziende agricole italiane che hanno sede legale in un Comune ricadente in aree Natura 2000 sono 214.535 e corrispondono al 12,8% delle aziende agricole censite dall'ISTAT nel 2010 (Le aziende agricole presenti nelle aree Natura 2000 a livello nazionale sono il 15% rispetto alle aziende agricole totali censite nell'indagine ISTAT SPA 2013, nelle regioni del Nord Italia sono il 12%, nel centro il 22%, al Sud il 13% e nelle Isole il 15%).

Il 15,2 % di queste aziende ha sede legale in Puglia, il 13,3% in Sicilia, il 12% in Campania e l'8,5% nel Lazio. La superficie agricola totale (SAT) di queste aziende all'interno di siti Natura 2000 è di 2.731.829 ha mentre la Superficie Agricola Utilizzata (SAU) è di 1.567.808 ha (La superficie SAT delle aziende all'interno delle aree Natura 2000 corrispondono al 16% della superficie SAT derivata dall'indagine SPA 2013, mentre la SAU è il 13% a livello nazionale).

La Sicilia ha la maggior SAT di aziende agricole all'interno delle aree Natura 2000, con quasi 263.000 ha, ed una SAU di oltre 191.000 ha, con una superficie aziendale media di 6,7 ha; il Lazio, anche se ha un minor numero di aziende, ha una SAT aziendale di oltre 260.500 ha ed una SAU di oltre 126.000 ha, con una superficie aziendale media di 6,9 ha. La terza Regione con una SAT significativa all'interno dei siti Natura 2000 è la Sardegna con una SAT di oltre 260.400 ha ed una SAU di oltre 187.000 ha, con una superficie aziendale media di 20 ha. La Puglia, pur avendo il maggior numero di aziende, ha una SAT aziendale di oltre 253.000 ha, una SAU di quasi 217.000 ha ed una superficie aziendale media di 6,6 ha (Figura seguente).

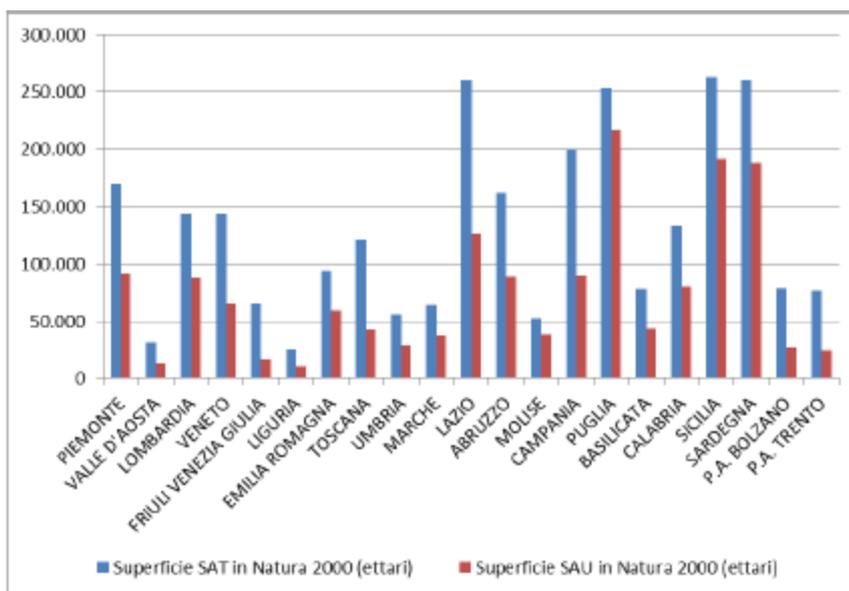


Figura 5-24: Superfici SAT e SAU all'interno delle aree Natura 2000 suddivise per Regioni Fonte: Elaborazioni della Rete Rurale Nazionale - Progetto CREA 23.1 Biodiversità, Natura 2000 e aree protette su dati SIN-AGEA 2018

Analizzando i dati delle aziende agricole che hanno almeno una particella ricadente nelle aree Natura 2000 si può notare che il 24,7% delle aziende hanno una dimensione aziendale piccola, inferiore ad 1 ettaro, il 23% tra 1 e 3 ettari, quasi il 19% tra 5 e 15 ha, il 14,2% hanno una dimensione aziendale grande, superiore ai 30 ettari ed il 10% delle aziende ha una dimensione tra i 3 ed i 5 ettari. Tra le aziende con SAU inferiore ad 1 ettaro, il 16,2% si trovano in Campania, il 16% in Puglia ed il 13,9% in Sicilia; mentre tra le aziende più grandi con SAU superiore ai 30 ettari, il 13,7% si trovano in Sicilia, il 13,3% in Sardegna ed il 12% in Puglia.

All'interno delle aree Natura 2000 la tipologia di uso del suolo con la maggior superficie è rappresentato dal bosco (32%), seguito dal pascolo magro (24%) e dalle aree seminabili (20%). I prati permanenti (aree a foraggiere non seminabili) sono presenti per il 9%, seguite dalle aree non coltivabili (7%) e dalle aree con coltivazioni arboree permanenti (5%) che comprendono anche olivi e viti e altri frutteti. Le aree ad acque sono il 2% del totale e si trovano ubicate soprattutto in Veneto (34,2%), nella Provincia Autonoma di Bolzano (18,1%) ed in Emilia Romagna (11,6%). L'uso del suolo bosco è presente quasi per il 35% nelle Regioni del Centro Italia, per il 26,3% al Sud e al 26% al Nord; l'11,7% in Campania, seguita dal Lazio (11,5%) e fanalino di coda in Valle d'Aosta (0,2%). Il pascolo magro è maggiormente presente nelle Isole (32,1%), seguito dalle regioni del Sud (25,4%). Le Regioni con il maggior numero di superfici di pascolo magro all'interno dei siti della rete Natura 2000 sono la Sardegna e la Sicilia con il 17% ed il 15% rispettivamente e la Puglia con il 9,6%. Le aree seminabili occupano nelle aree Natura 2000 il 20% della SAU. Entrando più in dettaglio esse si trovano per il 37% nelle regioni del Sud, maggiormente in Puglia (21%), il 26% nelle regioni del Nord, in particolare in Emilia Romagna (10%) ed il 19% nelle Isole, nello specifico in Sardegna (9,9%). I prati permanenti (o foraggiere non seminabili) occupano nelle aree Natura 2000 il 9% della SAU. Entrando più in dettaglio esse si trovano per il 35% nelle regioni del Centro, maggiormente in Abruzzo (17%), il 30% nelle regioni del Nord, in particolare in Piemonte (8%) ed il 18% nelle Isole, nello specifico in Sicilia (9,2%). Le varie tipologie di coltivazioni arboree permanenti che vengono

considerate in questo studio sono evidenziate in Tabella 1. Le coltivazioni arboree sono presenti a livello nazionale nei siti Natura 2000 per il 5% della SAU totale. La coltura più rappresentativa è l'olivo (38%), seguita dalle piante arboree specializzate (30%) e dalla vite (12%).

Tabella 5-14: Superfici delle colture arboree considerate nelle aree Natura 2000 e loro percentuale rispetto al totale della classe "coltivazione arborea"

Coltura	Superficie in Aree Natura 2000 (ha)	Superficie in Aree Natura 2000 (%)
Vite	16.326,84	11,97
Olivo	51.855,71	38,02
Agrumi	2.797,46	2,05
Alberi da frutta	190,78	0,14
Frutta a guscio generica	1.330,84	0,98
Carrubo	98,28	0,07
Castagno	3925,1	2,88
Mandorlo	1.853,32	1,36
Nocciolo	3.193,68	2,34
Noce	196,12	0,14
Pistacchio	150,02	0,11
Piante arboree specializzate	41.401,29	30,36
Arboreto consociabile	8.614,02	6,32
Coltivazione arborea a ciclo breve (max 20 anni)	202,69	0,15

Fonte: Elaborazioni della Rete Rurale Nazionale - Progetto CREA 23.1 Biodiversità, Natura 2000 e aree protette su dati SIN-AGEA 2018

Per quanto riguarda i Parchi Nazionali la superficie destinata ad uso agricolo è pari a 7.524 km² (Elaborazione Unioncamere - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare su dati Istat, 2011), ovvero il 50,9% della superficie dei Parchi Nazionali è utilizzata a scopi agricoli (in Italia tale quota è del 56,5%). I 3 Parchi Nazionali (PN) a maggiore presenza di superficie agricola sono PN Abruzzo, Lazio e Molise (81,5%), PN Alta Murgia (75,7%), PN Gargano (66,1%). Le principali specializzazioni agricole dei PN sono: Cereali (Asinara, Alta Murgia, Gargano); Prati e Pascoli (Arcipelago di La Maddalena, Aspromonte, Gran Paradiso); Boschi (Appennino Tosco-Emiliano, Val Grande, Abruzzo, Lazio e Molise); Vite (Vesuvio, Cinque Terre, Arcipelago Toscano, Pantelleria); Olivo (Alta Murgia, Gargano, Cilento, Vallo di Diano e Alburni); Frutta (Vesuvio, Alta Murgia, Appennino); Patate (Sila, Circeo, Dolomiti Bellunesi); in Italia invece le maggiori specializzazioni sono prati e pascoli, boschi e cereali.

Alla luce dello stato dell'agricoltura nelle Aree Protette l'implementazione del "Codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole per il controllo delle emissioni di ammoniaca" deve essere coerente con quelli che sono gli obiettivi della normativa di riferimento per l'istituzione delle diverse tipologie di aree protette, ovvero: "conservazione di specie animali o vegetali, di associazioni vegetali o forestali, di singolarità geologiche, di formazioni paleontologiche, di comunità biologiche, di biotopi, di valori scenici e panoramici, di processi naturali, di equilibri idraulici e idrogeologici, di equilibri ecologici" (Legge quadro sulle Aree protette 394/1991) e in generale la conservazione delle risorse naturali e della biodiversità e dei servizi ecosistemici che essa supporta".

Le buone pratiche agricole devono essere attuate nel rispetto di quanto riportato nei Piani di Gestione delle aree protette istituite in base alla L. 394/91 e nelle leggi di recepimento regionali e delle loro Norme tecniche di attuazione nonché nelle misure di conservazione e/o nei Piani di gestione dei Siti Natura 2000; è necessario inoltre tener conto delle misure previste e finanziate dai Piani di sviluppo Rurale regionali (PSR) per il periodo 2014-2020 e del Piano strategico nazionale per la nuova programmazione della PAC post 2020.

In generale i seguenti articoli della L. 394/91, prevedono vincoli relativi all'uso di terreni o per la realizzazione di opere che possono compromettere la salvaguardia del paesaggio e degli ambienti naturali tutelati con particolare riguardo alla flora e alla fauna protette e ai rispettivi habitat:

art. 6 "Misure di salvaguardia" che, al comma 3, vieta *"...qualsiasi mutamento dell'utilizzazione dei terreni con destinazione diversa da quella agricola e quant'altro possa incidere sulla morfologia del territorio, sugli equilibri ecologici, idraulici ed idrogeotermici e sulle finalità istitutive dell'area protetta.."*

art. 11 "Regolamento del Parco" che disciplina le attività consentite entro il territorio protetto, che al comma 3, specifica che *"...nei parchi sono vietate le attività e le opere che possono compromettere la salvaguardia del paesaggio e degli ambienti naturali tutelati con particolare riguardo alla flora e alla fauna protette e ai rispettivi habitat. In particolare, sono vietate.... c) la modificazione del regime delle acque;l'introduzione e l'impiego di qualsiasi mezzo di distruzione o di alterazione dei cicli biogeochimici..."*.

Per quanto riguarda i Siti Natura 2000 (SIC-ZSC e ZPS), non vi sono particolari vincoli alla realizzazione di opere o attività ma, in base all'art. 6 della Direttiva Habitat e all'art. 5 del Regolamento Habitat, vanno effettuate le Valutazioni di Impatto Ambientale, in caso si tratti di interventi ai quali si applica tale procedura (c. 5), e la Valutazione di Incidenza ai fini di accertare che tali interventi non pregiudichino l'integrità dei siti (c. 6).

In merito ai PSR 2014-2020 tra le priorità si segnala quella relativa a *"preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi dipendenti dall'agricoltura e dalla silvicoltura"* mentre per la nuova PAC si evidenzia l'obiettivo *"salvaguardare il paesaggio e la biodiversità"*.

Qualità dell'aria

La legislazione in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria

Il monitoraggio della qualità dell'aria è realizzato principalmente attraverso stazioni di misura puntuali che costituiscono reti e che idealmente dovrebbero disporre di un numero di rilevatori costante, essere basate su criteri di progetto e di classificazione omogenei e fornire una copertura temporale dei dati completa.

Le specie con un tempo di permanenza in atmosfera lungo mostrano una forte uniformità spaziale su larga scala e, per la valutazione della qualità dell'aria, possono essere seguite con un numero relativamente basso di siti di campionamento; le specie con un tempo di vita in atmosfera breve hanno invece una notevole variabilità nel tempo e nello spazio che per essere descritte necessitano di un adeguato numero di punti di misura opportunamente posizionati.

In Italia il monitoraggio in continuo della qualità dell'aria è iniziato tra la fine degli anni sessanta e i primi anni settanta, limitatamente ad alcune città e pochi punti di misura, quasi in contemporanea all'emanazione della Legge del 13 luglio 1966, n. 615 (provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico).

In questo periodo le zone principalmente oggetto di monitoraggio erano rappresentate dai centri storici delle grandi aree urbane, congestionate dai crescenti flussi di traffico; e in alcuni casi le città sedi di importanti insediamenti industriali o porti.

I primi metodi standard di misura compaiono però, in modo organico, per la prima volta con il DPCM del 28 marzo 1983, poi modificato con DPR 203/88, e i criteri per la progettazione di reti di rilevamento ancora più tardi (DM 20 maggio 1991). Da allora è prevista la determinazione della concentrazione di massa del materiale particolato aerodisperso totale, PTS (ossia raccolto senza prevedere una selezione dimensionale) e dei principali inquinanti gassosi (SO₂, CO, NO₂, O₃) attraverso il monitoraggio in siti fissi.

Lo sviluppo effettivo delle reti, limitatamente alle città con più di 250.000 abitanti individuate dal DM 25 novembre 1994, risale ai primi anni '90.

Nel 1994 sono stati introdotti in Italia criteri e metodi per il monitoraggio della frazione toracica del materiale particolato PM₁₀, del benzene e IPA limitatamente al B(a)P nelle aree urbane con più di 150.000 abitanti.

Con la direttiva quadro sulla qualità dell'aria (96/62/CE), recepita in Italia nel 1999 (D.Lgs. 351/1999), sono stati introdotti criteri e metodi comuni sul territorio dell'Unione Europea in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, con la finalità di stabilire obiettivi per evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute e per l'ambiente nel suo complesso, mantenendo la qualità dell'aria laddove era buona e migliorandola negli altri casi fino a raggiungere gli obiettivi previsti in un tempo stabilito.

Con le Direttive 1999/30/CE, 2000/69/CE 2002/3/CE rispettivamente prima, seconda e terza direttive "figlie" recepite con il DM 60/2002 e il D.Lgs. 183/2004 sono stati definiti per SO₂, NO₂, PM₁₀, Pb, C₆H₆, CO, e O₃ criteri e metodi per il monitoraggio e la valutazione della qualità dell'aria.

Nel 2007 le attività di valutazione e gestione della qualità dell'aria sono state estese ad alcuni componenti del particolato ad alta rilevanza tossicologica: l'arsenico (As), il nichel (Ni), il cadmio (Cd) e il mercurio (Hg), oltre agli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), già oggetto di una specifica normativa nazionale dal 1994 (DM 25/11/1994). Il decreto n.152 del 3 agosto 2007 (recepimento della direttiva 2004/107/CE) concernente l'arsenico, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente introduce criteri e disposizioni che si estendono agli altri inquinanti, oltre ad aggiornare ed estendere le disposizioni già vigenti per gli IPA. Fino all'entrata in vigore di questa direttiva il piombo era l'unico elemento oggetto di monitoraggio nell'ordinamento europeo (Direttiva 1999/30/CE, DM 60/2002).

Trascorsi quasi dieci anni dall'emanazione della prima direttiva figlia, è stata emanata una nuova direttiva, la 2008/50/CE, che ha aggiornato, unificato e integrato le precedenti (ad eccezione della 2004/107/CE).

La direttiva 2008/50/CE è stata recepita in Italia con il D.Lgs. 13 agosto 2010 n.155. Il decreto individua valori limite, valori obiettivo, soglie di allarme e di informazione e incorpora quanto previsto dal decreto 152 del 3 agosto 2007.

In particolare il nuovo dettato normativo ha introdotto criteri e metodi per il monitoraggio della frazione respirabile del particolato, il PM_{2,5}. Per quest'ultimo, fino all'emanazione della nuova Direttiva, era stato solo raccomandato il monitoraggio e la trasmissione dei dati eventualmente raccolti; dal 2005 è disponibile un metodo di riferimento.

È individuato per il PM_{2,5} un Indicatore di Esposizione Media, IEM; si tratta di un livello medio da determinare sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo ubicate in siti fissi di campionamento urbani presso l'intero territorio nazionale e che riflette l'esposizione della popolazione.

A tal fine è stato individuato (DM 13 MARZO 2013) un set di stazioni di fondo urbano tra quelle collocate negli agglomerati e nelle aree urbane con più 100.000 abitanti, assumendo che l'esposizione della popolazione sia ben rappresentata dalle concentrazioni rilevate in questo tipo di stazioni, in numero sufficiente e distribuite omogeneamente sul territorio in modo da rappresentare adeguatamente l'esposizione media della popolazione (o almeno di una larga parte di essa). L'IEM per il 2010 è calcolato dalla media delle medie annuali rilevate nel set di stazioni individuato nel triennio 2009 - 2011. Sulla base dei valori dell'IEM calcolati per il 2010, lo stato membro dovrà perseguire, attraverso misure atte a ridurre l'emissione del particolato e dei suoi precursori, un obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione e garantire comunque che, entro il 2015, l'IEM scenda al di sotto dei 20 µg/m³ (definito obbligo di concentrazione dell'esposizione).

Per gli inquinanti citati escluso l'ozono, la normativa definisce dei valori soglia, inferiori ai valori limite e distinti in soglia di valutazione superiore (SVS) e soglia di valutazione inferiore (SVI). La loro finalità è quella di regolare, in relazione ai livelli di inquinamento, l'impiego e l'integrazione di tecniche di valutazione della qualità dell'aria diverse dalla misura analitica, come la modellizzazione o le tecniche di stima obiettiva, con le misure nelle stazioni di monitoraggio. In relazione alla classificazione delle zone rispetto alle soglie sono previste azioni finalizzate al risanamento della qualità dell'aria, formalizzate in piani e programmi messi a punto dalle Regioni e coerenti con il programma nazionale di riduzione delle emissioni (ex D.Lgs 171/2004). La normativa affida il compito della valutazione e gestione della qualità dell'aria alle regioni e province autonome e, nell'ambito delle azioni volte alla verifica e alla pubblicità dell'informazione sulla qualità dell'aria, prevede la comunicazione annuale di informazioni per la valutazione della qualità dell'aria dal livello locale a quello nazionale e a quello europeo (Decisione 2004/461/CE; Decisione 2011/850/CE).

Le reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia

Una rete di monitoraggio della qualità dell'aria è l'insieme di punti di misura dislocati in un determinato territorio seguendo criteri e metodi definiti. Questi sono stabiliti in Europa dalla direttiva 2008/50/CE e dalla direttiva 2004/107/CE, entrambe recepite nell'ordinamento nazionale dal D.Lgs 155/2010 e SMI.

Le reti di monitoraggio sono il principale strumento per la *valutazione della qualità dell'aria*, formula con cui possiamo intendere l'insieme delle attività che hanno come obiettivo verificare se sul territorio di uno stato siano rispettati i valori limite e raggiunti gli obiettivi stabiliti al fine di prevenire, eliminare o ridurre gli effetti avversi per la salute umana e per l'ecosistema dell'inquinamento atmosferico.

Le misure in siti fissi, realizzate seguendo metodi di riferimento o equivalenti, permettono di ridurre al minimo l'incertezza di ogni singola determinazione, e quindi di ottenere un'informazione caratterizzata dalla massima accuratezza possibile, sia pure di limitata rappresentatività spaziale. Rappresentano quindi lo strumento d'elezione per la stima della variabilità temporale (giornaliera, stagionale e di lungo termine) dell'inquinamento atmosferico, contribuendo alla valutazione dello stato e del trend della qualità dell'aria e dell'efficacia delle misure di risanamento.

Le reti di monitoraggio si sono evolute nel tempo, sia nei criteri di progettazione e realizzazione, sia nei metodi e nella tecnologia degli strumenti di misura, parallelamente allo sviluppo delle conoscenze

scientifiche sulle cause e gli effetti dell'inquinamento atmosferico e sulle dinamiche chimico-fisiche che determinano il destino degli inquinanti in atmosfera.

Per assicurare la massima rappresentatività e comparabilità dei risultati ottenuti dalle reti di monitoraggio della qualità dell'aria queste dovrebbero essere basate su criteri di progetto (distribuzione e numero dei punti di misura) e di classificazione omogenei, essere composte da un numero di stazioni costante nel tempo e fornire una copertura temporale dei dati completa.

Per tentare di ovviare ad alcune carenze nel primo punto (criteri di progetto omogenei), negli anni immediatamente successivi all'entrata in vigore del D. Lgs. 155, tutte le reti di monitoraggio regionali d'Italia sono state sottoposte a revisione il che ha inevitabilmente peggiorato il secondo requisito (numero di stazioni costante).

Secondo la normativa europea, la classificazione delle stazioni di una rete per il monitoraggio è basata su due caratteristiche principali: il tipo di zona di collocazione e il comportamento rispetto alle fonti di emissione dominanti. Per il primo aspetto si distinguono zone urbane (ossia edificate in modo continuo), zone suburbane (ossia zone caratterizzate da insediamenti continui di edifici intervallati da aree non urbanizzate come terreni agricoli, boschi o piccoli laghi) e zone rurali (non urbanizzate). La classificazione basata sulle fonti di emissioni dominanti prevede invece le stazioni di traffico (quelle situate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente dalle emissioni provenienti da strade limitrofe), stazioni industriali (situate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole industrie o da zone industriali) e di fondo (stazioni non influenzate direttamente dal traffico o dalle attività industriali). Dalle varie combinazioni si ottengono stazioni di traffico urbano, fondo urbano, fondo suburbano e così via.

Il numero delle stazioni è costantemente cresciuto negli anni per assestarsi (su un numero lievemente ridotto rispetto al recente passato) dopo l'approvazione dei nuovi progetti di rete regionali. Attualmente le stazioni utilizzate in Italia per la valutazione della qualità dell'aria sono oltre 600 variamente distribuite da Nord a Sud in base alle valutazioni preliminari delle zone e alla loro popolazione.

Bisogna dire che il processo di revisione delle reti ha prodotto un certo dibattito tra gli enti preposti anche a causa dell'interpretazione restrittiva del concetto di numero minimo di stazioni necessarie. La direttiva europea e il conseguente recepimento italiano indicano infatti, per ogni inquinante, solo il numero minimo di stazioni di misura per zona e nessuna norma potrebbe stabilire aprioristicamente il numero di stazioni necessario per un'accurata valutazione della qualità dell'aria in una determinata area.

In atmosfera, infatti, le sostanze inquinanti vengono continuamente introdotte e rimosse su una vasta scala spaziale e temporale: a seconda della specie la prima può andare da pochi metri a migliaia di km e la seconda varia da pochi secondi a centinaia di anni.

Su scala urbana o regionale, che è il livello a cui operano le reti di monitoraggio della qualità dell'aria, si esaurisce, in media, la diffusione delle principali sostanze inquinanti normate dalla legge, anche se esistono significative differenze (gli aerosol, ad esempio, hanno un tempo di permanenza e scala di diffusione spaziale maggiore degli ossidi di azoto). Per una corretta progettazione di una rete di monitoraggio occorre quindi considerare che le specie con un lungo tempo di permanenza in atmosfera mostrano una buona uniformità su larga scala, quindi la loro variazione spaziale e gli andamenti temporali possono essere valutati con un numero relativamente basso di siti di campionamento; mentre le specie con un tempo di

vita in atmosfera breve hanno variabilità spaziale e temporale, che per essere descritte necessitano di un numero elevato di punti di misura opportunamente posizionati.

Il monitoraggio (rispettando rigorosi obiettivi di qualità per l'incertezza della misura, la raccolta minima dei dati e il periodo minimo di copertura) è obbligatorio in quelle zone dove sono superate determinate soglie, ed esteso a ciascuna zona o agglomerato in cui è suddiviso il territorio del paese, con modalità diverse in base ai livelli rilevati per ciascun inquinante. I dati vengono quotidianamente e periodicamente diffusi al pubblico e sono condivisi tra gli stati membri dell'Unione. I dati delle reti sono inoltre fondamentali per le simulazione modellistiche, in particolare nella stima dell'incertezza di tali applicazioni, e nel miglioramento delle stime previsionali ottenibili dalle stesse simulazioni.

I valori limite e i valori obiettivo definiti dalla normativa sono riportati nella Tabella seguente.

Tabella 5-15: Valori limite per la protezione della salute umana e degli ecosistemi e valori obiettivo ai sensi del D.Lgs.155/2010

Inquinante	salute/ecosistemi	Periodo di mediazione	Valore limite	Valore obiettivo
PM ₁₀	salute umana	1 giorno	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile	
	salute umana	Anno civile	40 µg/m ³	
PM _{2.5}	salute umana	Anno civile	25 µg/m ³	
NO _x	ecosistemi	Anno civile	30 µg/m ³	
NO ₂	salute umana	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile	
	salute umana	Anno civile	40 µg/m ³	
Benzo(a)pirene	salute umana, ambiente	Anno civile	-	1 ng/m ³
Arsenico	salute umana, ambiente	Anno civile	-	6 ng/m ³
Cadmio	salute umana, ambiente	Anno civile	-	5 ng/ m ³
Nichel	salute umana, ambiente	Anno civile	-	20 ng/m ³
Piombo	salute umana	Anno civile	0,5 µg/m ³	-
CO	salute umana	1 giorno	10 mg/m ³ Media massima giornaliera su 8 ore	-
SO ₂	salute umana	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile	-
	salute umana	1 giorno	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	-
	ecosistemi	Anno civile (periodo 1	20 µg/m ³	

		ottobre – 31 marzo)		
Benzene	Salute umana	Anno civile	5 µg/m ³	-

Per tener conto degli effetti nocivi del biossido di zolfo e del biossido di azoto sulla salute umana, sono stati introdotti per tali inquinanti anche delle soglie di allarme, intendendo con soglia di allarme il livello oltre il quale vi è rischio per la salute umana in caso di esposizione a breve durata della popolazione nel suo insieme e raggiunto il quale si deve immediatamente intervenire. Tali soglie di allarme sono riportate nella tabella seguente:

Inquinante	Soglie di allarme
SO ₂	500 µg/m ³
NO ₂	400 µg/m ³

Tabella 5-16: PM_{2.5} Indicatore di esposizione media e obiettivo di riduzione dell'esposizione ex allegato XIV D.Lgs. 155/2010.

IEM 2010 (base medie annuali 2009 – 2011)	Obiettivo di riduzione entro il 2020
[PM _{2,5}] ≤ 8,5 µg/m ³	0%
8,5 < [PM _{2,5}] < 13 µg/m ³	10%
13 ≤ [PM _{2,5}] < 18 µg/m ³	15%
18 ≤ [PM _{2,5}] < 22 µg/m ³	20%
[PM _{2,5}] ≥ 22 µg/m ³	Raggiungere 18 µg/m ³

I valori soglia di informazione e di allarme e i valori obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione dell'ozono nell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 sono riportati nella Tabella 4-17.

- **valore obiettivo:** livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso;
- **valore obiettivo a lungo termine:** livello da raggiungere nel lungo periodo al di assicurare un efficace protezione della salute umana e dell'ambiente;
- **soglia di informazione:** livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione e raggiunto il quale devono essere adottati gli opportuni piani di azione;
- **soglia di allarme:** livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale devono essere adottati opportuni piani di intervento.

Tabella 5-17: O₃ Soglia di informazione, soglia di allarme, obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana e per la protezione della vegetazione ai sensi del D.Lgs. 155/2010

	Valore	Periodo di mediazione	Data entro la quale deve essere raggiunto il valore obiettivo

Soglia di informazione	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 ora	-
Soglia di allarme	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 ora	-
Valore obiettivo per la protezione della salute umana	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore (media su tre anni)	01/01/2010
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (OLT)	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'anno	Non definito
Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	18.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ come media su 5 anni	1 ora cumulativa da maggio a luglio (media su 5 anni)	01/01/2010
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40v)	6.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$	1 ora cumulativa da maggio a luglio	Non definito

Le stazioni di monitoraggio che hanno misurato e comunicato dati di PM10 sono 574. Di queste, 523 (91% del totale) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria). Tutte le regioni sono rappresentate. La classificazione delle stazioni di monitoraggio di PM10 secondo i criteri di ubicazione su macroscala previsti dalla normativa è rappresentata in Figura seguente.

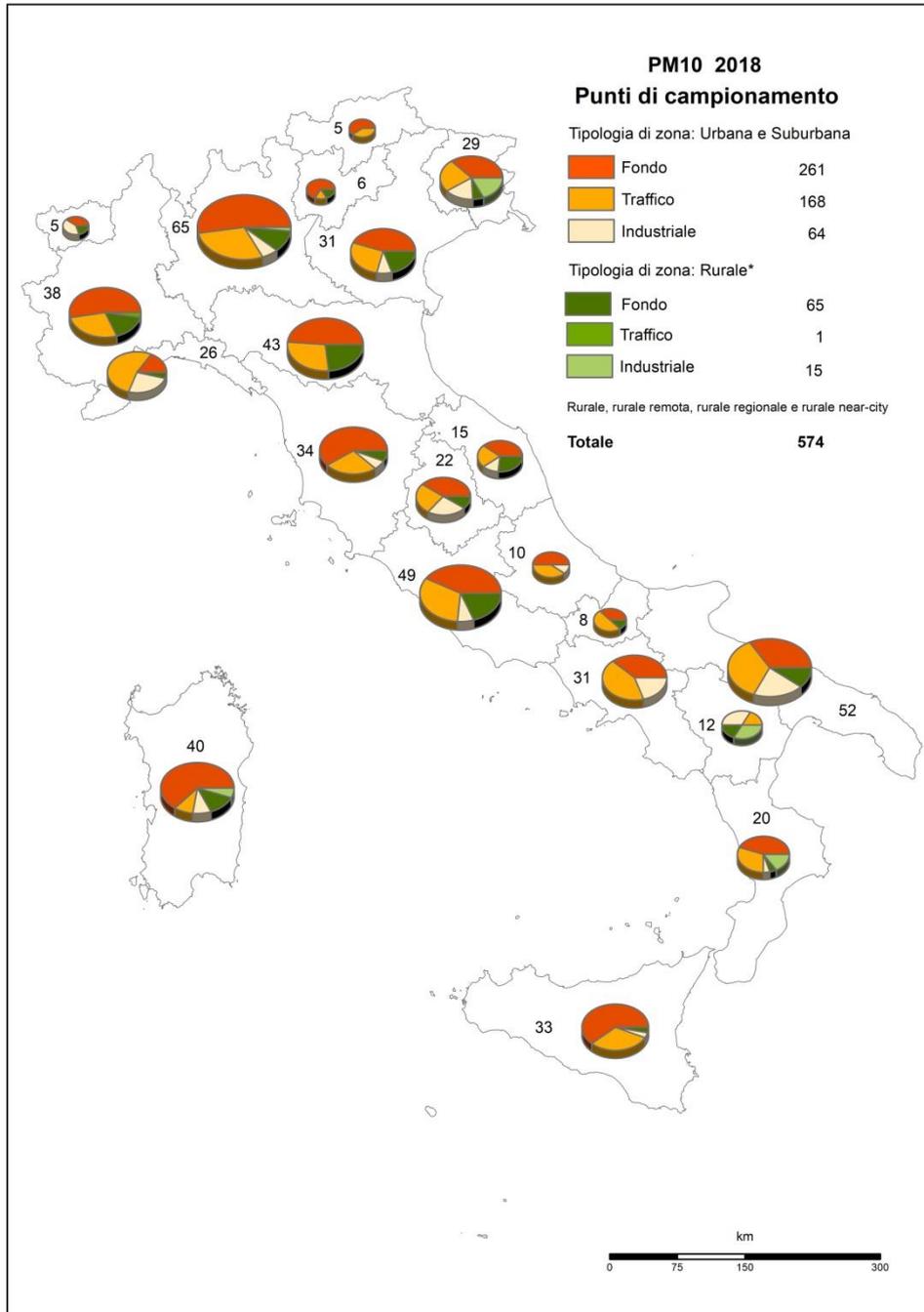


Figura 5-25: PM10. Classificazione dei punti di campionamento secondo i criteri di ubicazione su macroscala di cui all'Allegato III, D.Lgs.155/2010 (2018).

Le stazioni di monitoraggio che hanno misurato e comunicato dati di PM_{2,5} sono 287. Di queste, 256 (89% del totale) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria). Tutte le regioni sono rappresentate. La classificazione delle stazioni di monitoraggio di PM_{2,5} secondo i criteri di ubicazione su macroscala previsti dalla normativa è rappresentata in figura seguente.

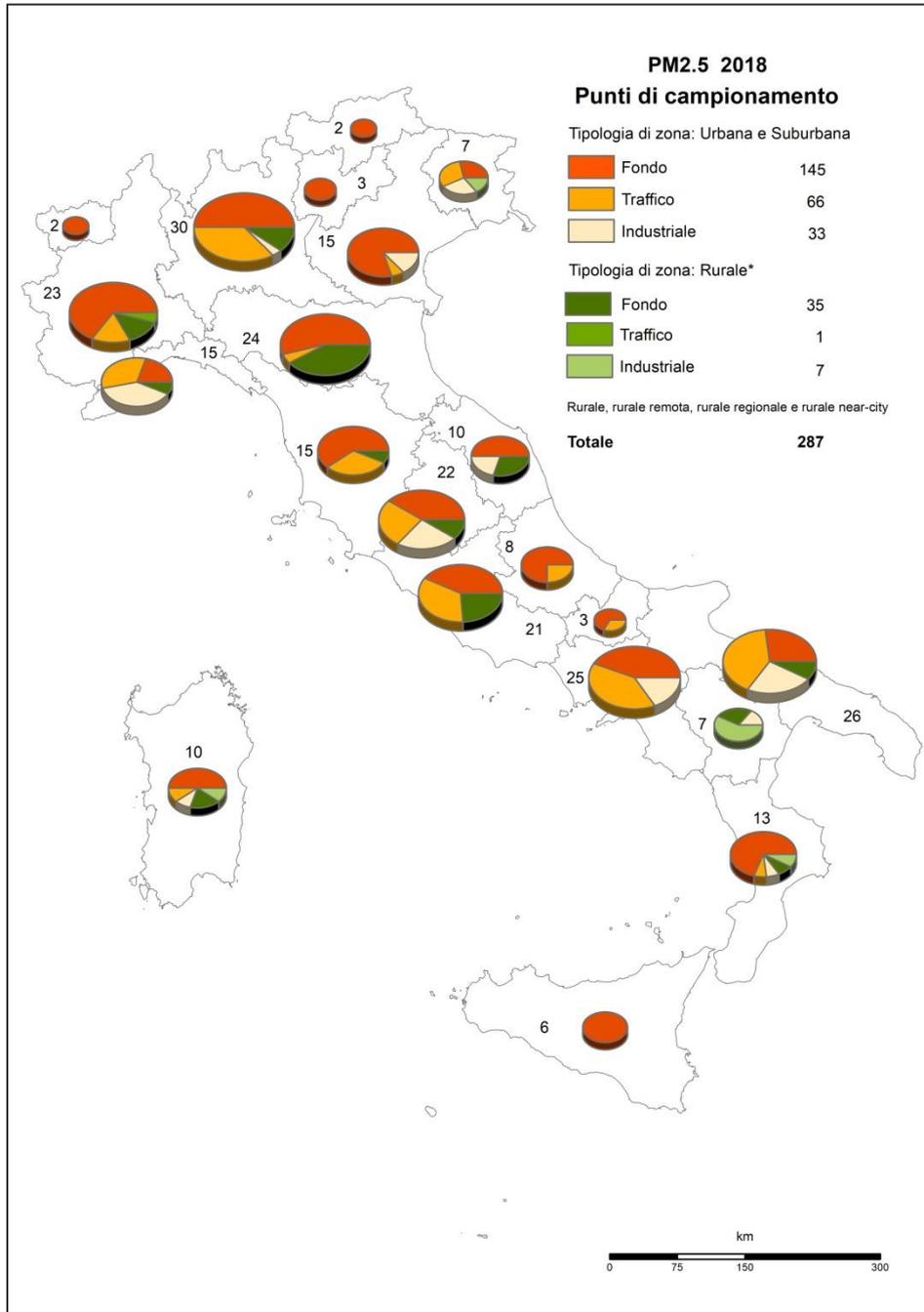


Figura 5-26: PM_{2,5}. Classificazione dei punti di campionamento secondo i criteri di ubicazione su macroscala di cui all'Allegato III, D.Lgs.155/2010 (2018)

Le stazioni di monitoraggio che hanno misurato e comunicato dati di NO₂ sono 629. Di queste, 578 (92% del totale) hanno copertura temporale minima del 90% (al netto delle perdite di dati dovute alla taratura periodica o alla manutenzione ordinaria). Tutte le regioni sono rappresentate. La classificazione delle stazioni di monitoraggio di NO₂ secondi i criteri di ubicazione su macroscala previsti dalla normativa è rappresentata in Figura seguente.

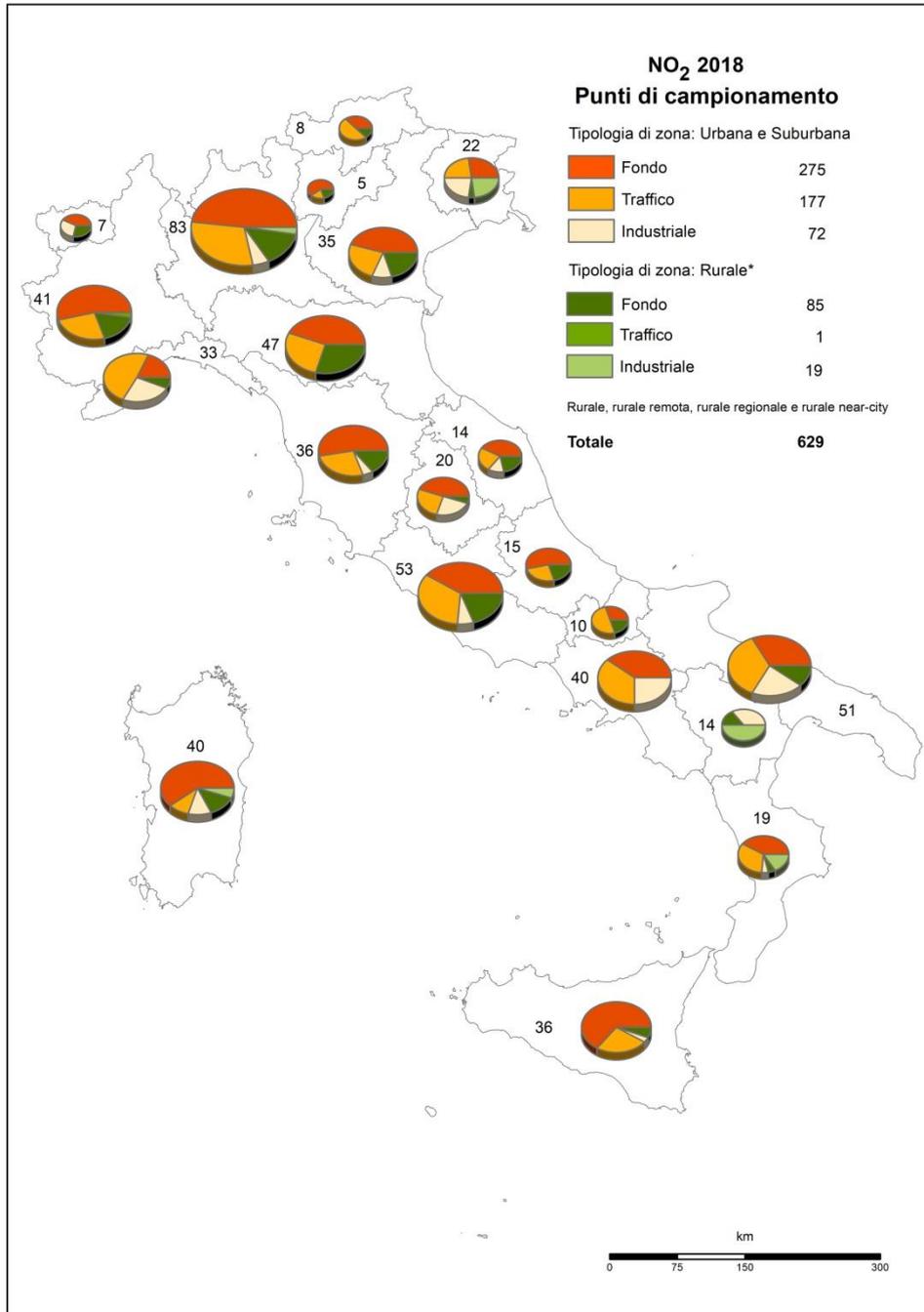


Figura 5-27: NO₂ - Classificazione dei punti di campionamento secondo i criteri di ubicazione su macroscala di cui all'Allegato III, D.Lgs.155/2010 (2018).

Nel 2018, le stazioni di monitoraggio che hanno misurato e comunicato dati di O₃ sono 349. Le serie di dati con copertura temporale sufficiente per la verifica dei valori soglia e dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana sono il 92% (321 su 349). La classificazione delle stazioni di monitoraggio di O₃ secondo i criteri di ubicazione su macroscale previsti dalla normativa è rappresentata in Figura seguente.

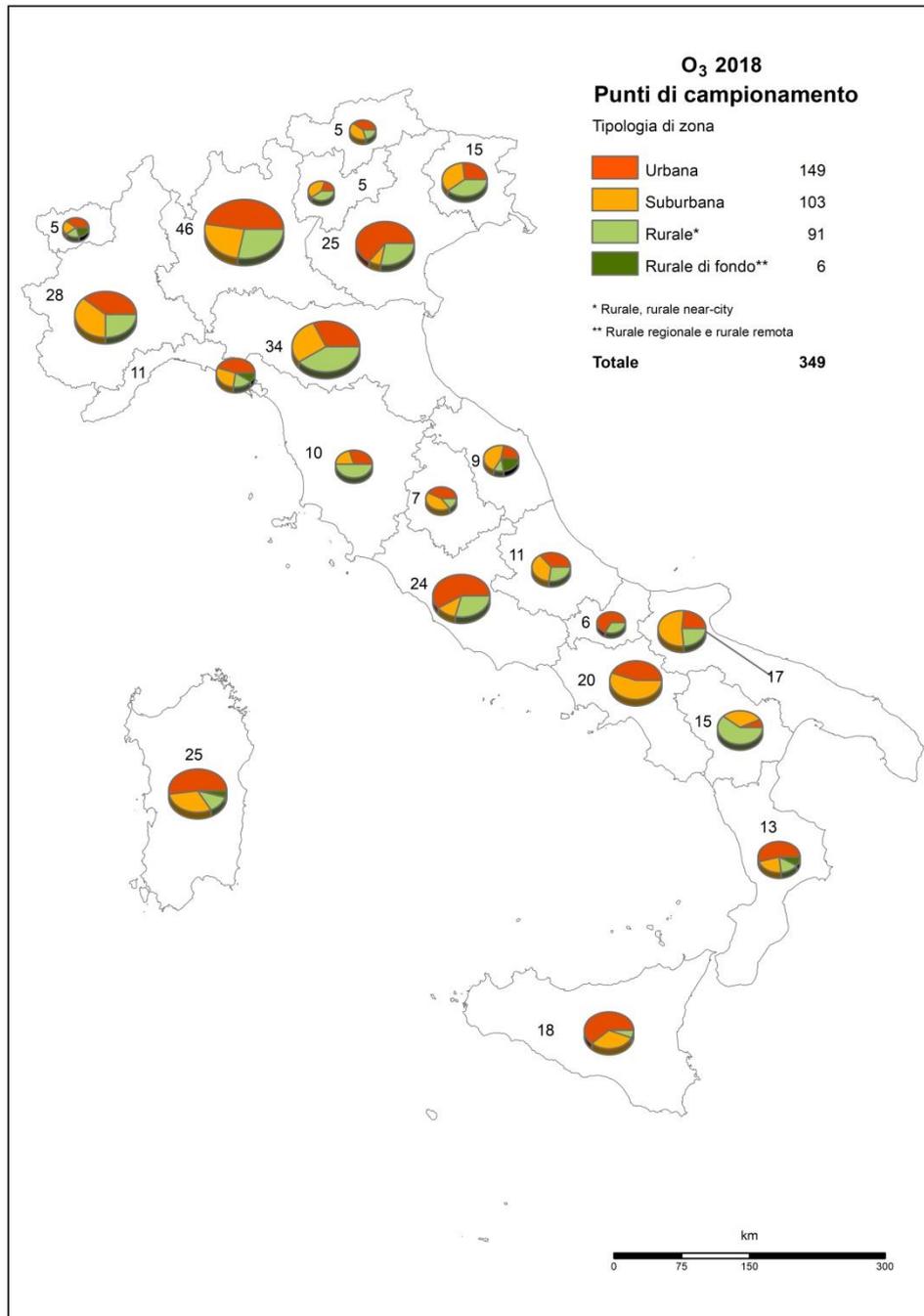


Figura 5-28: O₃. Classificazione dei punti di campionamento secondo i criteri di ubicazione su macroscale di cui all'Allegato VIII, D.Lgs.155/2010 (2018).

Stato e trend dell'inquinamento atmosferico

Nel seguito sono riportate le informazioni più recenti relative allo stato (aggiornato al 2018) e al trend dell'inquinamento atmosferico in Italia (riferito al periodo 2008-2017).

Per poter trarre conclusioni oggettive sullo stato della qualità dell'aria e sull'efficacia degli interventi intrapresi al fine di migliorarla, gli studi condotti negli ultimi anni si sono avvalsi dell'utilizzo di specifici metodi e strumenti, i quali considerano la notevole variabilità spaziale e temporale con cui si sviluppano i fenomeni di inquinamento atmosferico, e affrontano il problema della stima dei trend con un approccio di tipo statistico-probabilistico; tale tipo di approccio, offre il vantaggio non solo di descrivere, interpretare e prevedere il comportamento puntuale del fenomeno in relazione al suo evolvere nel tempo, ma permette anche di associare all'analisi effettuata il relativo margine di incertezza.

La necessità e la sfida è quella di superare un approccio di tipo qualitativo all'analisi dei trend, dal quale risulta impossibile interpretare in modo univoco e obiettivo le tendenze in atto.

È stata recentemente aggiornata l'analisi statistica dei trend, con l'obiettivo di verificare l'esistenza o meno di una tendenza, e la sua significatività statistica, all'aumento o alla diminuzione nel tempo delle concentrazioni dei principali inquinanti aerodispersi (riferita al periodo 2008-2017 per PM10 ed NO₂, al 2010-2017 per il PM2.5) desumibile dalle serie storiche di dati misurati presso le centraline di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico italiane (ISPRA, 2018).

L'analisi è stata condotta con il metodo di Mann-Kendall corretto per la stagionalità. Implementare un metodo di destagionalizzazione permette di minimizzare l'effetto delle oscillazioni interannuali dovute alle differenze riscontrabili nei vari anni rispetto al ciclo stagionale medio, di evidenziare l'esistenza di una tendenza di fondo, di quantificare la sua significatività statistica e di stimare la variazione di concentrazione annuale media nel periodo di osservazione.

Per ciascun inquinante è stato selezionato un campione omogeneo, costituito da tutte le stazioni che hanno prodotto dati in modo continuo nel decennio, con una copertura annuale pari almeno al 75%.

Per quanto riguarda il PM10 è stato evidenziato un trend decrescente statisticamente significativo nel 76,8% dei casi (119 stazioni di monitoraggio su 155; variazione annuale media stimata: $-0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$ [$-2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y} \div -0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$]). Un trend crescente statisticamente significativo è stato individuato nel 2,6% dei casi (4 stazioni di monitoraggio su 155; variazione annuale media stimata: $+0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$ [$+0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y} \div +0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$]). Nel restante 20,6% dei casi (32 stazioni di monitoraggio su 155) non è stato possibile escludere l'ipotesi nulla (assenza di trend) per il dato livello di confidenza (95%).

Analogamente per il biossido di azoto è stato evidenziato un trend decrescente statisticamente significativo nella larga maggioranza dei casi 79% (195 stazioni di monitoraggio su 246; variazione annuale media stimata: $-1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$ [$-4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y} \div -0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$]).

Per quanto riguarda il PM2.5, il periodo di osservazione è più breve e il numero di stazioni disponibili è inferiore ma è comunque prevalente la tendenza alla riduzione delle concentrazioni (andamento decrescente statisticamente significativo nel 69% dei casi, 43 stazioni di monitoraggio su 62; variazione annuale media stimata: $-0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$ [$-1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y} \div -0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$]).

PM10	Trend decrescente		Trend crescente		Trend non significativo
	(p<0,05)		(p<0,05)		(p>0,05)
	n	Δ_y ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	n	Δ_y ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	n
2008 – 2017 (155 stazioni)	119	-0,8 [-2,8 ÷ -0,2]	4	0,4 [0,4 ÷ 0,5]	32

Figura 5-29: Sintesi dei risultati dell'analisi del trend (2008 – 2017) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di PM10 in Italia su una selezione di 155 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

Legenda:

$p \leq 0,05$: il trend osservato è statisticamente significativo

$p > 0,05$: non può essere esclusa l'ipotesi nulla (assenza di trend)

Δ_y : variazione media annuale stimata sulla base dei risultati del test di kendall corretto per la stagionalità

NO2	Trend decrescente		Trend crescente		Trend non significativo
	(p<0,05)		(p<0,05)		(p>0,05)
	n	Δ_y ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	n	Δ_y ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	n
2008 – 2017 (246 stazioni)	195	-1,0 [-4,5 ÷ -0,1]	12	0,5 [0,1 ÷ 1,1]	39

Figura 5-30: Sintesi dei risultati dell'analisi del trend (2008 – 2017) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di NO2 in Italia su una selezione di 246 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

Legenda:

$p \leq 0,05$: il trend osservato è statisticamente significativo

$p > 0,05$: non può essere esclusa l'ipotesi nulla (assenza di trend)

Δ_y : variazione media annuale stimata sulla base dei risultati del test di kendall corretto per la stagionalità

PM2,5	Trend decrescente		Trend crescente		Trend non significativo
	(p<0,05)		(p<0,05)		(p>0,05)
	n	Δ_y ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	n	Δ_y ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	n
2008 – 2017 (62 stazioni)	43	-0,7 [-1,5 ÷ -0,2]	4	0,7 [0,3 ÷ 1,0]	15

Figura 5-31: Sintesi dei risultati dell'analisi del trend (2010 – 2017) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di PM2.5 in Italia su una selezione di 62 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

Legenda:

$p \leq 0,05$: il trend osservato è statisticamente significativo

$p > 0,05$: non può essere esclusa l'ipotesi nulla (assenza di trend)

Δy: variazione media annuale stimata sulla base dei risultati del test di kendall corretto per la stagionalità

Relativamente all'ozono emerge che nella quasi totalità delle stazioni osservate (100 su 116) non è possibile individuare un trend statisticamente significativo dei valori medi; la tendenza di fondo appare sostanzialmente monotona, e le oscillazioni interannuali sono attribuibili alle naturali fluttuazioni della componente stagionale. È possibile soltanto apprezzare una moderata evidenza di riduzione dei valori di picco nei mesi estivi.

Nonostante dunque si continui a osservare una lenta riduzione dei livelli di PM₁₀, PM_{2.5} e NO₂ in Italia, coerente con quanto osservato in Europa nell'ultimo decennio (e.g. EEA, 2018), come risultato della riduzione congiunta delle emissioni di particolato primario e dei principali precursori del particolato secondario (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca), osservando i dati più recenti disponibili il raggiungimento degli obiettivi della Commissione, per quanto riguarda l'Italia, appare di difficile realizzazione, avendo come orizzonte temporale il 2020. Si riporta nel seguito un dettaglio per i principali inquinanti. I dati sono riferiti al 2018.

Materiale particolato PM₁₀

Sono stati registrati superamenti sia del valore limite annuale (4 stazioni pari allo 0,8% dei casi) che del valore limite giornaliero (95 stazioni pari al 18% dei casi). Risultano infine superati nella maggior parte delle stazioni di monitoraggio sia il valore di riferimento annuale dell'OMS (67% dei casi), sia quello giornaliero (75% dei casi) (Figura 5-31). I superamenti registrati sono concentrati nell'area del bacino padano e in alcuni aree urbane del Centro Sud.

I superamenti del valore limite giornaliero hanno interessato 24 zone su 81 distribuite in 10 regioni mentre i superamenti del valore limite annuale hanno interessato 3 zone su 81 distribuite in 2 regioni.

Materiale particolato PM_{2.5}

Il valore limite annuale (25 µg/m³), è stato superato in 4 stazioni pari all'1% dei casi. Il valore di riferimento OMS annuale (10 µg/m³) è stato superato in 224 stazioni (88% dei casi) (Figura 5-32).

I superamenti del valore limite sono concentrati nel 2018 nell'area del bacino padano.

Nel 2018 i superamenti del valore limite annuale hanno interessato 4 zone su 81 distribuite in 2 regioni.

Biossido di azoto

Il Valore limite orario è rispettato ovunque: in nessuna stazione si è verificato il superamento di 200 µg/m³, come media oraria, per più di 18 volte. Il valore di riferimento OMS, che non prevede superamenti dei 200 µg/m³, è superato in 14 stazioni (pari al 2% delle stazioni con copertura temporale sufficiente). Il valore limite annuale paria a 40 µg/m³ come media annua, che coincide con il valore di riferimento OMS per gli effetti a lungo termine sulla salute umana, è superato in 37 stazioni (6 %). La quasi totalità dei superamenti sono stati registrati in stazioni orientate al traffico, localizzate in importanti aree urbane. (Figura 5-33).

Nel 2018 i superamenti del valore limite annuale hanno interessato 17 zone su 81 distribuite in 8 regioni e 2 Province Autonome.

Ozono

Nel 2018 l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (OLT) è stato superato in 291 stazioni su 321 pari al 91% delle stazioni con copertura temporale sufficiente; l'OLT è stato superato per più di 25 giorni in 166 stazioni (52%, Figura 5-34). Le 30 stazioni in cui non sono stati registrati superamenti dell'OLT sono localizzate in siti urbani e suburbani. Le soglie di informazione e di allarme sono state superate rispettivamente in 116 (36%) e 4 stazioni (1%) su 321. I valori di concentrazione più elevati si registrano prevalentemente nel Nord Italia. L'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40v) è stato superato in 145 stazioni su 157 (92%) con valori molto superiori al limite normativo (6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$). Nel 2018 i superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (OLT) hanno interessato 55 zone su 66, mentre i superamenti del valore obiettivo hanno interessato 49 zone.

Benzo(a)pirene (contenuto totale nel PM10).

Nel 2018 il valore obiettivo (1,0 ng/m^3), è stato superato in 8 stazioni (6% dei casi) (Figura 5-35). Il valore obiettivo è stato superato prevalentemente in quelle zone (bacino padano e zone pedemontane appenniniche e alpine) dove è maggiore il consumo di biomassa legnosa per il riscaldamento civile e le condizioni meteorologiche invernali favoriscono l'accumulo degli inquinanti. I superamenti hanno interessato 9 zone su 77 distribuite in 5 regioni.

Metalli e semimetalli (arsenico, cadmio, nichel e piombo)

I metalli, i semimetalli e i loro composti sono immessi nell'atmosfera sia da sorgenti antropiche (quali i processi di combustione da sorgenti stazionarie, l'industria del ferro e dell'acciaio, l'industria dei metalli non ferrosi, le combustioni da sorgenti mobili), che da sorgenti naturali (quali eruzioni vulcaniche, risollevarimento dal suolo, trasporto a lunga distanza di sabbie sahariane). Essi si ritrovano essenzialmente distribuiti nella massa delle varie frazioni dimensionali del materiale particolato nell'atmosfera.

Il contenuto totale di piombo nel PM10 in Italia è di uno o due grandezza inferiore al valore limite.

I livelli di arsenico, cadmio e nichel sono nella maggior parte dei casi inferiori ai rispettivi valori obiettivo, con alcune eccezioni locali, in relazione alla presenza di sorgenti industriali.

Nel 2017 il valore obiettivo per il nichel è stato rispettato in tutte le stazioni di monitoraggio.

Per l'arsenico un caso di superamento è stato osservato in una stazione delle Marche (a Falconara Marittima, in provincia di Ancona, nei pressi degli impianti della raffineria). La stazione fa parte della zona "costiera e valliva", che è molto vasta e comprende tutti i comuni costieri e i maggiori comuni presenti lungo le principali vallate fluviali.

È stato inoltre registrato un superamento del valore obiettivo per il cadmio in Sardegna, nella zona industriale, nell'area degli impianti siti nel comune di Portoscuso.

Livelli localmente significativi di nichel, cadmio e arsenico sono stati recentemente documentati nelle aree di massima ricaduta delle emissioni industriali diffuse e convogliate degli impianti di produzione e lavorazione degli acciai, in uno studio focalizzato sui siti di Aosta, Terni e Vicenza (Arpa Valle D'Aosta, Arpa Veneto, Arpa Umbria, 2018). Analogamente si registrano livelli significativi (con riferimento al 2017) ma inferiori ai rispettivi valori obiettivo per arsenico e nichel presso i siti industriali di Porto Marghera (Veneto), Siracusa e Portoscuso (Cagliari).

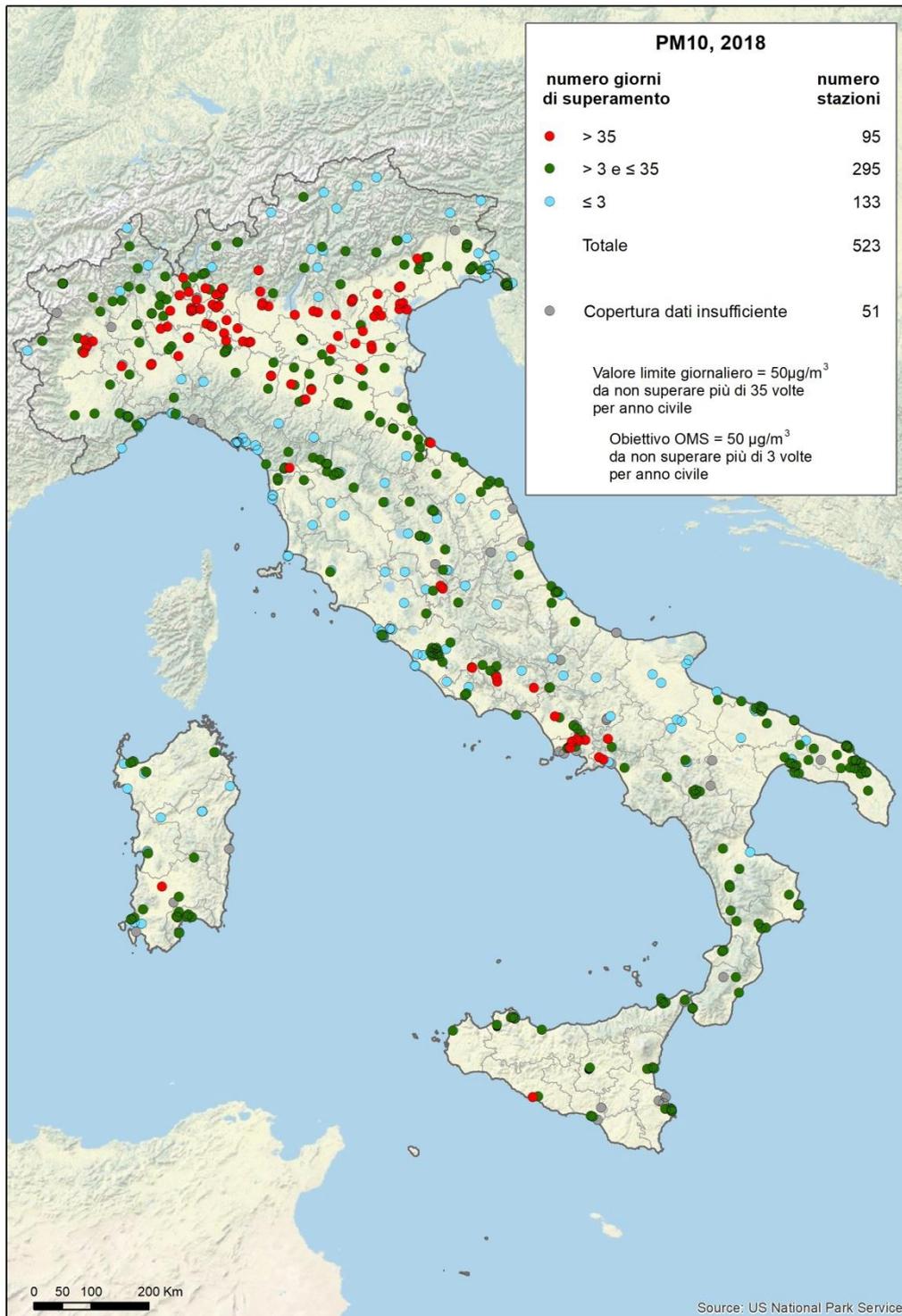


Figura 5-32: PM10. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute (2018). Fonte: ISPRA

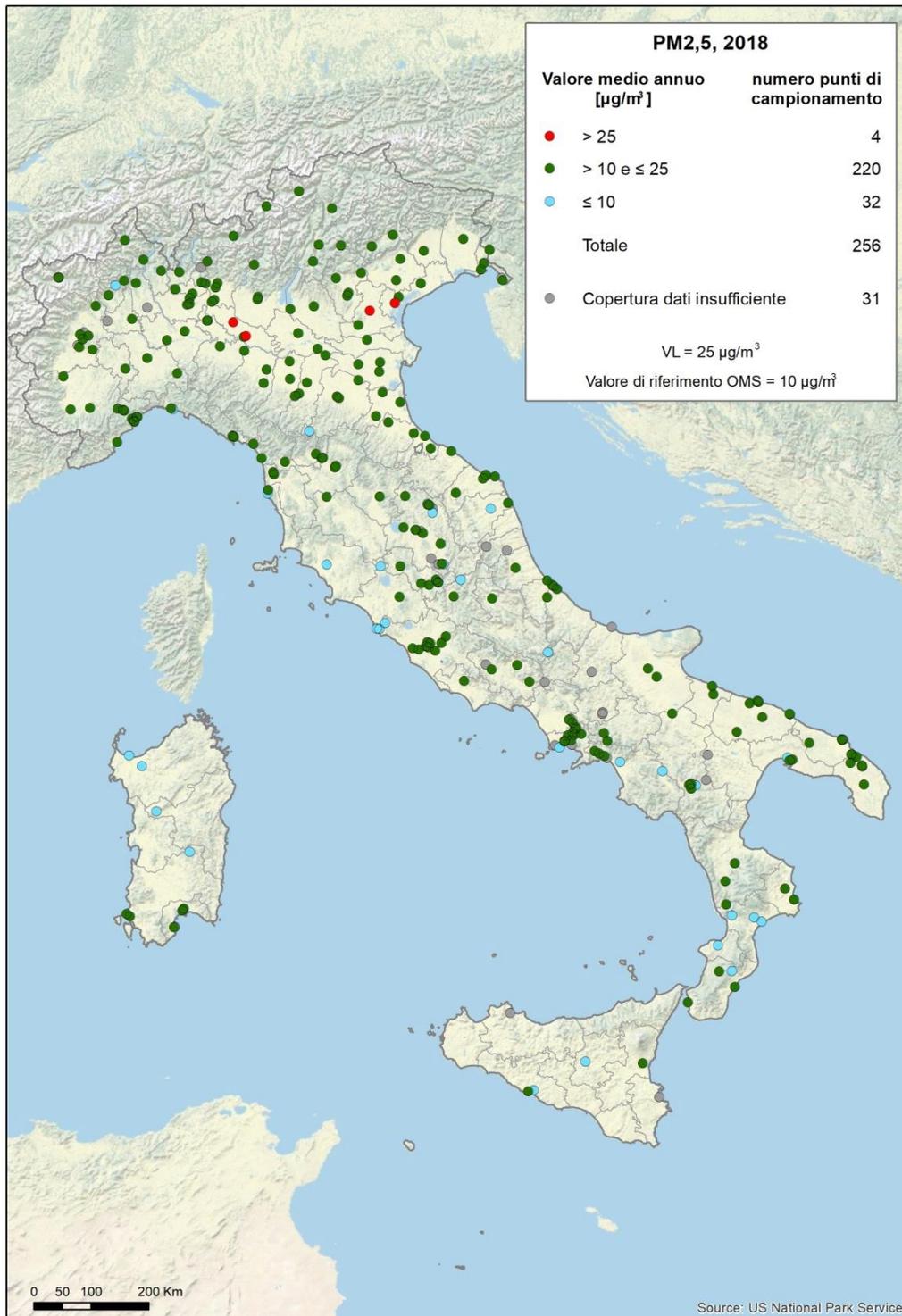


Figura 5-33: PM2,5. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute (2018). Fonte: ISPRA



Figura 5-34: NO₂. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute (2018). Fonte: ISPRA

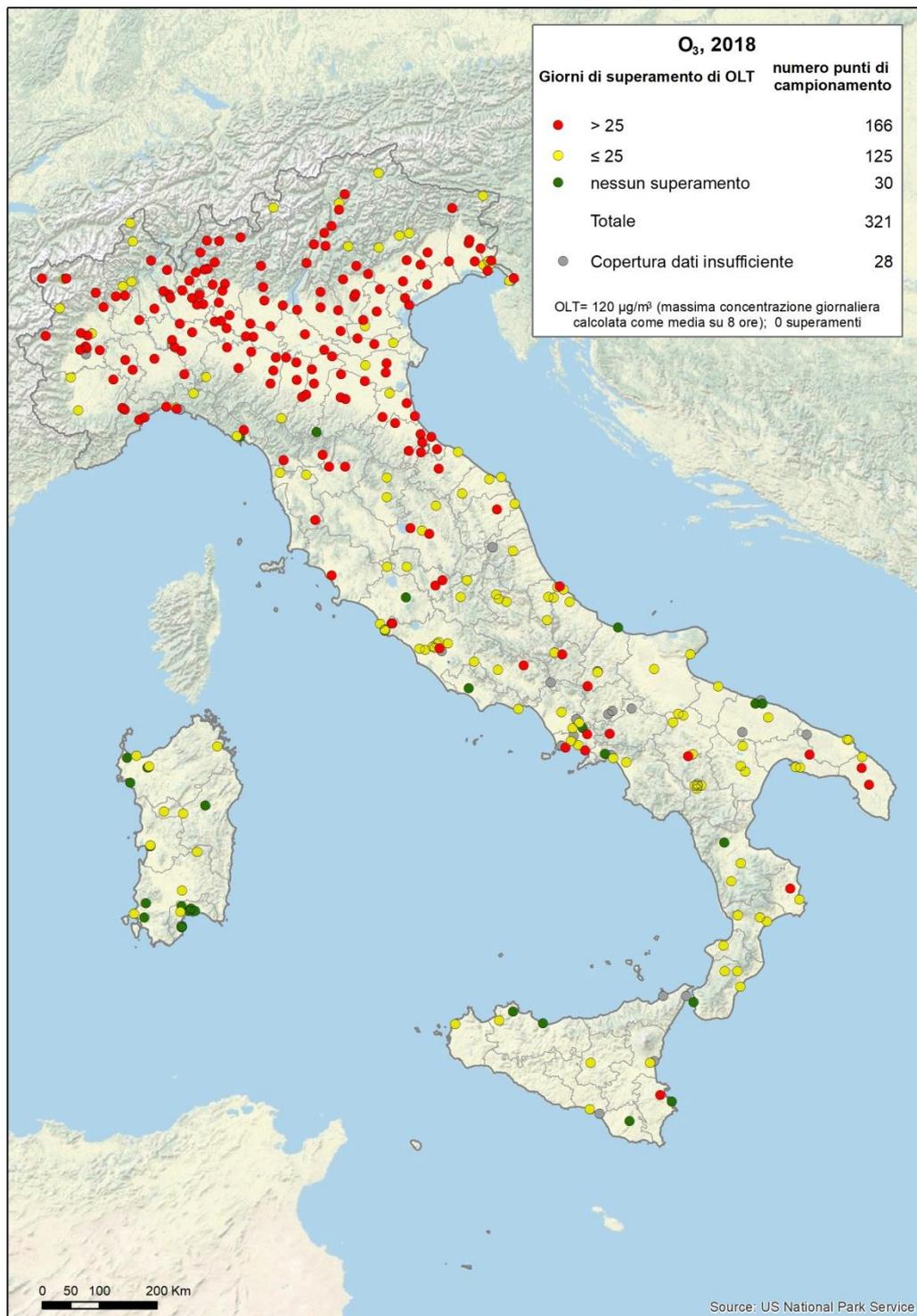


Figura 5-35: O₃. Stazioni di monitoraggio e superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute (2018). Fonte: ISPRA

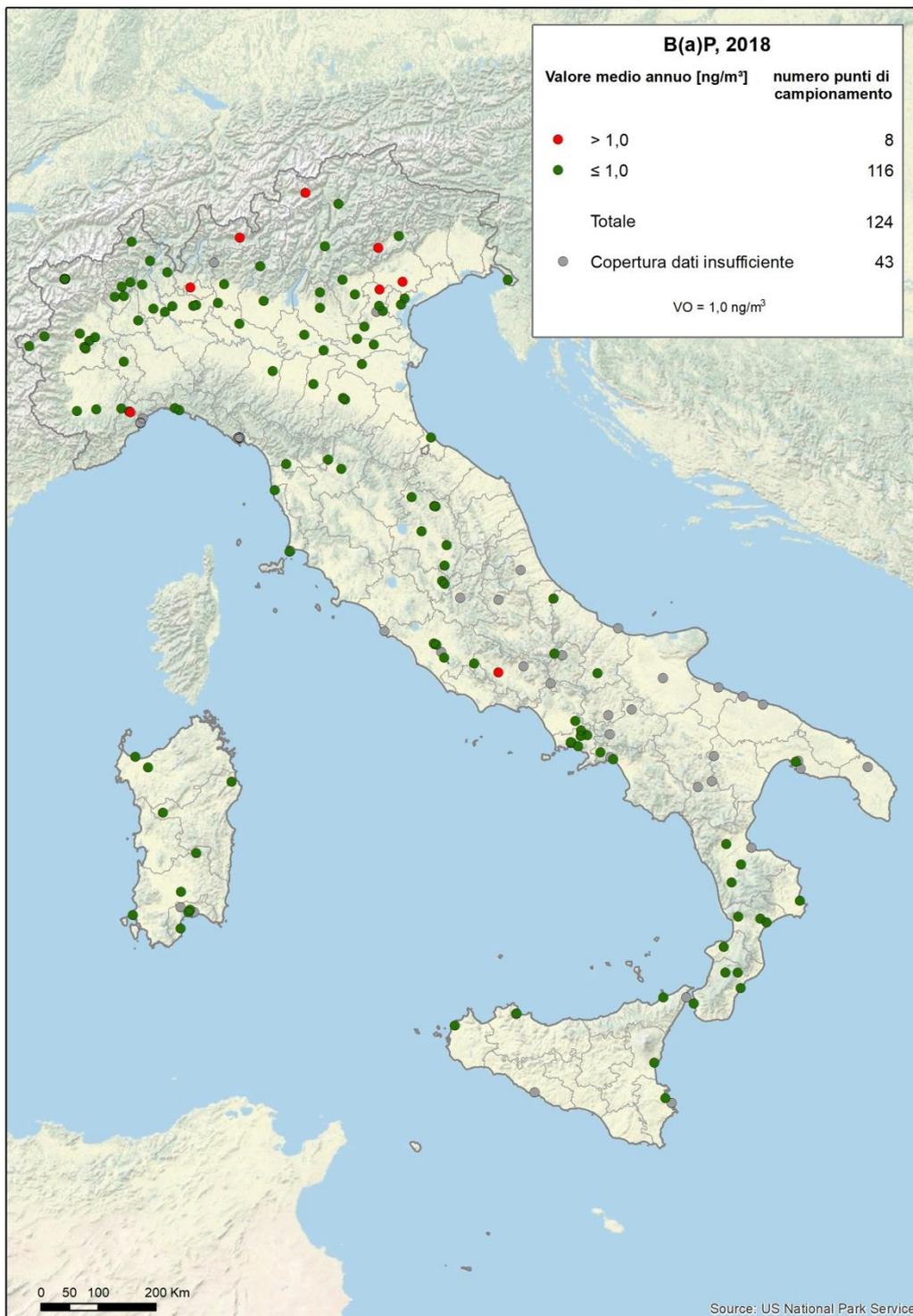


Figura 5-36: Benzo(a)pirene (contenuto totale nel PM10) - Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute (2018). Fonte: ISPRA

Esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico

L'esposizione della popolazione agli inquinanti presenti in atmosfera in ambito urbano è stimata ad oggi a livello nazionale utilizzando valori di concentrazione media annua d'inquinante, provenienti da stazioni di fondo urbano, scelto come proxy di esposizione media della popolazione (ISPRA, 2019 [c]).

Di seguito sono gli indicatori per gli inquinanti NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, O₃ e BaP come riportati nell'annuario dei dati ambientali ISPRA 2019.

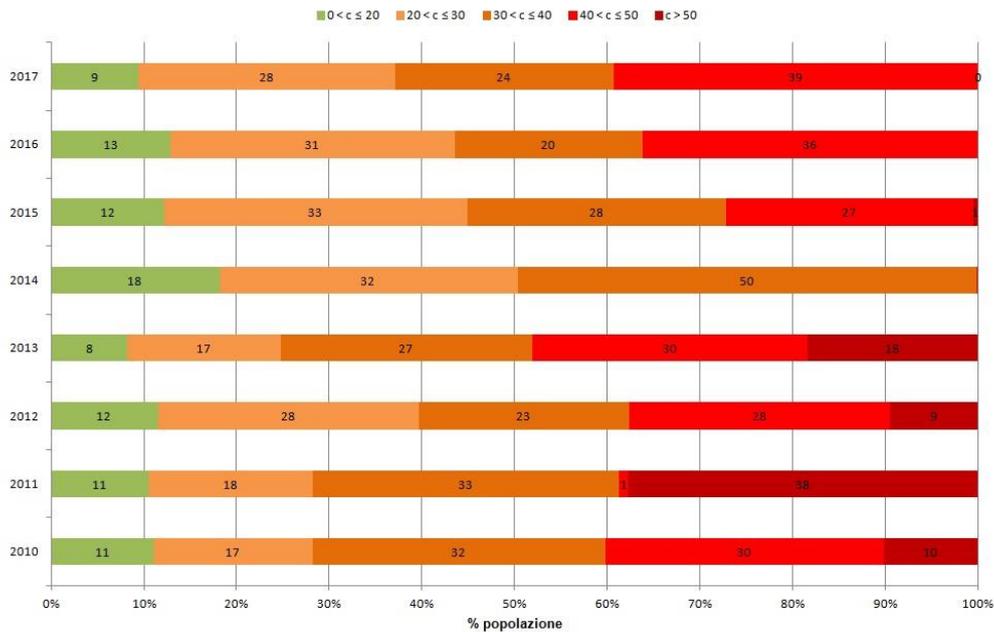


Figura 5-37: Percentuale di popolazione esposta in ambito urbano a fasce di concentrazione media annua di NO₂ (µg/m³) – Fonte ISPRA Annuario dei dati ambientali 2019

Tra il 2010 e il 2013 la popolazione dell'indagine esposta a valori inferiori o uguali a 40 µg/m³ risulta in media intorno al 60%, mentre nel 2014 e 2015 si evidenzia un aumento con percentuali rispettivamente del 100% e del 73%, ciò comporta una riduzione delle altre due fasce di concentrazione (40-50 e >50 µg/m³). Dal 2016 la quota di popolazione esposta a valori inferiori o uguali a 40 µg/m³ si riavvicina ai valori del primo quadriennio, attestandosi al 61% nel 2017 (Figura 5-37). Nel 2017 la fascia di concentrazione 40-50 µg/m³ mostra la percentuale maggiore per effetto dell'azzeramento delle percentuali relative alla fascia >50 µg/m³ (ISPRA – Annuario dei dati ambientali 2019).

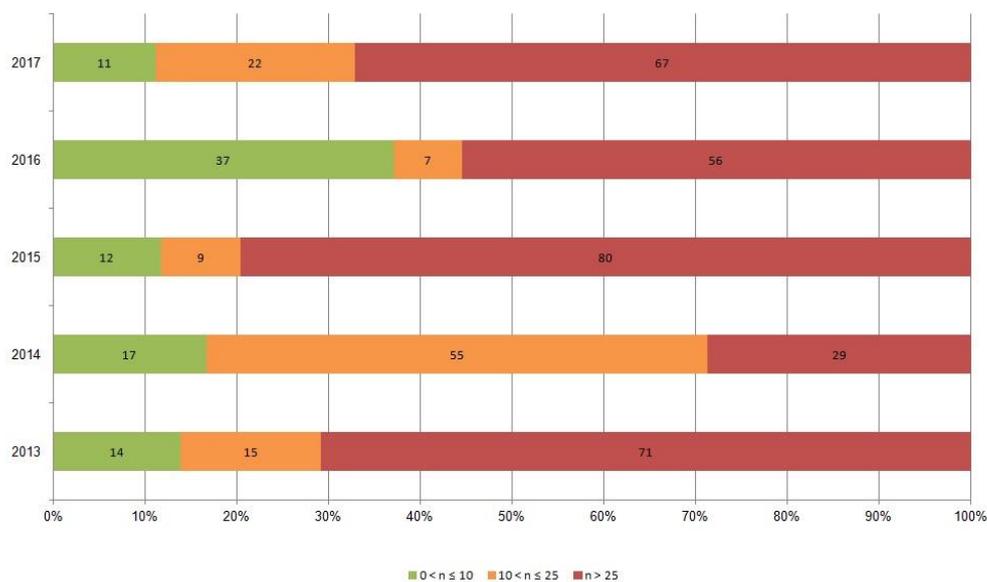


Figura 5-38: Percentuale di popolazione esposta in ambito urbano a numero di giorni con valore di O_3 superiore a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – Fonte ISPRA Annuario dei dati ambientali 2019

L'indicatore è rappresentativo per la valutazione dell'esposizione della popolazione all'ozono, così come raccomandato nell'obiettivo prioritario 3 del 7° programma di azione ambientale dell'UE "7th EAP Priority Objective 3: To safeguard the Union's citizens from environment-related pressures and risks to health and well-being", valutando il numero medio di giorni in cui una determinata percentuale di popolazione viene annualmente esposta a valori elevati di questo inquinante e la sua variazione negli anni.

Nel 2017, il 67% della popolazione oggetto di studio è mediamente esposta per più di 25giorni a valori di ozono superiori a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in aumento rispetto all'anno precedente (56%) ma comunque in calo rispetto al valore massimo toccato nel 2015 (80%). Nello stesso anno la quota di popolazione esposta mediamente per meno di 10 giorni torna ai livelli del 2015, attestandosi all'11%, dopo aver raggiunto il valore massimo pari al 37% nel 2016 (Figura 5-38).

I dati mostrano quindi un livello di esposizione della popolazione medio alto, superiore al valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana e un andamento altalenante in cui l'obiettivo prefissato viene sempre disatteso (ISPRA – Annuario dei dati ambientali 2019).

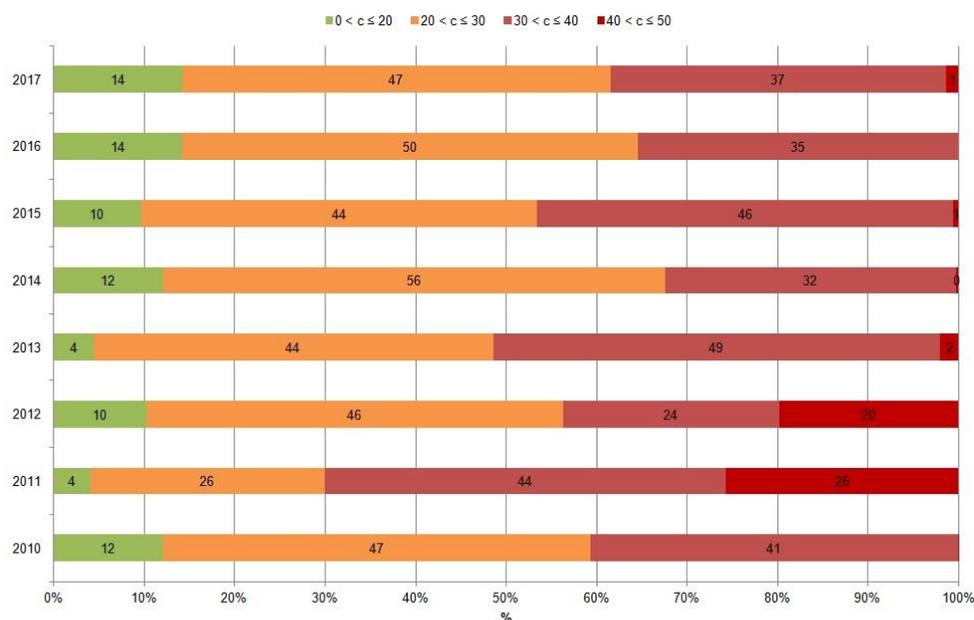


Figura 5-39: Percentuale di popolazione esposta in ambito urbano a fasce di concentrazione media annua di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - Fonte ISPRA Annuario dei dati ambientali 2019

L'indicatore di popolazione esposta al PM10 è rappresentativo per la valutazione dell'esposizione così come raccomandato nell'obiettivo prioritario 3 del 7° Programma di azione ambientale dell'UE "7th EAP Priority Objective 3: To safeguard the Union's citizens from environment-related pressures and risks to health and well-being" valutando i livelli medi di inquinante a cui una determinata percentuale di popolazione viene annualmente esposta e la sua variazione negli anni.

Dal 2010 al 2017 la popolazione dell'indagine esposta a valori di PM10 inferiori a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore consigliato dall'OMS) non supera il 14%, mentre quella esposta a valori compresi tra 20 e $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dopo il minimo registrato nel 2011 (26%) ha raggiunto il suo massimo nel 2014 (56%) per attestarsi nel 2017 su un valore del 47% (Figura 5-39).

La percentuale di popolazione esposta a concentrazioni comprese nella fascia $30-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presenta un leggero ridimensionamento, passando dal 41% del 2010 al 37% del 2017, dopo aver toccato il suo valore massimo nel 2013 (49%).

La popolazione esposta a valori di concentrazione di PM10 sopra i $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è quasi nulla nel 2010 (0,1%), mentre è pari al 26% e al 20% nei due anni successivi; nel 2013 si rileva un sostanziale miglioramento scendendo al 2% del totale, per tornare poi a una percentuale vicino allo zero negli anni successivi sino al 2017, in cui si assesta all'1%. Al momento, la situazione peggiore si riscontra nel 2011 (ISPRA – Annuario dei dati ambientali 2019).

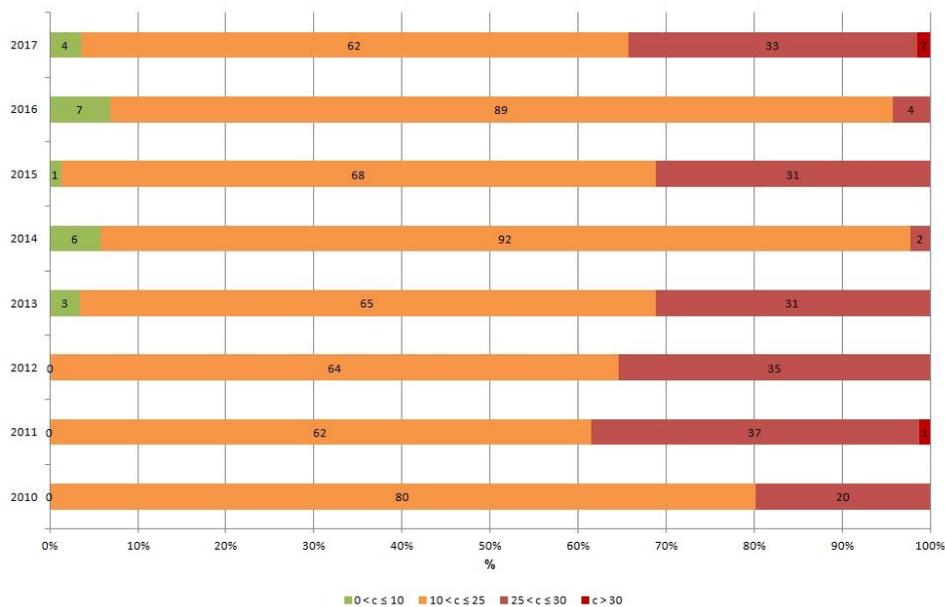


Figura 5-40: Percentuale di popolazione esposta in ambito urbano a fasce di concentrazione media annua di PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - Fonte ISPRA Annuario dei dati ambientali 2019

L'indicatore di popolazione esposta al PM_{2,5} è rappresentativo per la valutazione dell'esposizione così come raccomandato nell'obiettivo prioritario 3 del 7° programma di azione ambientale dell'UE "7th EAP Priority Objective 3: To safeguard the Union's citizens from environment-related pressures and risks to health and well-being" misurando i livelli medi di inquinante a cui una determinata percentuale di popolazione viene annualmente esposta e la sua variazione negli anni.

Dal 2010 al 2017 la popolazione esposta a valori di PM_{2,5} inferiori a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è aumentata, passando rispettivamente dallo 0% al 4%, con un massimo toccato nel 2016 (7%).

La percentuale di popolazione esposta a concentrazioni comprese nella fascia 10-25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è aumentata tra il 2010 (80%) e il 2014 (92%) per poi tornare a diminuire fino a raggiungere il 62% nel 2017.

Per quanto riguarda le fasce di concentrazione più alte, nel 2017 si registrano valori percentuali in aumento: la fascia 25-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ passa dal 20% del 2010 al 30%, mentre la fascia con concentrazioni superiori a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si attesta al 2% dopo aver riportato valori percentuali nulli per la maggior parte degli anni precedenti (Figura 5-40) (ISPRA – Annuario dei dati ambientali 2019)

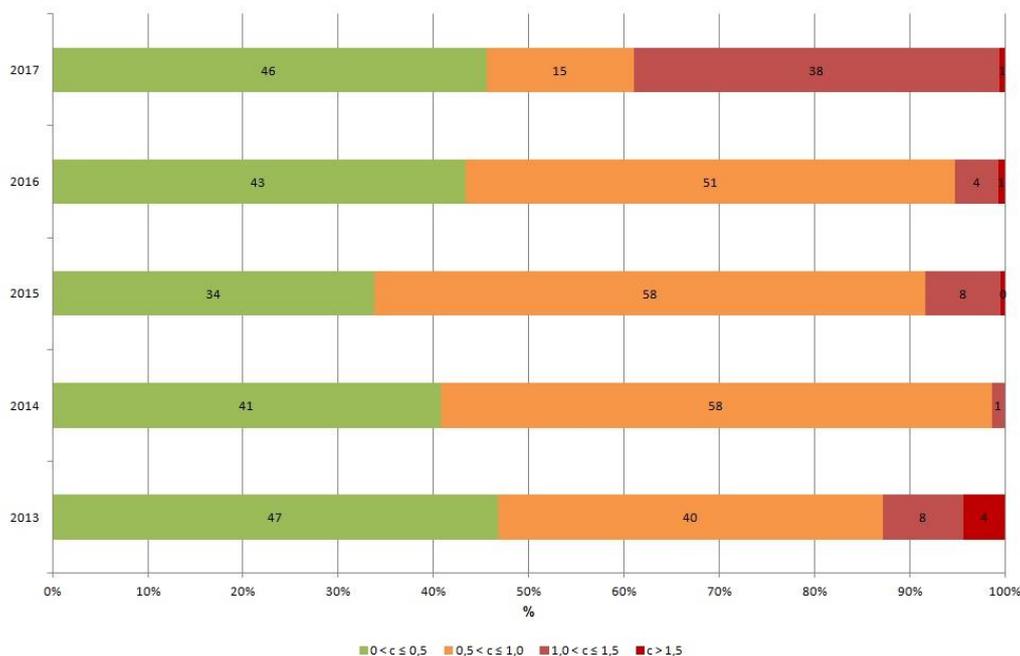


Figura 5-41: Percentuale di popolazione esposta a fasce di concentrazione di BaP nel PM10 (ng/m3) - Fonte ISPRA Annuario dei dati ambientali 2019

Tra il 2013 e il 2017, si rileva un andamento altalenante dei valori della media pesata sulla popolazione nazionale esposta al BpA nel PM10.

In tutti gli anni considerati, ad eccezione del 2017, più dell'85% della popolazione è esposta a un valore del Benzo(a)Pirene inferiore al Valore Obiettivo (1 ng/m3). È comunque da ricordare che il BaP è una sostanza chimica cancerogena ed è quindi sempre auspicabile una sua riduzione.

Rispetto al 2013, in cui il 12,8% della popolazione era mediamente esposta a valori superiori a 1 ng/m3, nel 2014 solo l'1,4% della popolazione ricade in queste fasce, mentre a partire dal 2015 (8,4%) tale percentuale torna a salire per registrare il suo valore massimo nel 2017 con un valore del 39% (Figura 5-41).

Nel periodo considerato, la percentuale di popolazione mediamente esposta alla fascia 0 - 0,5 ng/m3, dopo essere diminuita passando dal 46,8% del 2013 al 33,8% del 2015, torna a crescere attestandosi nel 2017 sul 45,6% (ISPRA – Annuario dei dati ambientali 2019).

Biodiversità e ecosistemi

La biodiversità rappresenta la ricchezza di vita sulla terra: le piante, gli animali e i microrganismi, i geni che li costituiscono e i complessi ecosistemi a cui danno origine nella biosfera. La *Convention on Biological Diversity* - CBD, adottata dell'*Earth Summit* del 1992 a Rio de Janeiro (<http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>), definisce la biodiversità come «la variabilità degli organismi viventi di ogni origine, compresi *inter alia* gli ecosistemi terrestri, marini ed altri ecosistemi acquatici, e tutti i complessi ecologici di cui fanno parte; questa include la diversità intra-specifica, inter-specifica e degli ecosistemi» (<https://www.cbd.int/convention>).

L'Italia è dotata di un'incredibile ricchezza e diversità di ecosistemi in cui organismi viventi e componenti abiotiche coesistono ed interagiscono tra di loro per generare processi ecosistemici.

Lo “stato di salute”, in gran parte alterato dalle pressioni antropiche, influenza la capacità degli ecosistemi di fornire risorse e flussi di Servizi Ecosistemici (SE) oggi e nel futuro.

Tra i servizi ecosistemici quelli di maggior interesse per il Programma risultano essere i servizi di regolazione e mantenimento (regulating services and maintenance) relativi ai processi fisici, biologici ed ecologici quali ad esempio il clima, il sequestro di carbonio, la qualità di acque e aria, arrivando a mitigare rischi naturali come l'erosione, i dissesti idrogeologici o il cambiamento climatico.

Il mantenimento della funzionalità degli ecosistemi terrestri è anche tra gli obiettivi globali di sviluppo sostenibile (SDGs – 15 “Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell'ecosistema terrestre, gestire sostenibilmente le foreste, contrastare la desertificazione, arrestare e far retrocedere il degrado del terreno, e fermare la perdita di diversità biologica”).

Fauna

Nel panorama europeo l'Italia è caratterizzata da un patrimonio di specie tra i più significativi sia per il numero totale sia per l'alto tasso di endemismi, e rappresenta per questo uno dei trentaquattro hotspot di biodiversità a livello mondiale. Molti fattori – biogeografici, storici, antropologici – hanno contribuito a fare dell'Italia un luogo caratterizzato da una elevatissima biodiversità spaziale e temporale con organismi antichissimi, che abitano il pianeta da 500 milioni di anni, e nuovissimi, tanto che, da recenti analisi, molti gruppi hanno mostrato un tasso di endemismo superiore al 50%. Il numero di specie italiane, confrontato con quello degli altri paesi europei e mediterranei, è enorme.

I risultati delle più recenti valutazioni realizzate in adempimento della Direttiva Habitat delineano uno stato di conservazione sfavorevole – inadeguato o cattivo – per circa la metà delle specie di interesse comunitario (50% per la flora, 51% per la fauna) e per oltre la metà degli habitat (68%). Lo stato di conservazione delle specie di fauna di interesse comunitario (esclusi gli uccelli), presenta notevoli problematiche, in quanto il 18% rivela uno stato di conservazione cattivo e il 15% cattive prospettive future.

Per quanto attiene all'avifauna, i dati più accurati ed aggiornati derivano dall'ultimo rapporto redatto ai sensi dell'Articolo 12 della Direttiva Uccelli (ISPRA, 2015[a]), trasmesso alla Commissione europea nel dicembre 2013. Il rapporto evidenzia la presenza di oltre un milione di coppie riproduttive con una distribuzione superiore ai 300.000 km², mentre altre specie sono limitate a 2-15 coppie presenti su aree di 100-1000 km². Il 25% delle specie nidificanti rientra in una delle categorie a più elevato rischio di estinzione e tra queste 5 sono le specie risultate in maggior pericolo: il gipeto, il capovaccaio, il grifone, l'aquila del Bonelli e la bigia padovana. Queste specie sono accomunate da un stato di conservazione cattivo, un basso numero di coppie (<100) e una limitata estensione della distribuzione geografica (<20.000 chilometri quadrati). Le specie più vulnerabili si trovano principalmente in ambienti di prato-pascolo, nei seminativi e nelle zone umide. Ci sono, comunque, anche molte specie che hanno migliorato il loro stato di conservazione. Nel complesso, il numero di popolazioni in incremento nell'ultimo decennio (37), è vicino al numero di quelle in decremento (41). Sul lungo periodo invece il rapporto si inverte, 37 in aumento, 32 in decremento. I fattori di minaccia alla conservazione segnalati più di frequente sono le modificazioni dei sistemi naturali (abbandono dei pascoli e delle colture tradizionali), le pratiche agricole (biocidi e fertilizzanti) e lo sfruttamento di risorse biologiche (caccia e pesca).

Per quanto riguarda i dati conoscitivi riguardanti gli invertebrati (irudinei, decapodi, insetti: odonati, ortotteri, coleotteri e lepidotteri) sono disponibili i trend relativi a poco più del 54,9% delle specie. La situazione appare diversa riguardo alle valutazioni dei trend: si hanno infatti 'trend in peggioramento' per

il 66% delle specie considerate e 'stabili' per il 12,5%. Anche nel caso degli invertebrati è la regione biogeografia alpina ad avere in proporzione il maggior numero di specie della flora con un trend in peggioramento (62,5%).

I trend che interessano le acque interne evidenziano come i pesci (agnati e osteitti), sull'88,9% delle specie valutate, abbiano 'trend in miglioramento' per il 6,3% delle specie e 'trend stabili' per il 16,7%, mentre trend in 'peggioremento' si osservano per il 75% delle specie.

Gli anfibi (valutazione stilata per il 37,3% delle specie) mostrano per tutte le specie un 'trend in peggioramento' (tranne per l'*Hydromantes genei* per il quale è stata espressa la valutazione di 'trend complessivo' sconosciuto).

La regione biogeografica alpina ha il maggior numero di specie di pesci e anfibi, che mostrano un 'trend complessivo in peggioramento' (94,1%). I rettili, per i quali è stata realizzata una valutazione dei trend per il 30,2% delle specie, mostrano per tutte le specie un 'trend in peggioramento', tranne per *Lacerta agilis*, per la quale è stata espressa la valutazione di 'trend complessivo' stabile. Nelle regioni biogeografiche, rispettivamente continentale e mediterranea, per tutte le specie, si riscontra un 'trend complessivo in peggioramento'. I mammiferi, con il 46,7% delle specie per le quali è stata realizzata una valutazione dei 'trend complessivi', mostrano 'trend in peggioramento' per gran parte delle specie, tranne che per *Lutra lutra* e *Ursus arctos* nella regione biogeografica alpina, per le quali si riscontrano 'trend complessivi' valutati 'in miglioramento' e per le specie *Lepus timidus* e *Myotis daubentonii*, per le quali si osservano 'trend stabili'.

La regione biogeografica continentale possiede il maggior numero di specie (94,1%) con 'trend complessivo in peggioramento'. Nell'insieme, da un punto di vista conoscitivo, si dispone di valutazioni dei 'trend complessivi' per poco meno della metà delle specie. Il range è compreso tra il 30,2% dei rettili e il 54,9% degli invertebrati, escludendo i pesci per i quali si hanno valutazioni dei trend per l'88,9% delle specie.

Da un punto di vista delle regioni biogeografiche, è quella alpina ad avere il maggior numero di specie con 'trend complessivo in peggioramento' (flora, invertebrati, pesci e anfibi), seguita da quella continentale (rettili e mammiferi).

Rispetto agli uccelli è possibile sintetizzare i trend di popolazione nelle categorie "stabile", "in decremento", "in incremento" e "fluttuante", traendo i dati dal "Rapporto sull'applicazione della Direttiva 147/2009/CE in Italia: dimensione, distribuzione e trend delle popolazioni di uccelli (2008-2012)" (ISPRA, 2015[a]). Questi dati si riferiscono al trend a lungo periodo ovvero nell'intervallo compreso tra il 1980 al 2012 circa, dal momento che la raccolta dei dati non è stata completamente omogenea intorno agli estremi di riferimento, per la difficoltà di disporre di dati storici omogenei. L'inquadramento complessivo che emerge, indica come poco più di un terzo delle specie considerate abbia un trend in incremento del 37,9%, a fronte del 24,2% in decremento. Il 10,5% delle specie di uccelli ha un trend a lungo termine stabile e il 4,6% fluttuante.

Flora e Vegetazione

La Flora è l'insieme delle specie vegetali che vivono in una specifica area identificata da limiti geografici o amministrativi, come una catena montuosa, un'area protetta, un comune, una regione o un territorio più vasto. Essendo clima e substrato i principali fattori che regolano la vita delle piante, la flora è composta da specie le cui caratteristiche morfologiche e funzionali sono coerenti con l'ambiente in cui vivono. Il mondo

vegetale è costituito da gruppi afferenti a molteplici linee evolutive e comprende sia organismi semplici, sia organismi strutturalmente più complessi.

La vegetazione rappresenta il complesso delle piante di un ambiente considerate nel loro modo di aggregarsi e nei loro rapporti con i fattori presenti nell'ambiente stesso. L'aspetto qualitativo del manto vegetale si può descrivere attraverso la flora. Essa è il risultato della distribuzione e della combinazione delle piante nei diversi luoghi, in funzione del variare dei fattori ecologici, del patrimonio floristico e dell'attività antropica. La vegetazione è quindi costituita dall'insieme delle comunità di piante vascolari che popolano un habitat, nel quale le singole specie trovano il necessario spazio vitale. È quindi evidente come i concetti di flora e di vegetazione abbiano un significato prettamente didattico-funzionale in quanto espressioni analitiche ed ecologiche di uno stesso soggetto: il paesaggio vegetale (Blasi e Biondi, 2017).

Dalla vegetazione originano numerosi servizi e benefici per l'uomo molti dei quali di importanza chiave indispensabili per lo sviluppo e la sussistenza della società umana, definiti servizi ecosistemici, tra i quali troviamo la salvaguardia e l'incremento di habitat per specie di flora e fauna di pregio, il miglioramento del microclima e l'incremento del valore estetico e paesaggistico del territorio, la fornitura di alimenti, di tessuti e biomasse legnose per uso tecnico ed energetico e l'abbattimento degli inquinanti (Schagner et. al, 2013; Silli et. al, 2015).

Le piante rappresentano il livello trofico di base nella catena alimentare e sono dunque una risorsa insostituibile, dalla quale dipende la vita degli altri organismi viventi. Tutelarle è quindi un obiettivo di primaria rilevanza; ma protezione e conservazione sono attuabili solo se sono note la consistenza e la qualità del patrimonio floristico attuale. Approfondire la conoscenza di questa biodiversità è quindi fondamentale.

Come già evidenziato, l'Italia è caratterizzata da un'elevata ricchezza floristica, dovuta anche alla grande complessità litomorfológica del territorio. La diversità floristica e le *serie di vegetazione esistenti in Italia*, vengono ben rappresentate e sintetizzate nella relativa Carta, caratterizzata da ben 279 voci (Blasi ed. 2010). Relativamente all'estensione, si può notare che ad esempio, si passa dai 1.517.213 ettari della serie più estesa (*Oleo sylvestris-Quercus virgiliana* sigmetum) ai poco più di 320 ettari della serie con copertura minore (*Juniperus hemisphaerica-Abies nebrodensis* sigmetum). Nella tabella seguente si riportano anche le 10 serie di vegetazione, che nel loro insieme coprono poco più del 30% del territorio nazionale, mentre per arrivare al 50% occorre considerare altre 16 serie. Tra le unità cartografiche con minore superficie (meno di 500 ha) si possono citare: il geosigmeto appenninico settentrionale della vegetazione primaria d'altitudine (che comprende le associazioni: *Silene exscapae-Trifolium alpini*, *Oligotrichum-Gnaphalium supini*, *Polytrichum sexangulare*, *Poa-Cerastium cerastioidis*, *Salicetum herbaceae*), la serie sarda calcicola del carpino nero (*Cyclaminus repandi-Ostrya carpinifoliae* sigmetum) e la serie garganica calcicola del cerro (*Doronicum orientalis-Carpinus betuli* sigmetum).

In termini di potenzialità, il nostro Paese dovrebbe avere una copertura forestale pari a circa il 90% della superficie vegetata; infatti la maggior parte delle serie di vegetazione cartografate sono di tipo forestale, anche se allo stato attuale solo poco più del 30% del territorio presenta cenosi forestali. Il restante 10% della superficie nazionale è interessata da una vegetazione primaria di tipo erbaceo o arbustivo (fascia alpina e subalpina) e da vegetazione idrofittica e acquatica (acque dolci o salmastre).

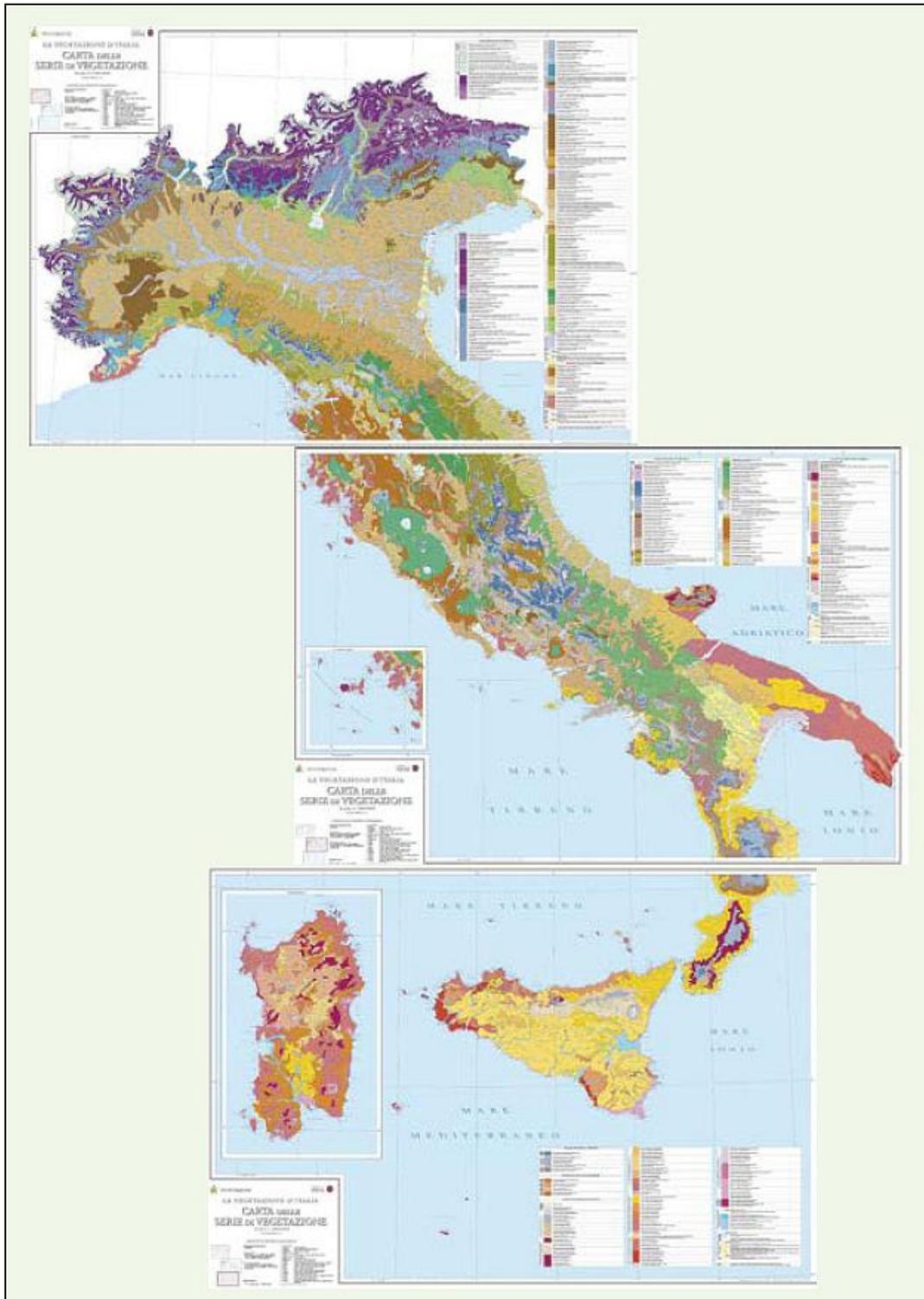


Figura 5-42: Carta delle Serie di Vegetazione d'Italia in scala 1:250.000 (Blasi ed., 2010)

Serie di vegetazione	Ettari	%
<i>Oleo-Quercus virgiliana</i> sigmetum	1.517.213,6	5,02
<i>Rosa sempervirens-Quercus pubescens</i> sigmetum	1.206.393,5	3,99
<i>Asparagus tenuifolius-Quercus robur</i> sigmetum	1.039.862,7	3,44
Serie della farnia e del carpino bianco (<i>Carpinus betuli</i>)*	878.868,2	2,91
<i>Erica arborea-Quercus virgiliana</i> sigmetum	817.445,6	2,71
<i>Cyclaminus hederifolius-Quercus ilicis</i> sigmetum	778.651,3	2,58
<i>Daphniphyllum laureolae-Quercus cerridis</i> sigmetum	646.424,4	2,14
<i>Anemone apennina-Fagus sylvatica</i> sigmetum	578.540,8	1,91
<i>Physospermum verticillatum-Quercus cerridis</i> sigmetum	520.213,3	1,72
Serie dei quercus-carpinetti della pianura alluvionale (<i>Quercetalia pubescentis-petraeae</i>)*	496.724,0	1,64
<i>Prasium majus-Quercus ilicis</i> sigmetum	490.941,7	1,62
<i>Galium scabrum-Quercus suber</i> sigmetum	472.086,7	1,56

* Piccoli lembi residuali di foreste molto frammentate.

Figura 5-43: Le serie di vegetazione più diffuse sul territorio nazionale (Blasi e Biondi, 2017)

Contesto normativo

La normativa in tema di salvaguardia della qualità dell'aria e controllo dell'inquinamento atmosferico prevede sia valori limite per la protezione della salute umana che per la protezione degli ecosistemi. Per un quadro complessivo sui limiti e soglie per i vari inquinanti si rimanda al paragrafo sulla qualità dell'aria.

Ai fini della protezione della sola vegetazione e degli ecosistemi sono stati contemplati i seguenti limiti di legge dal legislatore, per i seguenti inquinanti:

- SO₂: limiti per la protezione degli ecosistemi (media annua da ottobre a marzo di 20 µg/m³)
- NO_x: limiti per la protezione degli ecosistemi (media annua 30 µg/m³)
- O₃: limiti per la protezione della vegetazione, sia come obiettivo lungo termine (periodo maggio-luglio, 18000 µg/m³*h, su 5 anni), che come valore obiettivo (periodo maggio-luglio, 6000 µg/m³h).

Effetti dell'inquinamento per la vegetazione

I livelli critici di inquinanti

Al fine di valutare gli effetti degli inquinanti atmosferici sulla vegetazione è necessario riferirsi al concetto di *Livello Critico* definito come "la concentrazione, esposizione cumulativa o flusso stomatico cumulativo di inquinanti atmosferici al di sopra dei quali possono verificarsi effetti avversi diretti sulla vegetazione sensibile, in accordo con le conoscenze attuali" (UNECE ICP-Vegetation, 2017). L'esposizione a concentrazioni superiori al livello critico ha quindi effetti negativi sulle diverse tipologie di vegetazione, sull'intero ecosistema e sui relativi servizi, inclusi quelli relativi alla fornitura di biomasse e di alimenti, ai quali la vegetazione provvede.

I livelli critici di inquinanti sono differenti per i diversi inquinanti, comprese le concentrazioni medie, le esposizioni cumulative di inquinanti che penetrano nelle foglie attraverso pori e stomi (flusso stomatico), poiché gli effetti avversi osservati sono correlati non solo alle concentrazioni alle quali i vegetali sono esposti, ma soprattutto alla quantità effettiva di inquinante penetrato all'interno della pianta (*uptake*). I danni prodotti variano a seconda del tipo di vegetazione e di specie vegetale considerata, come pure degli inquinanti presenti e comprendono vari effetti; tra i più importanti: cambiamenti nella crescita per alberi e vegetazione naturale e semi-naturali, decremento della qualità e della resa del raccolto, soprattutto per le colture agrarie e del numero di fiori e semi prodotti per la vegetazione (semi)naturale, ma anche maggiore vulnerabilità a stress abiotici come gelo o siccità e stress biotici quali parassiti e malattie. Inoltre occorre evidenziare che gli effetti osservati sui vegetali sono differenti nel caso di esposizioni per brevi periodi (*short-term exposure*) e per lunghi periodi (*long-term exposure*).

Attraverso l'elaborazione delle mappe di superamento dei livelli critici, le quali mostrano la differenza tra il livello critico per la specifica vegetazione e la concentrazione di inquinanti atmosferici monitorati o modellati e l'esposizione cumulativa o il flusso stomatico cumulativo, è possibile evidenziare le aree geografiche con i superamenti e quindi caratterizzate da maggior impatto e maggiori effetti attesi sulla vegetazione.

La vegetazione quindi non risulta tutta sensibile allo stesso modo nei confronti degli inquinanti atmosferici. Per questo, nella definizione dei livelli critici, vengono considerate differenti tipologie di vegetazione con differenti sensibilità e relativi effetti osservati, quali ad esempio:

- *Cianobatteri e licheni*
- *Ecosistemi forestali*
- *Vegetazione semi-naturale*
- *Colture agrarie*

A seconda dell'inquinante vengono raccomandati dei limiti di concentrazione o di dose (concentrazione nel tempo), in relazione al tipo di vegetazione, ai periodi fenologici ad al tempo di esposizione.

A titolo esemplificativo si riportano di seguito i livelli critici per l'inquinante SO₂, rilevati sperimentalmente (UNECE ICP-Vegetation), per le differenti tipologie di vegetazione (recettore):

Table III.1: Critical levels for SO₂ (µg m⁻³) by vegetation category.

Vegetation Type	Critical level SO ₂ [µg m ⁻³]	Time period
Cyanobacterial lichens	10	Annual mean
Forest ecosystems*	20	Annual mean and Half-year mean (October-March)
(Semi-)natural	20	Annual mean and Half-year mean (October-March)
Agricultural crops	30	Annual mean and Half-year mean (October-March)

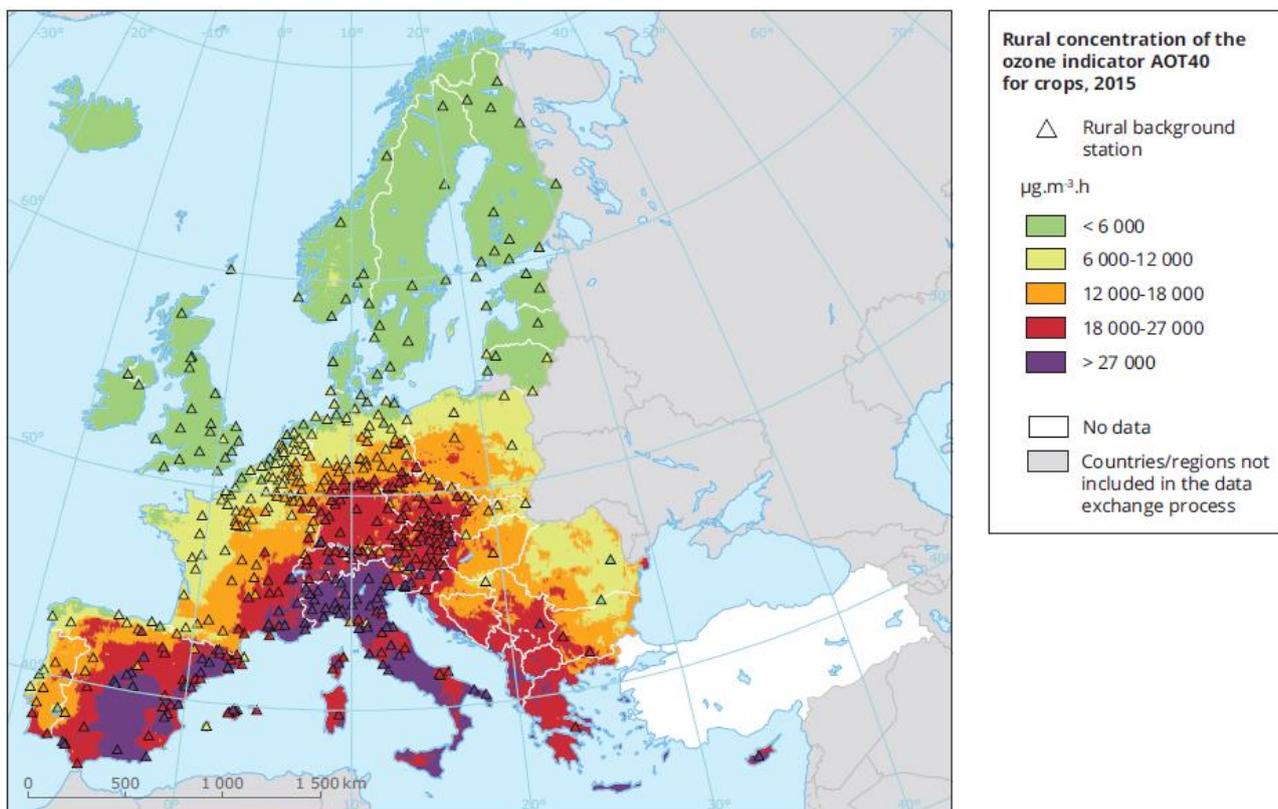
*The forest ecosystem includes the response of the understorey vegetation.

Figura 5-44: Livelli critici per il biossido di zolfo per le differenti tipologie vegetali (ICP, Vegetation, 2017)

Per altri inquinanti ed in particolare per l'ozono, la stima del livello critico è più complessa, poiché parametri ambientali quali temperatura, umidità e disponibilità idrica a livello del suolo, così come altri fattori fisiologici della pianta, come la conduttanza stomatica, condizionano l'apertura degli stomi e quindi la quantità effettiva di inquinante che penetra nelle foglie e dai quali dipendono i danni osservati.

L'ozono rappresenta un rischio per le colture, le foreste e altri tipi di vegetazione, con effetti sulla crescita e e più in generale sulla biodiversità. Secondo quanto riportato nell'EEA report 2018 "Air quality in Europe" In molte zone del centro e del sud Europa, le praterie della Rete Natura 2000 sono a rischio a causa dell'esposizione ai livelli attuali di concentrazioni di O₃, che possono modificare la composizione della comunità vegetale e la fioritura e produzione di semi per alcune specie (Harmens et al., 2016).

Il valore AOT40 di 18 000 µg / m³ *h è stato superato in circa il 30% delle aree agricole nell'UE-28, soprattutto nelle regioni del Mediterraneo meridionale e parti del centro Europa, nel 2015.



Source: ETC/ACM, 2018b.

Figura 5-45

I livelli di O₃, variano notevolmente di anno in anno, soprattutto a causa delle variazioni meteorologiche.

I Carichi Critici per la misura dell'eutrofizzazione e acidificazione

Fenomeni di eutrofizzazione e acidificazione sono tra i più significativi effetti dell'inquinamento dell'aria sull'ambiente.

La deposizione atmosferica dei composti di zolfo e azoto (emesso nell'aria come NO_x e NH₃) hanno effetti acidificanti sui suoli e sulle acque e quindi sulla biodiversità. La deposizione dei composti di azoto è anche causa di eutrofizzazione.

Il fenomeno dell'eutrofizzazione riguarda un eccesso di nutrienti nel suolo o nelle acque, con conseguenti impatti sugli ecosistemi terrestri e acquatici, inclusa la minaccia alla biodiversità.

Le deposizioni acide comportano una riduzione del PH del suolo e delle acque influenzando la vita degli animali e delle piante.

La riduzione in Europa delle emissioni dei composti di zolfo ha comportato una diminuzione dei processi di acidificazione con segnali di ripresa per laghi e foreste. Le considerevoli riduzioni delle emissioni di SO_x negli ultimi decenni ha reso gli NO_x i principali componenti acidificanti oltre ad essere responsabili dei fenomeni di eutrofizzazione. Tuttavia gli SO_x per il loro maggiore potenziale acidificante rispetto a NO_x forniscono tutt'ora il loro contributo all'acidificazione.

Gli effetti di eutrofizzazione (e acidificazione) dovuti alla deposizione di inquinanti atmosferici sono stimati in termini di superamento dei "carichi critici" di deposizione. Per "carico critico" si intende il livello d'inquinamento massimo (inquinanti eutrofizzanti o acidificanti) depositato che l'ecosistema può sopportare senza subire impatti negativi.

La COM(2018)446final "Prime prospettive in materia di aria pulita" indica che, in seguito all'attuazione della direttiva NEC, le superfici degli ecosistemi soggetti ad eutrofizzazione si ridurranno del 27% tra il 2005 e il 2030.

I dati a livello europeo (EMEP 2017), come riportato nel report 2018 EEA "Air quality in Europe", mostrano che la deposizione di azoto atmosferico rimane una minaccia per salute degli ecosistemi in termini di eutrofizzazione.

Nel 2015 le maggiori eccedenze si sono verificate nella Pianura Padana, nelle aree di confine tra Olanda e Germania e Danimarca e nella Spagna nord-occidentale. Proiezioni al 2020 e al 2030 indicano che l'esposizione degli ecosistemi all'eutrofizzazione sarà ancora molto diffusa.

Come già detto i depositi eccessivi di azoto sono causati dalla deposizione di NO_x e NH₃. L'NH₃ è il composto dominante e la sua importanza relativa aumenterà ulteriormente entro il 2030 in quanto la direttiva NEC ne prescrive una riduzione relativamente modesta (19%) rispetto all'NO_x (63%).

In riferimento all'acidificazione a livello europeo le eccedenze dei carichi critici hanno riguardato oltre il 5% delle superfici di ecosistemi nel 2015. Sempre a livello europeo l'ulteriore riduzione delle emissioni di SO₂ previste dalla direttiva NEC comporterà nuovi potenziali riduzioni di acidificazione dei suoli forestali portando a soddisfare i carichi critici nel 99,8% delle aree forestali europee (report 2018 EEA "Air quality in Europe").

L'International Cooperation Program Modelling & Mapping (ICP-M&M) di supporto metodologico al protocollo di Göteborg, insieme ad altri 4 programmi che fanno capo al Centro di Coordinamento degli Effetti (CCE), definisce gli strumenti di contrattazione delle riduzioni di emissione di inquinanti sulla base degli effetti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi e sulla salute, valutando anche il contributo dei cambiamenti climatici a tali effetti.

Costituiscono strumenti di contrattazione i carichi critici definiti come 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*”.

Oltre ai Carichi Critici di Azoto (CL_{eut}) indicatori del fenomeno di eutrofizzazione e i Carichi Critici di Zolfo (CL_{acid}) indicatori dell'acidificazione per gli ecosistemi foresta e vegetazione naturale e seminaturale, in accordo con gli obiettivi della “strategia sulla biodiversità” negli ultimi anni si sta lavorando al calcolo dei Carichi Critici di biodiversità (CL_{biodiv}) che individuano il limite oltre il quale l'inquinamento atmosferico produce perdita di biodiversità. Quest'ultimo però è ancora in fase di consolidamento nell'ambito dell'ICP-M&M.

Per identificare le aree di eccedenza, ovvero le aree dove i livelli di deposizione possono indurre alterazioni negli ecosistemi e, quindi, rappresentare aree a rischio dove è lecito attendersi degli impatti, i Carichi Critici per ciascun ecosistema vengono confrontati con le deposizioni al suolo.

A livello nazionale la figura 4.35 riporta le eccedenze calcolate sulle deposizioni di N totale per gli anni 2005 e 2015. In merito ai valori di Carico Critico di Zolfo (CL_{acid}) non si rilevano eccedenze al 2015 anche grazie all'effetto delle politiche di riduzione del contenuto di zolfo nei carburanti.

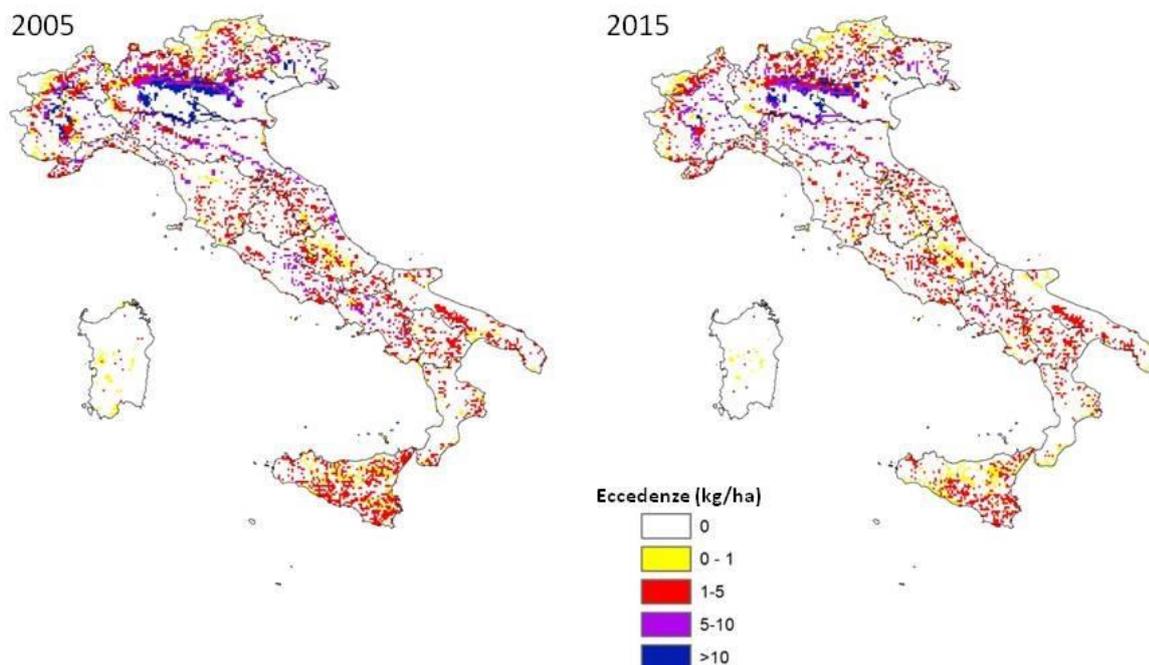


Figura 5-46: eccedenze calcolate sulle deposizioni di N totale per gli anni 2005 e 2015 - Fonte: ISPRA Annuario dei dati ambientali 2018

Come si evince dalla figura tutta la zona Nord del nostro Paese ed in particolar modo la Pianura padana, è interessata dalle eccedenze più marcate, si registra inoltre un apprezzabile miglioramento per il 2015 su tutto il territorio nazionale.

Uso e copertura del suolo

L'uso del suolo, analizzato alla scala del CLC, rappresenta uno strato informativo adeguato per analisi di livello nazionale come quelle richieste per la valutazione degli effetti del Programma. L'uso del suolo classifica il territorio in base alla sua dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica (residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo) costituisce pertanto una base informativa rappresentativa per il livello nazionale della distribuzione delle fonti emmissive di inquinanti e dei recettori esposti all'inquinamento (esposizione della popolazione, elementi naturali, patrimonio agroalimentare...).

L'analisi delle diverse categorie di uso del suolo restituisce come elemento significativo per tale analisi la distribuzione delle aree urbanizzate sull'intero territorio nazionale, nonché le aree agricole, le aree boschive e seminaturali, le zone umide e i corpi idrici (1° livello del CLC).

La produzione di dati CORINE Land Cover, assicurata oggi nell'ambito dell'area tematica Land del programma Copernicus, è un'iniziativa avviata nel 1985 a livello europeo.

I dati CLC hanno limiti significativi in termini di risoluzione spaziale (25 ettari) e sono ormai superati su questo da altri fonti informative (High Resolution Layers – HRL – Urban Atlas, etc), tuttavia hanno un'ottima risoluzione tematica, con un sistema di classificazione gerarchico con 44 classi su tre livelli (in Italia con alcuni approfondimenti al quarto livello). Inoltre, sono gli unici dati che garantiscono un quadro europeo e nazionale completo, omogeneo e con una serie temporale che assicura quasi trent'anni di informazioni (1990, 2000, 2006, 2012, 2018).

Gli interventi individuati nel programma riguarderanno i tre settori che ad oggi maggiormente contribuiscono all'inquinamento: i trasporti, il riscaldamento domestico a biomassa e l'agricoltura, settori particolarmente legati alle dinamiche territoriali riconducibili ad aree urbane o agricole.

L'uso del territorio secondo il dato CORINE Land Cover 2018 evidenzia l'ambito agricolo e boscato/semi naturale come le superfici prevalenti che insieme costituiscono poco più del 93% del territorio nazionale. L'ambito artificializzato/urbano copre circa il 5,5%. La somma delle zone umide e dei corpi idrici⁸ si attesta a poco più di 400.000 ha (poco sopra l'1% dell'intero territorio italiano). In tabella 4-18 sono riportati i valori dell'uso a livello regionale.

Tabella 5-18: Uso del suolo per classi di primo livello CLC (2018)

Regioni	Aree artificiali	Aree agricole	Aree boschive e seminaturali	Zone umide	Corpi idrici	Totale
			Km ²			
Piemonte	1.360,6	10.974,6	12.832,9	1,0	220,0	25.389,2
Valle d'Aosta	47,2	267,1	2.942,6	0,5	3,4	3.260,8
Lombardia	2.774,4	11.264,7	9.111,0	23,8	685,9	23.859,8

⁸ La classe 523 "mari e oceani" appartenente alla classe di 1° livello "corpi idrici" è stata esclusa dalle elaborazioni in quanto gli scenari di qualità dell'aria elaborati nell'ambito del Programma non coprono totalmente tali aree.

Trentino- Alto Adige	293,9	1.866,2	11.374,7	2,9	63,6	13.601,3
Veneto	1.702,0	10.364,6	5.319,2	227,1	810,6	18.423,6
Friuli Venezia Giulia	623,0	3.001,5	4.054,8	26,5	154,0	7.859,8
Liguria	269,4	918,3	4.209,2	0,6	9,9	5.407,3
Emilia- Romagna	1.251,1	14.866,6	5.710,4	121,2	236,2	22.185,6
Toscana	1.119,2	10.454,9	11.253,6	55,9	103,1	22.986,7
Umbria	300,1	4.303,0	3.701,6	8,7	148,3	8.461,7
Marche	454,7	6.171,2	3.093,1	0,0	13,2	9.732,3
Lazio	1.099,0	9.706,4	6.156,8	7,4	258,1	17.227,8
Abruzzo	327,3	4.858,7	5.621,0	0,0	23,0	10.829,9
Molise	81,8	2.743,3	1.621,2	0,8	14,0	4.461,0
Campania	1.021,0	7.520,8	5.089,4	3,4	34,8	13.669,4
Puglia	1.067,1	15.760,0	2.452,9	91,2	167,2	19.538,3
Basilicata	158,8	5.737,5	4.130,1	9,3	37,0	10.072,7
Calabria	564,4	7.323,4	7.284,5	0,4	50,3	15.223,0
Sicilia	1.303,3	17.658,7	6.734,5	20,7	115,0	25.832,2
Sardegna	718,9	11.161,8	11.909,1	75,0	221,9	24.086,8
Italia	16.537,0	156.923,5	124.602,7	676,4	3.369,6	302.109,2

Al fine di stimare l'esposizione all'inquinamento atmosferico nel presente rapporto (capitolo 5, 6, 7) è analizzata la ripartizione delle superfici delle diverse tipologie di uso del suolo ai livelli di qualità dell'aria (classi di concentrazioni) derivanti dai diversi scenari elaborati nell'ambito del Programma.

Beni culturali e paesaggio

Il principale riferimento per la tutela del patrimonio culturale nazionale è il D.lgs. 22 gennaio 2004 n. 42, "Codice dei beni culturali e del paesaggio", che attribuisce al Ministero per i Beni e le Attività Culturali le funzioni di tutela del patrimonio culturale costituito dai beni culturali e dai beni paesaggistici.

L'Italia è un paese ricco di beni culturali: monumenti architettonici, siti archeologici, musei, ville e palazzi storici, interi paesi o borghi medievali.

La carta riportata di seguito tratta dal "Rapporto ISPRA 269/2017 "Carta del Valore Naturalistico - Culturale d'Italia Un applicativo di Carta della Natura" è indicativa della ricca presenza e distribuzione di questi beni nel Paese.

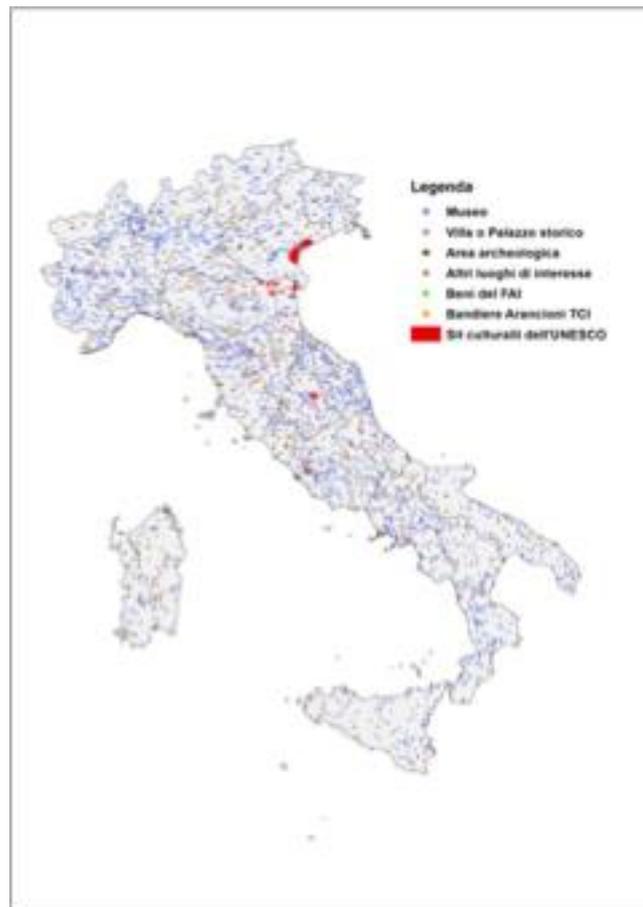


Figura 5-47: Distribuzione dei beni culturali sul territorio italiano

Secondo quanto riportato nella “Carta nazionale del paesaggio”, il Codice dei beni culturali e del paesaggio affianca a un approccio più strettamente legato alla tutela e ai valori estetici del paesaggio quello che, in coerenza con la Convenzione europea del 2000, concepisce il paesaggio come elemento del contesto di vita delle popolazioni, sia nei paesaggi con caratteristiche eccezionali che in quelli della vita quotidiana. Alla sua definizione contribuiscono l’azione dell’uomo e della natura e la percezione che di esso ha la comunità.

La Carta promuove la considerazione del paesaggio come fattore determinante di identità, sviluppo, coesione sociale e benessere e individua tre obiettivi strategici:

- Promuovere nuove strategie per governare la complessità del paesaggio
- Promuovere l’educazione e la formazione alla cultura e alla conoscenza del paesaggio
- Tutelare e valorizzare il paesaggio come strumento di coesione, legalità, sviluppo sostenibile e benessere, anche economico.

Per ogni obiettivo strategico sono indicate delle azioni che possono essere attuate per raggiungere l’obiettivo. Tra queste il coinvolgimento del MIBACT nella predisposizione di politiche nazionali, piani e programmi di rilevanza strategica.

In occasione dello sviluppo della presente VAS del Programma Nazionale di controllo dell’inquinamento atmosferico è stata avviata una interlocuzione tra l’Autorità proponente del Programma e il MIBACT al fine di integrare la considerazione delle valutazioni che l’attuazione del Programma può produrre sulle componenti paesaggio e Beni Culturali. Nel paragrafo dedicato ai possibili effetti del Programma sul

Paesaggio e Beni culturali sono riportate alcune indicazioni emerse dalla interlocuzione e dalle osservazioni formulate nell'ambito della Fase preliminare della VAS dalle Soprintendenze e Strutture del MIBACT.

Stima dello stato al 2020

Al fine di stimare gli effetti del Programma al 2030, che costituisce l'orizzonte temporale per il raggiungimento degli obiettivi dello stesso, è stato considerato come riferimento lo scenario base WM "With Measures" al 2020. Nei capitoli successivi sono effettuate valutazioni in termini di variazioni al 2030 per gli scenari WM e WAM.

Qualità dell'aria

Lo scenario di qualità dell'aria considerato riguarda le medie annuali di concentrazione di NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} e O₃ di cui si riportano le mappe. Tali mappe mostrano in rosso le aree di superamento dei valori limite riferiti alla media annuale (40 µg/m³ per NO₂ e PM₁₀, 25 µg/m³ per PM_{2,5}). Le medie annuali dei valori massimi giornalieri di O₃ calcolati sulle medie mobili su 8 ore sono comunque riportate poiché forniscono una utile informazione accessoria sulla distribuzione media in un intervallo temporale lungo, e sul relativo trend negli anni futuri.

Per ulteriori elementi e maggiori approfondimenti si rimanda al paragrafo 7 del Programma sugli scenari di qualità dell'aria.

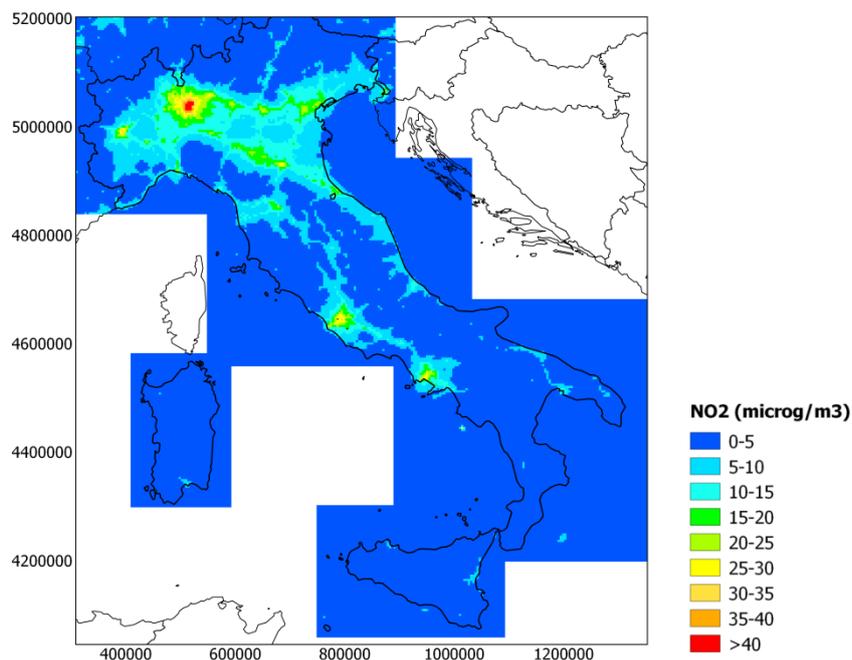


Figura 5-48: WM 2020, NO₂ media

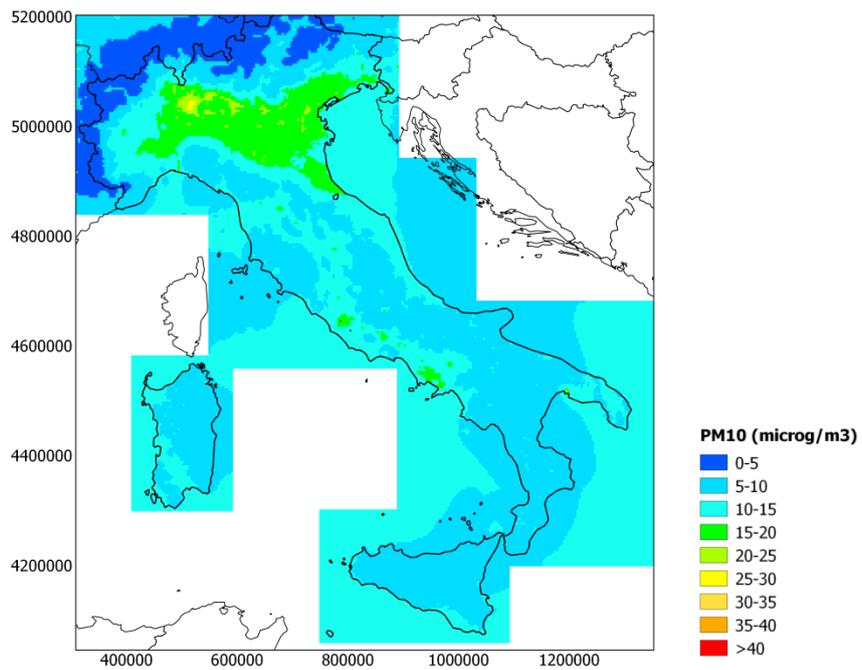


Figura 5-49: WM 2020, PM10 media

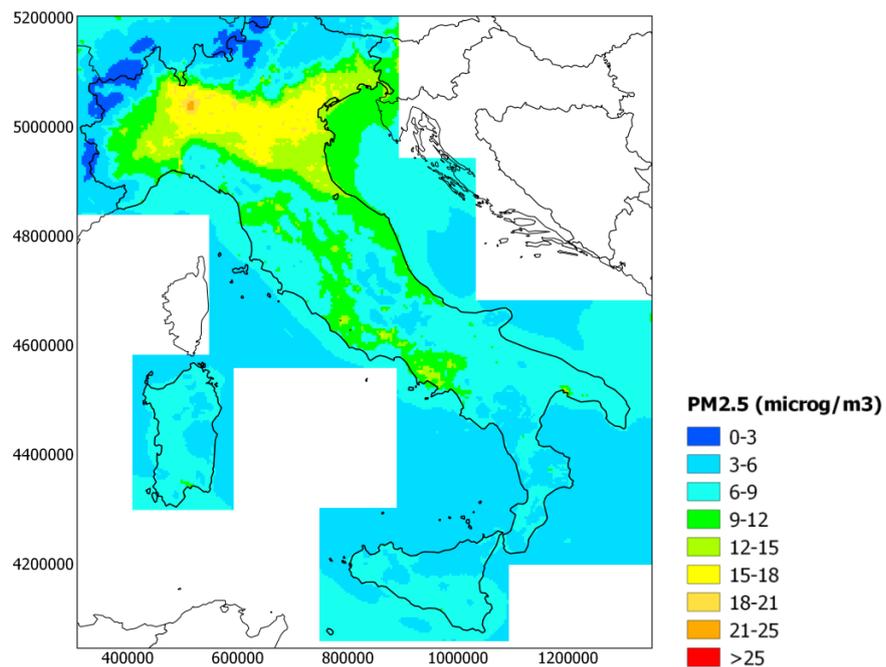


Figura 5-50: WM 2020, PM2,5 media

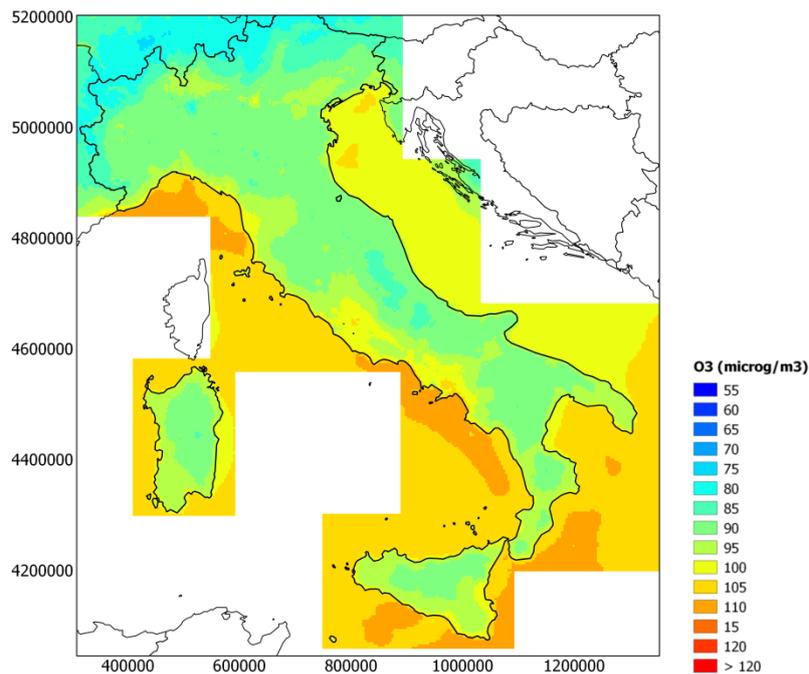


Figura 5-51: WM 2020, O3 media

Lo scenario al 2020 mostra per l'NO2 potenziali criticità nell'area milanese.

Le mappe di PM10 mostrano una distribuzione più uniforme rispetto a NO2: il PM possiede, infatti, una componente primaria, direttamente influenzata dalle emissioni localizzate, ed una altrettanto importante componente secondaria che ha natura "diffusa", a causa delle scale temporali di formazione più lunghe.

Le mappe di PM2,5 hanno importanti analogie con quelle del PM10. Le principali differenze sono due: l'andamento ancora più omogeneo nello spazio, dovuto alla maggiore frazione secondaria sul totale, e i livelli più alti rispetto al limite di legge, con la conseguente maggiore ampiezza delle aree critiche o di superamento. Infatti, il limite di legge (25 µg/m3), in vigore dal 2015, è particolarmente severo, rispetto alla situazione attuale delle concentrazioni. Considerando che l'Organizzazione Mondiale della Sanità indica un limite ancora inferiore (10 µg/m3) per la minimizzazione degli effetti sulla salute umana, si comprende la criticità della situazione del PM2,5

Le mappe di O3 mostrano una distribuzione molto uniforme, dovuta all'ampia scala spazio-temporale dell'inquinamento secondario diffuso. I valori massimi sono sulle aree rurali, dove mancano le emissioni di NOx che rimuovono O3 per "titration". In particolare, le aree costiere presentano massimi dovuti al trasporto dal mare (dove O3 ha livelli particolarmente alti, a causa dell'accumulo conseguente all'assenza di sorgenti in grado di consumarlo) verso terra, per effetto delle circolazioni di brezza.

Per quanto riguarda i valori limite per la protezione della salute previsti dal D.lgs 155/2010 riferiti alle concentrazioni orarie/giornalieri per gli inquinanti normati dalla Direttiva NEC, escludendo quindi l'SO2 per il quale il rispetto dei limiti di legge è comunque consolidato, sono elaborati gli scenari al 2020 con misure vigenti (WM) considerati come riferimento per la stima degli effetti delle misure del Programma e la valutazione del raggiungimento degli obiettivi ambientali al 2030. Si riportano di seguito le mappe risultanti:

- per l'NO₂ relative ai valori di concentrazione calcolati in ciascuna cella come 19° valore più elevato sulla serie delle medie orarie (99.8° percentile); le aree di colore rosso, al di sopra di 200 µg/m³, individuano le zone in cui non è rispettato il limite di legge.
- per il PM₁₀, in cui sono tracciati i valori di concentrazione calcolati, in ciascuna cella del dominio di calcolo, come 36° valore più alto sulle serie delle medie giornaliere di concentrazione (90.4° percentile); le aree di colore rosso/marrone, al di sopra di 50 µg/m³, individuano le zone in cui non è rispettato il limite di legge
- per O₃, in cui sono tracciati i valori di concentrazione calcolati come 26° valore più elevato sulle serie temporali dei massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore (93.2° percentile): le aree di colore rosso/marrone, al di sopra di 120 µg/m³, individuano le zone in cui non è rispettato il limite di legge.

Per quanto riguarda l'NO₂, la simulazione a 4 km di risoluzione spaziale non riesce a rappresentare le situazioni di picco che si verificano su stazioni di traffico, in più su base oraria. Si conferma solo che le criticità di questo indicatore riguardano le principali aree urbane e che lo scenario WM tende ad attenuarle ma non ad eliminarle.

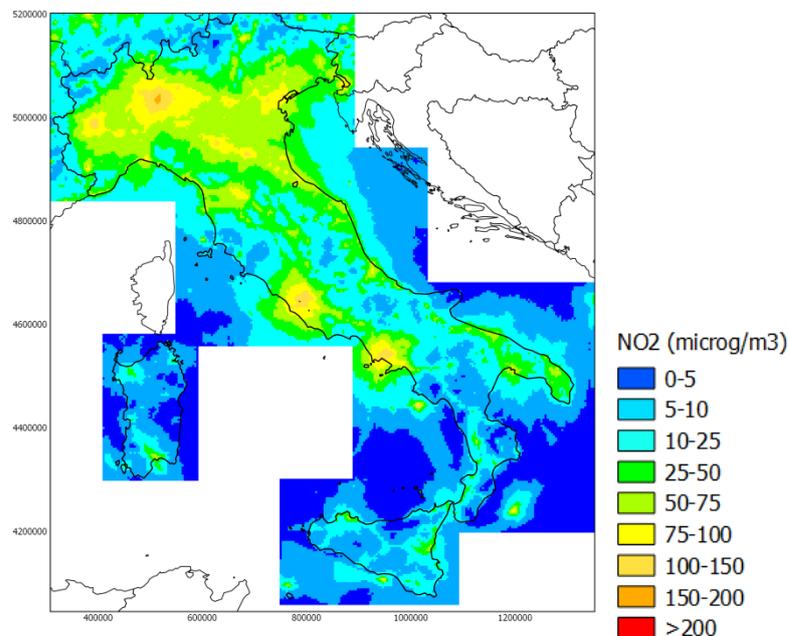


Figura 5-52: 2020 WM, NO₂, 19° valore più elevato sulla serie temporale dei valori orari

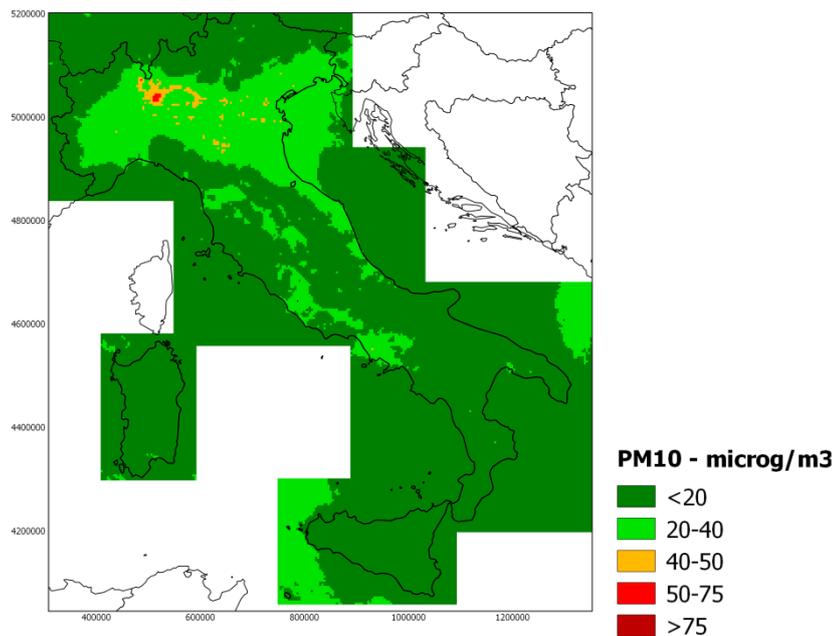


Figura 5-53: 2020 WM, PM10, 36° valore più elevato sulla serie temporale dei valori giornalieri

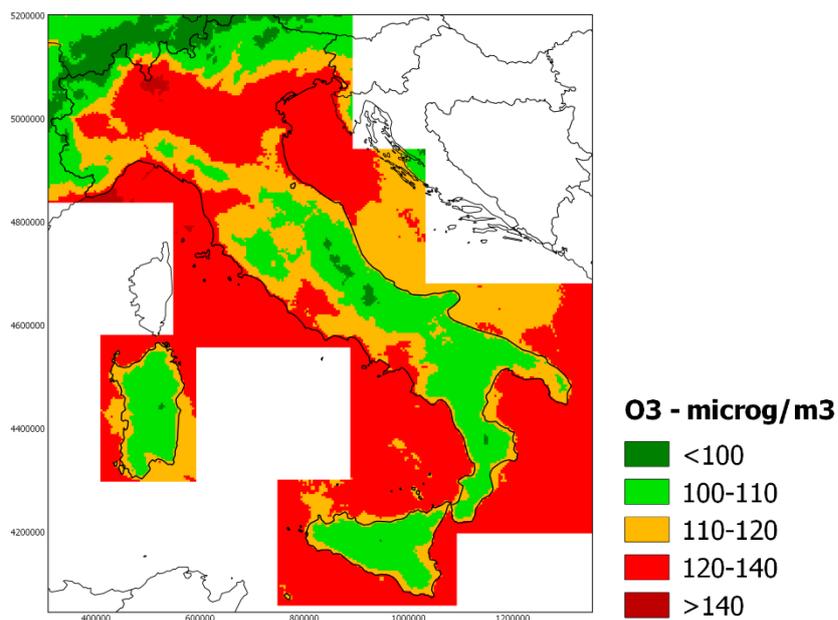


Figura 5-54: 2020 WM, O3, 26° valore più elevato sulla serie temporale dei massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore.

Esposizione all'inquinamento atmosferico

Al fine di valutare gli effetti delle misure sull'esposizione della popolazione e la protezione della vegetazione ad una scala di studio nazionale è analizzata la ripartizione per i diversi livelli di qualità dell'aria (classi di concentrazioni derivanti dagli scenari) delle tipologie di uso del suolo. Si riportano di seguito i

risultati di tali analisi svolte utilizzando i dati CLC 2018 (1° livello)⁹ scelti come proxy per l'esposizione e lo scenario di qualità dell'aria WM al 2020 considerato come livello di riferimento per la valutazioni che sviluppate nei capitoli successivi in termini di variazioni al 2030 per gli scenari WM e WAM.

Tabella 5-19: Percentuale delle classi CLC rispetto alle classi di concentrazioni NO₂ (media annuale) nello scenario WM 2020

CLC 2018	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40	> 40
	µg/m ³								
%									
Aree artificiali	29,81	25,25	18,40	11,05	7,53	3,69	1,98	0,99	1,30
Aree agricole	56,46	22,64	14,21	4,57	1,41	0,44	0,17	0,08	0,02
Aree boschive e seminaturali	85,16	11,62	2,38	0,59	0,21	0,04	0,01	0,00	0,00
Zone umide	50,62	33,95	13,62	1,25	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Corpi idrici	38,95	40,69	16,21	2,90	0,82	0,22	0,14	0,06	0,01

Tabella 5-20: Percentuale delle classi CLC rispetto alle classi di concentrazioni O₃ (media annuale) nello scenario WM 2020

CLC 2018	75 - 80	80 - 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100	100 - 105	105 - 110
	µg/m ³						
%							
Aree artificiali	1,08	4,66	45,21	26,87	18,03	4,01	0,14
Aree agricole	0,48	2,04	58,90	28,49	9,17	0,90	0,02
Aree boschive e seminaturali	9,32	17,14	45,97	21,66	5,18	0,71	0,02
Zone umide	0,21	0,14	15,03	53,79	28,25	2,54	0,04
Corpi idrici	1,36	1,93	28,72	43,72	23,62	0,65	0,01

Tabella 5-21: Percentuale delle classi CLC rispetto alle classi di concentrazioni PM₁₀ (media annuale) nello scenario WM 2020

CLC 2018	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30
	µg/m ³					
%						
Aree artificiali	0,68	23,30	39,17	29,42	6,25	1,19
Aree agricole	0,59	44,90	34,33	19,06	1,10	0,01
Aree boschive e seminaturali	16,22	66,00	16,08	1,65	0,04	0,00
Zone umide	0,23	20,25	60,67	18,67	0,18	0,00
Corpi idrici	1,74	25,16	54,57	17,96	0,56	0,00

⁹ La classe 523 "mari e oceani" appartenente alla classe di 1° livello "corpi idrici" è stata esclusa dalle elaborazioni in quanto gli scenari di qualità dell'aria elaborati nell'ambito del Programma non coprono totalmente tali aree

Tabella 5-22: Percentuale delle classi CLC rispetto alle classi di concentrazioni PM_{2,5} (media annuale) nello scenario WM 2020

CLC 2018	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18	18 - 21	21 - 25
	µg/m ³							
	%							
Aree artificiali	0,05	5,37	28,84	23,86	17,51	19,33	3,99	1,05
Aree agricole	0,07	7,90	46,37	20,89	12,79	11,46	0,52	0,01
Aree boschive e seminaturali	4,39	38,08	42,62	11,74	2,26	0,89	0,03	0,00
Zone umide	0,08	1,39	33,07	11,80	48,90	4,58	0,18	0,00
Corpi idrici	0,73	6,13	26,19	25,25	32,72	8,57	0,41	0,00

Esposizione degli ecosistemi all'inquinamento atmosferico

Al fine di valutare gli effetti del Programma complessivamente ad un scala di studio di livello nazionale in termini di esposizione degli ecosistemi all'inquinamento atmosferico è condotta l'analisi delle superfici territoriali, ripartite per ambiti, omogenei dal punto di vista ecosistemico (ecoregioni), esposte ai livelli di qualità dell'aria (classi di concentrazioni medie derivanti dagli scenari WM al 2020) degli inquinati considerati.

Le Ecoregioni sono porzioni più o meno ampie di territorio ecologicamente omogenee all'interno delle quali specie e comunità naturali interagiscono in modo discreto con i caratteri fisici dell'ambiente.

Esse rappresentano quindi zone con simili potenzialità ecosistemiche e costituiscono un quadro di riferimento territoriale e geografico ottimale per l'interpretazione dei processi ecologici, dei regimi di disturbo, della distribuzione spaziale della vegetazione e delle diverse tipologie di paesaggio.

La caratterizzazione delle Ecoregioni prevede una classificazione gerarchica e divisiva del territorio in unità a crescente grado di omogeneità, coerentemente con specifiche combinazioni tra i fattori climatici, biogeografici, fisiografici e idrografici che determinano presenza e distribuzione di diverse specie, comunità ed ecosistemi. In particolare, le Ecoregioni d'Italia sono organizzate in quattro diversi livelli gerarchici annidati (2 Divisioni, 7 Province, 11 Sezioni e 33 Sottosezioni). I diversi livelli gerarchici consentono di rappresentare ed interpretare in chiave ecosistemica, con diverso grado di dettaglio e a diverse scale, la complessa articolazione di caratteri ambientali e usi del suolo che caratterizza il Paese, ponendosi come chiave di lettura complementare a quella basata sui tradizionali limiti amministrativi¹⁰

¹⁰ Rapporto ISTAT sulle ecoregioni

Per la presente elaborazione si è ritenuto considerare come livello più idoneo per analisi a scala nazionale quello delle Ecoregioni e delle Sezioni.

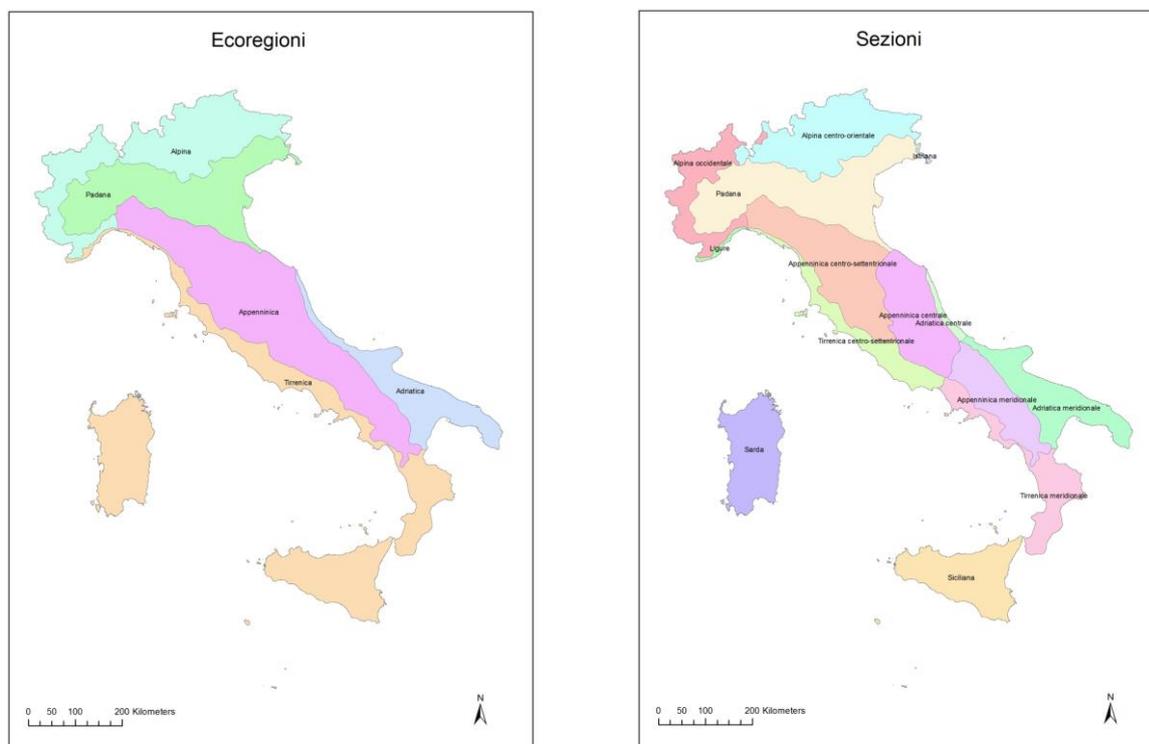


Figura 5-55: Ecoregioni e sezioni

Si riportano di seguito i risultati delle analisi effettuate.

Tabella 5-23: Percentuale delle "Ecoregioni" e "sezioni" rispetto alle classi di concentrazioni NO₂ (media annuale) nello scenario WM 2020

Ecoregioni	0 - 5 µg/m ³	5 - 10 µg/m ³	10 - 15 µg/m ³	15 - 20 µg/m ³	20 - 25 µg/m ³	25 - 30 µg/m ³	30 - 35 µg/m ³	35 - 40 µg/m ³	> 40 µg/m ³
alpina	75,70	17,01	4,85	1,71	0,67	0,06	0,00	0,00	0,00
padana	2,91	32,04	41,12	14,53	5,22	2,06	1,02	0,57	0,51
appenninica	72,49	23,48	3,31	0,57	0,12	0,03	0,00	0,00	0,00
tirrenica	86,05	8,10	3,21	1,40	0,79	0,32	0,13	0,00	0,00
adriatica	86,47	12,69	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sezioni	0 - 5 µg/m ³	5 - 10 µg/m ³	10 - 15 µg/m ³	15 - 20 µg/m ³	20 - 25 µg/m ³	25 - 30 µg/m ³	30 - 35 µg/m ³	35 - 40 µg/m ³	> 40 µg/m ³
Alpina occidentale	79,27	16,99	2,86	0,74	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Alpina centro-orientale	73,95	17,02	5,83	2,19	0,93	0,09	0,00	0,00	0,00
Padana	2,93	31,87	41,25	14,57	5,19	2,07	1,03	0,58	0,51
Appenninica centro-settentrionale	59,11	32,99	6,35	1,23	0,26	0,06	0,00	0,00	0,00

Appenninica centrale	77,34	21,46	1,16	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Appenninica meridionale	92,60	7,22	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Istria	0,42	62,74	18,02	8,34	10,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Ligure	21,77	69,05	7,05	1,37	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00
Tirrenica centro-settentrionale	53,10	25,04	12,32	4,75	3,00	1,37	0,42	0,00	0,00
Tirrenica meridionale	83,36	8,66	4,01	2,32	1,10	0,32	0,23	0,00	0,00
Siciliana	97,85	2,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sarda	99,29	0,65	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Adriatica centrale	27,27	65,59	7,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Adriatica meridionale	91,73	7,99	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 5-24: Percentuale delle "Ecoregioni" e "sezioni" rispetto alle classi di concentrazioni O₃ (media annuale) nello scenario WM 2020

Ecoregioni	75 - 80 µg/m³	80 - 85 µg/m³	85 - 90 µg/m³	90 - 95 µg/m³	95 - 100 µg/m³	100 - 105 µg/m³	105 - 110 µg/m³
alpina	21,76	36,07	32,64	9,30	0,23	0,00	0,00
padana	0,19	1,46	83,08	13,74	1,53	0,00	0,00
appenninica	0,00	5,87	68,13	22,18	3,70	0,12	0,00
tirrenica	0,00	0,15	28,29	44,93	23,29	3,26	0,09
adriatica	0,00	0,00	66,11	30,95	2,83	0,11	0,00
Sezioni	75 - 80 µg/m³	80 - 85 µg/m³	85 - 90 µg/m³	90 - 95 µg/m³	95 - 100 µg/m³	100 - 105 µg/m³	105 - 110 µg/m³
Alpina occidentale	23,94	37,87	29,65	8,36	0,18	0,00	0,00
Alpina centro-orientale	20,68	35,19	34,10	9,76	0,26	0,00	0,00
Padana	0,19	1,46	83,42	13,40	1,53	0,00	0,00
Appenninica centro-settentrionale	0,00	0,42	71,51	26,37	1,70	0,00	0,00
Appenninica centrale	0,00	17,61	64,32	13,77	4,27	0,03	0,00
Appenninica meridionale	0,00	0,78	66,56	25,27	6,93	0,46	0,00
Istria	0,00	0,00	23,37	73,60	3,03	0,00	0,00
Ligure	0,00	0,00	0,00	43,50	47,48	8,05	0,97
Tirrenica centro-settentrionale	0,00	0,00	2,63	39,54	53,38	4,41	0,04
Tirrenica meridionale	0,00	0,08	22,28	45,47	25,50	6,40	0,28
Siciliana	0,00	0,00	32,24	48,90	16,25	2,59	0,01

Sarda	0,00	0,47	46,50	43,71	8,90	0,42	0,00
Adriatica centrale	0,00	0,00	83,41	16,58	0,01	0,00	0,00
Adriatica meridionale	0,00	0,00	64,57	32,23	3,08	0,12	0,00

Tabella 5-25: Percentuale delle "Ecoregioni" e "sezioni" rispetto alle classi di concentrazioni PM10 (media annuale) nello scenario WM 2020

Ecoregioni	0 – 5 µg/m³	5 – 10 µg/m³	10 – 15 µg/m³	15 – 20 µg/m³	20 – 25 µg/m³	25 – 30 µg/m³
alpina	37,67	41,96	14,47	5,60	0,30	0,00
padana	0,00	1,09	29,58	63,53	5,38	0,41
appenninica	0,00	61,58	36,96	1,46	0,00	0,00
tirrenica	0,00	73,57	24,57	1,86	0,00	0,00
adriatica	0,00	74,94	24,88	0,13	0,00	0,05
Sezioni	0 – 5 µg/m³	5 – 10 µg/m³	10 – 15 µg/m³	15 – 20 µg/m³	20 – 25 µg/m³	25 – 30 µg/m³
Alpina occidentale	45,83	40,67	12,70	0,79	0,00	0,00
Alpina centro-orientale	33,66	42,59	15,34	7,96	0,45	0,00
Padana	0,00	1,10	29,31	63,76	5,41	0,42
Appenninica centro-settentrionale	0,00	48,28	48,75	2,97	0,00	0,00
Appenninica centrale	0,00	64,97	34,95	0,08	0,00	0,00
Appenninica meridionale	0,00	83,52	16,15	0,33	0,00	0,00
Istriana	0,00	0,00	77,38	22,62	0,00	0,00
Ligure	0,00	66,67	33,33	0,00	0,00	0,00
Tirrenica centro-settentrionale	0,00	39,80	55,56	4,64	0,00	0,00
Tirrenica meridionale	0,00	74,87	20,64	4,48	0,00	0,00
Siciliana	0,00	90,49	9,51	0,00	0,00	0,00
Sarda	0,00	76,01	23,99	0,00	0,00	0,00
Adriatica centrale	0,00	2,60	97,40	0,00	0,00	0,00
Adriatica meridionale	0,00	81,37	18,44	0,14	0,00	0,05

Tabella 5-26: Percentuale delle "Ecoregioni" e "sezioni" rispetto alle classi di concentrazioni PM2,5 (media annuale) nello scenario WM 2020

Ecoregioni	0 - 3 µg/m³	3 - 6 µg/m³	6 - 9 µg/m³	9 - 12 µg/m³	12 - 15 µg/m³	15 - 18 µg/m³	18 - 21 µg/m³	21 - 25 µg/m³
alpina	9,58	44,97	23,69	12,65	5,62	3,29	0,20	0,00
padana	0,00	0,00	0,94	15,06	39,54	41,25	2,85	0,35
appenninica	0,00	13,28	53,51	29,59	3,39	0,23	0,00	0,00
tirrenica	0,00	26,71	60,89	10,66	1,66	0,07	0,00	0,00

Sezioni	0 - 3 µg/m ³	3 - 6 µg/m ³	6 - 9 µg/m ³	9 - 12 µg/m ³	12 - 15 µg/m ³	15 - 18 µg/m ³	18 - 21 µg/m ³	21 - 25 µg/m ³
adriatica	0,00	7,02	83,11	9,64	0,18	0,00	0,00	0,05
Alpina occidentale	16,42	46,53	22,48	12,51	1,88	0,18	0,00	0,00
Alpina centro-orientale	6,22	44,21	24,29	12,73	7,45	4,82	0,29	0,00
Padana	0,00	0,00	0,95	14,98	39,40	41,46	2,87	0,35
Appenninica centro-settentrionale	0,00	1,90	51,24	39,85	6,51	0,51	0,00	0,00
Appenninica centrale	0,00	20,60	50,29	28,41	0,70	0,00	0,00	0,00
Appenninica meridionale	0,00	26,07	62,40	10,70	0,83	0,00	0,00	0,00
Istria	0,00	0,00	0,00	30,49	64,42	5,09	0,00	0,00
Ligure	0,00	0,52	75,01	23,72	0,76	0,00	0,00	0,00
Tirrenica centro-settentrionale	0,00	1,89	55,81	37,96	4,13	0,21	0,00	0,00
Tirrenica meridionale	0,00	38,08	42,92	14,86	3,98	0,16	0,00	0,00
Siciliana	0,00	35,57	64,37	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Sarda	0,00	24,59	74,71	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Adriatica centrale	0,00	0,00	6,40	92,95	0,65	0,00	0,00	0,00
Adriatica meridionale	0,00	7,64	89,93	2,24	0,14	0,00	0,00	0,05

Dai risultati dell'analisi, come prevedibile, emerge come l'ecoregione padana sia l'area più critica per le polveri e l'NO₂. L'area adriatica meridionale presenta valori per le polveri più elevati dovuti a zone localizzate come quella di Taranto.

Discorso a parte per l'ozono per il quale le aree costiere (aree tirrenica, adriatica, siciliana e sarda) presentano valori più elevati dovuti al trasporto dal mare (dove O₃ ha livelli particolarmente alti, a causa dell'accumulo conseguente all'assenza di sorgenti in grado di consumarlo) verso terra, per effetto delle circolazioni di brezza.

Degrado dei Beni culturali

Il deterioramento dei materiali che costituiscono il patrimonio culturale è un fenomeno solitamente riconducibile a vari fattori, tra cui l'inquinamento dell'aria e le condizioni climatiche del territorio in cui i beni sono collocati.

I principali inquinanti coinvolti nei processi di degrado dei beni culturali, sono il biossido di zolfo (SO₂), il biossido di azoto (NO₂), l'ozono (O₃) e il particolato atmosferico (PM₁₀, PM_{2.5} etc.); questi inquinanti, agendo sinergicamente con alcuni fattori climatici (temperatura, precipitazioni umidità relativa), possono

dare origine a differenti forme di alterazione che dipendono in particolare dal tipo di materiale coinvolto nel processo di degrado.

Il danno subito da un materiale può essere quantificato sperimentalmente in situ o in laboratorio oppure stimato attraverso l'applicazione di specifiche relazioni matematiche in grado di quantificare, in prima approssimazione, il degrado di un materiale in funzione di quei fattori che lo determinano.

A tale proposito verso la metà degli anni ottanta, per studiare e stimare gli effetti dell'inquinamento atmosferico sui materiali impiegati nel settore dei beni culturali, è stato istituito il Programma internazionale ICP Materials (The International Co-operative Programme on Effects on Materials, including Historic and Cultural Monuments) del Working Group on Effects (WGE), uno dei tavoli costituiti nell'ambito della Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero a lungo raggio (CLRTAP).

L'ICP Materials ha l'obiettivo di valutare il deterioramento dei materiali impiegati nel settore dei beni culturali attraverso la definizione di funzioni dose-risposta, che consentono di stimare la risposta (danno) di un materiale in funzione della dose (i parametri che causano il danno stesso, ad esempio le concentrazioni di inquinanti e i fattori climatici).

Nell'ambito del Programma è stato studiato in particolare il fenomeno di corrosione dei materiali e sono state ricavate funzione dose-risposta per il calcolo della recessione superficiale (R, quantificata in $\mu\text{m}/\text{anno}$) e della perdita di materiale (ML, g/m^2).

Tali funzioni dose-risposta verranno applicate, per fornire a livello nazionale una stima del potenziale danno per i beni costituiti da calcare, bronzo, zinco e rame derivante dai livelli di qualità dell'aria stimati al 2020 (scenario WM) e alle loro variazioni al 2030 derivanti dall'attuazione o meno delle misure del Programma (scenari WM e WAM).

Per quanto riguarda i materiali calcarei (utilizzati per edifici architettonici, siti archeologici, statue), la recessione superficiale, è determinata in funzione delle concentrazioni di SO_2 , di PM_{10} e di HNO_3 (le cui concentrazioni possono essere ricavate dalle quelle di NO_2 e O_3) e in funzione dell'acidità delle precipitazioni e dell'umidità relativa.

La recessione superficiale del bronzo (materiale impiegato per statue, decorazioni e coperture) è stimata utilizzando le concentrazioni di SO_2 e di PM_{10} e i dati di precipitazioni, di umidità relativa e di temperatura.

La recessione superficiale dello zinco (utilizzato per le coperture) è stimata in funzione delle concentrazioni di SO_2 e di HNO_3 , dell'acidità delle precipitazioni e della temperatura.

La corrosione del rame (utilizzato prevalentemente per le coperture) è espressa come perdita di materiale e quantificata in funzione delle concentrazioni di SO_2 e di O_3 , dell'acidità delle precipitazioni, dell'umidità relativa e della temperatura.

Per ciascuno dei materiali citati la stima della recessione superficiale/perdita di materiale è effettuata utilizzando i dati di qualità dell'aria (concentrazioni medie annue di SO_2 , NO_2 , O_3 e PM_{10}) relativi agli scenari elaborati nell'ambito del Programma.

I risultati ottenuti per i quattro materiali presi in esame, sono confrontati con i valori accettabili di degrado (livelli massimi a cui si verifica una risposta/danno tollerabile) definiti per la protezione dei materiali costituenti il patrimonio culturale.

Tali valori accettabili di corrosione, da raggiungere nel 2020 e nel 2050, sono stati stabiliti dall'ICP Materials e riportati nel rapporto "Review of air pollution effects. Indicators and targets for air pollution effects", redatto nel 2009 dal Working Group on Effects.

La stima della corrosione associata alla deposizione di inquinanti atmosferici sui materiali costituenti i beni culturali (calcare, bronzo, rame e zinco) è stata effettuata applicando le funzioni di danno definite nell'ambito del progetto europeo MULTIASSESS [MULTI-ASSESS Project, 2007].

Funzioni dose-risposta

Per ciascun materiale sono state prodotte mappe di danno a livello nazionale utilizzando le seguenti funzioni dose-risposta:

Calcare:

$$R = 4 + 0.0059 \cdot [\text{SO}_2] \cdot \text{Rh}_{60} + 0.054 \cdot [\text{H}^+] \cdot \text{Rain} + 0.078 \cdot [\text{HNO}_3] \cdot \text{Rh}_{60} + 0.0258 \cdot \text{PM}_{10}$$

Bronzo:

$$R = 0.15 + 0.000985 \cdot [\text{SO}_2] \cdot \text{Rh}_{60} \cdot e^{-0.067(T-11)} + 0.00465 \cdot \text{Rain} \cdot [\text{H}^+] + 0.00432 \cdot \text{PM}_{10}$$

con

$$f(t) = 0.060(T-11) \text{ quando } T < 11^\circ\text{C}, \text{ altrimenti } f(T) = -0.067(T-11)$$

Rame:

$$ML = 0.027 \cdot [\text{SO}_2]^{0.32} \cdot [\text{O}_3] \cdot \text{Rh}_{60} \cdot e^{-0.032(T-10)} \cdot t^{0.78} + 0.050 \cdot \text{Rain} \cdot [\text{H}^+] \cdot t^{0.89}$$

con

$$f(t) = 0.083(T-10) \text{ con } T \leq 10^\circ\text{C}, \text{ altrimenti } -0.032(T-10)$$

Zinco:

$$R = 0.49 + 0.66 \cdot [\text{SO}_2]^{0.22} \cdot e^{0.018 \cdot \text{Rh}} + (-0.021 \cdot (T-10)) + 0.0057 \cdot \text{Rain} \cdot [\text{H}^+] + 0.192 \cdot [\text{HNO}_3]$$

con

$$f(T) = 0.062(T-10) \text{ quando } T < 10^\circ\text{C}, \text{ altrimenti } f(T) = -0.021(T-10)$$

dove

ML= perdita di materiale (g m⁻²)

R = recessione superficiale (µm/anno)

t = tempo di esposizione (giorni)

[SO₂] = concentrazione media annua di SO₂ (µg/m³)

[O₃] = concentrazione media annua di O₃ (µg/m³)

[HNO₃] = concentrazione media annua di HNO₃, con [HNO₃] = 516 × e^{(-3400/(T+273))} × ([NO₂] [O₃] × Rh)^{0,5}, (µg/m³)

PM₁₀ = concentrazione media annua di PM₁₀ (µg/m³)

[H⁺] = concentrazione media annua di H⁺ delle precipitazioni, con [H⁺] = 10^{3-pH}, (mg l⁻¹)

Rain = precipitazioni annue (mm)

Rh = umidità relativa (%)

Rh₆₀ = Rh-60 quando Rh > 60, altrimenti Rh₆₀=0

T = temperatura (°C)

I risultati ottenuti applicando le suddette funzioni sono stati confrontati con i valori accettabili di corrosione, al 2020 e al 2050, definiti nel rapporto redatto nel 2009 dal Working Group on Effects [WGE, 2009] e riportati nella tabella seguente.

Tabella 5-27: Valori di corrosione accettabile al 2020 e al 2050

Materiale	Corrosione accettabile (µm/anno)	Corrosione accettabile (µm/anno)
	2020	2050
Calcare	8,0	6,4
Bronzo	0,6	0,5
Rame	0,8	0,64
Zinco	1,1	0,9

Il danno è stato stimato per il 2020 nello scenario WM, a livello nazionale.

Poiché le concentrazioni derivanti dagli scenari sono state stimate mantenendo fisso l'input meteorologico relativo all'anno 2010, negli algoritmi per il calcolo del danno sono stati inseriti i dati delle precipitazioni, della temperatura e dell'umidità relativa stimati dall'ENEA per il 2010 [De Marco et al, 2017; Di Turo et al., 2016].

Per quanto riguarda l'acidità della pioggia, in assenza di dati stimati al 2020, per l'elaborazione della corrosione sono stati utilizzati i valori di pH del 2010 della banca dati del Norwegian Institute for Air Research (NILU)¹¹. Questa scelta può considerarsi cautelativa in quanto secondo alcuni studi presenti in letteratura [Rodhe et al, 2002; Bonazza et al, 2009] e come emerso dall'andamento dei valori raccolti nel periodo 2010-2016, il pH nel 2020 dovrebbe aumentare rispetto al 2010 (con la conseguente diminuzione di [H⁺]).

¹¹ I dati di pH sono stati spazializzati a livello nazionale mediante la tecnica di interpolazione geostatistica di Ordinary Kriging.

Risultati per il 2020- scenario WM

Calcare

La figura seguente mostra la recessione superficiale ($\mu\text{m}/\text{anno}$) stimata per il materiale calcareo in Italia al 2020.

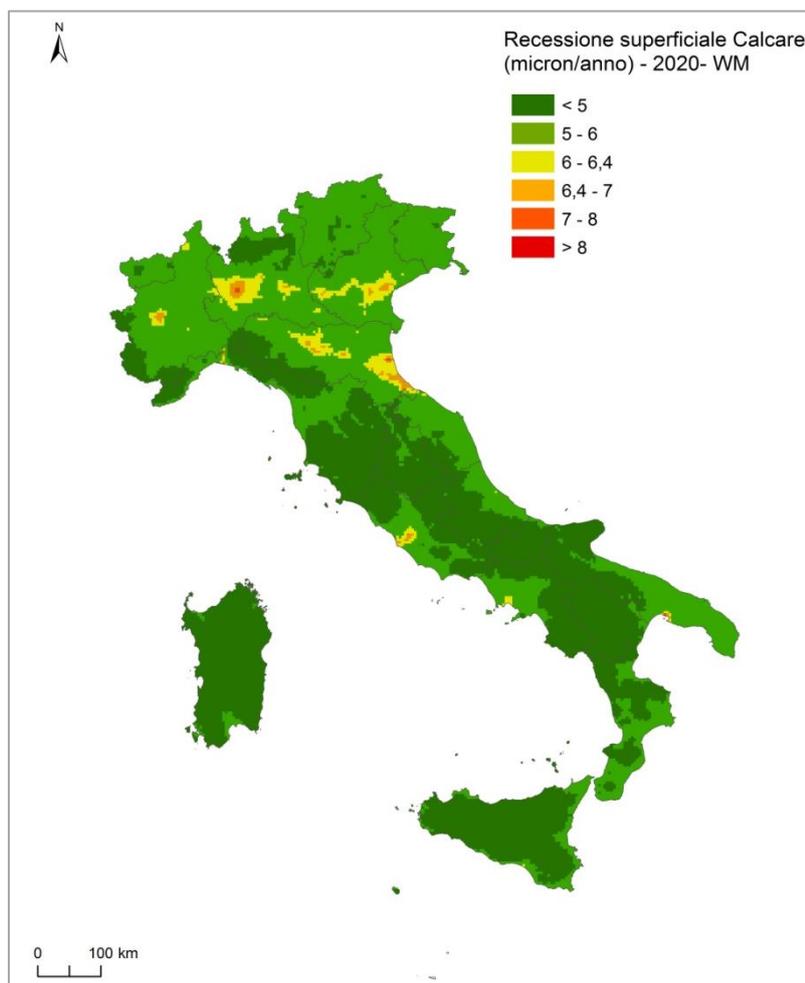


Figura 5-56: Calcare - Recessione superficiale ($\mu\text{m}/\text{anno}$) al 2020, scenario WM

La recessione superficiale dei materiali calcarei, risulta a livello nazionale, compresa tra 4,3 e 7,4 $\mu\text{m}/\text{anno}$ quindi inferiore al valore accettabile di corrosione al 2020 (8 $\mu\text{m}/\text{anno}$).

In alcune aree urbane (Torino, Padova, Genova, Milano, Venezia, Rimini, Ravenna, Cesena, Forlì, Reggio Emilia, Roma, Taranto) il danno risulta essere compreso tra i due limiti di corrosione accettabile (8 $\mu\text{m}/\text{anno}$ per il 2020 e 6,4 $\mu\text{m}/\text{anno}$ per il 2050).

Bronzo

Nella figura seguente è riportata la mappa di corrosione ($\mu\text{m}/\text{anno}$) del bronzo.

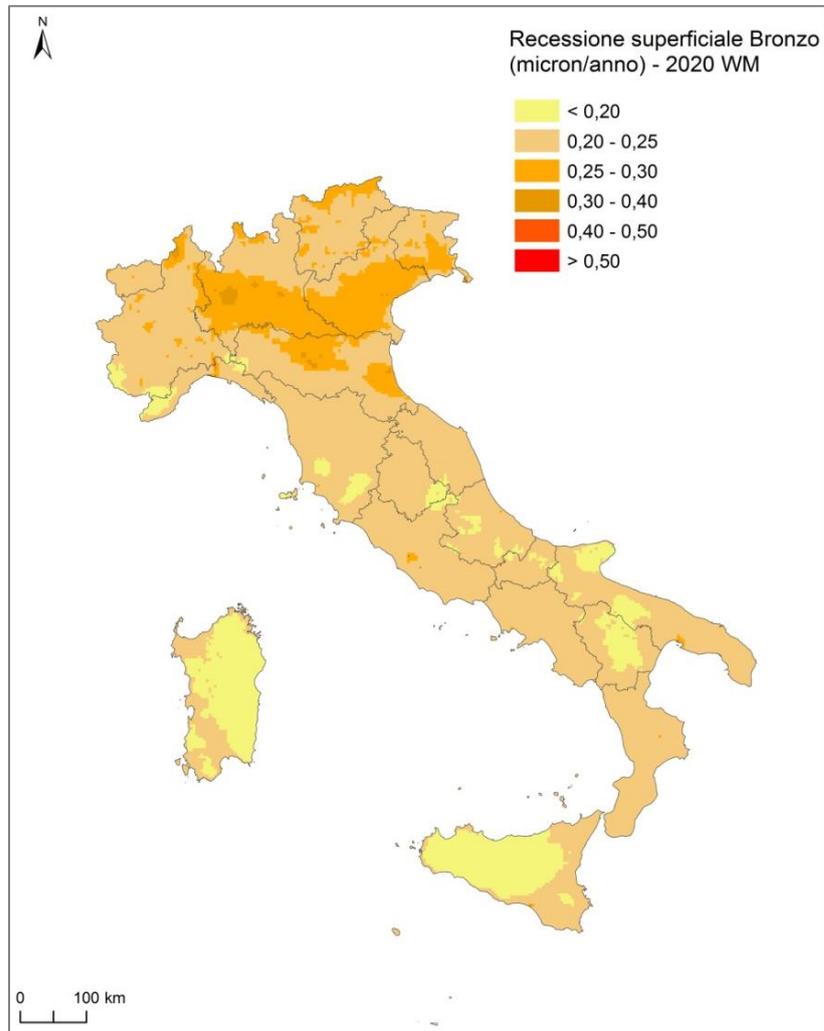


Figura 5-57: Bronzo: Recessione superficiale ($\mu\text{m}/\text{anno}$) al 2020, scenario WM

La corrosione del bronzo stimata al 2020 risulta compresa tra 0,2 e 0,49 $\mu\text{m}/\text{anno}$, quindi inferiore ai due limiti di corrosione accettabile (0,6 $\mu\text{m}/\text{anno}$ per il 2020 e 0,5 $\mu\text{m}/\text{anno}$ per il 2050).

Rame

La figura seguente mostra la corrosione stimata al 2020 per il rame.

Il danno, calcolato come ML (g/m^2), è espresso nella mappa come R ($\mu\text{m}/\text{anno}$); la conversione da ML a R è stata ottenuta utilizzando come densità del rame $8,93 \text{ g}/\text{cm}^3$ [Mapping of Effects on Materials, 2015].

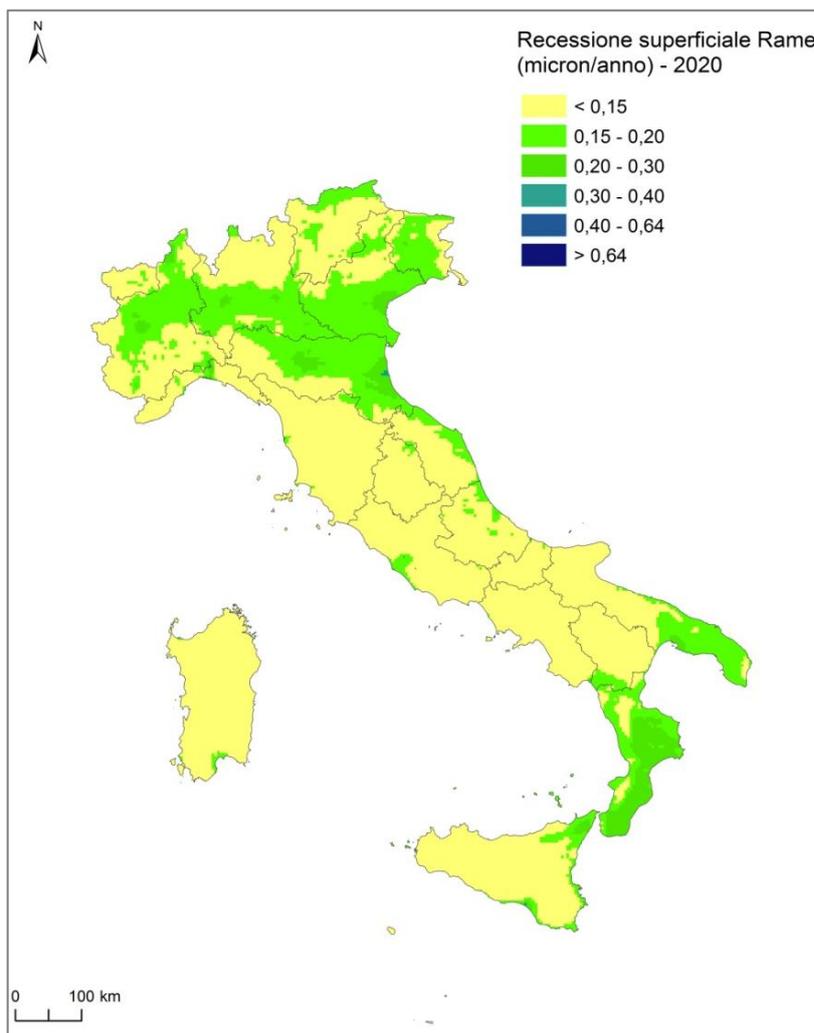


Figura 5-58: Rame: Recessione superficiale ($\mu\text{m}/\text{anno}$) al 2020, scenario WM

La corrosione del rame, stimata al 2020, risulta compresa tra 0,1 e 0,4 $\mu\text{m}/\text{anno}$ quindi inferiore ai due valori accettabili di corrosione (0,8 $\mu\text{m}/\text{anno}$ per il 2020 e 0,64 $\mu\text{m}/\text{anno}$ per il 2050).

Zinco

La corrosione dello zinco è riportata nella figura 4.

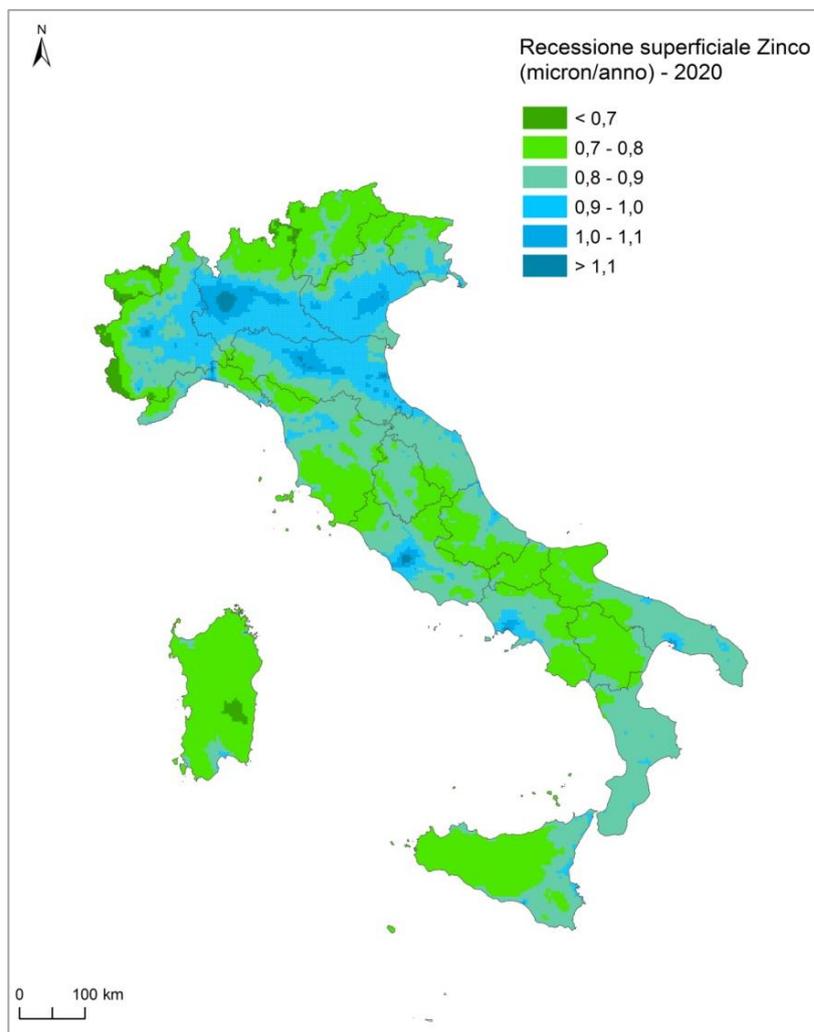


Figura 5-59: Zinco: Recessione superficiale ($\mu\text{m}/\text{anno}$) al 2020, scenario WM

Il danno sullo zinco, stimato al 2020, risulta compreso tra 0,65 e 1,2 $\mu\text{m}/\text{anno}$. In alcune aree urbane (Roma, Torino, Ravenna, Milano, Reggio Emilia e Napoli) risulta superato il valore limite accettabile di corrosione al 2020 (di 1,1 $\mu\text{m}/\text{anno}$); la corrosione risulta inoltre compresa tra i due valori limiti accettabili (0,8 $\mu\text{m}/\text{anno}$ per il 2020 e 0,64 $\mu\text{m}/\text{anno}$ per il 2050) prevalentemente in alcune regioni del nord Italia (Piemonte, Lombardia, Liguria, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna) e in alcune regioni del centro Italia (Toscana, Lazio, Marche, Abruzzo) e del sud Italia (Campania, Puglia e Sicilia).

6. SCENARIO PREVISIONALE DI RIFERIMENTO (EVOLUZIONE PROBABILE SENZA L'ATTUAZIONE DEL PROGRAMMA ex Dlgs 152/06 allegato VI lett b)

“L’evoluzione probabile dello stato dell’ambiente senza l’attuazione del Programma”, previsto dall’allegato VI lett. b del Dlgs 152/06, rappresenta il riferimento per l’individuazione delle misure e la stima e valutazione degli effetti ambientali conseguenti la loro attuazione. Per la predisposizione del Programma è stato, pertanto, prodotto uno scenario tendenziale di riferimento (scenario base WM “With Measures”) al 2030 che include solo le politiche e misure vigenti fino al 2015; garantendo in tal modo la coerenza con le previsioni impiegate per la definizione del piano energia e clima. Tale scenario è stato elaborato in relazione a consumi energetici e livelli di attività, raggruppati per settore (civile, trasporti, Industria manifatturiera ed energetica), emissioni e concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

Tale scenario tendenziale di riferimento è stato affiancato dallo scenario che considera politiche e misure aggiuntive (scenario WAM, with additional measure) per il conseguimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni nazionali assegnati all’Italia dalla Direttiva NEC stabilite sulla base della SEN e che permettono il raggiungimento gli obiettivi in materia di fonti rinnovabili, efficienza energetica ed emissioni di gas serra al 2020, nonché una serie di ulteriori traguardi posti dalla strategia stessa al 2030.

Consumi energetici e livelli di attività

Lo scenario WM, relativamente alle variabili energetiche, è stato costruito sulla scorta dei lavori svolti dal Tavolo Tecnico istituito su iniziativa della Presidenza del Consiglio dei Ministri nel 2016. Lo scenario base è stato elaborato utilizzando le stesse ipotesi dello scenario di riferimento per l’Unione e per tutti gli Stati Membri (EUref2016) prodotto dalla Commissione europea, attraverso il modello PRIMES, caratterizzando il sistema energetico secondo le specificità nazionali. In particolare, i parametri dello scenario EUref2016 adottati per l’Italia sono stati: i tassi di crescita del PIL e del valore aggiunto settoriale, l’evoluzione della popolazione, i prezzi delle materie prime energetiche (petrolio, gas, carbone) scambiate internazionalmente, l’evoluzione dei gradi-giorno, l’import-netto di elettricità e il prezzo delle quote di anidride carbonica (CO₂) nel mercato ETS¹².

Gli scenari di variabili non energetiche riguardano il settore agricolo, le produzioni industriali, l’uso solventi, per i quali sono state utilizzate le informazioni disponibili dagli studi di settore o dalle associazioni di categoria, l’andamento della popolazione elaborato da ISTAT, del PIL o del valore aggiunto derivante dallo scenario energetico. In particolare, per gli allevamenti è stato utilizzato un modello statistico che correla il numero di capi animali ad alcune variabili indipendenti (come, ad esempio, il consumo o la produzione di carne). Per la definizione della strategia di controllo sono state considerate tutte le misure che si prevede saranno introdotte entro l’orizzonte temporale di riferimento sulla base dell’applicazione della legislazione nazionale e comunitaria vigente. Per quanto riguarda il settore trasporti, la strategia di controllo non rappresenta la distribuzione del parco in funzione del numero di veicoli, ma la potenzialità di diffusione dei nuovi veicoli nell’ipotesi che un nuovo veicolo abbia una percorrenza media annua più alta di un veicolo vecchio. Le principali direttive considerate riguardano per esempio il tenore di zolfo dei combustibili, gli standard Euro per il settore trasporti, i limiti alle emissioni industriali degli impianti, i limiti al contenuto di solventi nelle vernici, i limiti previsti per gli allevamenti suinicoli e avicoli e così via.

¹² Una descrizione più dettagliata dello scenario può essere reperita nella pubblicazione “Decarbonizzazione dell’economia italiana” (pubblicata come RSE Colloquia IV volume 2017).

Si rimanda al capitolo 5 del Programma per una descrizione delle caratteristiche principali degli scenari prodotti e dei risultati.

Scenari emissivi

Sulla base della metodologia descritta al capitolo 2 del presente rapporto e in modo più dettagliato nel capitolo 4.2 del Programma, sono stati elaborati, con il modello GAINS-Italia, due scenari emissivi: lo scenario emissivo nazionale WM (With Measures) e WAM (With Additional Measures); si riportano di seguito i risultati relativi allo scenario WM al 2030 considerato come scenario tendenziale di riferimento per la stima e valutazione degli effetti ambientali del Programma.

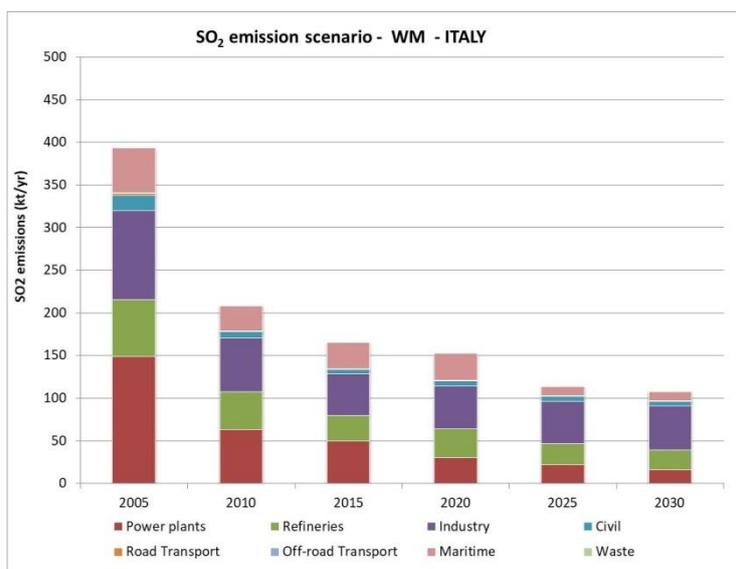


Figura 6-1: Scenario nazionale WM per le emissioni di SO₂ per settore, elaborato con il modello GAINS-Italia per gli anni 2005-2030

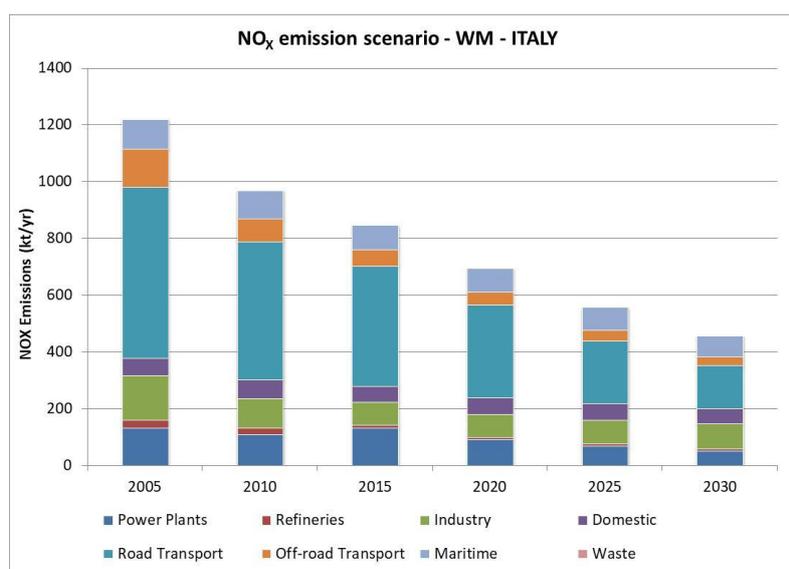


Figura 6-2: Scenario nazionale WM per le emissioni NO_x per settore elaborato con il modello GAINS-Italia per gli anni 2005-2030

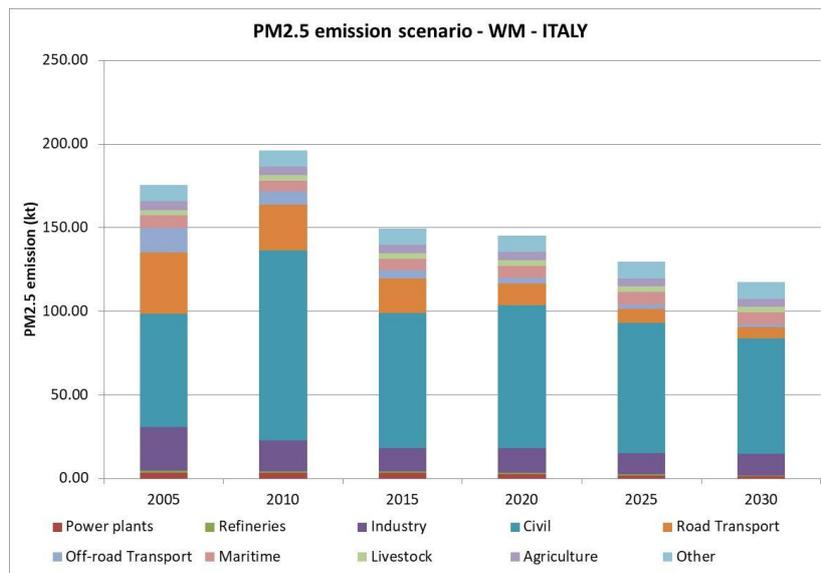


Figura 6-3: Scenario nazionale WM per le emissioni PM2,5 per settore elaborato con il modello GAINS-Italia per gli anni 2005-2030

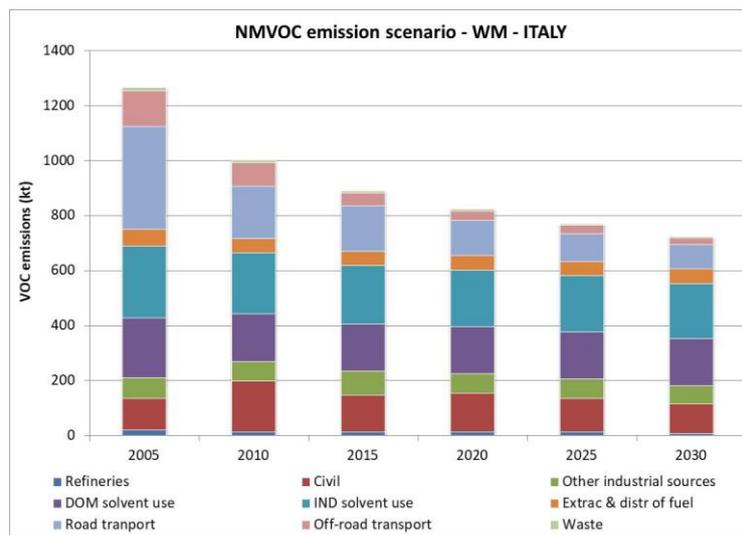


Figura 6-4: Scenario nazionale WM per le emissioni NMVOC per settore elaborato con il modello GAINS-Italia per gli anni 2005-2030

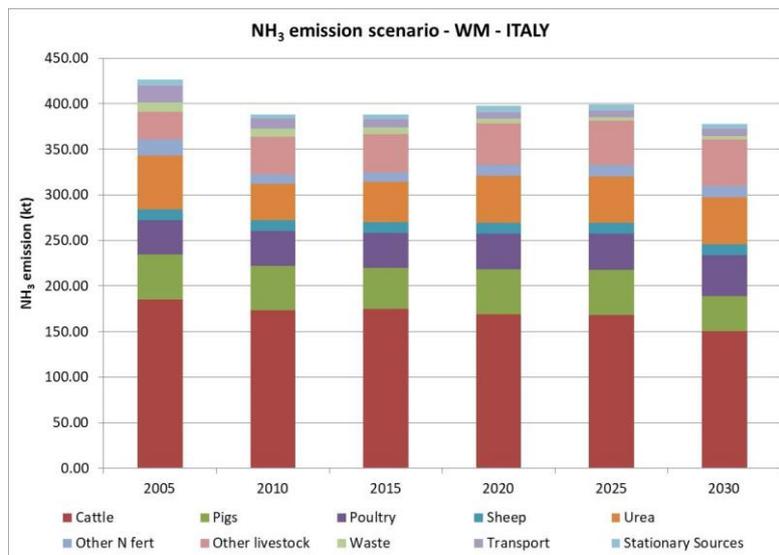


Figura 6-5: Scenario nazionale WM per le emissioni NH3 per settore elaborato con il modello GAINS-Italia per gli anni 2005-2030

Si rimanda al capitolo 6 del Programma per l'analisi dei risultati ottenuti dalla produzione degli scenari emissivi.

Dalla tabella seguente emerge il mancato raggiungimento con le misure in atto (scenario WM) delle riduzioni previste al 2030 per tutti gli inquinanti ad esclusione dell'SO2. Tale informazione ha orientato la definizione delle misure considerate per la costruzione dello scenario di raggiungimento dei target prestabiliti (scenario WAM) riportato nel capitolo sugli effetti ambientali del presente rapporto.

	Riduzione emissioni		
	2020 WM	2030 WM	Target Direttiva NEC 2030
SO ₂	-61%	-73%	-71%
NO _x	-43%	-63%	-65%
PM2.5	-17%	-33%	-40%
NMVOG	-35%	-43%	-46%
NH ₃	-7%	-11%	-16%

Qualità dell'aria

Le simulazioni inerenti gli scenari di qualità dell'aria sono state effettuate tenendo fisso l'input meteorologico, relativo all'anno 2010. In questo modo si effettua la valutazione del solo effetto dell'evoluzione temporale delle emissioni, eliminando la variabilità meteorologica dallo studio. Per ulteriori approfondimenti si rimanda al capitolo 4.3 del Programma.

Gli scenari di qualità dell'aria di riferimento sono stati elaborati rispetto a:

- concentrazioni di NO₂, PM₁₀ e PM_{2,5} (medie annuali) per i quali il D. Lgs. 155/2010 stabilisce valori limite di lungo periodo. Per l'O₃ è stata considerata la media annuale dei valori massimi giornalieri calcolati sulle medie mobili su 8 ore. Questo non è il parametro di legge per il limite del valore obiettivo, tuttavia le medie annuali forniscono una utile informazione accessoria sulla distribuzione media in un intervallo temporale lungo, e sul relativo trend negli anni futuri.

- 36° valore più elevato sulla serie temporale dei valori di concentrazione giornaliera di PM10, del 19° valore più elevato sulla serie temporale dei valori di concentrazione oraria di NO2 e del 26° valore più elevato sulla serie temporale dei valori di concentrazione massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore di O3, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A tali parametri sono riferiti i valori limite ed obiettivo del D. Lgs. 155/2010 di breve periodo: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media giornaliera di PM10, da non superare più di 35 giorni nell'anno (valore limite); 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione oraria di NO2 da non superare più di 18 volte nell'anno (valore limite), 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media massima giornaliera di O3 calcolata sulle 8 ore, da non superare più di 25 giorni nell'anno (valore obiettivo per la protezione della salute umana).

Come per gli scenari emissivi si riportano di seguito i risultati relativi allo scenario WM al 2030 per le concentrazioni di inquinanti in atmosfera considerato come scenario tendenziale di riferimento per la stima e valutazione degli effetti ambientali del Programma Per ulteriori approfondimenti riguardanti tale scenario si rimanda al capitolo 7 del Programma.

Concentrazioni medie annuali

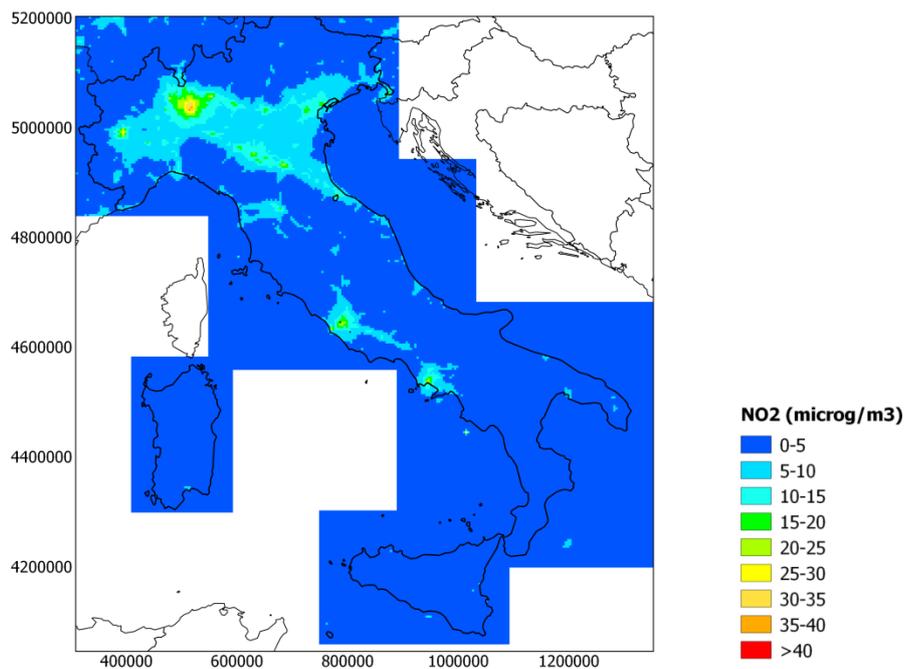


Figura 6-6: WM 2030, NO2 media

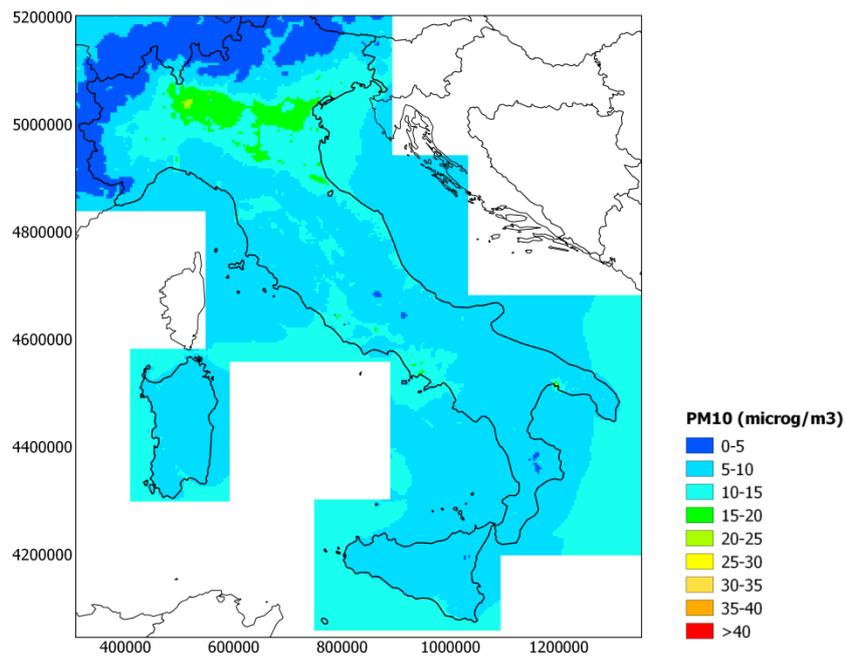


Figura 6-7: WM 2030, PM₁₀ media

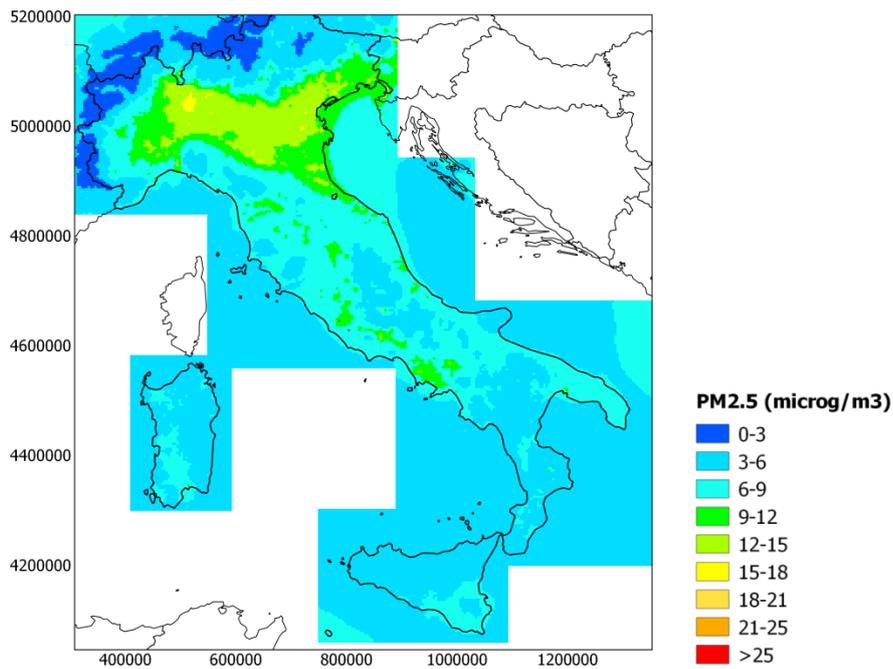


Figura 6-8: WM 2030, PM_{2.5} media

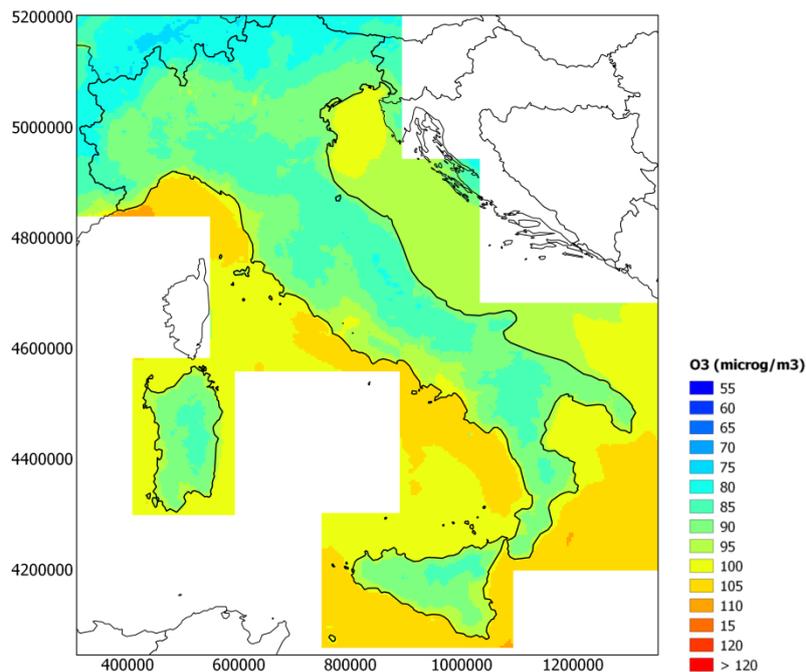


Figura 6-9: WM 2030, O₃ media

Rispetto allo scenario al 2020 i cui risultati sono riportati al capitolodel presente rapporto, al 2030 si osserva una riduzione più generale e diffusa delle concentrazioni di NO₂ guidata da un importante rinnovo del parco circolante dovuto all'introduzione dell'Euro 6 con fattori di emissione che diventano infatti più restrittivi nel passaggio dal 2020 (Euro 6 - fase 1) al 2030 (Euro 6 - fase2). Le autovetture a gasolio identificano inoltre una quota di emissioni di NO_x che per gli EURO6 fase 1 è pari al 55% al 2020 e al 13% al 2030 mentre gli EURO6 fase 2 coprono l'83% al 2030.

Rispetto a tali ipotesi nel 2030, si registrano diminuzioni nelle concentrazioni di NO₂ rispetto allo scenario WM al 2020 (capitolo 5 del presente rapporto) mantenendo la stessa distribuzione e mostrando un rientro possibile, nei limiti dell'incertezza del modello, di tutti i superamenti modellistici.

Anche per il PM₁₀, le cui mappe mostrano una distribuzione più uniforme rispetto a NO₂, si registrano riduzioni fino a 5 µg/m³ rispetto allo scenario WM al 2020; In analogia al PM₁₀ il PM_{2,5} presenta riduzioni che però per via dei limiti normativi più severi, comporta situazioni di maggior criticità che tendono comunque al 2030 a ridursi.

Con riferimento all'O₃ al 2030 si osservano riduzioni rispetto al 2020 che interessano l'intero territorio nazionale.

Concentrazioni orarie e giornaliere - percentili

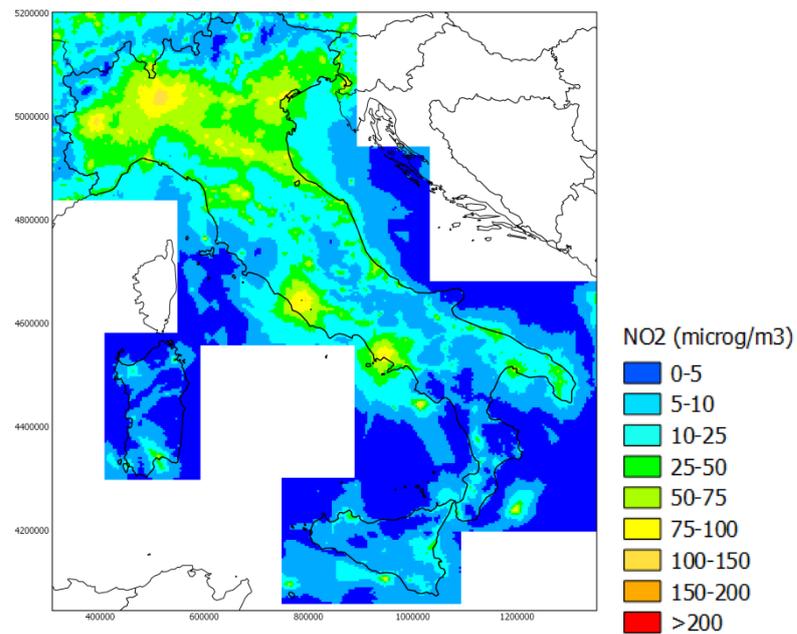


Figura 6-10: 2030 WM, NO₂, 19° valore più elevato sulla serie temporale dei valori orari

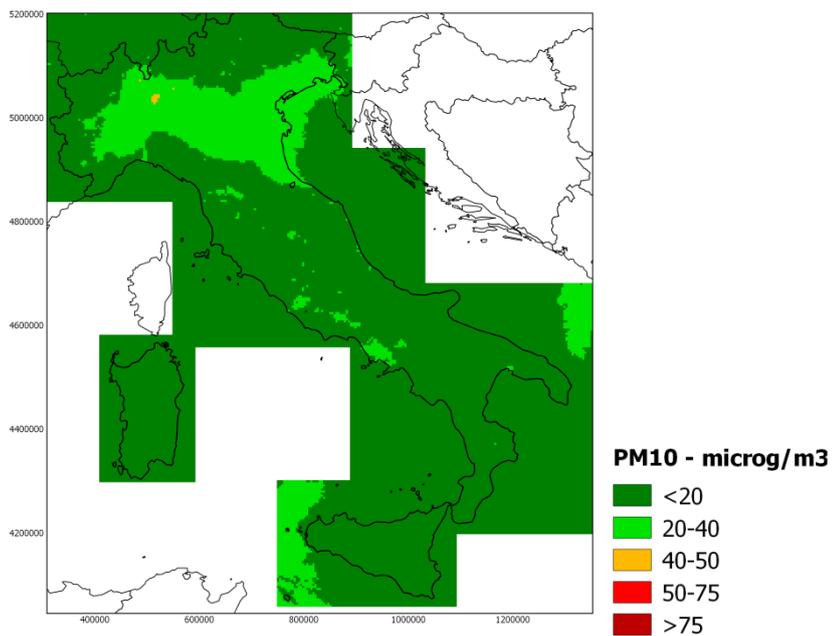


Figura 6-11: 2030 WM, PM₁₀, 36° valore più elevato sulla serie temporale dei valori giornalieri

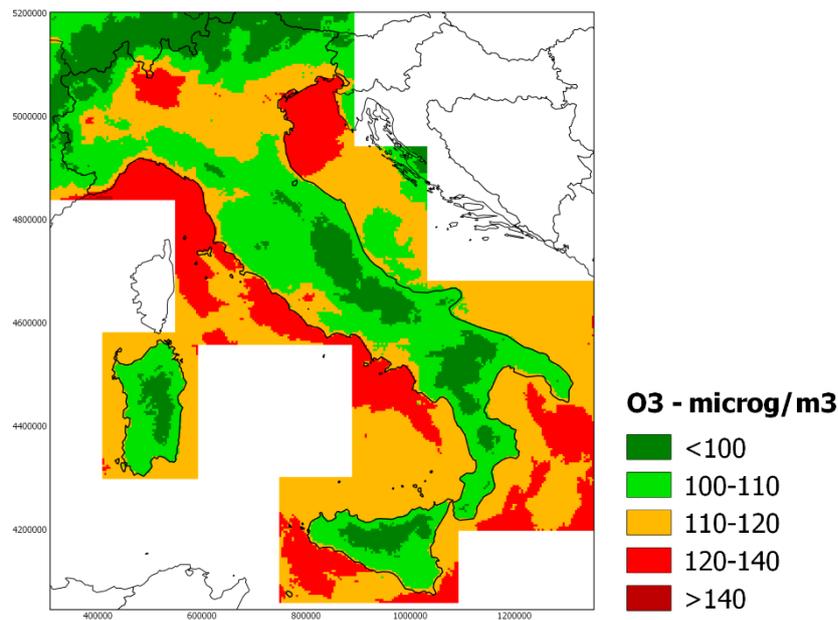


Figura 6-12: 2030 WM, O3, 26° valore più elevato sulla serie temporale dei massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore

La simulazione a 4 km di risoluzione spaziale per l'NO₂ non riesce a rappresentare le situazioni di picco che si verificano su stazioni di traffico, in più su base oraria. Le criticità riguardano le principali aree urbane che al 2030 sono soggette a leggere riduzioni rispetto allo scenario al 2020.

Per il PM₁₀, le aree di criticità risultano le stesse del limite della media annuale registrando riduzioni in numero e estensioni rispetto al 2020.

Per o₃, nel 2030 tende a permanere una zona di superamento modellistico, nell'area di Milano, mentre i superamenti modellistici sul mare indicano percentili vicini al limite di legge in alcune aree costiere (Liguria-Toscana, Lazio- Campania, Veneto-Emilia Romagna).

Si rimanda al capitolo 7 del Programma per ulteriori approfondimenti sui risultati ottenuti dalla produzione degli scenari di qualità dell'aria.

Esposizione all'inquinamento atmosferico

L'analisi delle previsioni senza misure aggiuntive (evoluzione probabile senza l'attuazione del programma Allegato VI del D.lgs 152/06 s.m.i.) riferite all'esposizione della popolazione e del territorio agli inquinanti atmosferici è stata condotta stimando la ripartizione dei livelli di qualità dell'aria (classi di concentrazioni) derivanti dallo scenario WM al 2030 per le categorie di uso del suolo secondo la classificazione CLC (1° livello) con i dati aggiornati al 2018.

Le tabelle seguenti riportano i risultati di tale analisi.

Tabella 6-1: Percentuale delle classi CLC rispetto alle classi di concentrazioni NO₂ (media annuale) nello scenario WM 2030

CLC 2018	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$							
%								
Aree artificiali	43,75	29,81	14,53	7,02	2,72	1,07	0,92	0,18
Aree agricole	69,54	23,82	5,37	0,96	0,23	0,07	0,01	0,00
Aree boschive e seminaturali	93,57	5,57	0,73	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00
Zone umide	66,44	29,18	4,11	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
Corpi idrici	62,51	31,76	4,89	0,61	0,15	0,07	0,01	0,00

Tabella 6-2: Percentuale delle classi CLC rispetto alle classi di concentrazioni PM10 (media annuale) nello scenario WM 2030

CLC 2018	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
%						
Aree artificiali	1,31	38,64	41,41	17,34	1,23	0,07
Aree agricole	1,01	62,30	29,94	6,73	0,02	0,00
Aree boschive e seminaturali	21,46	71,44	6,76	0,34	0,00	0,00
Zone umide	0,27	33,39	64,87	1,46	0,00	0,00
Corpi idrici	2,08	43,47	51,49	2,96	0,00	0,00

Tabella 6-3 Percentuale delle classi CLC rispetto alle classi di concentrazioni PM2,5 (media annuale) nello scenario WM 2030

CLC 2018	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18	18 - 21	21 - 25
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$							
%								
Aree artificiali	0,22	15,65	34,07	23,06	23,85	3,08	0,00	0,07
Aree agricole	0,22	26,16	43,85	15,66	13,91	0,20	0,00	0,00
Aree boschive e seminaturali	8,59	56,49	29,42	4,46	1,03	0,01	0,00	0,00
Zone umide	0,08	13,57	27,11	51,41	7,82	0,01	0,00	0,00
Corpi idrici	1,49	13,93	33,28	40,78	10,40	0,12	0,00	0,00

Tabella 6-4: Percentuale delle classi CLC rispetto alle classi di concentrazioni O3 (media annuale) nello scenario WM 2030

CLC 2018	70 - 75	75 - 80	80 - 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100	100 - 105	105 - 110
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$							
%								
Aree artificiali	0,00	1,59	19,70	49,49	19,37	9,27	0,59	0,00
Aree agricole	0,00	1,03	31,06	52,14	13,63	2,05	0,09	0,00
Aree boschive e seminaturali	0,01	16,16	41,04	32,78	8,50	1,45	0,06	0,00
Zone umide	0,00	0,23	7,38	39,55	47,09	5,69	0,06	0,00
Corpi idrici	0,00	1,87	10,43	51,53	34,50	1,62	0,04	0,00

La ripartizione per classi di uso del suolo dei livelli di concentrazione stimati al 2030 sulla base delle politiche e delle misure vigenti fino al 2015 (scenario WM al 2030) mostrando riduzioni delle superfici esposte alle classi di concentrazioni più elevate rispetto ai valori stimati al 2020 conferma i dati riguardanti le tipologie più esposte rispetto ai singoli inquinanti risultanti dallo scenario al 2020 (capitolo “stima dello stato al 2020” del presente rapporto) secondo cui le aree artificiali risultano l'ambito più esposto per via della maggior presenza delle sorgenti emissive, seguito da quello agricolo e dalla categoria “corpi idrici”. L'ambito naturale risulta in generale la tipologia di uso del suolo che registra i valori più bassi per i diversi inquinanti.

Esposizione degli ecosistemi all'inquinamento atmosferico

L'evoluzione dell'esposizione all'inquinamento degli ecosistemi al 2030 in assenza di misure aggiuntive (scenario WM), come già introdotto al capitolo 5, è stata trattata stimando le superfici territoriali, ripartite per ambiti omogenei dal punto di vista ecosistemico, ecoregioni, esposte ai livelli di qualità dell'aria (classi di concentrazioni degli inquinati considerati).

Le analisi hanno portato ai seguenti risultati:

Tabella 6-5: Ripartizione (%) delle superfici delle “Ecoregioni” e “sezioni” esposte alle classi di concentrazioni NO₂ (media annuale) nello scenario WM 2030

Ecoregioni	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40
	µg/m ³							
	%							
alpina	87,66	9,77	2,23	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
padana	14,34	61,33	17,54	4,43	1,37	0,57	0,35	0,06
appenninica	89,63	9,58	0,70	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00
tirrenica	91,44	6,34	1,61	0,46	0,15	0,00	0,00	0,00
adriatica	97,29	2,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sezioni	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40
	µg/m ³							
Alpina occidentale	92,44	6,68	0,84	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Alpina centro-orientale	85,32	11,29	2,92	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00
Padana	14,30	61,33	17,60	4,42	1,35	0,58	0,35	0,06
Appenninica centro-settentrionale	82,07	16,22	1,52	0,16	0,04	0,00	0,00	0,00
Appenninica centrale	94,47	5,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Appenninica meridionale	98,16	1,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Istriana	22,44	60,50	6,57	5,09	5,40	0,00	0,00	0,00
Ligure	66,04	31,83	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tirrenica centro-settentrionale	68,30	23,04	6,13	2,00	0,53	0,00	0,00	0,00
Tirrenica	89,67	7,49	2,16	0,45	0,23	0,00	0,00	0,00

meridionale								
Siciliana	99,81	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sarda	99,69	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Adriatica centrale	83,67	16,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Adriatica meridionale	98,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 6-6: Ripartizione (%) delle superfici delle "Ecoregioni" e "sezioni" rispetto alle classi di concentrazioni PM10 (media annuale) nello scenario WM 2030

Ecoregioni	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	%					
alpina	49,94	38,49	9,73	1,84	0,00	0,00
padana	0,00	10,11	63,97	25,44	0,48	0,00
appenninica	0,30	82,77	16,81	0,12	0,00	0,00
tirrenica	0,41	87,09	12,30	0,20	0,00	0,00
adriatica	0,00	93,33	6,50	0,13	0,00	0,05
Sezioni	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Alpina occidentale	58,93	37,40	3,61	0,06	0,00	0,00
Alpina centro-orientale	45,53	39,02	12,74	2,71	0,00	0,00
Padana	0,00	10,15	63,81	25,55	0,48	0,00
Appenninica centro-settentrionale	0,00	76,20	23,55	0,26	0,00	0,00
Appenninica centrale	0,97	85,60	13,43	0,00	0,00	0,00
Appenninica meridionale	0,00	92,04	7,96	0,00	0,00	0,00
Istriana	0,00	3,12	91,79	5,09	0,00	0,00
Ligure	0,00	92,24	7,76	0,00	0,00	0,00
Tirrenica centro-settentrionale	0,00	64,07	35,51	0,42	0,00	0,00
Tirrenica meridionale	1,52	78,99	18,94	0,55	0,00	0,00
Siciliana	0,19	96,59	3,22	0,00	0,00	0,00
Sarda	0,00	97,99	2,01	0,00	0,00	0,00
Adriatica centrale	0,00	44,38	55,62	0,00	0,00	0,00
Adriatica meridionale	0,00	97,68	2,13	0,14	0,00	0,05

Tabella 6-7: Ripartizione (%) delle superfici delle "Ecoregioni" e "sezioni" rispetto alle classi di concentrazioni PM2,5 (media annuale) nello scenario WM 2030

Ecoregioni	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18	18 - 21	21 - 25
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$							

	%							
alpina	19,17	48,68	20,61	7,79	3,70	0,04	0,00	0,00
padana	0,00	0,00	10,71	37,51	50,14	1,64	0,00	0,00
appenninica	0,00	31,67	58,65	9,27	0,40	0,00	0,00	0,00
tirrenica	0,00	61,69	34,09	4,13	0,09	0,00	0,00	0,00
adriatica	0,00	33,28	64,93	1,74	0,00	0,00	0,00	0,05
Sezioni	0 - 3 µg/m³	3 - 6 µg/m³	6 - 9 µg/m³	9 - 12 µg/m³	12 - 15 µg/m³	15 - 18 µg/m³	18 - 21 µg/m³	21 - 25 µg/m³
Alpina occidentale	30,47	45,14	20,81	3,37	0,21	0,00	0,00	0,00
Alpina centro-orientale	13,62	50,43	20,52	9,96	5,41	0,07	0,00	0,00
Padana	0,00	0,00	10,76	37,30	50,30	1,65	0,00	0,00
Appenninica centro-settentrionale	0,00	15,69	68,05	15,46	0,80	0,01	0,00	0,00
Appenninica centrale	0,00	39,57	55,38	4,99	0,06	0,00	0,00	0,00
Appenninica meridionale	0,00	52,83	44,34	2,75	0,08	0,00	0,00	0,00
Istria	0,00	0,00	2,77	75,50	21,74	0,00	0,00	0,00
Ligure	0,00	19,05	77,35	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Tirrenica centro-settentrionale	0,00	11,58	76,88	11,23	0,32	0,00	0,00	0,00
Tirrenica meridionale	0,00	64,18	26,69	8,97	0,16	0,00	0,00	0,00
Siciliana	0,00	77,78	22,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sarda	0,00	75,91	24,02	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Adriatica centrale	0,00	0,00	81,15	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00
Adriatica meridionale	0,00	36,24	63,49	0,22	0,00	0,00	0,00	0,05

Tabella 6-8: Distribuzione delle "Ecoregioni" e "sezioni" rispetto alle classi di concentrazioni O₃ (media annuale) nello scenario WM 2030

Ecoregioni	70 - 75 µg/m ³	75 - 80 µg/m ³	80 - 85 µg/m ³	85 - 90 µg/m ³	90 - 95 µg/m ³	95 - 100 µg/m ³	100 - 105 µg/m ³
	%						
alpina	0,03	37,74	40,29	20,59	1,36	0,00	0,00
padana	0,00	0,03	28,93	68,08	2,94	0,02	0,00
appenninica	0,00	1,00	60,39	33,44	5,07	0,10	0,00
tirrenica	0,00	0,00	10,63	48,75	32,94	7,36	0,32
adriatica	0,00	0,00	29,46	63,20	6,97	0,37	0,00
Sezioni	70 - 75 µg/m³	75 - 80 µg/m³	80 - 85 µg/m³	85 - 90 µg/m³	90 - 95 µg/m³	95 - 100 µg/m³	100 - 105 µg/m³
Alpina occidentale	0,00	35,32	38,87	23,16	2,65	0,00	0,00

Alpina centro-orientale	0,04	38,92	40,99	19,32	0,72	0,00	0,00
Padana	0,00	0,03	29,09	67,96	2,90	0,02	0,00
Appenninica centro-settentrionale	0,00	0,00	58,60	38,07	3,34	0,00	0,00
Appenninica centrale	0,00	3,21	69,90	22,36	4,49	0,04	0,00
Appenninica meridionale	0,00	0,00	51,04	39,26	9,31	0,39	0,00
Istriana	0,00	0,00	0,00	89,06	10,94	0,00	0,00
Ligure	0,00	0,00	0,00	4,80	65,96	25,16	4,08
Tirrenica centro-settentrionale	0,00	0,00	0,01	30,24	57,72	11,92	0,10
Tirrenica meridionale	0,00	0,00	6,61	47,24	33,95	11,47	0,72
Siciliana	0,00	0,00	11,90	53,76	28,27	5,81	0,27
Sarda	0,00	0,00	19,80	58,27	19,99	1,94	0,00
Adriatica centrale	0,00	0,00	41,44	56,43	2,13	0,00	0,00
Adriatica meridionale	0,00	0,00	28,39	63,80	7,40	0,41	0,00

La ripartizione per ecoregioni dei livelli di concentrazione stimati al 2030 sulla base delle politiche e delle misure vigenti fino al 2015 (scenario WM al 2030) mostrano riduzioni delle superfici esposte alle classi di concentrazioni più elevate rispetto ai valori stimati al 2020 mantenendo comunque la stessa distribuzione e confermando le considerazioni riguardanti le aree più esposte rispetto ai singoli inquinanti espresse al capitolo “stima dello stato al 2020” del presente rapporto.

Degrado dei Beni culturali

Il danno ai materiali nel settore dei beni culturali al 2030 considerando le politiche e misure vigenti fino al 2015 (scenario WM al 2030) è stato stimato secondo la metodologia già descritta al paragrafo “stima dello stato al 2020” del presente rapporto. I risultati di tale elaborazione sono riportati al capitolo successivo del presente Rapporto insieme ai risultati delle stime prodotte per lo scenario con le misure aggiuntive (WAM) al 2030 al fine di valutare gli effetti di tali misure (differenze tra i due scenari) rispetto ad uno scenario tendenziale senza nuove misure.

7. EFFETTI AMBIENTALI DEL PROGRAMMA

La valutazione degli effetti ambientali costituisce un'attività fondamentale dell'intero percorso di VAS, in quanto consente da un lato di introdurre elementi correttivi alle misure del Programma in grado di garantirne la sostenibilità ambientale dall'altro di definire misure adeguate per il monitoraggio ambientale.

L'analisi degli effetti ambientali tiene conto del percorso valutativo che a partire dalla caratterizzazione del contesto ambientale, dagli obiettivi specifici e dalle azioni del Programma, stima quali-quantitativamente gli effetti ambientali del Programma ponendoli in relazione all'evoluzione dello stato dell'ambiente.

Sono presi in considerazione, come previsto dal D.lgs 152 gli effetti sia positivi che negativi dovuti all'attuazione delle azioni del Programma.

Il Programma è lo strumento finalizzato a limitare le emissioni di origine antropica per rispettare gli impegni nazionali di riduzione delle emissioni stabiliti dalla Direttiva NEC e concorrere al miglioramento della qualità dell'aria, alla salvaguardia della salute umana e dell'ambiente.

I principali effetti ambientali generati direttamente dal programma sono la riduzione delle emissioni e quindi delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera. Indirettamente il miglioramento della qualità dell'aria previsto a seguito dell'attuazione del programma comporta effetti prevalentemente positivi su: beni culturali, su biodiversità ed ecosistemi, sulla salute umana.

Pertanto, gli effetti positivi generalmente indotti dal Programma supportano il perseguimento degli obiettivi di sostenibilità in tema di emissioni, qualità dell'aria e salute; alla luce di questa considerazione, il ruolo ascrivibile al processo di VAS risiede dunque in gran parte nella massimizzazione degli effetti ambientali positivi potenzialmente attivabili dal Programma e nella considerazione degli eventuali effetti negativi al fine di limitarli attraverso l'introduzione di elementi correttivi.

Il D.lgs 152/06 e s.m.i. prevede tra i contenuti del Rapporto Ambientale l'individuazione, descrizione e valutazione dei "possibili effetti significativi sull'ambiente, compresi aspetti quali la biodiversità, la popolazione, la salute umana, la flora e la fauna, il suolo, l'acqua, l'aria, i fattori climatici, i beni materiali, il patrimonio culturale, anche architettonico e archeologico, il paesaggio e l'interrelazione tra i suddetti fattori. Devono essere considerati tutti gli impatti significativi, compresi quelli secondari, cumulativi, sinergici, a breve, medio e lungo termine, permanenti e temporanei, positivi e negativi".

I principali effetti ambientali che sono trattati di seguito pertinenti alle misure del Programma, riguardano i seguenti aspetti:

- emissioni e qualità dell'aria
- biodiversità ed ecosistemi
- beni culturali e paesaggio
- esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico

Effetti complessivi

Per l'analisi degli effetti ambientali più significativi del Programma nel suo complesso sono effettuate analisi quantitative ad una scala di studio pertinente al livello nazionale correlate all'attuazione delle politiche e misure aggiuntive (scenario WAM, with additional measure) previste dal Programma al fine di rientrare negli obiettivi per l'Italia di riduzione delle emissioni nazionali al 2030.

L'orizzonte temporale di riferimento considerato per l'analisi degli effetti è pertanto il 2030 in linea con gli obiettivi sulle emissioni cui il Programma è chiamato a raggiungere.

Gli effetti ambientali sono analizzati attraverso l'utilizzo di opportuni indicatori selezionati sulla base della disponibilità dei dati ad una scala adeguata e per tutto il territorio nazionale.

Qualità dell'aria

Gli effetti delle misure del Programma sulla qualità dell'aria (concentrazioni degli inquinanti in aria ambiente) sono stimati a partire dalle variazioni dei livelli emissivi nei diversi scenari nazionali. Sono prodotti scenari di Qualità dell'Aria con il Sistema Modellistico Atmosferico (SMA) dell'ENEA appartenente alla catena MINNI, sviluppata a partire dai primi anni 2000 come strumento di supporto alla definizione e all'analisi di politiche di riduzione delle emissioni.

Gli inquinanti considerati nelle simulazioni sono quelli normati dalla Direttiva NEC (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} e O₃).

La valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria del Programma è condotta sulla base delle stime delle concentrazioni al 2030 nello scenario con le politiche e misure aggiuntive (scenario WAM)

I risultati delle elaborazioni sono rappresentati mediante le mappe delle medie annuali di concentrazione, in µg/m³, di NO₂, PM₁₀ e PM_{2,5} riportate al capitolo 7.1 del programma. I valori limite di lungo periodo del D. Lgs. 155/2010 sono riferiti alla media annuale, per cui le mappe mostrano in rosso le aree di superamento dei valori limite (40 µg/m³ per NO₂ e PM₁₀, 25 µg/m³ per PM_{2,5}). In aggiunta, è riportata la mappa delle medie annuali dei valori massimi giornalieri di O₃ calcolati sulle medie mobili su 8 ore. Questo non è il parametro di legge per il limite del valore obiettivo, tuttavia, le medie annuali forniscono una utile informazione accessoria sulla distribuzione media in un intervallo temporale lungo, e sul relativo trend negli anni futuri.

Sono inoltre riportate le mappe del 36° valore più elevato sulla serie temporale dei valori di concentrazione di PM₁₀ e del 26° valore più elevato sulla serie temporale dei valori di concentrazione di O₃, in µg/m³. A tali parametri sono riferiti i valori limite ed obiettivo del D. Lgs. 155/2010 di breve periodo: 50 µg/m³ per la concentrazione media giornaliera di PM₁₀, da non superare più di 35 giorni nell'anno; 120 µg/m³ per la concentrazione media massima giornaliera di O₃ calcolata sulle 8 ore, da non superare più di 25 giorni nell'anno. Le mappe mostrano in rosso (chiaro e scuro) le aree di superamento dei valori limite.

Concentrazioni medie annuali

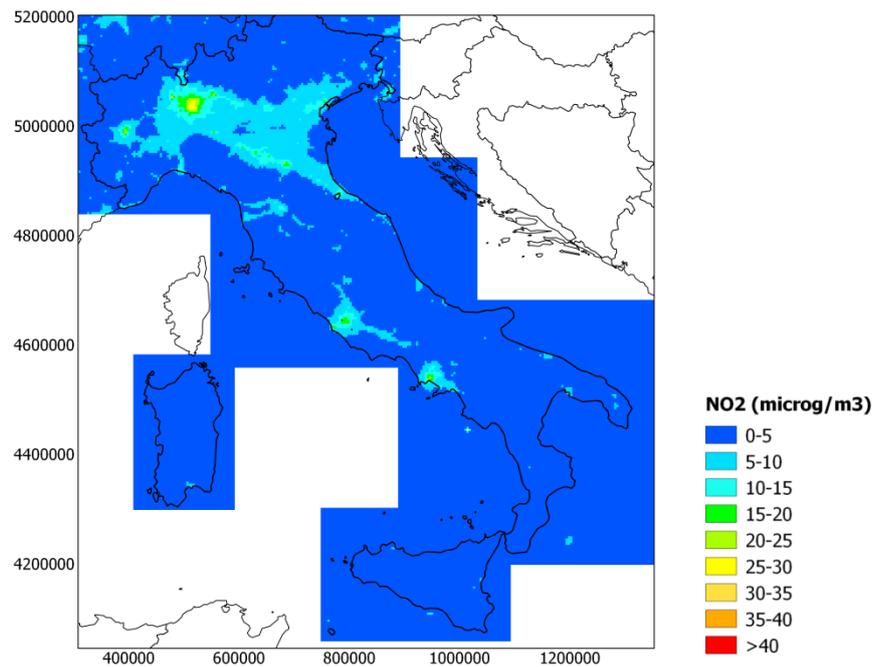


Figura 7-1: WAM 2030, NO2 media

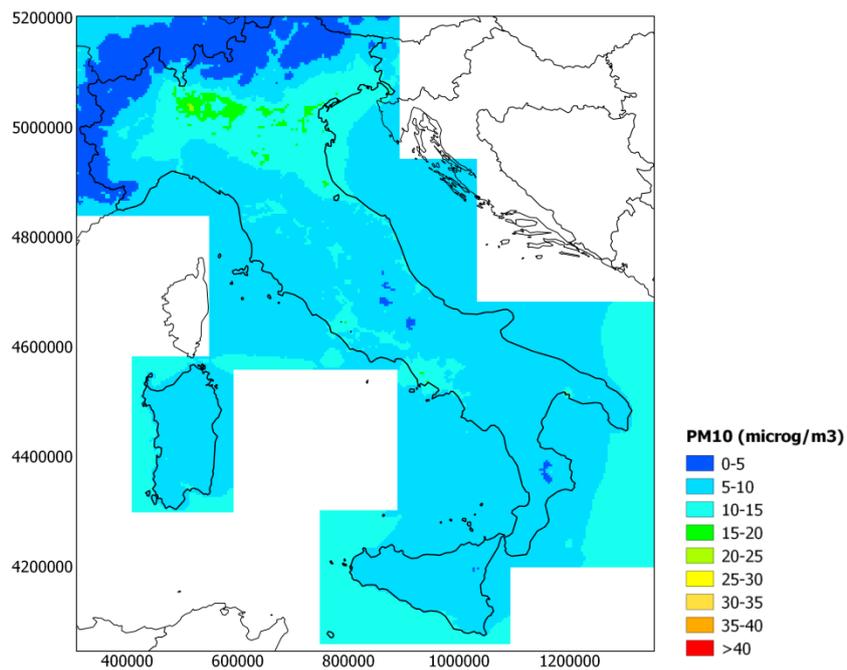


Figura 7-2: WAM 2030, PM10 media

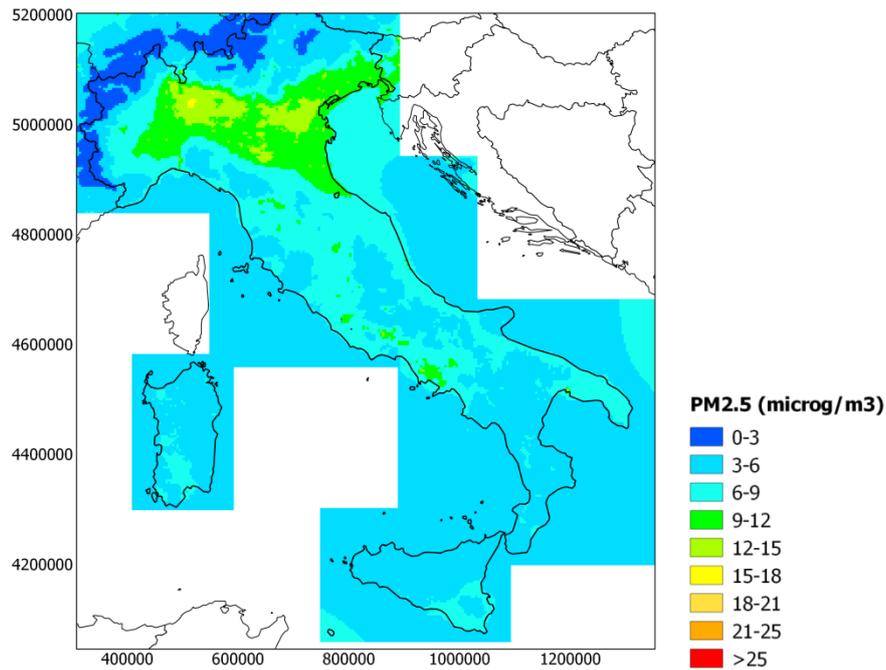


Figura 7-3: WAM 2030, PM2,5 media

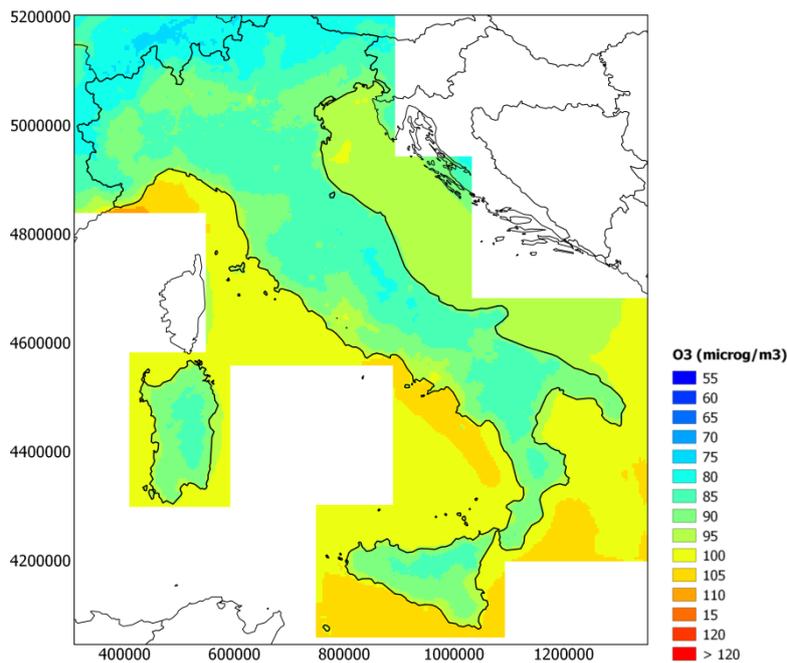


Figura 7-4: WAM 2030, O3 media

Le mappe di NO₂ mostrano una distribuzione con forti gradienti, condizionata dalla localizzazione delle emissioni. I valori massimi si presentano su alcuni grandi centri urbani, dove è maggiore l'effetto combinato delle emissioni da riscaldamento domestico, traffico urbano e traffico autostradale.

Le mappe nello scenario WAM non introducono riduzioni assolute molto più significative. Tuttavia mostrano che l'area interessata è molto più estesa, in particolare nel bacino padano: ciò è probabilmente attribuibile all'impatto sulla riduzione di concentrazioni di NO₂ di altre misure (power plants e trasporto marittimo) che

tende a diventare maggiormente visibile quando la riduzione delle emissioni del trasporto stradale diventa così forte come nello scenario WAM.

Le mappe di PM10 mostrano una distribuzione più uniforme rispetto a NO₂: il PM possiede, infatti, una componente primaria, direttamente influenzata dalle emissioni localizzate, ed una altrettanto importante componente secondaria che ha natura "diffusa", a causa delle scale temporali di formazione più lunghe.

Al 2030 si registra una riduzione estesa a tutta la pianura padana e a molta parte della costa adriatica centro-settentrionale. Con queste riduzioni i superamenti modellistici del limite annuale del PM10 tendono a scomparire al 2030 sebbene l'impatto di meteorologie meno favorevoli possa continuare a produrre eccedenze.

La mappa di PM_{2,5} ha importanti analogie con quella del PM10. Le principali differenze riguardano l'andamento ancora più omogeneo nello spazio, dovuto alla maggiore frazione secondaria sul totale, e i livelli più alti rispetto al limite di legge, con la conseguente maggiore ampiezza delle aree critiche o di superamento.

Considerando che l'Organizzazione Mondiale della Sanità indica un limite inferiore (10 µg/m³) al limite di legge (25 µg/m³), in vigore dal 2015 per la minimizzazione degli effetti sulla salute umana, si comprende la criticità della situazione del PM_{2,5}.

Nello scenario WAM al 2030 i superamenti modellistici tendono a sparire rispetto al WM specialmente nel bacino padano, con il permanere di valori potenzialmente critici nell'area Milano-Bergamo-Brescia

La mappa di O₃ mostra una distribuzione molto uniforme, dovuta all'ampia scala spaziotemporale dell'inquinamento secondario diffuso. I valori massimi sono sulle aree rurali, dove mancano le emissioni di NO_x che rimuovono O₃ per "titration". In particolare, le aree costiere presentano massimi dovuti al trasporto dal mare (dove O₃ ha livelli particolarmente alti, a causa dell'accumulo conseguente all'assenza di sorgenti in grado di consumarlo) verso terra, per effetto delle circolazioni di brezza.

Si osservano riduzioni uniformi che al 2030 interessano non solo le zone marine e costiere ma tutto il territorio nazionale con evidenza nello scenario WAM dell'impatto della misura sulla sostituzione del combustibile marino da heavy fuel a gas.

Si rimanda al capitolo 7 del Programma per ulteriori approfondimenti sui risultati ottenuti dalla produzione degli scenari di qualità dell'aria.

Concentrazioni orarie e giornaliere - percentili

Nelle figure seguenti, per l'NO₂ la mappa rappresenta i valori di concentrazione calcolati in ciascuna cella come 19° valore più elevato sulla serie delle medie orarie (99.8° percentile); le aree di colore rosso, al di sopra di 200 µg/m³, individuano le zone in cui non è rispettato il limite di legge.

Per il PM10, sono tracciati i valori di concentrazione calcolati, in ciascuna cella del dominio di calcolo, come 36° valore più alto sulle serie delle medie giornaliere di concentrazione (90.4° percentile): le aree di colore rosso/marrone, al di sopra di 50 µg/m³, individuano le zone in cui non è rispettato il limite di legge. Per O₃, sono tracciati i valori di concentrazione calcolati come 26° valore più elevato sulle serie temporali dei massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore (93.2° percentile): le aree di colore rosso/marrone, al di sopra di 120 µg/m³, individuano le zone in cui non è rispettato il limite di legge.

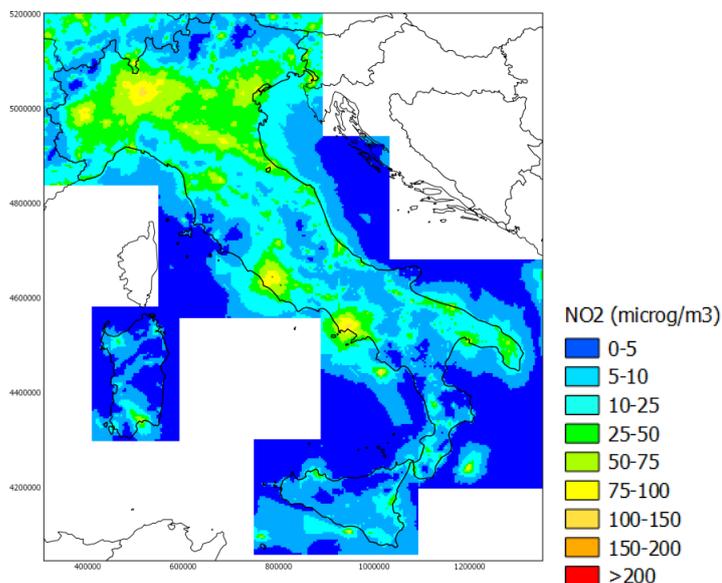


Figura 7-5: 2030 WAM, NO₂, 19° valore più elevato sulla serie temporale dei valori orari

Per quanto riguarda l'NO₂, la simulazione a 4 km di risoluzione spaziale non riesce a rappresentare le situazioni di picco che si verificano su stazioni di traffico, in più su base oraria. Le criticità riguardano le principali aree urbane, che nello scenario WAM al 2030 tendono a risolversi per via dell'introduzione di una quota rilevante di autovetture elettriche.

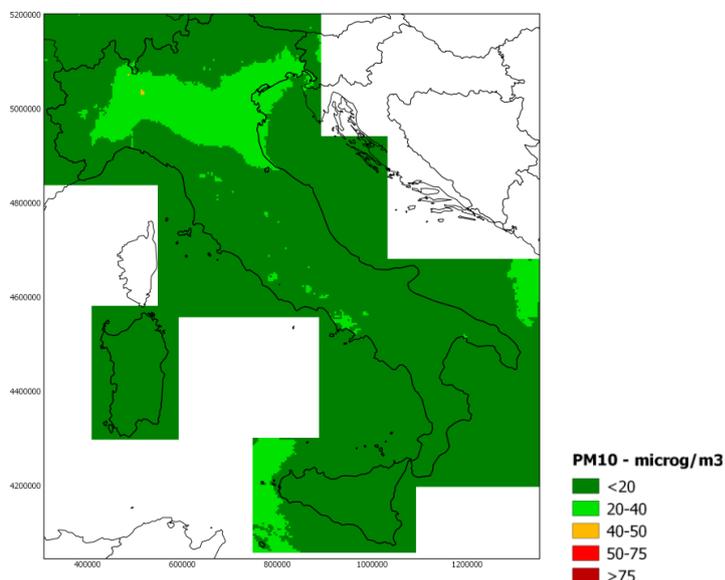


Figura 7-6: 2030 WAM, PM₁₀, 36° valore più elevato sulla serie temporale dei valori giornalieri

Per il PM₁₀, le aree di criticità risultano le stesse del limite della media annuale registrando riduzioni in numero e estensioni.

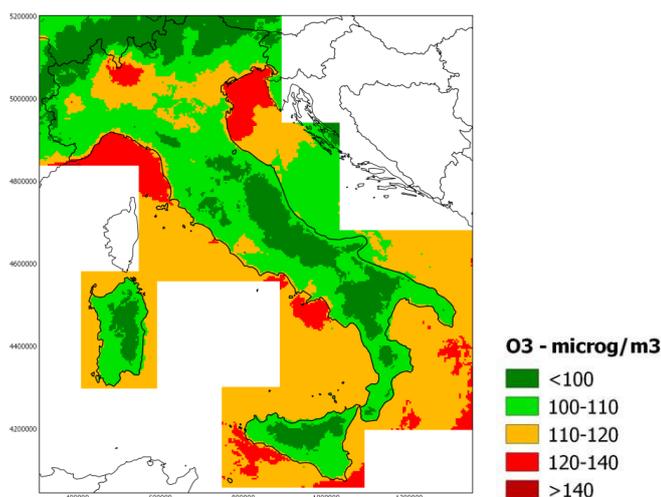


Figura 7-7: 2030 WAM, O3, 26° valore più elevato sulla serie temporale dei massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore

Nel 2030 tende a permanere una zona di superamento modellistico, nell'area di Milano, mentre i superamenti modellistici sul mare indicano percentili vicini al limite di legge in alcune aree costiere (Liguria-Toscana, Lazio- Campania, Veneto-Emilia Romagna).

Esposizione all'inquinamento atmosferico

La valutazione degli effetti del Programma sull'esposizione all'inquinamento è trattata in termini di riduzioni delle concentrazioni al 2030 stimate nello scenario con le politiche e misure aggiuntive (scenario WAM) rispetto a quello senza misure aggiuntive (c.d. scenario previsionale di riferimento capitolo 6 del presente rapporto).

Come sviluppati nei capitoli precedenti per lo stato e lo scenario di riferimento gli effetti diretti indotti dalle misure aggiuntive (scenario WAM al 2030) sull'esposizione all'inquinamento sono stimati analizzando la distribuzione delle superfici di uso del suolo nelle diverse classi di concentrazioni degli inquinanti considerati. Le differenze rispetto ai valori riscontrati nello scenario senza misure aggiuntive (WM al 2030) consente di quantificare gli effetti positivi sull'esposizione derivanti dall'attuazione delle misure previste ad una scala pertinente al programma.

Tabella 7-1: Ripartizione (%) dell'uso del suolo rispetto all'esposizione alle classi di concentrazioni di NO2 (media annuale) nello scenario WAM 2030

CLC 2018	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30
	µg/m ³					
	%					
Aree artificiali	49,08	31,21	12,32	4,75	1,54	1,10
Aree agricole	75,28	21,39	2,78	0,44	0,10	0,01
Aree boschive e seminaturali	95,83	3,72	0,41	0,03	0,01	0,00
Zone umide	76,20	22,61	0,96	0,22	0,00	0,00
Corpi idrici	73,37	24,66	1,40	0,49	0,07	0,01

Tabella 7-2: Variazioni (%) di uso del suolo al 2030 tra scenario WAM e WM per le classi di concentrazioni di NO₂ (media annuale)

CLC 2018	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40
	µg/m ³							
%								
Aree artificiali	12,17	4,68	-15,20	-32,29	-43,22	3,01	-100,00	-100,00
Aree agricole	8,26	-10,24	-48,23	-54,19	-56,89	-81,00	-100,00	-100,00
Aree boschive e seminaturali	2,41	-33,15	-43,80	-69,92	-51,33	481,63	-100,00	-
Zone umide	14,69	-22,49	-76,57	-18,62	-	-	-	-
Corpi idrici	17,37	-22,36	-71,44	-18,67	-51,51	-85,89	-100,00	-

Secondo lo scenario previsionale al 2030 caratterizzato dall'attuazione delle misure aggiuntive non sono previste aree territoriali esposte alle classi di concentrazione superiori a 30 µg/m³, gran parte del territorio (dal 50% per le aree artificiali al 96% per le aree naturali) risulta esposto a livelli medi (annui) di concentrazione di NO₂ compresi tra 0 e 5 µg/m³ (tabella 6-1) conseguenti a incrementi di superfici in questo range di valori di concentrazioni variabili tra il 2% per le aree naturali e il 17% per i corpi idrici.

In tale scenario si registrano i valori medi annui di concentrazione di NO₂ più elevati nell'intervallo 25-30 µg/m³ riguardanti circa l'1% delle aree artificiali (tabella 6-1), ben al di sotto del limite normativo per la protezione della salute umana (40 µg/m³).

Tabella 7-3: Ripartizione (%) dell'uso del suolo rispetto all'esposizione alle classi di concentrazioni di PM₁₀ (media annuale) nello scenario WAM 2030

CLC 2018	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25
	µg/m ³				
%					
Aree artificiali	1,53	44,92	42,58	10,36	0,61
Aree agricole	1,16	68,54	27,84	2,45	0,00
Aree boschive e seminaturali	23,18	72,16	4,57	0,09	0,00
Zone umide	0,27	37,33	61,96	0,44	0,00
Corpi idrici	2,12	49,75	47,22	0,91	0,00

Tabella 7-4: Variazioni (%) di uso del suolo al 2030 tra scenario WAM e WM per le classi di concentrazioni di PM₁₀ (media annuale)

CLC 2018	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30
	µg/m ³					
%						
Aree artificiali	16,99	16,24	2,83	-40,24	-50,31	-100,00
Aree agricole	15,08	10,02	-6,99	-63,60	-76,79	-100,00
Aree boschive e seminaturali	8,03	1,01	-32,37	-74,67	-	-
Zone umide	0,00	11,79	-4,50	-69,95	-	-

Corpi idrici	1,76	14,47	-8,30	-69,34	-100,00	-
---------------------	------	-------	-------	--------	---------	---

Ad eccezione di poco meno dell'1% delle aree artificiali, si stima che il resto del territorio italiano risulterà esposto al 2030 con l'attuazione delle misure aggiuntive a livelli di concentrazioni medi annui di PM10 inferiori a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabella 6-3) a fronte di un limite normativo per la protezione della salute umana pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I valori più elevati (tra 15 e $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) riguardano principalmente le aree artificiali (10% della loro estensione) dove si espletano le attività umane e in piccola parte (2%) le aree a destinazione agricola. In tale intervallo di valori di concentrazioni si registrano le maggiori riduzioni (tutte superiori al 40%) di superficie territoriale esposta rispetto allo scenario al 2030 senza misure aggiuntive (tabella 6-4).

Tabella 7-5: Distribuzione dell'uso del suolo rispetto alle classi di concentrazioni di PM_{2,5} (media annuale) nello scenario WAM 2030

CLC 2018	0 – 3	3 – 6	6 – 9	9 – 12	12 – 15	15 – 18
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	%					
Aree artificiali	0,29	18,90	37,73	25,93	15,91	1,24
Aree agricole	0,27	33,23	40,97	19,39	6,12	0,02
Aree boschive e seminaturali	10,15	61,51	24,73	3,22	0,39	0,00
Zone umide	0,08	21,33	23,38	53,45	1,75	0,00
Corpi idrici	1,63	19,68	35,68	39,76	3,26	0,00

Tabella 7-6: Variazioni (%) di uso del suolo al 2030 tra scenario WAM e WM per le classi di concentrazioni di PM_{2,5} (media annuale)

CLC 2018	0 – 3	3 – 6	6 – 9	9 – 12	12 – 15	15 – 18	18 – 21	21 – 25
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$							
	%							
Aree artificiali	30,46	20,76	10,75	12,45	-33,27	-59,83	-	-100,00
Aree agricole	23,17	27,02	-6,56	23,82	-55,97	-90,30	-	-100,00
Aree boschive e seminaturali	18,11	8,89	-15,95	-27,84	-61,87	-100,00	-	-
Zone umide	0,00	57,19	-13,75	3,97	-77,56	-100,00	-	-
Corpi idrici	9,19	41,26	7,21	-2,50	-68,68	-99,50	-	-

Come per il PM10, anche per il PM_{2,5}, il territorio italiano risulterà esposto al 2030 con l'attuazione delle misure aggiuntive a livelli di concentrazioni medi annui inferiori al limite normativo per la protezione della salute umana ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in particolare al di sotto di $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabella 6-5). Le misure aggiuntive consentiranno in linea generale di ridurre le superfici di aree artificiali esposte a valori superiori a $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$; per le altre tipologie di uso del suolo tali riduzioni riguardano concentrazioni fino a $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabella 6-6).

Tabella 7-7: Distribuzione dell'uso del suolo rispetto alle classi di concentrazioni di O₃ (media annuale) nello scenario WAM 2030

CLC 2018	70 - 75	75 - 80	80 - 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100	100 - 105	105 - 110
	µg/m ³							
%								
Aree artificiali	0,00	1,80	28,68	45,24	19,49	4,49	0,31	0,00
Aree agricole	0,00	1,35	45,86	42,26	9,50	1,01	0,02	0,00
Aree boschive e seminaturali	0,02	18,76	46,14	28,85	5,46	0,76	0,02	0,00
Zone umide	0,00	0,27	11,51	47,44	38,22	2,56	0,00	0,00
Corpi idrici	0,00	2,14	17,51	50,87	28,67	0,82	0,00	0,00

 Tabella 7-8: Variazioni (%) di uso del suolo al 2030 tra scenario WAM e WM per le classi di concentrazioni di O₃ (media annuale)

CLC 2018	70 - 75	75 - 80	80 - 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100	100 - 105	105 - 110
	µg/m ³							
%								
Aree artificiali	0,00	13,39	45,59	-8,59	0,61	-51,60	-47,35	0,00
Aree agricole	0,66	31,14	47,63	-18,96	-30,32	-50,48	-75,06	-
Aree boschive e seminaturali	14,84	16,10	12,44	-12,01	-35,76	-48,04	-64,45	0,00
Zone umide	-	16,77	55,93	19,95	-18,83	-55,03	-100,00	-
Corpi idrici	-	14,12	67,82	-1,29	-16,90	-49,58	-100,00	-

Anche per le concentrazioni di ozono, le misure aggiuntive contribuiranno a ridurre le superfici territoriali esposte a valori medi annui superiori ad 85 µg/m³, ad eccezione delle zone umide in cui si registrano riduzioni delle superfici per concentrazioni superiori a 90 µg/m³, (tabella 6-8) definendo uno scenario al 2030 con territorio esposto a valori medi annui non superiori ad 105 µg/m³ (vedi tabella 6-7).

Gli effetti in termini complessivi dell'attuazione del programma sull'esposizione all'inquinamento degli ecosistemi sono stati analizzati mediante la stima delle superfici territoriali delle ecoregioni esposte ai diversi livelli di qualità dell'aria (classi di concentrazioni medie) calcolati nell'ambito dello scenario con le politiche e misure aggiuntive WAM (with additional measure) al 2030 e rapportandole a quelle stimate nello scenario WM (with measure) al 2030 (capitolo 6 del presente rapporto).

 Tabella 7-9: Ripartizione (%) delle superfici delle Ecoregioni rispetto all'esposizione alle classi di concentrazioni NO₂ (media annuale) nello scenario WAM 2030

Ecoregioni	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30
	µg/m ³					
%						
alpina	91,85	7,07	1,07	0,01	0,00	0,00
padana	27,52	59,03	9,90	2,37	0,76	0,41
appenninica	93,54	5,98	0,42	0,06	0,00	0,00

tirrenica	92,61	5,72	1,28	0,35	0,04	0,00
adriatica	97,19	2,81	0,00	0,00	0,00	0,00
Sezioni	0 - 5 µg/m³	5 - 10 µg/m³	10 - 15 µg/m³	15 - 20 µg/m³	20 - 25 µg/m³	25 - 30 µg/m³
Alpina occidentale	95,99	3,80	0,22	0,00	0,00	0,00
Alpina centro-orientale	89,82	8,68	1,49	0,02	0,00	0,00
Padana	27,45	59,11	9,89	2,38	0,74	0,42
Appenninica centro-settentrionale	88,22	10,73	0,91	0,14	0,00	0,00
Appenninica centrale	97,29	2,71	0,00	0,00	0,00	0,00
Appenninica meridionale	99,06	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00
Istria	39,50	43,45	11,66	0,00	5,40	0,00
Ligure	75,50	23,74	0,76	0,00	0,00	0,00
Tirrenica centro-settentrionale	74,01	20,25	4,48	1,26	0,00	0,00
Tirrenica meridionale	90,15	7,08	2,06	0,55	0,16	0,00
Siciliana	99,71	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
Sarda	99,56	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00
Adriatica centrale	88,67	11,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Adriatica meridionale	97,95	2,05	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 7-10: Variazioni (%) delle superfici delle Ecoregioni e sezioni al 2030 tra scenario WAM e WM per le classi di concentrazioni di NO₂ (media annuale)

Ecoregioni	0 - 5 µg/m ³	5 - 10 µg/m ³	10 - 15 µg/m ³	15 - 20 µg/m ³	20 - 25 µg/m ³	25 - 30 µg/m ³	30 - 35 µg/m ³	35 - 40 µg/m ³
	%							
alpina	4,77	-27,62	-52,21	-96,26	-	-	-	-
padana	91,90	-3,76	-43,54	-46,48	-44,33	-27,78	-100,00	-100,00
appenninica	4,36	-37,60	-39,99	-14,32	-100,00	-	-	-
tirrenica	1,28	-9,76	-20,76	-23,24	-74,98	-	-	-
adriatica	-0,10	3,71	-	-	-	-	-	-
Sezioni	0 - 5 µg/m ³	5 - 10 µg/m ³	10 - 15 µg/m ³	15 - 20 µg/m ³	20 - 25 µg/m ³	25 - 30 µg/m ³	30 - 35 µg/m ³	35 - 40 µg/m ³
Alpina occidentale	3,84	-43,18	-74,25	-100,00	-	-	-	-
Alpina centro-orientale	5,27	-23,11	-49,09	-96,11	-	-	-	-
Padana	92,04	-3,62	-43,79	-46,13	-45,33	-27,78	-100,00	-100,00
Appenninica centro-settentrionale	7,50	-33,83	-39,99	-14,32	-100,00	-	-	-
Appenninica centrale	2,99	-51,04	-	-	-	-	-	-

Appenninica meridionale	0,92	-49,15	-	-	-	-	-	-
Istriana	75,99	-28,19	77,49	-100,00	0,00	-	-	-
Ligure	14,32	-25,42	-64,40	-	-	-	-	-
Tirrenica centro-settentrionale	8,36	-12,10	-27,04	-36,84	-100,00	-	-	-
Tirrenica meridionale	0,54	-5,38	-4,99	22,54	-31,75	-	-	-
Siciliana	-0,10	50,56	-	-	-	-	-	-
Sarda	-0,13	42,99	-	-	-	-	-	-
Adriatica centrale	5,99	-30,66	-	-	-	-	-	-
Adriatica meridionale	-0,56	37,08	-	-	-	-	-	-

Tabella 7-11: Ripartizione (%) delle superfici delle Ecoregioni rispetto all'esposizione alle classi di concentrazioni di PM10 (media annuale) nello scenario WAM 2030

Ecoregioni	0 – 5 µg/m ³	5 – 10 µg/m ³	10 – 15 µg/m ³	15 – 20 µg/m ³	20 – 25 µg/m ³
	%				
alpina	53,34	37,45	8,63	0,58	0,00
padana	0,00	14,82	74,34	10,64	0,19
appenninica	0,81	89,76	9,40	0,03	0,00
tirrenica	0,58	90,86	8,49	0,07	0,00
adriatica	0,00	96,75	3,20	0,00	0,05
Sezioni	0 – 5 µg/m ³	5 – 10 µg/m ³	10 – 15 µg/m ³	15 – 20 µg/m ³	20 – 25 µg/m ³
Alpina occidentale	62,56	35,41	2,03	0,00	0,00
Alpina centro-orientale	48,81	38,46	11,87	0,86	0,00
Padana	0,00	14,89	74,24	10,68	0,19
Appenninica centro-settentrionale	0,00	85,27	14,66	0,07	0,00
Appenninica centrale	2,61	92,47	4,92	0,00	0,00
Appenninica meridionale	0,00	95,03	4,97	0,00	0,00
Istriana	0,00	3,12	91,79	5,09	0,00
Ligure	0,00	97,66	2,34	0,00	0,00
Tirrenica centro-settentrionale	0,00	77,87	22,03	0,11	0,00
Tirrenica meridionale	2,24	82,06	15,46	0,24	0,00
Siciliana	0,19	97,60	2,21	0,00	0,00
Sarda	0,00	98,89	1,11	0,00	0,00
Adriatica centrale	0,00	71,08	28,92	0,00	0,00
Adriatica meridionale	0,00	99,03	0,92	0,00	0,05

Tabella 7-12: Variazioni (%) delle superfici delle Ecoregioni e sezioni al 2030 tra scenario WAM e WM per le classi di concentrazioni di PM10 (media annuale)

Ecoregioni	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
%						
alpina	6,81	-2,69	-11,32	-68,56	-	-
padana	-	46,56	16,21	-58,15	-60,00	-
appenninica	168,75	8,44	-44,09	-72,91	-	-
tirrenica	40,91	4,33	-30,98	-63,51	-	-
adriatica	-	3,67	-50,73	-100,00	-	-100,00
Sezioni	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 30
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Alpina occidentale	6,16	-5,33	-43,74	-100,00	-	-
Alpina centro-orientale	7,21	-1,45	-6,81	-68,21	-	-
Padana	-	46,64	16,34	-58,22	-60,00	-
Appenninica centro-settentrionale	-	11,91	-37,74	-72,91	-	-
Appenninica centrale	168,75	8,03	-63,34	-	-	-
Appenninica meridionale	-	3,24	-37,48	-	-	-
Istriana	-	0,00	0,00	0,00	-	-
Ligure	-	5,88	-69,90	-	-	-
Tirrenica centro-settentrionale	-	21,53	-37,97	-75,00	-	-
Tirrenica meridionale	47,37	3,89	-18,35	-56,84	-	-
Siciliana	0,00	1,05	-31,34	-	-	-
Sarda	-	0,92	-44,76	-	-	-
Adriatica centrale	-	60,15	-48,00	-	-	-
Adriatica meridionale	-	1,39	-57,04	-100,00	-	-100,00

Tabella 7-13: Ripartizione (%) delle superfici delle Ecoregioni rispetto all'esposizione alle classi di concentrazioni di PM2,5 (media annuale) nello scenario WAM 2030

Ecoregioni	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
%						
alpina	22,87	49,16	19,01	7,30	1,65	0,00
padana	0,00	0,10	15,56	60,17	23,73	0,45
appenninica	0,00	41,25	54,22	4,45	0,08	0,00
tirrenica	0,00	69,74	28,10	2,09	0,07	0,00
adriatica	0,00	44,63	55,01	0,31	0,00	0,05
Sezioni	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Alpina occidentale	35,37	45,29	17,47	1,72	0,15	0,00
Alpina centro-orientale	16,74	51,07	19,77	10,04	2,38	0,00
Padana	0,00	0,10	15,63	60,03	23,80	0,45
Appenninica centro-settentrionale	0,00	25,13	66,10	8,59	0,18	0,00
Appenninica centrale	0,00	45,80	53,36	0,84	0,00	0,00
Appenninica meridionale	0,00	67,26	31,67	1,07	0,00	0,00
Istriana	0,00	0,00	3,12	86,40	10,49	0,00
Ligure	0,00	39,83	60,17	0,00	0,00	0,00
Tirrenica centro-settentrionale	0,00	27,25	67,83	4,71	0,21	0,00
Tirrenica meridionale	0,00	71,60	22,84	5,40	0,16	0,00
Siciliana	0,00	82,38	17,62	0,00	0,00	0,00
Sarda	0,00	82,84	17,16	0,00	0,00	0,00
Adriatica centrale	0,00	0,00	97,98	2,02	0,00	0,00
Adriatica meridionale	0,00	48,59	51,19	0,16	0,00	0,05

Tabella 7-14: Variazioni (%) delle superfici delle Ecoregioni e sezioni al 2030 tra scenario WAM e WM per le classi di concentrazioni di PM_{2,5} (media annuale)

Ecoregioni	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18	18 - 21	21 - 25
	µg/m ³							
	%							
alpina	19,33	0,99	-7,75	-6,35	-55,42	-100,00	-	-
padana	-	4895,92	45,21	60,42	-52,68	-72,74	-	-
appenninica	-	30,27	-7,56	-52,06	-79,85	-100,00	-	-
tirrenica	-	13,06	-17,58	-49,48	-20,00	-	-	-
adriatica	-	34,11	-15,27	-82,26	-	-	-	-100,00
Sezioni	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18	18 - 21	21 - 25
	µg/m ³							
Alpina occidentale	16,09	0,33	-16,03	-49,06	-29,72	-	-	-
Alpina centro-orientale	22,88	1,27	-3,63	0,75	-55,91	-100,00	-	-
Padana	-	4895,92	45,26	60,95	-52,68	-72,74	-	-
Appenninica centro-settentrionale	-	60,20	-2,86	-44,45	-77,76	-100,00	-	-
Appenninica centrale	-	15,74	-3,65	-83,15	-100,00	-	-	-
Appenninica meridionale	-	27,31	-28,58	-60,92	-100,00	-	-	-
Istriana	-	-	12,72	14,44	-51,76	-	-	-

Ligure	-	109,01	-22,21	-100,00	-	-	-	-
Tirrenica centro-settentrionale	-	135,37	-11,77	-58,10	-33,33	-	-	-
Tirrenica meridionale	-	11,55	-14,41	-39,78	0,00	-	-	-
Siciliana	-	5,91	-20,68	-	-	-	-	-
Sarda	-	9,12	-28,56	-100,00	-	-	-	-
Adriatica centrale	-	-	20,73	-89,26	-	-	-	-
Adriatica meridionale	-	34,11	-19,36	-29,47	-	-	-	-100,00

Tabella 7-15: Ripartizione (%) delle superfici delle Ecoregioni rispetto all'esposizione alle classi di concentrazioni di O₃ (media annuale) nello scenario WAM 2030

Ecoregioni	70 - 75	75 - 80	80 - 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100	100 - 105
	µg/m ³						
	%						
alpina	0,03	41,75	41,27	16,17	0,78	0,00	0,00
padana	0,00	0,00	51,11	46,75	2,14	0,00	0,00
appenninica	0,00	3,01	71,46	23,82	1,70	0,01	0,00
tirrenica	0,00	0,00	15,82	54,83	25,61	3,65	0,09
adriatica	0,00	0,00	50,79	44,88	4,19	0,14	0,00
Sezioni	70 - 75	75 - 80	80 - 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100	100 - 105
	µg/m ³						
Alpina occidentale	0,00	37,12	41,02	20,28	1,58	0,00	0,00
Alpina centro-orientale	0,04	44,02	41,39	14,16	0,39	0,00	0,00
Padana	0,00	0,00	51,38	46,50	2,12	0,00	0,00
Appenninica centro-settentrionale	0,00	0,00	72,97	26,64	0,39	0,00	0,00
Appenninica centrale	0,00	9,64	73,75	14,81	1,80	0,00	0,00
Appenninica meridionale	0,00	0,00	65,35	30,43	4,19	0,04	0,00
Istriana	0,00	0,00	3,44	90,87	5,68	0,00	0,00
Ligure	0,00	0,00	0,00	11,99	61,75	22,85	3,41
Tirrenica centro-settentrionale	0,00	0,00	1,95	51,57	43,12	3,37	0,00
Tirrenica meridionale	0,00	0,00	9,81	57,21	27,31	5,57	0,10
Siciliana	0,00	0,00	20,21	54,18	21,82	3,70	0,09
Sarda	0,00	0,00	25,58	57,47	15,62	1,33	0,00
Adriatica centrale	0,00	0,00	76,56	23,43	0,01	0,00	0,00

Adriatica meridionale	0,00	0,00	48,50	46,78	4,56	0,15	0,00
------------------------------	------	------	-------	-------	------	------	------

Tabella 7-16: Variazioni (%) delle superfici delle Ecoregioni e sezioni al 2030 tra scenario WAM e WM per le classi di concentrazioni di O₃ (media annuale)

Ecoregioni	70 - 75	75 - 80	80 - 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100	100 - 105
	µg/m ³						
%							
alpina	0,00	10,62	2,42	-21,43	-42,24	-	-
padana	-	-100,00	76,65	-31,33	-27,17	-100,00	-
appenninica	-	200,00	18,34	-28,77	-66,42	-91,17	-
tirrenica	-	-	48,79	12,47	-22,24	-50,45	-71,52
adriatica	-	-	72,44	-28,99	-39,92	-62,32	-
Sezioni	70 - 75	75 - 80	80 - 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100	100 - 105
	µg/m ³						
Alpina occidentale	-	5,08	5,55	-12,42	-40,50	-	-
Alpina centro-orientale	0,00	13,09	0,96	-26,73	-45,38	-	-
Padana	-	-100,00	76,58	-31,58	-26,72	-100,00	-
Appenninica centro-settentrionale	-	-	24,53	-30,01	-88,34	-	-
Appenninica centrale	-	199,94	5,51	-33,77	-59,84	-100,00	-
Appenninica meridionale	-	-	28,04	-22,51	-55,03	-90,09	-
Istria	-	-	-	2,04	-48,05	-	-
Ligure	-	-	-	149,57	-6,38	-9,17	-16,34
Tirrenica centro-settentrionale	-	-	16293,92	70,52	-25,30	-71,77	-100,00
Tirrenica meridionale	-	-	48,44	21,10	-19,56	-51,45	-86,73
Siciliana	-	-	69,79	0,80	-22,81	-36,29	-67,57
Sarda	-	-	29,19	-1,37	-21,87	-31,43	-
Adriatica centrale	-	-	84,73	-58,48	-99,57	-	-
Adriatica meridionale	-	-	70,85	-26,67	-38,39	-62,32	-

Effetti dell'inquinamento sui beni culturali

La formazione delle diverse tipologie di degrado riscontrate sul patrimonio culturale dipende generalmente dalle condizioni climatiche e ambientali del territorio con cui il materiale, costituente il bene, interagisce. L'inquinamento atmosferico continua a rappresentare uno dei fattori maggiormente responsabili dei processi di alterazione dei monumenti.

Per quantificare gli effetti della deposizione di sostanze inquinanti sul patrimonio costruito è diffuso, in letteratura, il metodo basato sull'applicazione di funzioni dose-risposta (D-R) in grado di quantificare alcune tipologie di degrado di un materiale in funzione delle concentrazioni di inquinanti atmosferici e dei fattori climatici che determinano l'alterazione. Questo tipo di approccio viene utilizzato per conoscere la potenziale aggressività di un territorio nei confronti del bene quando non è possibile misurare i parametri ambientali responsabili dell'eventuale processo di deterioramento.

Uno dei fenomeni di degrado che può essere quantificato attraverso le funzioni dose-risposta è la perdita di materiale per i calcari e per i metalli (corrosione) attribuibile alla deposizione di biossido di zolfo SO₂, all'acido nitrico HNO₃ (stimato a partire dalle concentrazioni di biossido di azoto NO₂ e ozono O₃) e al particolato atmosferico PM₁₀, che agiscono coadiuvati da alcuni parametri meteorologici quali la temperatura, l'umidità relativa e le precipitazioni.

In questo contesto, utilizzando le funzioni D-R che quantificano la perdita di materiale (espressa come recessione superficiale in µm/anno), è stato possibile stimare, a livello nazionale, gli effetti delle misure di riduzione degli inquinanti atmosferici, previste per il 2030, su alcuni dei materiali che costituiscono il patrimonio culturale italiano: pietra (calcare), bronzo, rame e zinco.

Le funzioni dose-risposta utilizzate per quantificare il potenziale danno al 2030 (Tabella 1), sono quelle individuate nell'ambito del progetto europeo MULTIASSESS [MULTI-ASSESS Project, 2007].

Materiale	Funzione dose-risposta¹³	Corrosione accettabile al 2050 (µm/anno)
Calcare	$R = 4 + 0.0059 * [SO_2] * Rh_{60} + 0.054 * [H^+] * Rain + 0.078 * [HNO_3] Rh_{60} + 0.0258 * PM_{10}$	6,4
Bronzo	$R = 0.15 + 0.000985 * [SO_2] * Rh_{60} * e^{-0.067(T-11)} + 0.00465 * Rain * [H^+] + 0.00432 * PM_{10}$	0,5
Rame	$ML = 0.027 * [SO_2]^{0.32} * [O_3] * Rh_{60} * e^{-0.032(T-10)} * t^{0.78} + 0.050 * Rain * [H^+] * t^{0.89}$	0,64
Zinco	$R = 0.49 + 0.66 * [SO_2]^{0.22} * e^{0.018 * Rh + (-0.021 * (T-10))} + 0.0057 * Rain * [H^+] + 0.192 * [HNO_3]$	0,9

Tabella 7-17: Funzioni dose-risposta associate alla perdita di materiale. Valori di corrosione accettabile al 2050

Per verificare se il danno stimato al 2030 possa essere ritenuto accettabile, i risultati ottenuti per ciascuno dei materiali analizzati sono stati confrontati con i valori di corrosione accettabili al 2050 (Tabella 1), definiti nel rapporto redatto nel 2009 dal Working Group on Effects [WGE, 2009].

Il danno da recessione superficiale è stato stimato per il 2030 negli scenari WM (With Measures) e WAM (With Additional Measures), a livello nazionale, con una risoluzione di 4 km.

¹³ ML= perdita di materiale (g m⁻²); R = recessione superficiale (µm/anno); t = tempo di esposizione (giorni); [SO₂]= concentrazione media annua di SO₂ (µg/m³); [O₃]= concentrazione media annua di O₃ (µg/m³); [HNO₃] = concentrazione media annua di HNO₃, con [HNO₃]= 516 × e^{(-3400/(T+273))} × ([NO₂] [O₃] × Rh)^{0.5}, (µg/m³); PM₁₀ = concentrazione media annua di PM₁₀ (µg/m³); [H⁺] = concentrazione media annua di H⁺ delle precipitazioni, con [H⁺]=10^{3-pH}, (mg l⁻¹); Rain = precipitazioni annue (mm); Rh = umidità relativa (%); Rh₆₀ = Rh-60 quando Rh > 60, altrimenti Rh₆₀=0; T = temperatura (°C)

Le elaborazioni sono state effettuate anche considerando la differenza tra la recessione superficiale dello scenario WAM e quella ottenuta nello scenario WM.

Dati di input

I dati delle concentrazioni di inquinanti utilizzati per il calcolo del danno in entrambi gli scenari, sono quelli elaborati dall'ENEA per il 2030 con il sistema modellistico MINNI con una risoluzione di 4 km.

Dato che le concentrazioni ottenute con il modello MINNI sono state stimate mantenendo fisso l'input meteorologico relativo all'anno 2010, nelle funzioni dose-risposta utilizzate per il calcolo del danno, sono stati inseriti i dati delle precipitazioni, della temperatura e dell'umidità relativa stimati dall'ENEA per il 2010 [De Marco et al, 2017; Di Turo et al., 2016].

Per quanto riguarda l'acidità della pioggia, in assenza di dati stimati al 2030, per l'elaborazione della perdita di materiale sono stati utilizzati i valori di pH del 2010 della banca dati del Norwegian Institute for Air Research (NILU) spazializzati a livello nazionale mediante la tecnica di interpolazione geostatistica di Ordinary Kriging. Questa scelta può considerarsi cautelativa in quanto, secondo alcuni studi presenti in letteratura [Rodhe et al, 2002; Bonazza et al, 2009] e come emerso dall'andamento dei valori raccolti nel periodo 2010-2016, il pH nel 2030 dovrebbe aumentare rispetto al 2010 (con la conseguente diminuzione di $[H^+]$).

Risultati per gli scenari WAM e WM al 2030

Calcarea

Le elaborazioni effettuate per gli scenari WM e WAM (figure seguenti), mostrano che la recessione superficiale per il calcarea quantificata al 2030 risulta essere, nell'intero territorio nazionale, inferiore al limite di danno accettabile al 2050 (pari a 6,4 μm). Si registra quasi ovunque una leggera diminuzione della recessione superficiale nello scenario WAM rispetto a quello WM con l'eccezione di alcune aree del Sud Italia.

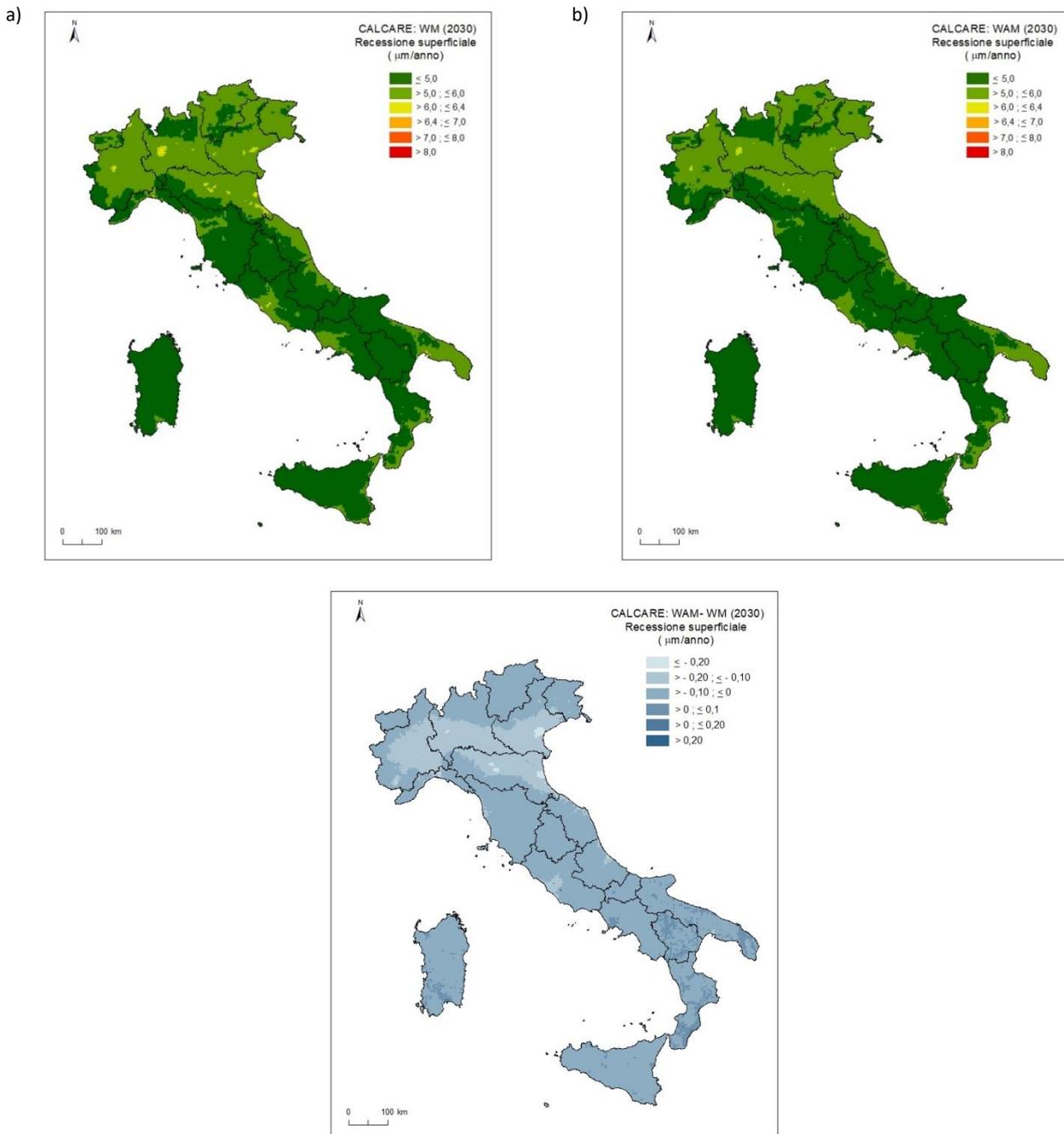


Figura 7-8: Recessione superficiale stimata al 2030 per il materiale calcarea: a) nello scenario WM; b) nello scenario WAM; c) differenza degli scenari WAM-WM.

Bronzo

Le Figure seguenti mostrano la recessione superficiale stimata al 2030 negli scenari WM e WAM per il bronzo. Anche in questo caso il danno è inferiore al valore limite accettabile al 2050 ($0.5 \mu\text{m}$).

Si registra quasi ovunque una leggera diminuzione della corrosione nello scenario WAM rispetto a quello WM con l'eccezione di alcune aree del Sud Italia.

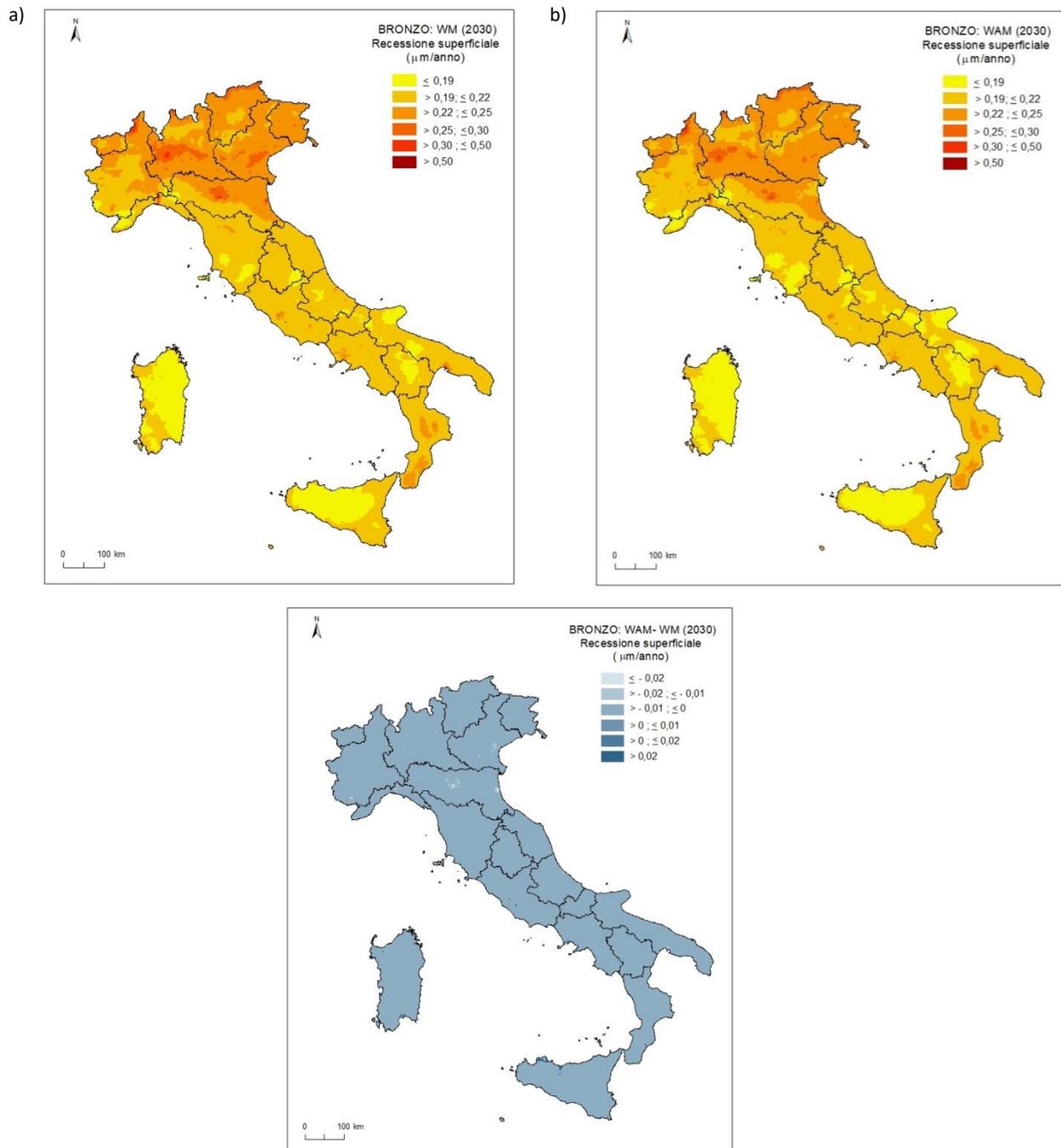


Figura 7-9: Recessione superficiale stimata al 2030 per il bronzo: a) nello scenario WM; b) nello scenario WAM; c) differenza degli scenari WAM-WM.

Rame

Il danno, calcolato come ML (g/m^2), è espresso nella mappa come R ($\mu\text{m}/\text{anno}$)¹⁴ [Mapping of Effects on Materials, 2015].

La recessione stimata per il rame nei due scenari WM e WAM (Figure seguenti) risulta inferiore al valore limite accettabile da raggiungere entro il 2050 ($0.64 \mu\text{m}$). Si registra quasi ovunque una leggera diminuzione della corrosione nello scenario WAM rispetto a quello WM con l'eccezione di alcune aree del Sud Italia.

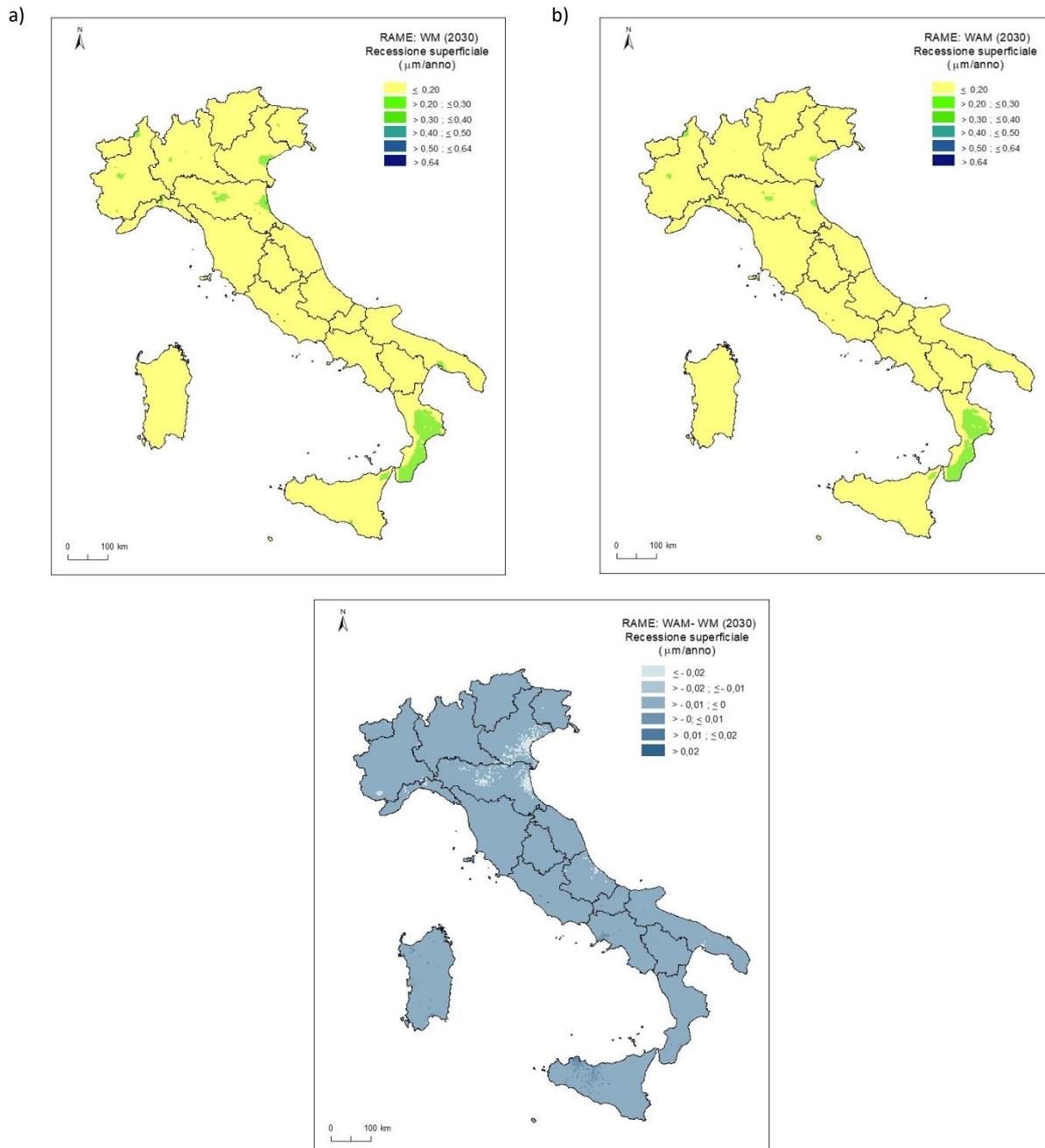


Figura 7-10: Recessione superficiale stimata ai 2030 per il rame: a) nello scenario WM; b) nello scenario WAM; c) differenza degli scenari WAM-WM.

¹⁴ La conversione da ML a R è stata ottenuta utilizzando come densità del rame $8,93 \text{ g}/\text{cm}^3$.

Zinco

Le Figure seguenti mostrano la recessione superficiale stimata al 2030 negli scenari WM e WAM per lo zinco.

Il valore limite accettabile definito per il 2050 (0.9 mm) viene superato in entrambi gli scenari, in alcune aree della Lombardia, Emilia Romagna, Toscana e Liguria. Si registra quasi ovunque una leggera diminuzione della corrosione nello scenario WAM rispetto a quello WM con l'eccezione di alcune aree del Sud Italia.

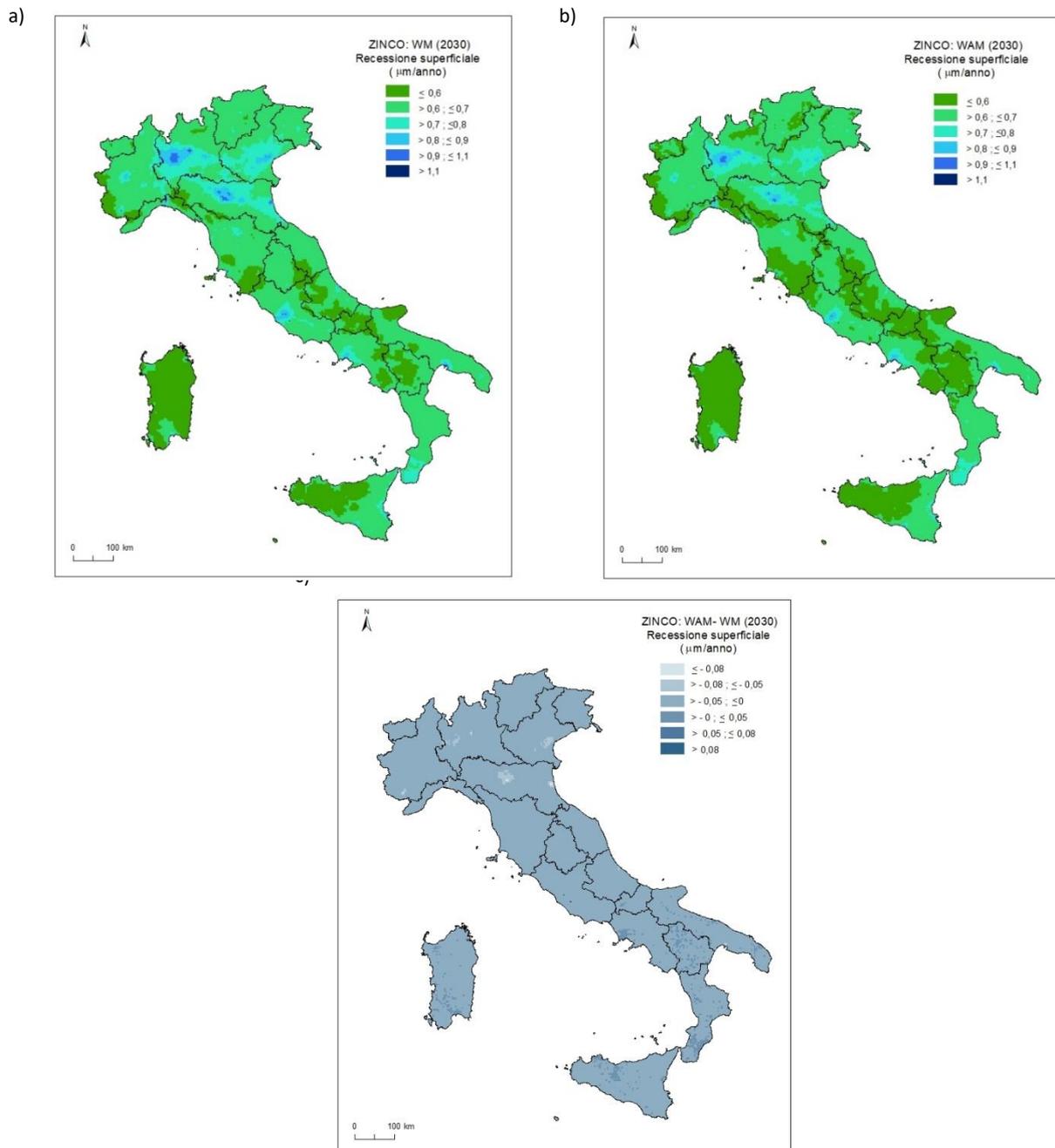


Figura 7-11: Recessione superficiale stimata al 2030 per lo zinco: a) nello scenario WM; b) nello scenario WAM; c) differenza degli scenari WAM-WM.

Esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico

Il report "Air quality in Europe" - 2019, dell'Agenzia Europea per l'Ambiente, riporta che l'inquinamento atmosferico continua ad avere effetti significativi sulla salute della popolazione europea, particolarmente nelle aree urbane. Gli inquinanti più pericolosi per la salute umana in Europa, sono PM, NO₂ e O₃. Alcuni gruppi di popolazione sono più colpiti dall'inquinamento atmosferico in quanto più esposti o più vulnerabili ai rischi ambientali. I gruppi socioeconomici più svantaggiati tendono ad essere più esposti, mentre gli anziani, i bambini ed i soggetti con patologie pregresse risultano maggiormente vulnerabili. L'inquinamento atmosferico ha anche un notevole impatto economico, abbreviando la vita, aumentando i costi sanitari e riducendo la produttività in termini di giorni lavorativi persi in tutti i settori economici

I dati stimati di morti premature attribuibili all'esposizione a PM_{2,5}, NO₂ e O₃ relativi al 2016 sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 7-18: morti premature attribuibili all'esposizione a PM_{2,5}, NO₂ e O₃ relativi al 2016

Paese	morti premature attribuibili a PM_{2,5}	morti premature attribuibili a NO₂	morti premature attribuibili a O₃
EUROPA 41 PAESI	412.000	71.000	15.100
EUROPA 28 PAESI	374.000	68.000	14.000
ITALIA	58.600	14.600	3.000

Appare chiaro, quindi, come sia di grande importanza ed urgenza applicare tutti gli strumenti a disposizione per favorire un generale miglioramento della qualità dell'aria sul territorio dell'Unione e che le politiche adottate in termini di riduzione delle emissioni debbano essere valutate attentamente anche in termini di efficacia sulla riduzione dell'esposizione dei cittadini all'inquinamento atmosferico.

Proprio per questo motivo, la direttiva NEC ha stabilito obiettivi di riduzione delle emissioni, ripartiti tra tutti gli Stati Membri, che mirano al conseguimento della riduzione, nel territorio dell'Unione, di circa il 50% di morti premature al 2030 rispetto all'anno base 2005¹⁵.

Al fine di approfondire la tematica anche a livello nazionale, il Ministero dell'ambiente ha firmato un Accordo di collaborazione per l'attuazione della direttiva NEC che include, tra l'altro, attività specifiche che saranno portate avanti dall'Istituto Superiore di Sanità. L'accordo prevede la definizione e la realizzazione di un sistema per stimare l'esposizione della popolazione ai livelli di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici nei diversi ambiti territoriali e geografici italiani. Il sistema di valutazione terrà conto del contributo dei dati misurati dal sistema di monitoraggio della qualità dell'aria e provenienti dalle stazioni distribuite sul territorio nazionale, integrato con i risultati della modellistica di dispersione sviluppata da ENEA; farà uso, inoltre, dei dati strutturati per unità censuarie che descrivono la popolazione, per sesso e fasce di età, e per costituzione dei nuclei familiari. Un sistema cartografico GIS sarà la base informativa sulla quale operare le integrazioni tra le diverse variabili consentendo di ricostruire l'esposizione, per la popolazione generale e/o substrati di essa, nei diversi contesti territoriali (nelle aree urbane, rurali, in aree costiere oppure interne, nel nord, al centro e al sud Italia,) tramite scenari di esposizione definiti.

¹⁵ COM, 2018. Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The First Clean Air Outlook. Brussels, 7.6.2018, COM(2018) 446 final. http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/clean_air_outlook.pdf

Il programma delle attività prevede la conduzione di uno studio pilota dedicato alla messa a punto del modello concettuale sul quale si baseranno le stime di esposizione della popolazione, cui seguirà la costruzione vera e propria di un sistema dinamico di valutazione.

Si prevede, quindi, che in futuro sarà possibile disporre di uno strumento utile a valutare con maggiore dettaglio la reale esposizione della popolazione alle concentrazioni degli inquinanti atmosferici e di determinare, con maggiore precisione, l'impatto delle politiche di riduzione delle emissioni anche su tale parametro.

Il legame tra inquinamento atmosferico e salute della popolazione è tornato di particolare attualità in occasione della improvvisa e rapida propagazione della pandemia di COVID-19 che ha innescato globalmente una intensa attività di ricerca volta, anche, a comprendere meglio i possibili fattori sociali ed ambientali che possano contribuire a spiegare le modalità di contagio e la gravità e prognosi dei quadri sintomatologici e patologici associati all'infezione da virus SARS-CoV-2.

Per dare delle risposte alle numerose ipotesi emerse sul possibile legame tra inquinamento atmosferico e COVID-19, l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) con il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) hanno avviato uno studio epidemiologico a livello nazionale per valutare se e in che misura i livelli di inquinamento atmosferico siano associati agli effetti sanitari dell'epidemia.

Lo studio si basa sui dati della sorveglianza integrata nazionale COVID-19, coordinata da ISS, e del sistema di monitoraggio della qualità dell'aria atmosferica, di competenza ISPRA-SNPA, e si avvale della collaborazione scientifica della Rete Italiana Ambiente e Salute (RIAS), anche per garantire un raccordo con le strutture regionali sanitarie ed ambientali.

Nel realizzare lo studio, si terrà conto del fatto che la diffusione di nuovi casi segue le modalità del contagio virale e quindi si muove principalmente per focolai (cluster) all'interno della popolazione e si seguiranno approcci e metodi epidemiologici per lo studio degli effetti dell'inquinamento atmosferico in riferimento alle esposizioni sia acute (a breve termine) che croniche (a lungo termine), con la possibilità di controllo dei fattori socio-demografici e socio-economici associati al contagio, all'esposizione a inquinamento atmosferico, all'insorgenza di sintomi e gravità degli effetti riscontrati tra i casi di COVID-19.

Lo studio segue l'avvio dell'iniziativa PULVIRUS, promossa da ENEA, ISS e ISPRA-SNPA, che valuterà le conseguenze del lockdown sull'inquinamento atmosferico e sui gas serra e le interazioni fra polveri sottili e virus.

Biodiversità e ecosistemi

Si riporta di seguito un inquadramento descrittivo degli effetti ambientali dell'inquinamento atmosferico sulla biodiversità e gli ecosistemi.

Effetti dell'esposizione delle piante agli inquinanti atmosferici

Gli inquinanti atmosferici incluso il particolato e l'ozono, agiscono sui vegetali con diverse modalità. Gli effetti negativi più significativi sono quelli a carico del processo fotosintetico (come la minore biomassa prodotta) e della riproduzione (minor numero di fiori e semi prodotti). I contaminati possono alterare l'attività cellulare (è il caso della perossidazione delle membrane lipidiche causata dall'ozono troposferico),

ridurre l'attività di enzimi chiave della fotosintesi quali la RuBisCo, oppure depositandosi sulla superficie fogliare, come nel caso del particolato, alterarne l'albedo e quindi il bilancio energetico luminoso. La conseguenza ultima è il rallentamento nella fissazione del carbonio e quindi una riduzione della biomassa prodotta con un calo di resa nelle specie di interesse agrario.

Gli studi sugli effetti degli inquinanti sui vari tipi di vegetazione, presenti anche in ambiente urbano e peri-urbano mostrano, per alcuni inquinanti quale ad esempio l'ozono, sintomi caratteristici, anche se sovente è difficile, al solo esame morfologico, stabilire con certezza quale inquinante li abbia indotti, poiché in diversi casi questi effetti si sovrappongono con altri fattori di pressione ambientali derivanti dall'azione di patogeni o da fattori climatici. Inoltre più inquinanti in combinazione tra loro possono originare effetti diversi da quelli osservati per un singolo composto, rendendo l'analisi dei risultati complessa.

I principali sintomi fitotossici osservabili sulle piante, causati dall'azione di uno o più inquinanti, si evidenziano soprattutto a carico dell'organo fogliare, a causa dell'elevata superficie d'interfaccia pianta-atmosfera; manifestazioni tra i sintomi più caratteristici e diffusi troviamo:

- clorosi e punteggiature localizzate sulla parte o marginale od internervale della foglia;
- anomalie nello sviluppo, determinate da variazioni dell'aspetto fogliare
- caduta precoce delle foglie con riduzione delle funzioni vitali quali ad esempio la respirazione e la fotosintesi, che portano ad una diminuzione della crescita della pianta;
- bronzature e necrosi interne alla foglia o dei lembi fogliari, dei germogli erbacei o dei fiori;
- precoce senescenza delle foglie e dell'intero individuo

Alla comparsa dei danni sull'organo fogliare, sovente risultano già danneggiati gli organi interni della foglia in maniera rilevante. E' per questo che si preferisce utilizzare degli indicatori di alterazione precoci, conducendo test biochimici per rivelare la presenza di enzimi o composti detossificanti nella pianta ed all'interno della cellula, come le perossidasi o l'ascorbato, oppure conducendo in vivo misure non distruttive di scambi gassosi (conduttanza e traspirazione fogliare, assimilazione di C) e di fluorescenza fogliare (Fv/Fm, F0 ecc).

In questo contesto si comprende quindi perché risulti complesso effettuare delle stime esatte degli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla vegetazione e quindi prevedere gli impatti sulla flora e sugli interi ecosistemi. Possono essere comunque applicati dei modelli e delle funzioni di danno al fine di realizzare mappe di rischio. Come già introdotto nel capitolo 4, a fronte di studi scientifici condotti nel contesto dei programmi cooperativi ONU/ECE ICP-Vegetation e ICP-Forest, sono disponibili un serie funzioni di danno e di livelli critici per le specie vegetali più importanti, raccolti in vari report e manuali, nonché guide iconografiche come supporto al riconoscimento degli effetti (<http://icp-forests.net/> e <https://icpvegetation.ceh.ac.uk/>).

Ozono troposferico (O₃)

Degli inquinanti presenti in atmosfera, l'ozono è probabilmente quello dotato di maggiore potere fitotossico ed è responsabile di elevati cali di produttività di biomassa delle specie vegetali, anche d'interesse agro-alimentare a livello mondiale, producendo ingenti danni economici. Questo inquinante è responsabile infatti, insieme con le piogge acide ed altri fattori di pressione ambientale, del fenomeno conosciuto come declino delle foreste.

L'ozono esplica la sua azione penetrando all'interno degli stomi, specialmente in presenza di elevate concentrazioni di vapor d'acqua che ne induce l'apertura. I danni visibili compaiono a livello fogliare

evidenziando scolorimenti e necrosi, con gravi ripercussioni sul metabolismo in particolare a carico dei processi fotosintetici. L'effetto ultimo è un danno funzionale dell'organo fogliare e la sua precoce senescenza, e quindi una crescita di biomassa ridotta.

L'ozono è un forte ossidante e si forma in estate dagli ossidi di azoto e l'ossigeno in presenza di elevato irraggiamento solare (in particolare dagli U.V.) producendo all'interno della foglia specie chimiche reattive quali i radicali liberi ed altre in grado di attaccare le membrane cellulari come pure i delicati componenti presenti nel mesofillo. Questo gas ha quindi un effetto tossico sulla pianta, rallentando il processo fotosintetico e diminuendo la quantità di C fissato dalla pianta, limitandone la crescita. In presenza di elevate concentrazioni, per lo più estive, di questo inquinante, sono stati osservati danni fogliari rilevanti sulle colture agrarie con perdite ingenti di raccolto che, in relazione alla specie vegetale, alle concentrazioni di ozono ed alle condizioni ambientali, possono essere più o meno gravi. In sinergia con altri inquinanti, questo gas rappresenta un fattore di stress per gli alberi esponendoli all'attacco di virus ed altri patogeni, e rendendoli più fragili a condizioni ambientali estreme, come ad esempio lo stress idrico estivo; l'ozono è inoltre corresponsabile di gravi danni al patrimonio forestale in tutto il Bacino del Mediterraneo ed in molte altre aree del pianeta. Una prolungata esposizione a livelli fitotossici di ozono può quindi causare alterazioni nella struttura e nella crescita della vegetazione incidendo sulla vitalità delle piante più sensibili. Gli alberi risultano così indeboliti e più suscettibili ai patogeni e la crescita del legno rallenta; questi fenomeni possono avere importanti ripercussioni sulla stabilità dei boschi.

Una prolungata esposizione all'ozono, superiore ai valori limite indicati dagli studi e sperimentazioni afferenti al programma ICP-Vegetation ed ICP-Forest dell'UNECE, può quindi indurre una riduzione della produzione forestale ed agricola, in importanti specie d'interesse agro-alimentare come il grano e le patate. I risultati di alcuni studi hanno quindi dimostrato che il perdurare di elevate concentrazioni di ozono può alterare la struttura dell'ecosistema, modificandone la biodiversità e riducendo la biomassa prodotta a livello di coltivazioni, praterie e foreste. Tra le specie vegetali erbacee più sensibili troviamo il tabacco, il grano, l'erba medica, la soia, l'avena, l'orzo, il cotone, l'arachide, mentre tra quelle arboree, il noce, i pioppi ed altre caducifoglie, queste possono essere utilizzate come efficaci *bioindicatori* per gli studi di biomonitoraggio, permettendo così di correlare gli effetti osservati con la presenza dell'ozono ed i suoi livelli critici.

Di seguito un esempio dell'effetto delle diverse concentrazioni di ozono troposferico sulle rese di alcune importanti specie vegetali d'interesse agrario.

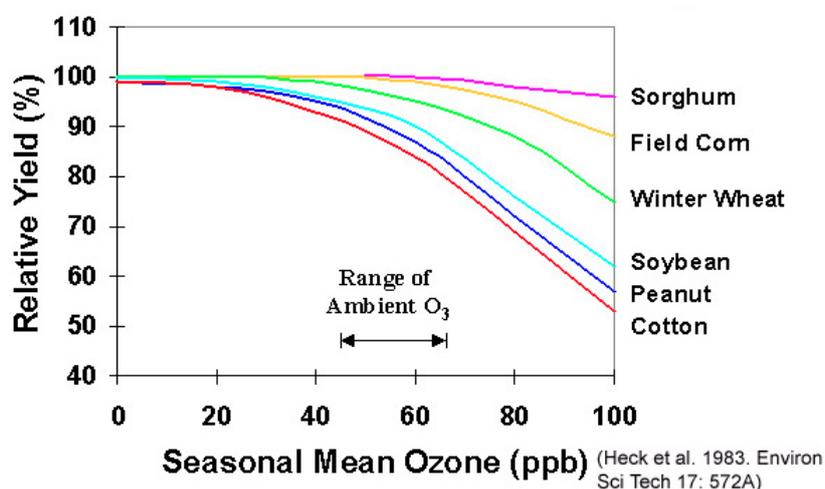


Figura 7-12

Polveri sospese (PM)

La presenza di polveri (PM) in atmosfera può avere effetti diretti ed indiretti sulla vegetazione. Esse possono depositarsi sulle foglie e formare un film che, schermando la luce, riduce l'energia luminosa disponibile per il processo fotosintetico. Inoltre il particolato può contenere sulla sua superficie o al suo interno elementi o composti chimici in grado di danneggiare la foglia ed il suo delicato metabolismo. Un'altra conseguenza della deposizione di particolato sulla vegetazione è il cambiamento dell'albedo in relazione alle caratteristiche delle particelle stesse; questo può portare ad un'alterazione della temperatura delle superfici fogliari, con conseguenze sul bilancio idrico e sull'attività fisiologica dell'intera pianta.

Ossidi di Azoto (NO_x)

I maggiori effetti sull'ambiente degli ossidi di azoto sono dovuti agli ossidi in quanto tali, ma anche alla formazione di composti acidi quale l'acido nitrico (HNO₃) che, ad elevata concentrazione, crea zone di corrosione con alterazioni cromatiche puntiformi sul fogliame. Alcuni esperimenti hanno evidenziato che l'esposizione per 24 h ad una concentrazione anche relativamente bassa di questo composto è in grado di causare delle necrosi iniziali a livello fogliare, mentre concentrazioni più elevate possono alterare la fotosintesi causando importanti alterazioni fisiologiche nella pianta.

Biossido di Zolfo (SO₂)

Anche la presenza di SO₂ in atmosfera può causare danni alla vegetazione, tanto più pronunciati quanto maggiore è la concentrazione dell'inquinante ed il tempo di esposizione allo stesso. Brevi periodi ad elevate concentrazioni di SO₂ hanno evidenziato necrosi delle foglie, che successivamente si seccano, assumendo una colorazione avorio-marrone. Ciò è dovuto all'SO₂ che penetrando all'interno delle piante attraverso gli stomi, si trasforma in H₂SO₄, acido solforico, che ossida i componenti cellulari e quindi in solfati, che si depositano nelle foglie. Per esposizioni prolungate a concentrazioni inferiori, si hanno invece danni cronici, caratterizzati dal graduale ingiallimento delle foglie, dovuto ad un blocco della formazione della clorofilla. Durante le piogge l'incorporazione degli inquinanti sotto forma di ossidi di zolfo (come pure di azoto) contribuisce alla formazione delle cosiddette "piogge acide" che provoca defogliazione ed inaridimento della vegetazione boschiva. Infine, i risultati delle sperimentazioni confermano che anche l'SO₂ può ridurre lo sviluppo e la produttività delle piante nel tempo.

Effetti degli inquinanti sugli ecosistemi terrestri

Gli inquinanti, si depositano sotto forma di deposizioni secche ed umide e possono, alterare suolo, aria, acqua, causando impatti negativi per la fauna e flora ivi presenti, nonché modificare le complesse relazioni che intercorrono tra le diverse componenti dell'ecosistema. A livello abiotico gli impatti sono riscontrabili sul suolo e sulle acque (in particolare bacini e laghi di dimensioni ridotte e con scarso tasso di ricambio idrico). Uno degli effetti più evidenti è il cambiamento del pH, che a seconda della natura delle deposizioni può aumentare o diminuire, rendendo l'habitat inadatto per talune specie di organismi, inficiando così importanti funzioni ecosistemiche.

L'inquinamento inoltre può agire a livello fisiologico, danneggiando i tessuti e gli organi dei vegetali, aumentando la suscettibilità della pianta a patogeni ecc e causando un decremento del tasso di fotosintesi e quindi nella biomassa prodotta, fino a portare alla morte la pianta stessa. Questo può determinare

l'alterazione delle popolazioni degli organismi sensibili e la diminuzione della biodiversità, con elevati rischi per gli habitat presenti (Harmes et. Al, 2017).

Effetti sulla fauna

Il grado di minaccia cui sono sottoposte le specie animali e vegetali viene valutato attraverso apposite metodiche di valutazione che conducono alla redazione di liste in cui a ciascuna specie è attribuito un determinato livello di rischio.

La fauna selvatica è vulnerabile ai danni dell'inquinamento atmosferico, in particolare le piogge acide, i metalli pesanti, gli inquinanti organici persistenti (POP) e altre sostanze tossiche sono gli aspetti che sollevano le maggiori preoccupazioni in merito.

Insetti, vermi, molluschi, pesci, uccelli e mammiferi interagiscono con il loro ambiente in modi diversi. Di conseguenza, l'esposizione di ciascun animale e la sua vulnerabilità agli effetti dell'inquinamento atmosferico possono essere diversi.

L'inquinamento atmosferico può danneggiare la fauna selvatica in due modi principali:

- riducendo la qualità dell'ambiente in generale o dell'habitat in particolare

Le piogge acide possono cambiare la chimica e la qualità dei terreni e dell'acqua. Ad esempio, i corpi idrici possono diventare troppo acidi per alcuni animali alterandone le normali funzioni fisiologiche fino a minacciarne la sopravvivenza. Le piogge acide, inoltre, possono aumentare il rilascio di metalli pesanti, come l'alluminio, da parte dei suoli negli habitat acquatici. Il risultato è una maggiore disponibilità, nella colonna d'acqua, di metalli pesanti che sono molto tossici per molti animali inclusi i pesci.

Alcuni metalli pesanti, come il mercurio, possono essere trasportati nell'aria a lunghe distanze lontano dalle fonti di emissione.

Anche se non sono ben comprese, altre forme di inquinamento atmosferico, come lo smog, il particolato e l'ozono troposferico, per citarne alcuni, possono influire sulla salute della fauna selvatica proprio come incidono sulla salute umana, danneggiando i polmoni e il sistema cardiovascolare. La vulnerabilità di un animale all'inquinamento atmosferico è influenzata dal modo in cui respira - se usa i polmoni, le branchie o qualche altra forma di scambio gassoso, come la diffusione passiva attraverso l'epidermide.

- limitando la disponibilità di risorse alimentari e influenzandone la qualità

Molti metalli pesanti, sostanze tossiche, inquinanti organici persistenti (POP) e altri inquinanti atmosferici influenzano la fauna selvatica entrando nella catena alimentare e alterando la capacità di approvvigionamento e la qualità del cibo.

Una volta consumati, molti di questi inquinanti si accumulano e vengono immagazzinati nei tessuti dell'animale. Poiché gli animali vengono mangiati da altri animali lungo la catena alimentare, questi inquinanti continuano ad accumularsi e la loro concentrazione aumenta. Questo processo è chiamato bioaccumulo. Predatori all'apice della piramide alimentare, quali ad esempio orsi e aquile, tra i tanti, sono particolarmente sensibili al bioaccumulo di questi tipi di inquinanti atmosferici.

Tra i metalli pesanti il mercurio desta maggiore preoccupazione al punto che si consiglia di limitare la frequenza nel consumo di determinati tipi di pesce che possono contenere alti livelli di metalli pesanti.

Gli inquinanti atmosferici possono avvelenare la fauna selvatica attraverso l'interruzione della funzione endocrina, danni agli organi, aumento della vulnerabilità agli *stress* e alle malattie, un minore successo riproduttivo e una possibile morte.

I cambiamenti nell'abbondanza di qualsiasi specie a causa dell'inquinamento atmosferico possono influenzare notevolmente l'abbondanza e la salute delle specie dipendenti. Ad esempio, la perdita di alcune specie di pesci a causa di livelli più elevati di alluminio potrebbe consentire l'aumento delle popolazioni di insetti, di cui potrebbero beneficiare alcuni tipi di anatre che si nutrono di insetti. D'altro canto la stessa perdita di pesce potrebbe essere dannosa per le aquile, i falchi pescatori e molti altri animali che dipendono dal pesce come fonte di cibo.

È molto difficile comprendere e apprezzare pienamente in che misura e in che modo tali cambiamenti influenzeranno altre specie in tutto l'ecosistema, inclusi gli esseri umani.

Llacuna *et al.* (1993) hanno analizzato gli effetti prodotti dalle emissioni delle centrali elettriche a carbone, tra cui principalmente SO₂, NO_x e particolato, su popolazioni naturali e esemplari ingabbiati di uccelli e piccoli mammiferi. Le specie catturate sul campo utilizzate per valutare questi effetti sono stati gli uccelli passeriformi: *Parus major* (cinciallegra) ed *Emberiza cia* (zigolo muciatto) e il roditore *Apodemus sylvaticus* (topo selvatico). In parallelo a questo studio sugli animali catturati sul campo sono stati utilizzati altri animali, *Mus musculus* (topolino comune) e *Carduelis carduelis* (cardellino) che sono stati collocati in gabbie vicino alla fonte di inquinamento. I risultati mostrano che gli inquinanti atmosferici delle centrali elettriche a carbone producono alterazioni nell'epitelio tracheale. Negli uccelli passeriformi sono stati osservati un aumento del muco che copre l'epitelio tracheale, l'accorciamento delle ciglia e l'aumento del numero di granuli secretori e delle vescicole. Nei mammiferi sono state osservate variazioni dell'uniformità dell'epitelio pseudostratificato con un ampio strato di muco, accorciamento delle ciglia e aumento del numero di granuli secretori.

Uno studio di Gupta e Bakre (2013) ha analizzato le feci di animali selvatici in cattività nello zoo di Jaipur (India) al fine di utilizzarle come bio-indicatore dell'esposizione all'inquinamento ambientale in habitat urbano. I risultati hanno mostrato che i mammiferi selvatici ospitati nello zoo sono esposti all'inquinamento da metalli (aria e acqua).

Un altro studio di Sanderfoot e Holloway (2017) fornisce prove coerenti degli impatti negativi sulla salute degli uccelli attribuibili all'esposizione agli inquinanti atmosferici in fase gassosa e particellare, tra cui monossido di carbonio (CO), ozono (O₃), biossido di zolfo (SO₂), fumo e metalli pesanti, nonché miscele delle emissioni urbane e industriali. Le risposte dell'avifauna all'inquinamento atmosferico comprendono difficoltà respiratoria e malessere, aumento dello sforzo di disintossicazione, livelli elevati di *stress*, immunosoppressione, cambiamenti comportamentali e compromissione del successo riproduttivo. L'esposizione all'inquinamento atmosferico può inoltre ridurre la densità della popolazione, la diversità delle specie e la ricchezza di specie nelle comunità di uccelli. A differenza dei mammiferi, gli uccelli inalano ossigeno, lo scambiano con anidride carbonica ed espirano i sottoprodotti in un unico respiro; non devono contrarre o espandere i loro polmoni ripetutamente. Questa caratteristica unica consente loro di respirare e ossigenare a un ritmo rapido, che è ottimale per il volo. Ma Sanderfoot sostiene anche che il flusso d'aria costante contribuisca ad introdurre una varietà di particelle dannose che determinano problemi di salute.

Man mano che si rafforza l'evidenza e la portata degli impatti, causati dalle emissioni di inquinanti sugli ecosistemi naturali, aumenta anche il bisogno di sviluppare misure di protezione nel settore della

conservazione della biodiversità, per minimizzare i mutamenti in termini di distribuzione, composizione, funzione, fenologia, fornitura di servizi ecosistemici, ancora più accentuati nella regione biogeografia mediterranea, individuata come la regione tra le più vulnerabili del pianeta.

Effetti sull'esposizione dei Siti Natura 2000

La Rete Natura2000 è il principale strumento europeo per la conservazione della biodiversità, nata a seguito delle 2 direttive europee Habitat e Uccelli. Queste due direttive sono finalizzate alla conservazione delle specie animali e vegetali più significative a livello europeo e degli habitat in cui esse vivono.

La Direttiva 92/43/CEE Habitat per la "Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche", recepita in Italia attraverso il Regolamento D.P.R. 357/1997 modificato ed integrato dal D.P.R. 120/2003, ha lo scopo di contribuire a salvaguardare la biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali, nonché della flora e della fauna selvatiche nel territorio europeo. Essa istituisce la rete Natura 2000, una rete ecologica europea di Zone Speciali di Conservazione - ZSC formata da aree più o meno grandi, sia terrestri che marine (= Siti Natura 2000), diffuse su tutto il territorio dell'Unione. La rete Natura 2000 costituisce la più grande rete ecologica del mondo. La designazione delle ZSC è un passaggio fondamentale per la piena attuazione della rete Natura 2000 perché garantisce l'entrata a pieno regime di misure di conservazione sito-specifiche e offre una maggiore sicurezza per la gestione della rete e per il suo ruolo strategico finalizzato al raggiungimento dell'obiettivo di arrestare la perdita di biodiversità in Europa entro il 2020.

La Rete Natura 2000 che si estende su tutto il territorio nazionale e anche in aree marine prospicienti le coste, copre con i suoi 2613 siti oltre il 19% del territorio italiano e quasi il 4% della superficie a mare.

Protegge più di 300 specie di uccelli, 235 specie animali (tra insetti, rettili, anfibi, mammiferi, molluschi e pesci), 155 specie di piante e 132 tipi di habitat.

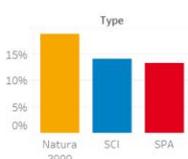
Barometer statistics per country

Country: Italy Release version: End2018 -- 2019-02-07

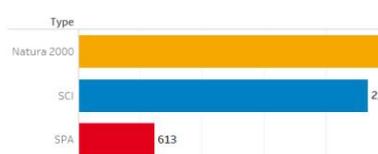
Land area in km² (European part): 301,333 km²

	Natura 2000 area data (km ²)		
	SPA	SCI	Natura 2000
Number of Natura 2000 sites	613	2,335	2,613
Natura 2000 land area (km ²)	40,126	42,899	57,265
Natura 2000 marine area (km ²)	4,006	5,801	6,859
Natura 2000 total area (km ²)	44,132	48,699	64,124
Proportion European land area covered by	13.3%	14.2%	19.0%

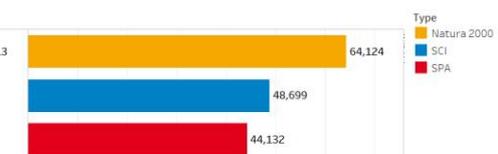
Proportion European land area covered by



Number of Natura 2000 sites



Natura 2000 total area km²



L'impatto che l'inquinamento atmosferico ha sugli habitat può comportare modifiche alle caratteristiche fisico-chimiche, come pure alle popolazioni di organismi, influenzandone la crescita e la riproduzione a

vantaggio o meno di talune specie, modificandone la distribuzione e di conseguenza portando cambiamenti, anche profondi, nella biodiversità esistente (Harmes et. Al, 2017).

Secondo quanto riportato nel report 2018 EEA "Air quality in Europe" a livello europeo le misure previste porteranno, entro il 2030, alla riduzione, dal 78% (osservato nel 2005) al 58%, della superficie percentuale della Rete Natura 2000 in cui la biodiversità è minacciata dall'eccesso di deposizione di azoto. Ulteriori misure, ad es. per il controllo delle emissioni in agricoltura di NH₃, potrebbero ulteriormente ridurre l'eccesso di deposizione di azoto del 75%. Tuttavia il 50% dei siti Natura 2000 resterebbero a rischio.

A livello nazionale un inquadramento riguardante la correlazione inquinamento atmosferico e Rete Natura 2000 è stato affrontato analizzando l'esposizione delle aree appartenenti alla Rete Natura 2000 all'inquinamento atmosferico. L'analisi ad un dettaglio pertinente il livello nazionale ha condotto alla stima della ripartizione delle superfici dei siti Natura 2000 rispetto all'esposizione ai livelli di qualità dell'aria (classi di concentrazioni medie derivanti dagli scenari).

Come per gli altri aspetti trattati nel presente rapporto sono state considerate per le elaborazioni le medie annuali di NO₂, O₃, PM₁₀ e PM_{2,5}.

Si riportano di seguito i risultati espressi in termini di superficie percentuale della Rete Natura 2000 esposta ai livelli di qualità dell'aria derivanti dagli scenari al 2030. Lo scenario WM al 2020 è considerato come stato di riferimento per le valutazioni degli effetti derivanti dall'attuazione delle misure (scenari WM e WAM). Tali valutazioni sono state effettuate analizzando le superfici dei siti Natura 2000 esposte per gli scenari WM e WAM al 2030 e le variazioni tra lo scenario WAM e WM al 2030:

Tabella 7-19: Superfici dei siti Natura 2000 (%) esposte alle classi di concentrazioni NO₂ (media annuale) nello scenario WM, WAM e variazioni (%) al 2030

NO ₂ (media)	0 - 5 µg/m ³	5 - 10 µg/m ³	10 - 15 µg/m ³	15 - 20 µg/m ³	20 - 25 µg/m ³	25 - 30 µg/m ³	30 - 35 µg/m ³
Scenario WM al 2020							
Rete Natura 2000 - %	84,90	10,09	3,79	0,93	0,23	0,05	0,01
Scenario WM al 2030							
Rete Natura 2000 - %	91,67	6,99	1,20	0,11	0,01	0,00	0,004
Scenario WAM al 2030							
Rete Natura 2000 - %	93,75	5,67	0,51	0,07	0,00	0,00	0,00
Variazioni (%) delle superfici Rete Natura 2000 al 2030 tra scenario WAM e WM							
Rete Natura 2000 - %	2,27	-18,99	-57,71	-40,18	-98,67	-	-100,00

Tabella 7-20: Superfici dei siti Natura 2000 (%) esposte alle classi di concentrazioni O₃ (media annuale) nello scenario WM, WAM e variazioni (%) al 2030

O ₃ (media)	75 - 80 µg/m ³	80 - 85 µg/m ³	85 - 90 µg/m ³	90 - 95 µg/m ³	95 - 100 µg/m ³	100 - 105 µg/m ³	105 - 110 µg/m ³
Scenario WM al 2020							
Rete Natura 2000 - %	8,36	15,85	44,27	21,83	8,11	1,53	0,04

Scenario WM al 2030							
Rete Natura 2000 - %	14,82	37,83	32,85	11,41	2,97	0,13	0,00
Scenario WAM al 2030							
Rete Natura 2000 - %	18,35	42,49	29,05	8,41	1,68	0,03	0,00
Variazioni (%) delle superfici Rete Natura 2000 al 2030 tra scenario WAM e WM							
Rete Natura 2000 - %	23,83	12,32	-11,56	-26,34	-43,54	-74,62	-

Tabella 7-21: Superfici dei siti Natura 2000 (%) esposte alle classi di concentrazioni PM10 (media annuale) nello scenario WM, WAM e variazioni (%) al 2030

PM10 (media)	0 – 5 µg/m ³	5 – 10 µg/m ³	10 – 15 µg/m ³	15 – 20 µg/m ³	20 – 25 µg/m ³
Scenario WM al 2020					
Rete Natura 2000 - %	15,39	64,57	15,92	4,05	0,07
Scenario WM al 2030					
Rete Natura 2000 - %	19,05	69,72	10,52	0,72	0,00
Scenario WAM al 2030					
Rete Natura 2000 - %	20,43	70,44	9,02	0,11	0,00
Variazioni (%) delle superfici Rete Natura 2000 al 2030 tra scenario WAM e WM					
Rete Natura 2000 - %	7,26	1,03	-14,26	-84,03	-

Tabella 7-22: Superfici dei siti Natura 2000 (%) esposte alle classi di concentrazioni PM2,5 (media annuale) nello scenario WM, WAM e variazioni (%) al 2030

PM2,5 (media)	0 - 3 µg/m ³	3 – 6 µg/m ³	6 – 9 µg/m ³	9 – 12 µg/m ³	12 – 15 µg/m ³	15 – 18 µg/m ³	18 – 21 µg/m ³
Scenario WM al 2020							
Rete Natura 2000 - %	5,12	40,11	39,61	8,14	4,97	2,00	0,05
Scenario WM al 2030							
Rete Natura 2000 - %	8,77	56,97	25,58	6,25	2,41	0,01	0,00
Scenario WAM al 2030							
Rete Natura 2000 - %	10,22	62,16	20,24	6,55	0,83	0,00	0,00
Variazioni (%) delle superfici Rete Natura 2000 al 2030 tra scenario WAM e WM							
Rete Natura 2000 - %	16,54	9,10	-20,88	4,67	-65,43	-100,00	-

Effetti delle misure del Programma

Gli effetti di riduzione delle emissioni e sulla qualità dell'aria stimati con l'elaborazione degli scenari derivano da una valutazione complessiva delle misure individuate.

In questo paragrafo sono riportate considerazioni qualitative relative ai possibili effetti delle singole misure o insieme di misure anche su altre componenti ambientali. La valutazione di tali effetti sarà maggiormente sviluppata nell'ambito degli strumenti di attuazione (piani attuativi, programmi, progetti) dove la definizione delle misure riguardo la loro localizzazione e le modalità di realizzazione consentirà un'analisi di dettaglio degli effetti ambientali e più puntuale.

Nelle considerazioni qualitative riportate di seguito non sono esplicitati gli effetti positivi sulla qualità dell'aria e i benefici su ecosistemi, vegetazione e habitat derivanti dal miglioramento della stessa descritti al paragrafo precedente nonché sull'esposizione e la salute della popolazione derivanti dal perseguimento dell'obiettivo di riduzione delle emissioni poiché effetti positivi pertinenti a tutte le misure. Gli obiettivi al 2030 del Programma sono il risultato del negoziato comunitario e corrispondono al conseguimento della riduzione di circa il 50% di morti premature al 2030 rispetto all'anno base 2005.

Tabella 7-23: Effetti delle misure

E1	<p>La riduzione delle emissioni inquinanti come ad esempio metalli pesanti, azoto ecc derivante dall'attuazione di tale misura comporta un impatto positivo sugli ecosistemi e sugli habitat (vedi paragrafo precedente), in considerazione degli effetti negativi dell'inquinamento sugli organismi viventi e alterazione delle caratteristiche del suolo come il pH dovuta alle deposizioni. che possono anche entrare nella catena alimentare, contaminando vegetali e animali.</p> <p>Tale misura sarà sostenuta da interventi sulla potenza di generazione, sulla rete elettrica, sull'accumulo dell'energia elettrica finalizzati alla piena integrazione delle rinnovabili, al superamento delle congestioni e alla gestione del tema dell'overgeneration. Tali interventi possono, nella fase di realizzazione, generare effetti sulla componente naturalistica, paesaggistica, sul suolo e le risorse idriche. I loro effetti saranno analizzati e valutati nell'ambito delle valutazioni ambientali delle pianificazioni/programmazioni e progettazione di riferimento.</p>
E2	<p>La conversione del biogas in biometano incentivata dal Decreto biometano comporta una riduzione nelle emissioni in atmosfera di inquinanti e CO₂. L'implementazione del principio di uso a cascata nelle filiere, nell'uso delle biomasse, ad esempio, può garantire un miglioramento nell'uso efficiente e sostenibile delle risorse. Il biometano può essere prodotto da scarti alimentari e dai reflui zootecnici favorendo così lo sviluppo delle filiere a minor impatto e che non sono in competizione con il mondo agricolo per l'uso del terreno.</p>
E3	<p>Tale misura contribuisce a ridurre l'utilizzo di combustibili fossili, abbassando così le emissioni di inquinanti e gas serra. La riduzione delle emissioni produce effetti positivi sugli ecosistemi e su flora e fauna e contribuisce alla mitigazione dei cambiamenti climatici.</p> <p>Possibili effetti sui beni culturali e paesaggistici sono trattati di seguito alla presente tabella</p> <p>Effetti relativi allo smaltimento dei pannelli a fine vita</p>
C1	<p>Come sopra. Queste misure riducono le emissioni, migliorano l'efficienza nell'utilizzo delle risorse energetiche e rappresentano azioni di mitigazione ai cambiamenti climatici</p> <p>Possibili effetti sui beni culturali e paesaggistici sono trattati di seguito alla presente tabella</p>

C2	Anche questa misura contribuisce a ridurre le emissioni migliorando l'efficienza nell'uso dei bio-combustibili, salvaguardando così ecosistemi ed habitat.
C3	In genere i sistemi di tele-condizionamento contribuiscono alla gestione sostenibile delle risorse energetiche e alla riduzione delle emissioni in alcuni casi delocalizzandole dalle aree densamente abitate a quelle più periferiche delle città. La valutazione degli effetti ambientali e sul patrimonio culturale è correlata al contesto in cui la misura sarà realizzata e alle caratteristiche degli impianti e sarà effettuata nell'ambito delle valutazioni ambientali delle pianificazioni/programmazioni e progettazioni di riferimento.
C4	Queste misure riducono il fabbisogno di energia per il condizionamento degli edifici e quindi le relative emissioni di CO ₂ e di inquinanti, con effetti positivi su vegetazione, ecosistemi e habitat e sui cambiamenti climatici Possibili effetti sui beni culturali e paesaggistici sono trattati di seguito alla presente tabella
C5	Vedi C4
C6	Tali misure comprendono un pacchetto di azioni volte a migliorare la gestione e distribuzione dell'energia e la consapevolezza del consumatore, inducendolo ad un comportamento più responsabile e sostenibile nei confronti dell'ambiente. Il risultato atteso è un decremento delle emissioni con benefici per vegetazione, ecosistemi ed habitat.
C7	Le misure hanno come obiettivo l'aumento dell'efficienza energetica e la diminuzione delle emissioni con benefici su ecosistemi, vegetazione ed habitat e sui cambiamenti climatici
C8	Le misure implicano un miglioramento nell'efficienza di uso delle fonti energetiche e quindi minori emissioni e benefici per ecosistemi, vegetazione ed habitat e per i cambiamenti climatici
C9	Vedi C8 Possibili effetti sui beni culturali e paesaggistici sono trattati di seguito alla presente tabella
T0	Tali misure prevedono il miglioramento dell'efficienza nell'uso delle fonti energetiche e l'utilizzo di combustibili "più puliti" e di conseguenza minori emissioni sia di CO ₂ , sia di inquinanti con relativi effetti positivi su ecosistemi, vegetazione e sugli habitat e sui cambiamenti climatici
T1	Queste misure rappresentano un articolato pacchetto di azioni mirate ridurre le emissioni e a migliorare l'efficienza nell'uso delle fonti energetiche, anche delocalizzando le emissioni dalle aree urbane, ed incentivando il trasporto pubblico e tutte le forme di mobilità "dolce". Tali misure possono avere un'influenza positiva sull'ambiente, soprattutto a livello locale, oltre ad agire positivamente nella mitigazione ai cambiamenti climatici. Poiché l'attuazione della misura è demandata a un Piano strategico nazionale della mobilità sostenibile, la valutazione degli effetti ambientali è sviluppata nell'ambito della predisposizione e valutazione dello stesso.
T2	Effetto positivo nella delocalizzazione e riduzioni di emissioni, nell'efficientamento nell'uso delle fonti energetiche e sui cambiamenti climatici. Tale misura ha un effetto positivo sull'ambiente contribuendo anche a migliorare l'integrazione della produzione da rinnovabili elettriche. La misura comporta effetti sulla produzione, riciclo e recupero di rifiuti (veicoli fuori uso, batterie...)
T3	La diffusione di questi veicoli ibridi (elettrico+benzina/metano ecc) garantisce percorrenze elevate con emissioni zero. Ciò diminuisce gli effetti dovute alle emissioni, soprattutto a livello locale, sui cambiamenti climatici e di efficientamento nell'uso delle fonti energetiche. Questo si traduce in minori impatti su ecosistemi, habitat e vegetazione. La misura comporta effetti sulla produzione, riciclo e recupero di rifiuti (veicoli fuori

	uso, batterie...)
T4	Misure basate sulla riduzione delle emissioni che presentano vantaggi a livello locale ma anche più ampio. Implicazioni anche di natura sociale.
T5	Misure che prevedono l'utilizzo della tecnologia e che hanno come obiettivo la riduzione delle emissioni e quindi degli effetti ad esse legate su ecosistemi, vegetazione ed habitat.
T6	Misure basate sulla riduzione delle emissioni
A1	Questa misura permette di ridurre la volatilizzazione dell'ammoniaca connessa all'impiego di fertilizzanti a base di urea e, conseguentemente, di incrementare anche l'apporto di azoto alle colture minimizzando le perdite. La riduzione della volatilizzazione dell'ammoniaca contribuisce a mitigare il degrado biochimico degli ecosistemi naturali e l'acidificazione dei terreni e delle acque, incidendo anche, sulla formazione dello ione ammonio (NH ₄ ⁺). La profondità di interrimento e la tessitura del suolo influenzano il grado di riduzione delle emissioni connessa all'impiego di urea. Anche l'umidità del suolo e la temperatura influiscono sui processi di volatilizzazione. Nei suoli aridi, ad esempio, la diffusione dello ione ammonio e dell'urea è più lenta e si hanno perdite per volatilizzazione più elevate di quanto accade nei suoli umidi. Il caldo, inoltre, è un altro fattore molto predisponente i fenomeni di volatilizzazione. I climi freddi (<15 °C) riducono la formazione di ammoniaca nel suolo e di conseguenza le perdite per volatilizzazione; le temperature più alte che si registrano generalmente in primavera-estate, invece, rallentano il processo di nitrificazione e incrementano il potenziale di perdita per volatilizzazione dell'azoto sottoforma di ammoniaca.
A2	Questa misura permette di ridurre le emissioni di ammoniaca in quanto evita la formazione di aerosol. Risulta di difficile attuazione nei terreni con una pendenza maggiore del 15% e per questo viene limitata alle superfici meno acclivi. L'efficacia di questa misura è influenzata positivamente dal grado di copertura della coltura e dalla precisione con cui si effettua la distribuzione.
A3, A4	La riduzione delle emissioni di ammoniaca, e il conseguente impatto sulla qualità dell'aria connesso alla distribuzione delle deiezioni, è direttamente proporzionale al tempo che intercorre fra la distribuzione delle deiezioni stesse in superficie e il momento del loro interrimento: minore è questo lasso temporale, maggiore è il contenimento delle perdite di ammoniaca. Tale fenomeno risente sensibilmente anche delle condizioni climatiche in quanto all'aumentare delle temperature risultano accelerati anche tutti i processi di volatilizzazione dell'azoto sottoforma di ammoniaca. Incorporare le deiezioni nel suolo, e farlo il più rapidamente possibile dal momento della loro distribuzione in campo, rappresenta dunque una maggiore garanzia di non disperdere azoto nell'aria. Tale misura, inoltre, permette di ridurre sensibilmente anche le emissioni odorigene derivanti dalle operazioni di distribuzione degli effluenti. Nel caso di effluenti non palabili, e in funzione dell'andamento pluviometrico, va tenuto conto che l'incorporazione può comportare un rischio di incremento della percolazione di nitrati in falda, soprattutto nei suoli con tessitura grossolana. In generale l'incorporamento degli effluenti ha anche una importante funzione agronomica in quanto, minimizzando le perdite, aumenta l'efficienza fertilizzante dei reflui riducendo le necessità di impiego di ulteriori fertilizzanti azotati di sintesi.
A5	Le lagune in terra sono invasi relativamente ampi e poco profondi impiegati dagli allevamenti come deposito di stoccaggio prevalentemente delle deiezioni non palabili. Si tratta di focolai di emissioni di gas ad effetto serra e di ammoniaca in quanto strutture che favoriscono lo sviluppo di fermentazioni metanogene e la volatilizzazione dell'azoto. Questa misura obbligatoria mira a ridurre tali fenomeni in quanto obbliga a ricorrere ad altre tipologie di strutture di stoccaggio, come le vasche di contenimento, generalmente più profonde e piccole e, di conseguenza, con una minore superficie a contatto con l'aria. Se non viene posizionata su un terreno avente impermeabilizzazione naturale,

	<p>determinata ad esempio da strati argillosi, o su un suolo in cui sia ipotizzabile una impermeabilizzazione artificiale con teli di materiale plastico, la laguna può per giunta generare problemi di infiltrazione del liquido nel suolo e rappresentare una minaccia anche per la qualità delle acque.</p> <p>La laguna in terra, a fronte di un costo di costruzione unitario più basso rispetto a una vasca, comporta una maggiore occupazione di suolo, una maggiore difficoltà di esecuzione delle operazioni di spurgo e un più elevato impiego di manodopera per le operazioni di manutenzione degli argini.</p>
A6	<p>La formazione di crosta naturale sulle deiezioni accumulate in vasca ha una serie di vantaggi ambientali: nel caso dei liquami, riduce le emissioni ammoniacali, mentre per le deiezioni palabili diminuisce sensibilmente la formazione e dispersione di polveri nell'aria. Per formarsi la crosta naturale richiede che venga ridotta ovviamente la frequenza di miscelazione delle deiezioni e anche il caricamento di nuovo effluente dall'alto. La misura si realizza più agevolmente in caso di liquami con alto contenuto di materiale fibroso, mentre è ostacolata da climi freddi e da deiezioni molto liquide. La copertura flottante naturale ha il limite di non essere impermeabile all'ingresso delle acque meteoriche, cosa che espone a problemi di incremento dei volumi stoccati nei periodi piovosi.</p>

Considerazioni di sintesi: Tutte le misure hanno effetti positivi su emissioni con contributi diversi per i singoli inquinanti e quindi sulla qualità dell'aria e indirettamente su ecosistemi, vegetazione e habitat per via della riduzione degli effetti degli inquinanti descritti al paragrafoe sui suoli e le acque per via delle riduzioni delle deposizioni inquinanti che possono alterare alcune caratteristiche chimico-fisiche dei suoli e delle acque (PH...) e contribuire ai processi di eutrofizzazione.

Gran parte delle misure hanno effetti positivi per i cambiamenti climatici per via dei contributi più o meno significativi a seconda della misura all'impiego di fonti rinnovabili, efficientamento energetico, emissioni di gas serra

Le misure C3, T1 e T2 possono delocalizzare gli effetti sulle emissioni e qualità dell'aria al di fuori delle aree urbanizzate, gli effetti delle misure T1, T2 e T3 sono pertinenti soprattutto ai contesti urbani.

Le misure E3, T1 e T2 comportano effetti sulla produzione, riciclo e recupero di rifiuti (veicoli fuori uso, batterie...)

Gli effetti delle misure del settore agricolo riguardano la riduzione delle emissioni di NH₃ e per quelle che prevedono incorporazione (A1, A3, A4) la possibile variazione dell'apporto di azoto alle colture consentendo di minimizzare le perdite e aumentare l'efficienza fertilizzante; contestualmente per le misure che prevedono incorporazione del liquame e del solido distribuito in superficie (misure A3, A4) sono da tener presenti in determinate condizioni di pioggia e in dipendenza delle caratteristiche del suolo, possibili rischi di incremento della percolazione di nitrati in falda. Vedi a tal proposito quanto riportato nel capitolo 5 – "Effetti delle pratiche agricole sulle acque; Direttiva Nitrati n.676/1991/CEE".

Tali misure, inoltre, permettono di ridurre sensibilmente le emissioni odorigene derivanti dalle operazioni di distribuzione degli effluenti. La misura A5 che privilegia l'uso di strutture di stoccaggio delle deiezioni non palabili (es. vasche di contenimento) alternative alla lagune in terra favorisce la limitazione del consumo di suolo, la riduzione del rischio di contaminazione del suolo e delle acque. L'attuazione della misura A6 su tali strutture oltre alla riduzione delle emissioni ammoniacali, contribuisce, nel caso di le deiezioni palabili, a ridurre sensibilmente la formazione e dispersione di polveri nell'aria.

Analisi e valutazioni più approfondite sulle misure agricole saranno effettuate nell'ambito di quanto previsto al capitolo 6 del codice agricoltura che prevede che "L'impatto ambientale atteso dall'attuazione

delle misure relative alla riduzione delle emissioni di ammoniaca ottenibile grazie alla presenza e/o alla ulteriore diffusione delle misure di riduzione richieste dalla Direttiva NEC sarà valutato con la collaborazione degli enti di ricerca del MiPAAF e del MATTM”

Possibili effetti sul paesaggio e sui beni culturali

Nel paragrafo sull'analisi degli effetti complessivi sono stati analizzati gli effetti positivi dell'attuazione del Programma sulla qualità dell'aria ed i conseguenti effetti positivi sui beni culturali in termini di riduzione di perdita di materiale per i calcari e per i metalli.

Il miglioramento della qualità dell'aria produce effetti positivi anche sui beni paesaggistici, in quanto porta benefici indiretti sulla tutela degli ambienti naturali parte integrante dei beni paesaggistici e sui contesti complessi determinati dall'azione dell'uomo sulla natura (ad es. i paesaggi agrari).

Individuati gli effetti positivi complessivi del Programma, è necessario, anche, considerare che possono verificarsi effetti sui beni culturali diffusamente presenti sul territorio italiano e sui beni paesaggistici a seguito dell'attuazione delle misure previste dal Programma.

Per la valutazione di tali effetti è necessario conoscere il dettaglio dei luoghi di intervento e delle misure, è comunque possibile in questa sede fornire indicazioni per l'attuazione e criteri di attenzione.

Innanzitutto, per la verifica delle possibili interferenze delle misure previste dal Programma con il patrimonio culturale e i relativi dispositivi di tutela, sarà opportuno avvalersi contestualmente sia delle piattaforme informative territoriali delle singole Regioni specificamente dedicate alla pianificazione paesaggistica -nei casi in cui sia vigente il Piano Paesaggistico- sia dei censimenti, a scala regionale, dei siti non idonei all'installazione e all'esercizio di impianti per energie rinnovabili, oltre che delle seguenti banche dati e sistemi informativi territoriali del MiBACT:

- SITAP (Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico), afferente a questa Direzione Generale, consultabile all'indirizzo: <http://www.sitap.beniculturali.it/>
- CARTA DEL RISCHIO del patrimonio culturale, afferente all'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro – ISCR, consultabile all'indirizzo: <http://www.cartadelrischio.it/>
- VINCOLI IN RETE - consultabile all'indirizzo:
<http://vincoliinrete.beniculturali.it/VincoliInRete/vir/utente/login>
- Patrimonio Mondiale UNESCO - consultabile all'indirizzo: <http://www.unesco.it/>
- SIGEC – Sistema Generale del Catalogo - consultabile all'indirizzo:
<http://www.iccd.beniculturali.it/index.php?it/118/sistema-informativo-generale-del-catalogo-sigec>
- OPEN DATA MIBAC – piattaforma interoperabile user-friendly consultabile all'indirizzo:
<http://dati.beniculturali.it/>
- SITIA – Sistema Informativo Territoriale Integrato dell'Archeologia (Direzione Generale per le Antichità)
<http://www.archeologia.beniculturali.it>
- WebGis RAPTOR – geodatabase gestionale che censisce i siti archeologici nazionali, consultabile all'indirizzo: www.raptor.beniculturali.it

La verifica dei contenuti e delle norme di tutela del Piano paesaggistico regionale e dei Piani di gestione dei siti UNESCO, laddove presenti, consentirà di valutare fin dalle fasi preliminari della programmazione/progettazione, le possibili interferenze con le aree sottoposte a provvedimento di

vincolo, o già indiziate archeologicamente, così da programmare, qualora gli interventi comportino movimentazione del suolo e del sottosuolo, anche, l'esecuzione di studi mirati alla valutazione preventiva dell'interesse archeologico delle aree coinvolte al fine di poter valutare tutti i possibili effetti degli interventi previsti sul patrimonio archeologico.

Ai fini di una corretta considerazione di tutti i possibili effetti derivanti dall'attuazione del Programma sarà importante tenere conto del rispetto, oltre che delle norme prescrittive dei singoli piani paesaggistici regionali, anche delle seguenti norme di tutela di cui al Codice, D.L.gs. n. 42/2004 e ss.mm.ii.:

- art. 7 bis – Espressioni di identità culturale collettiva (Patrimonio UNESCO);
- art. 10 – Beni Culturali;
- art. 11 – Cose oggetto di specifiche disposizioni di tutela;
- art. 45, 46 e 47 – Altre forme di protezione – Prescrizioni di tutela indiretta (zone di rispetto del vincolo);
- art. 94 – Convenzione UNESCO sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo;
- art. 134 – Beni Paesaggistici;
- art. 136 – Immobili ed aree di notevole interesse pubblico (vincoli decretati);
- art. 142 – Aree tutelate per legge (c.d. zone Galasso);
- art. 143, comma 1, lett. e) – aree riconosciute di interesse paesaggistico dai Piani paesaggistici regionali;
- art. 143, comma 1, lett. g) – zone di riqualificazione paesaggistica;
- art. 152 – Interventi soggetti a particolari prescrizioni.

L'installazione del fotovoltaico negli edifici, se effettuata senza opportuni accorgimenti, può provocare l'alterazione dello skyline urbano e del paesaggio consolidato nelle zone sottoposte a vincolo paesaggistico. Più in generale, con riferimento al tema dell'edilizia in rapporto all'efficientamento energetico, gli interventi dovranno necessariamente considerare, sin dalla fase progettuale, anche aspetti relativi alla qualità dell'architettura e alla compatibilità e coerenza con i valori storico-culturali e paesaggistici espressi dai contesti in cui si inseriscono. In particolare, con riferimento all'edilizia storica e a contesti storici diffusi che, se dal punto della tutela possono risultare più fragili è proprio verso questi contesti che vanno ricondotte alcune delle qualità peculiari dei paesaggi italiani, su cui si incardinano le economie della cultura e del turismo sostenibile.

A riguardo le "Linee guida di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale" elaborate dal MiBACT nel 2015, possono costituire un riferimento per l'analisi dei contesti e per la scelta di soluzioni maggiormente compatibili con i beni culturali ed il paesaggio (scaricabile al seguente link:

https://soprintendenza.pdve.beniculturali.it/wp-content/uploads/2018/04/Linee_indirizzo_miglioramento_efficienza_energetica_nel_patrimonio_culturale.pdf

Dovranno essere ricercate e adottate soluzioni tecnologiche innovative nell'ottica di una maggiore compatibilità e minor impatto in special modo sugli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni rilevanti in contesti di pregio storico e paesaggistico.

Inoltre, risulta importante la valutazione dei possibili effetti cumulativi in considerazione della possibile presenza sul territorio di altri interventi della stessa natura di quelli previsti dal Programma.

Effetti sulla qualità dell'aria: IPA (analisi qualitativa)

La combustione incompleta di materiali organici determina l'emissione in atmosfera di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) quasi totalmente contenuti nel materiale particolato.

Alcune misure di riduzione previste nel programma sulle emissioni di IPA si riferiscono ai settori che contribuiscono in larga parte alle emissioni di questi composti in atmosfera. Si stima che nel 2018 in Italia siano state emesse 67 tonnellate di IPA e le sorgenti principali sono gli impianti di combustione non industriale, in particolare gli impianti residenziali alimentati a biomassa (52 tonnellate), e i processi produttivi nell'industria del ferro e dell'acciaio (9 tonnellate). [FONTE: ISPRA, 2020]

Sebbene le emissioni stimate da trasporto su strada siano inferiori rispetto a quelle dovute alle fonti già citate (3 tonnellate nel 2018) nelle aree urbane ad alta densità di traffico è ancora possibile rilevare livelli di concentrazione più elevati rispetto ai punti di misura di background urbano, dovuti principalmente a tale fonte.

Livelli elevati di IPA aerodispersi sono rilevabili durante la stagione invernale in relazione all'utilizzo di generatori di calore (caldaie, stufe, camini e altri apparecchi domestici) alimentati con legna da ardere, carbone di legna e biomasse combustibili (e.g. cippato e pellet). Negli ultimi 15 anni si è verificata una forte penetrazione nel mercato dell'uso di dispositivi alimentati a legna o derivati, determinata dalla competitività economica per l'utente finale rispetto ad altre fonti e sostenuta dalle politiche europee per ridurre gli impatti delle emissioni di sostanze climalteranti, poiché la legna è considerata una fonte rinnovabile. Le politiche per il clima sono in questo caso antisinergiche rispetto a quelle per la lotta all'inquinamento atmosferico, con il risultato che le emissioni di IPA per questo settore crescono in Italia del 63% tra il 1990 e il 2018, rappresentando oggi il settore più importante con una quota circa del 78% sulle emissioni totali (ISPRA, 2020).

In particolare, con riferimento alla quota parte di emissioni derivanti da impianti di combustione non industriale si segnalano le seguenti con potenziale impatto significativo positivo DIRETTO:

- Termico, C2, sostituzione degli impianti a biomasse.

Con potenziale impatto significativo positivo INDIRETTO: in caso di interventi che riducano o evitino l'uso di impianti a biomasse:

- Termico, C1, Fonti rinnovabili negli edifici;
- Termico, C3, Teleriscaldamento.

Con potenziale impatto significativo positivo INDIRETTO (in caso di interventi che riducano i consumi derivanti dall'uso di impianti a biomasse):

- Residenziale, C4, Standard minimi per l'edilizia;
- Residenziale, C5, Ristrutturazioni edilizie;
- Residenziale, C6, Ruolo attivo dei consumatori;
- Residenziale, C7, Riscaldamento e raffrescamento.

Sebbene il contributo alle emissioni di IPA derivante dai trasporti stradali sia ormai significativamente ridotto rispetto al passato l'evoluzione verso veicoli a emissioni ridotte di particolato dovrebbe ridurre anche le emissioni di IPA (in quanto come detto la combustione incompleta di materiali organici determina

l'emissione in atmosfera di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) quasi totalmente adsorbiti sul materiale particolato.

In particolare, le azioni dirette (tese a evitare o ridurre alla fonte le emissioni) appaiono potenzialmente quelle più efficaci, soprattutto perché è prevedibile che tali azioni nel medio termine, interesseranno una larga parte del parco veicolare privato, pubblico e commerciale alimentato a gasolio, di vecchia generazione.

Misure nei trasporti con potenziale impatto significativo positivo DIRETTO

- Trasporti T2, Veicoli elettrici puri;
- Trasporti T3, Veicoli ibridi elettrici (HEV o MHEV) ed elettrici plug-in (PHEV);
- Trasporti T4, Diffusione dei veicoli meno inquinanti;
- Trasporti T5, Rinnovo del parco auto esistente.

Inoltre, le azioni atte a spostare quota parte del trasporto privato verso il trasporto pubblico, riducendo il fabbisogno di mobilità privata, potrebbero avere effetti positivi legati a un minore utilizzo dei mezzi privati alimentati a gasolio. Anche quelle atte a ridurre le percorrenze dei veicoli commerciali, in larga parte alimentati a gasolio, potrebbero avere un effetto positivo nella riduzione delle emissioni di IPA:

Misure nei trasporti con potenziale impatto significativo positivo INDIRETTO

- Trasporti T1, Potenziamento del TPL e riduzione del fabbisogno di mobilità privata
- Trasporti T5, ITS per il trasporto merci

Effetti sulla qualità dell'aria: Cd, Ni, As e Pb (analisi qualitativa)

I metalli, i semimetalli e i loro composti sono immessi nell'atmosfera sia da sorgenti antropiche (quali i processi di combustione da sorgenti stazionarie, l'industria del ferro e dell'acciaio, l'industria dei metalli non ferrosi, le combustioni da sorgenti mobili), che da sorgenti naturali (quali eruzioni vulcaniche, risollevarimento dal suolo, trasporto a lunga distanza di sabbie sahariane). Essi si ritrovano essenzialmente distribuiti nella massa delle varie frazioni dimensionali del materiale particolato nell'atmosfera. Possono essere associati in misura variabile, in funzione del tipo e della sorgente, alla frazione coarse (particelle con diametro aerodinamico compreso tra 10 e 1 μm) e/o alla frazione fine, in cui si presentano generalmente sotto forma di composti chimici diversi, e in diversi stati di ossidazione. Tra i metalli e i semimetalli che possono essere liberati in atmosfera, particolare rilevanza hanno il piombo, il cadmio, il nichel e l'arsenico.

Le sorgenti antropogeniche di cadmio sono: gli stabilizzanti, i pigmenti, l'uso di leghe e miscele, i fanghi, le batterie. Le operazioni di rifusione degli acciai e l'incenerimento di fanghi e di rifiuti solidi urbani sono, inoltre, tra i maggiori responsabili della presenza di cadmio nell'aria.

L'arsenico è un semimetallo che può formare una grande varietà di composti in cui esso è presente negli stati di ossidazione -3, +3, +5. I composti più comuni nel comparto ambientale sono quelli dell'arsenico (III) e dell'arsenico (V), arseniti e arseniati. L'arsenico di origine antropogenica deriva prevalentemente dagli impianti siderurgici e dalla combustione dei combustibili fossili con liberazione di arseniti e arseniati (EC, 2001).

Le principali sorgenti antropogeniche del piombo nell'ambiente derivano dal suo uso nel settore industriale e tecnologico. La fonte principale di inquinamento è stata la combustione delle benzine contenenti additivi

al Pb-alchile, fino al 2000, quando è stata proibita in tutta l'Unione europea la commercializzazione delle benzine contenenti piombo (UE, 1998).

Le emissioni di nichel in Italia sono collegate a diverse attività: dalla produzione di materiali da costruzione (in particolare le combustioni stazionarie associate alle attività produttive, circa il 18% nel 2018) alla combustione e le attività produttive nell'industria del ferro e dell'acciaio (14%). Contributi significativi vengono dalla raffinazione del petrolio (9%), l'uso di combustibili fossili nei trasporti marittimi (12%) e l'industria chimica (8%). Anche il trasporto stradale fornisce un contributo minoritario non trascurabile (1,9 Mg, circa il 6% del totale). La transizione verso veicoli che non utilizzano il gasolio come combustibile potrebbe contribuire a ridurre questo contributo.

Le emissioni di arsenico sono dovute in larga parte (circa l'86% nel 2018) alle attività nel settore della produzione di materiali da costruzione (in particolare le combustioni stazionarie associate alle attività produttive). La produzione di elettricità contribuisce per una quota di circa il 5%, ma appare difficile attribuire un ruolo significativo alla misura di phase-out del carbone su questa fonte, sostenuta anche dall'uso di altri combustibili fossili. I livelli di arsenico aerodisperso sono generalmente di un ordine di grandezza inferiori al valore obiettivo fissato dal D.Lgs. 155/2010. Occasionalmente e localmente si verifica ancora qualche caso di superamento del valore obiettivo presso punti di misura sottovento agli impianti produttivi.

Per il cadmio la combustione e le attività produttive nell'industria del ferro e dell'acciaio rendono conto di circa il 63% delle emissioni nazionali nel 2018. Le misure del programma rivolte al rinnovo e transizione elettrica del parco veicolare potrebbero fornire un beneficio, sia pure marginale, alla riduzione della quota parte di emissioni dovuta al trasporto stradale (circa l'8%). Anche in questo caso tali eventuali riduzioni sarebbero difficilmente rilevabili nelle concentrazioni in aria.

Per il piombo la gran parte delle emissioni è dovuta alle attività del macrosettore "industria" (circa l'80%). Il trasporto stradale contribuisce per circa il 5% in relazione al rilascio di piombo non exhaust per fenomeni di attrito che interessano i pneumatici e il sistema frenante. È difficile attribuire alle misure del programma un possibile ruolo nella riduzione delle emissioni di piombo dovute a questa fonte. In ogni caso i livelli atmosferici di tale inquinante sono, oggi, talmente bassi da non costituire un problema neanche nelle zone industriali di produzione di ferro e acciaio.

Mitigazione dell'inquinamento atmosferico per mezzo della vegetazione

La direttiva 2016/2284/UE stabilisce obblighi di riduzione delle emissioni nazionali e non prevede azioni di "mitigazione" analoghe a quelle introdotte dalla legislazione sul clima.

Le misure individuate dal programma sono il risultato di una istruttoria tecnica che ha individuato le misure che possano agire in modo sostenibile ed efficace sui settori che maggiormente contribuiscono alle emissioni così da raggiungere i target nei tempi previsti e tali misure al momento non comprendono interventi di rimboschimento, in quanto non producono un evidente effetto positivo a livello nazionale sulle emissioni degli inquinanti disciplinati dalla direttiva NEC.

Vari autori in differenti ricerche hanno evidenziato come la vegetazione possa dare un contributo apprezzabile all'abbattimento delle concentrazioni di inquinanti atmosferici, in particolare le polveri sospese, con valori fino al 35% e dell'ozono troposferico (Lischke & Kuttler, 2008; Yin et. al, 2011). Le piante

abbattono gli inquinanti mediante processi meccanici, come nel caso del particolato nel quale le foglie intrappolano le particelle presenti sequestrandole (adsorbimento), oppure fisico-chimici, come per l'ozono assorbito dalle foglie che penetra attraverso le aperture stomatiche. Occorre però precisare che il solo effetto di abbattimento esercitato dalle piante, ad esempio per il PM, riveste un'importanza limitata, se comparato con le emissioni di inquinante presenti sul territorio a diverse scale spaziali, specialmente in ambito urbano, le quali possono essere molto superiori come quantità. Il contributo di mitigazione ad opera della vegetazione può rappresentare però un importante valore aggiunto assieme a tutti gli altri benefici e servizi offerti dal verde, rivestendo un ruolo chiave all'interno di piani e programmi integrati e delle strategie per il risanamento dell'aria e per la lotta all'inquinamento atmosferico delle città.

Le piante e gli animali con la loro presenza sono in grado di modificare l'ambiente; la vegetazione ad esempio può influenzare la dispersione/diluizione delle masse di aria inquinata in atmosfera, ed anche abbattere direttamente, attraverso processi sia meccanici (come nel caso del particolato aerodisperso), sia chimico-fisici (come nel caso dell'ozono troposferico) gli inquinanti atmosferici presenti. La pianta è quindi in grado di intrecciare complessi e profondi rapporti con l'ambiente sia a livello del suolo, per mezzo della parte ipogea (rizosfera), sia a livello dell'atmosfera in particolare attraverso la parte epigea ossia le foglie (fillosfera), inducendo in questi modificazioni profonde e a volte permanenti. Inoltre le piante, attraverso processi quali la traspirazione dell'acqua, l'emissione di composti organici (COV, composti organici volatili) e l'assorbimento di CO₂, sono in grado di modificare la composizione dell'atmosfera e quindi il clima, influenzando alcuni processi che ivi avvengono, abbattendo ad esempio alcuni inquinanti presenti, oppure favorendone la formazione.

Lo studio delle caratteristiche peculiari della vegetazione e del suo ruolo nell'influenzare la qualità ambientale, in special modo nelle aree urbane, può rivestire un'importanza fondamentale e strategica nella complessa tematica dell'inquinamento atmosferico e delle misure orientate al risanamento della qualità dell'aria delle città. Le cosiddette VEB, *Vegetative Environmental Buffers*, costituite da alberi, siepi e cespugli, collocate in prossimità delle sorgenti di inquinanti quali infrastrutture viarie, impianti zootecnici, o siti produttivi industriali, possono contribuire efficacemente ad intercettare le emissioni, abbattendo le concentrazioni di particolato e di altri composti in atmosfera, migliorando così la qualità dell'aria. Il termine infrastrutture verdi indica che la vegetazione esistente risulta interconnessa dal punto di vista funzionale, con creazione di una rete che garantisce dei servizi e dei benefici che vanno al di là di quelli forniti dalle singole aree verdi. Le strutture verdi dovrebbero però essere impiegate in modo appropriato, dopo un attento studio del contesto ambientale di riferimento (clima, suolo, disponibilità idrica, concentrazioni di inquinanti presenti ed assetto urbanistico/territoriale nel caso di aree urbane) affinché le specie prescelte e l'ubicazione delle stesse possa massimizzarne i benefici ottenibili in campo ambientale. Il rischio è che se gli elementi verdi vengono scelti e collocati in modo improprio, possano non sortire gli effetti positivi voluti, ma ad esempio ostacolare la circolazione dell'atmosfera, oppure portare a morte precoce gli individui impiantati.

La scelta di infrastrutture verdi appropriate è dettata anche da esigenze di tutela del paesaggio, la necessità di privilegiare impianti arborei tipici e specie autoctone consente di mantenere gli aspetti e i caratteri peculiari del contesto paesaggistico in cui si inseriscono.

La mitigazione dell'inquinamento attraverso la creazione di nuove aree/infrastrutture verdi deve tenere in considerazione la possibile interferenza con beni culturali conservati nel sottosuolo, alla luce di effetti negativi che potrebbero interessare le aree archeologiche.

Nuove infrastrutture verdi hanno prevalentemente effetti locali sulla qualità dell'aria oltre a numerosi altri benefici. La vegetazione, oltre ad abbattere gli inquinanti convenzionali –polveri sospese e ozono *in primis*– produce numerosi altri vantaggi: mitigazione dei cambiamenti climatici (fissando piccole quantità di anidride carbonica), raffrescamento del microclima in estate e protezione dalle brezze invernali (anche negli edifici, con conseguente risparmio energetico), controllo delle acque meteoriche superficiali, mantenimento e creazione di habitat (e di flora e fauna) e molteplici benefici relativi alla salute psico-fisica umana e all'ambiente.

Misure di rinaturalizzazione, afforestazione, riforestazione e rimboschimento sono previste nell'ambito delle pianificazioni locali e, laddove è presente una carenza strutturale di spazi aperti da destinare a piccole opere di forestazione, soprattutto nelle aree urbane, è possibile intervenire con azioni di riqualificazione e rinverdimento ad esempio in aree periferiche degradate/abbandonate, come pure, in città, attraverso rinverdimento ed interconnessione di piccole aree libere non gestite esistenti tra un fabbricato e l'altro (pocket parks).

A livello nazionale questo tipo di misure e, in particolare, misure specifiche sul verde urbano, sono previste, dal decreto legge 14 ottobre 2019, n. 111, il cosiddetto “decreto clima”, che interviene per la prima volta in modo congiunto sulle tematiche relative alla qualità dell'aria ambiente e ai cambiamenti climatici. Tale decreto prevede, in particolare, un programma sperimentale di messa a dimora di alberi, di reimpianto e di silvicoltura, e per la creazione di foreste urbane e periurbane nelle città metropolitane.

Alternative

Come più volte riportato nel presente rapporto, il Programma individua tra gli obiettivi di riduzione delle emissioni nazionali assegnati all'Italia dalla Direttiva NEC quelli che non sarà possibile conseguire nel 2020 e 2030 senza l'adozione di politiche aggiuntive rispetto a quelle già previste dalla normativa europea e nazionale.

Sono stati pertanto elaborati uno scenario base WM (with measure), che include solo le politiche e misure vigenti fino al 2015 e uno scenario WAM (with additional measure), ossia lo scenario con le politiche e misure aggiuntive rispetto a quello WM, che è stato elaborato sulla base della SEN e permette di rispettare gli obiettivi in materia di fonti rinnovabili, efficienza energetica ed emissioni di gas serra al 2020, nonché una serie di ulteriori traguardi posti dalla strategia stessa al 2030.

Le alternative prese in considerazione sono pertanto i due scenari WM e WAM al 2030 per i quali sono stimati e valutati gli effetti ambientali complessivi in termini di emissioni di sostanze inquinanti, di concentrazioni di inquinanti in atmosfera e di esposizione a tali inquinanti (vedi capitolo 6).

Ulteriori possibili scenari alternativi, non sono stati considerati per la necessità di assicurare il più possibile una coerenza tra le pianificazioni nei settori clima, energia ed aria, coerenza richiesta peraltro anche dalla stessa normativa europea e nazionale.

La direttiva 2016/2284/UE richiama, infatti, più volte la necessità di promuovere sinergie tra i vari settori ed in particolare la coerenza tra le politiche sul clima e quelle sull'inquinamento atmosferico.

Nel preambolo della direttiva, è citato il 7° Programma d'Azione europeo per l'Ambiente che raccomanda “il rafforzamento delle sinergie tra la legislazione nel settore della qualità dell'aria e gli obiettivi che l'Unione si è prefissa, in particolare, in materia di cambiamenti climatici e biodiversità”; è, inoltre, dichiarato che la direttiva “dovrebbe altresì contribuire al conseguimento, in modo economicamente

vantaggioso, degli obiettivi di qualità dell'aria stabiliti dalla legislazione dell'Unione e all'attenuazione degli impatti dei cambiamenti climatici, oltre che al miglioramento della qualità dell'aria a livello mondiale e a migliori sinergie con le politiche dell'Unione in materia di clima e di energia, evitando nel contempo duplicazioni della vigente legislazione dell'Unione”.

L'articolo 1 della direttiva stabilisce che uno degli obiettivi sia il “rafforzamento delle sinergie tra la politica dell'Unione in materia di qualità dell'aria e altre politiche pertinenti dell'Unione, in particolare le politiche in materia di clima e di energia”.

Infine, l'Allegato III, che stabilisce il contenuto minimo dei programmi di controllo, prevede che sia descritto il contesto in cui il programma è sviluppato, incluse “le priorità politiche e il loro rapporto con le priorità stabilite in altri settori d'intervento pertinenti, compresi i cambiamenti climatici e, se del caso, l'agricoltura, l'industria e i trasporti”.

Al fine di assicurare la coerenza tra le politiche nazionali in tema di inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici, si è dunque stabilito di procedere nella predisposizione del programma di controllo per quanto possibile in parallelo con la pianificazione delle politiche sul clima. Poiché in fase di predisposizione del programma era stata già pubblicata la Strategia Energetica Nazionale ed era in corso di predisposizione il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima si è deciso di individuare misure coerenti con quelle del PNIEC. Tali misure, valutate negli scenari emissivi, sono risultate sostenibili e sufficienti ad assicurare il raggiungimento degli obiettivi di riduzione al 2030. Si è ritenuto, pertanto, non necessario procedere alla valutazione di misure alternative.

8. MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il monitoraggio ambientale del Programma così come previsto dal D.lgs 152/06 ha due principali finalità: “assicurare il controllo sugli effetti significativi sull'ambiente derivanti dall'attuazione del Programma approvato e verificare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità prefissati, così da individuare tempestivamente gli effetti negativi imprevisti e adottare le opportune misure correttive”.

Il sistema di monitoraggio prevede le seguenti tre articolazioni:

- descrizione dell'evoluzione del contesto ambientale interessato dagli effetti del P/P con riferimento agli obiettivi di sostenibilità del Programma;
- lo stato di avanzamento dell'attuazione delle misure del Programma che hanno effetti positivi o negativi sugli obiettivi di sostenibilità del Programma;
- il controllo degli effetti ambientali del Programma.

Le tre componenti del monitoraggio sono attuate attraverso l'utilizzo di idonei indicatori selezionati in riferimento alle finalità da perseguire: indicatori di contesto per seguire l'evoluzione dello stato di qualità ambientale interessato dagli effetti del Programma; indicatori di processo per seguire l'avanzamento dell'attuazione delle misure del Programma; indicatori di contributo per misurare la variazione dello stato ambientale imputabile alle misure del Programma.

Queste tre tipologie di indicatori sono tra di loro correlati; in particolare gli indicatori di contributo e di contesto si baseranno su quelli utilizzati per inquadrare e caratterizzare il contesto ambientale e per stimare gli effetti ambientali positivi e negativi previsti a seguito dell'attuazione del Programma.

Il monitoraggio ambientale del Programma previsto dal D.lgs 152/06 sarà attuato in stretta sinergia con quello previsto dal D.lgs 81/2018 con riferimento soprattutto alle due articolazioni:

- monitoraggio dello stato di avanzamento dell'attuazione delle misure del Programma
- controllo degli effetti delle misure del Programma sulle emissioni e sui loro driver nonché degli effetti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi.

La completa definizione dei contenuti di queste due articolazioni del monitoraggio sarà pertanto condotta parallelamente con la definizione del monitoraggio previsto dal dlgs 81/2018; gli elementi riportati nel presente paragrafo riguardano, pertanto, prevalentemente l'impostazione del monitoraggio del contesto ambientale in relazione agli aspetti pertinenti al Programma.

Altro aspetto riguardante il monitoraggio dell'avanzamento dell'attuazione delle misure del Programma e il controllo degli effetti ambientali è la stretta correlazione con le modalità e gli strumenti di programmazione/progettazione in base ai quali le misure del Programma saranno attuate. Le valutazioni ambientali, incluse i monitoraggi, dei successivi livelli di programmazione e progettazione contribuiscono infatti attraverso la raccolta di elementi e dati più dettagliati, alla completa attuazione del monitoraggio del Programma.

Al riguardo per le misure la cui attuazione è demandata a strumenti di pianificazione/programmazione attuativa anche a livello regionale occorrerà stabilire chiaramente i meccanismi di collegamento che consentano al monitoraggio del Programma di acquisire le informazioni sulla realizzazione delle misure, sull'avanzamento e sugli effetti ambientali misurati.

Come già previsto nel PNIEC, considerato la sinergia con il Programma, sarà necessario nel corso dell'attuazione dei due piani stabilire modalità di condivisione nelle informazioni sull'attuazione delle misure e della valutazione degli effetti delle stesse.

Monitoraggio dell'impatto delle misure del programma ex D.lgs 81/2018

Il decreto legislativo 30 maggio 2018, n. 81, attuazione della direttiva (UE) 2016/2284, stabilisce le modalità per valutare gli effetti nel tempo delle misure individuate dal programma di controllo dell'inquinamento atmosferico.

Già nell'articolo 1, che definisce l'oggetto e le finalità del decreto, sono inclusi l'obbligo di monitoraggio delle emissioni delle sostanze inquinanti e degli impatti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi.

In particolare, l'articolo 6 dello stesso decreto stabilisce che ISPRA produca ogni anno gli inventari nazionali delle emissioni per gli inquinanti per cui sono stabiliti i target di riduzione e per altri inquinanti atmosferici.

ISPRA produce gli inventari da molti anni e sono disponibili gli andamenti delle emissioni in atmosfera a partire dal 1990. Le stime delle emissioni sono effettuate applicando la metodologia riconosciuta a livello internazionale, predisposta nell'ambito dei lavori della Convenzione internazionale sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (LRTAP) e indicata come riferimento anche dalla direttiva 2016/2284.

Tali inventari saranno utilizzati per verificare il rispetto degli obiettivi di riduzione fissati per il 2020 e il 2030 e, negli anni precedenti, per monitorare l'andamento nel tempo delle emissioni così da verificare che esse stiano diminuendo in misura sufficiente ad assicurare il raggiungimento dei target. La direttiva prevede,

infatti, che l'andamento delle emissioni sia verificato con cadenza annuale e che siano introdotti aggiustamenti alle misure programmate qualora si ritenesse inadeguato il trend delle emissioni.

Il monitoraggio è integrato anche dalla produzione, ogni due anni, delle proiezioni dei consumi energetici e dei livelli delle attività produttive responsabili delle emissioni (sempre prodotte da ISPRA) e delle proiezioni delle emissioni prodotte da ENEA. Nel caso in cui la Commissione europea proceda al riesame dei dati degli inventari nazionali delle emissioni, il Ministero assicura, per il tramite dell'ISPRA, che siano svolte le attività necessarie alla consultazione con la Commissione e l'ISPRA assicura l'applicazione delle eventuali correzioni tecniche concordate o prescritte dalla Commissione. Le proiezioni forniscono una valutazione aggiuntiva che integra i dati sui trend emissivi, mettendo a disposizione una stima dell'evoluzione dei livelli nazionali negli anni futuri.

L'articolo 7 del decreto legislativo 81/2018 prevede, infine, che sia effettuato il monitoraggio degli impatti negativi dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi, attraverso una rete di siti di monitoraggio rappresentativa delle tipologie di habitat di acqua dolce, habitat naturali e seminaturali ed ecosistemi forestali. La rete, gestita dai Carabinieri, è già operativa ed è stata istituita con decreto ministeriale del 26 novembre 2018 che definisce la configurazione della rete, con l'indicazione dell'ubicazione dei siti di monitoraggio e dei parametri da monitorare, e la metodologia da applicare per il monitoraggio. Tali caratteristiche sono state individuate in coerenza con le linee guida prodotte allo scopo dalla Commissione europea.

La rete di monitoraggio definita a livello nazionale contiene quattro siti utili al monitoraggio degli impatti sugli ecosistemi di acqua dolce, individuati come particolarmente sensibili allo scopo, e undici siti per il monitoraggio degli impatti sugli ecosistemi terrestri, sia in fase solida che liquida, incluso il monitoraggio degli eventuali danni da ozono. Le attività di monitoraggio sono portate avanti dai vari soggetti pubblici (Carabinieri, Istituti del CNR, CREA e Università) che erano già coinvolti in passato, su base volontaria, nelle attività di monitoraggio previste dalla Convenzione internazionale LRTAP.

Sarà possibile, nei prossimi anni, integrare o modificare la configurazione della rete a seguito della valutazione dei primi risultati dei monitoraggi.

Monitoraggio dell'attuazione del programma ex D.lgs 81/2018

L'articolo 5 del decreto legislativo 81/2018 definisce le procedure atte a garantire la corretta attuazione dei programmi nazionali di controllo dell'inquinamento atmosferico.

In particolare, prevede che sia costituito, entro trenta giorni dalla data della adozione del programma, un tavolo di coordinamento presso la Presidenza del Consiglio dei ministri, di cui fanno parte i rappresentanti della Presidenza, del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, dello sviluppo economico, delle infrastrutture e dei trasporti, delle politiche agricole alimentari e forestali e della salute, nel numero massimo di tre per Amministrazione, nonché i rappresentanti delle regioni e degli enti locali, responsabili per l'attuazione delle misure e delle politiche del programma nazionale, designati dalla Conferenza unificata di cui al decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, nel numero massimo di cinque, ed un rappresentante del SNPA.

Il tavolo di coordinamento assicura, attraverso riunioni periodiche ed altre forme di interlocuzione, un contatto permanente tra i soggetti partecipanti e può elaborare atti di indirizzo per coordinare i tempi e le modalità di adozione degli atti attuativi del programma nazionale.

Inoltre, il Coordinamento previsto dall'articolo 20 del decreto legislativo n. 155 del 2010 assicura un esame congiunto degli aspetti e degli atti oggetto di discussione nell'ambito del tavolo di coordinamento.

Il decreto prevede, inoltre, che il Ministero trasmetta al Parlamento, entro il 31 dicembre di ciascun anno a decorrere dal 2019, una relazione sullo stato di attuazione del programma nazionale e che siano pubblicate periodicamente ricognizioni sulle misure e le politiche previste dal programma, con l'indicazione delle autorità competenti per la relativa attuazione, i tempi previsti per l'adozione degli atti attuativi e lo stato di avanzamento e di concertazione degli atti.

La definizione del piano di monitoraggio così come previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. accompagnerà l'approvazione del Piano anche tenendo conto dei contributi che i Soggetti competenti e il Pubblico formuleranno nell'ambito della fase di consultazione sul presente Rapporto ambientale in relazione ai contenuti richiesti dalla norma, quali:

- la completa definizione delle informazioni utili per seguire l'evoluzione del contesto ambientale con il quale il Programma interagisce;
- il quadro completo degli indicatori necessari per controllare gli effetti significativi sull'ambiente derivanti dall'attuazione del Piano e la verifica del raggiungimento degli obiettivi ambientali individuati (indicatori di processo e di contributo);
- le responsabilità e le risorse necessarie per la realizzazione e gestione del monitoraggio
- la periodicità con cui saranno prodotti i reports di monitoraggio e le modalità per la comunicazione degli esiti delle attività di monitoraggio ai Soggetti competenti in materia ambientale e al Pubblico;
- i meccanismi di riorientamento del Programma in caso di effetti negativi impreveduti per renderlo coerente con gli obiettivi ambientali fissati

Sistema degli indicatori per il monitoraggio ex D.lgs 152/06 e ss.mm.ii

Nel presente paragrafo sono riportati primi elementi relativi alla individuazione degli indicatori per il monitoraggio ambientale. Tali Elementi prendono avvio dagli obiettivi ambientali definiti nel capitolo 3 del presente rapporto e dall'analisi dei possibili effetti del programma sull'ambiente riportata nel capitolo 7.

I contenuti riportati saranno modificati e integrati nel corso della definizione del piano di monitoraggio sulla base dei contributi della consultazione e degli elementi pertinenti il monitoraggio previsto dal d.lgs 81/2018 di cui sopra.

Il sistema degli indicatori di monitoraggio è articolato secondo l'impostazione illustrata nei precedentemente in indicatori di contesto, di processo e di contributo.

La scelta degli indicatori di contesto è effettuata sulla base delle informazioni, dati e indicatori considerati per analizzare il contesto ambientale - capitolo 5 del presente rapporto.

Gli indicatori di processo, poiché il D.lgs 81/2018 prevede il monitoraggio dell'attuazione del programma, saranno individuati definitivamente in parallelo con le attività previste dal D.lgs, saranno comunque preliminarmente individuati nel Piano di monitoraggio.

Alcuni indicatori di controllo degli effetti ambientali (indicatori di contributo) dovranno coordinarsi con il monitoraggio degli impatti delle misure del Programma previsto dal Dlgs 81/2018 soprattutto per gli effetti sulle emissioni di sostanze inquinanti e gli impatti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi.

Tali indicatori di contributo saranno individuati nel piano di monitoraggio; la tabella seguente riporta indicazioni a supporto della loro individuazione. In particolare si evidenzia che, per alcune tematiche, gli indicatori di contesto consentono anche di monitorare gli effetti ambientali delle misure potendo, quindi essere utilizzati come indicatori di contributo.

La scelta degli indicatori tiene conto di quelli definiti nel piano di monitoraggio del PNIEC, vista la condivisione di molti degli obiettivi e degli effetti ambientali da monitorare.

Tabella 8-1: elementi per Indicatori per il monitoraggio

Obiettivi ambientali	Effetti ambientali	Indicatori di contesto	Fonte	Elementi per la definizione degli Indicatori di contributo
Minimizzare le emissioni e abbattere le concentrazioni inquinanti in atmosfera (SNSS) Mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi (D. Lgs. 155/2010)	Riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti	Trend emissivi per SO ₂ , NO _x , COVNM, NH ₃ , PM _{2,5} , PM ₁₀ , IPA, CH ₄ Ripartizione per settori	ISPRA	Coordinamento con Monitoraggio ex Dlgs 81/2018
	Miglioramento della qualità dell'aria	Stato e trend delle concentrazioni di inquinanti atmosferici (SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂ , O ₃ , BaP, As, Cd, Ni, Pb) Superamenti dei valori normativi (limite, obiettivo...) per la protezione della salute, della vegetazione e degli ecosistemi rilevati alle stazioni di monitoraggio	ISPRA	Come indicatore di contesto Vedi anche paragrafo successivo
	Riduzione del degrado dei beni culturali dovuto all'inquinamento atmosferico	stima del danno espresso come recessione superficiale/corrosione	ISPRA	Come indicatore di contesto
Decarbonizzazione totale al 2050 (Green Deal, SNSS)	Riduzione consumo da fonti tradizionali	Consumi totali di energia per fonti primarie consumi finali e totali di energia per settore economico	MiSE, ENEA, ISPRA	Come indicatore di contesto
Zero emissioni nette di gas a effetto serra nel 2050 (Green Deal europeo)	Riduzione emissioni GHG	Trend emissivi di GHG e ripartizione per settori e gas	ISPRA	Come indicatore di contesto e in sinergia con il PNIEC
Diminuire l'esposizione della popolazione ai	Riduzione dell'esposizione	Percentuale di popolazione esposta in	ISPRA	Come indicatore di contesto

fattori di rischio ambientale e antropico (SNSS)	della popolazione all'inquinamento atmosferico	ambito urbano a fasce di concentrazione per gli inquinanti NO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP morti premature attribuibili all'esposizione agli inquinanti	EEA	
Salvaguardare e migliorare lo stato di conservazione di specie e habitat per gli ecosistemi terrestri e acquatici (SNSS)	Disturbo e perdita di specie e habitat (es. alterazione e variazione di copertura vegetale) Perdita o alterazione di servizi ecosistemici	stato di conservazione e trend delle specie e habitat di interesse comunitario Consistenza e livello di minaccia di specie animali e vegetali Carichi critici	ISPRA ISPRA ISPRA	Coordinamento con Monitoraggio ex Dlgs 81/2018
Incrementare l'efficienza energetica e la produzione di energia da fonte rinnovabile evitando o riducendo gli impatti sui beni culturali e il paesaggio (SNSS)		Bilancio elettrico (produzione energia elettrica per fonte, richiesta, consumo) Consumi totali di energia per fonti primarie Interventi in aree e su beni soggetti a vincoli e norme di tutela nazionali e da piani paesaggistici ¹⁶	TERNA MiSE, ENEA, ISPRA	Come indicatore di contesto Interventi in aree e su beni soggetti a vincoli e norme di tutela nazionali e da piani paesaggistici
Aumentare la mobilità sostenibile di persone e merci (SNSS)	Shift modale verso modalità di trasporto sostenibili miglioramento nell'efficienza di uso delle fonti energetiche per i trasporti	diffusione di carburanti a minore impatto ambientale dimensione della flotta veicolare Consistenza parco autovetture secondo classe euro Domanda e intensità del trasporto merci e passeggeri per modalità Consumi energetici nel settore dei trasporti	ACI, ISPRA MIT, ISTAT, ISPRA MiSE, EUROSTAT, ISPRA	Come indicatori di contesto Coordinamento con Indicatori di monitoraggio dell'attuazione ex Dlgs 81/2018 art. 5
Assicurare elevate prestazioni ambientali di edifici, infrastrutture	Incrementare l'efficienza energetica	consumi finali e totali di energia per settore economico	MiSE, ENEA, ISPRA	Coordinamento con Indicatori di monitoraggio

¹⁶ Ulteriori indicatori per il piano di monitoraggio possono prendere in considerazione anche gli indicatori BES Istat 9 – riferiti al Paesaggio e al Patrimonio Culturale, (<https://www4.istat.it/it/benessere-e-sostenibilit%C3%A0/misure-del-benessere/le-12-dimensioni-del-benessere/paesaggio-e-patrimonio-culturale>)

e spazi aperti (SNSS)		consumi finali e totali di energia elettrica per settore economico	TERNA	dell'attuazione ex Dlgs 81/2018 art. 5
Dematerializzare l'economia, migliorando l'efficienza dell'uso delle risorse e promuovendo meccanismi di economia circolare (SNSS)	Produzione, riciclo e recupero di rifiuti	rifiuti dai veicoli stradali Radiazioni dei veicoli in Italia % annua del peso medio del veicolo fuori uso sottoposto a reimpiego e recupero % annua del peso medio del veicolo fuori uso sottoposto a reimpiego e riciclaggio % di recupero dei rifiuti prodotti dal revamping/repowering dei pannelli esistenti % di riciclaggio dei rifiuti prodotti dal revamping/repowering dei pannelli esistenti	ACI ISPRA	Come indicatori di contesto
Non aumentare il degrado del territorio entro il 2030 (UN, 2015)	Effetti delle politiche insediative delle pianificazioni territoriali sulla qualità dell'aria	Consumo di suolo in ambiti di uso del suolo (urbano, agricolo, naturale) consumo di suolo in contesti a diversa densità di copertura artificiale (contesti prevalentemente artificiali, contesti a media-bassa densità, contesti prevalentemente agricolo-naturale) Densità del consumo di suolo (mq/ha) netto annuale in relazione alla distanza dai centri urbani principali e dalle Città metropolitane		

Elementi a supporto del monitoraggio degli effetti delle misure sulla qualità dell'aria

Il monitoraggio dello stato della qualità dell'aria deve essere accompagnato da un'analisi sull'efficacia degli interventi intrapresi al fine di migliorarla; gli studi condotti negli ultimi anni si sono avvalsi dell'utilizzo di specifici metodi e strumenti, i quali considerano la notevole variabilità spaziale e temporale con cui si sviluppano i fenomeni di inquinamento atmosferico e affrontano il problema della stima dei trend con un approccio di tipo statistico-probabilistico; tale approccio offre il vantaggio non solo di descrivere, interpretare e prevedere il comportamento puntuale del fenomeno in relazione al suo evolvere nel tempo, ma permette anche di associare all'analisi effettuata il relativo margine di incertezza (ISPRA 2014, ISPRA 2018). È altresì importante verificare che le politiche e misure volte a ridurre le emissioni di gas climalteranti non abbiano feedback negativi sulle emissioni di inquinanti e conseguentemente sulla qualità dell'aria su scala locale/regionale. Un esempio di questo è rappresentato dalle azioni che incentivando l'uso della biomassa legnosa e dei suoi derivati – con il fine di ridurre le emissioni di CO₂ – hanno portato a un aumento delle emissioni di particolato e IPA attribuibili al riscaldamento civile.

Il monitoraggio del programma dovrà necessariamente prevedere la verifica periodica (ogni tre – cinque anni) dell'esistenza o meno di una tendenza (e la sua significatività statistica) all'aumento o alla diminuzione nel tempo delle concentrazioni di alcuni inquinanti aerodispersi, desumibile dalle serie storiche di dati misurati presso le centraline di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico italiane.

Tale attività, già svolta da ISPRA e dall'SNPA nell'ambito delle sue attività istituzionali di monitoraggio dello stato e del trend dei principali indicatori di stato della qualità dell'aria (e.g. ISPRA 2020), fornirà elementi fondamentali al fine di valutare gli effetti dell'insieme delle misure intraprese in termini di sinergia con gli obiettivi di riduzione delle emissioni.

Un ulteriore elemento aggiuntivo, fondamentale per stimare e monitorare gli effettivi impatti delle misure adottate, è rappresentato dagli studi di "source apportionment". In questo caso la caratterizzazione chimica completa del materiale particolato permette di individuare le sue macrocomponenti, i componenti minori e in tracce (alcuni di questi pur se presenti in piccolissime quantità, hanno un'alta rilevanza tossicologica, come nel caso ad esempio degli idrocarburi policiclici aromatici e di alcuni metalli). Mediante tecniche statistiche è poi possibile attribuire alle varie sorgenti pro-quota il relativo contributo alle varie macrocomponenti (Perrino et al., 2020). Tali attività sono già in corso nell'ambito del progetto LIFEPREPAIR finanziato dall'UE che vede la partecipazione di tutte le regioni del bacino padano. Considerata l'estensione temporale del progetto (2017-2024) le informazioni raccolte potranno essere vantaggiosamente utilizzate ai fini del monitoraggio del piano (<https://www.lifeprepare.eu/index.php/azioni/>).

ISPRA 2020. Annuario dei dati ambientali 2019. Stato dell'ambiente 89/20.

ISPRA 2014. Analisi dei trend dei principali inquinanti atmosferici in Italia. 2003-2012. Rapporti 203/2014.

ISPRA 2018. Analisi dei trend dei principali inquinanti atmosferici in Italia. 2008-2017. Rapporti 302/2018.

Perrino, C., Catrambone, M., Canepari, S., 2020. Chemical Composition of PM10 in 16 Urban, Industrial and Background Sites in Italy. *Atmosphere* 11 (5), 479.

Elementi informativi sul Monitoraggio della vegetazione

Alcune specie vegetali, arboree, arbustive ed erbacee, possono essere utilizzate per monitorare la presenza di uno o più inquinanti nell'ambiente. Tali specie infatti possono fungere da bioindicatori, presentando delle alterazioni sia morfologiche (cioè visibili) sia funzionali (ossia chimiche e metaboliche), caratteristiche ed identificabili mediante appropriati protocolli di osservazione o di analisi e correlabili con la presenza di taluni inquinanti.

Lo studio della tipologia di danno osservato sulla vegetazione (sovente a carico dell'organo fogliare), combinato con la stima della percentuale di superficie fogliare danneggiata e con quella della chioma interessata dal danno ad esempio, può essere condotto anche mediante protocolli sperimentali ed il supporto di guide iconografiche, per differenti specie; ciò rende possibile correlare i danni osservati alla presenza dei singoli inquinanti nell'ambiente, come pure seguire la progressione del danno nel tempo. Come già affermato, anche la biodiversità e cioè la distribuzione e la presenza/assenza di alcune specie in una comunità ed in un dato habitat può cambiare in relazione alla presenza di inquinanti, quali fattori di pressione ambientale. Oltre alle piante, anche i licheni sono degli organismi molto sensibili alle deposizioni atmosferiche. L'Indice di Biodiversità Lichenica – IBL (ISPRA, 2001) è un parametro che può essere stimato attraverso un protocollo sperimentale e correlabile con la contaminazione ambientale ad opera di alcuni inquinanti, quali ad esempio SO₂, NO₃ e ozono. I muschi invece sono degli ottimi bioaccumulatori e consentono a distanza di mesi o anni di indicare se vi è stata esposizione a contaminanti ambientali quali metalli pesanti (quali Pb, Cd e Hg) o inquinanti organici persistenti (POP). E' quindi possibile pianificare delle campagne di (bio)monitoraggio ad hoc, nei periodi opportuni dell'anno, al fine di tracciare un quadro conoscitivo preliminare dello stato dell'ambiente in esame.

Di seguito un esempio di cartografie relative alle concentrazioni di piombo dosate in Europa nei muschi.

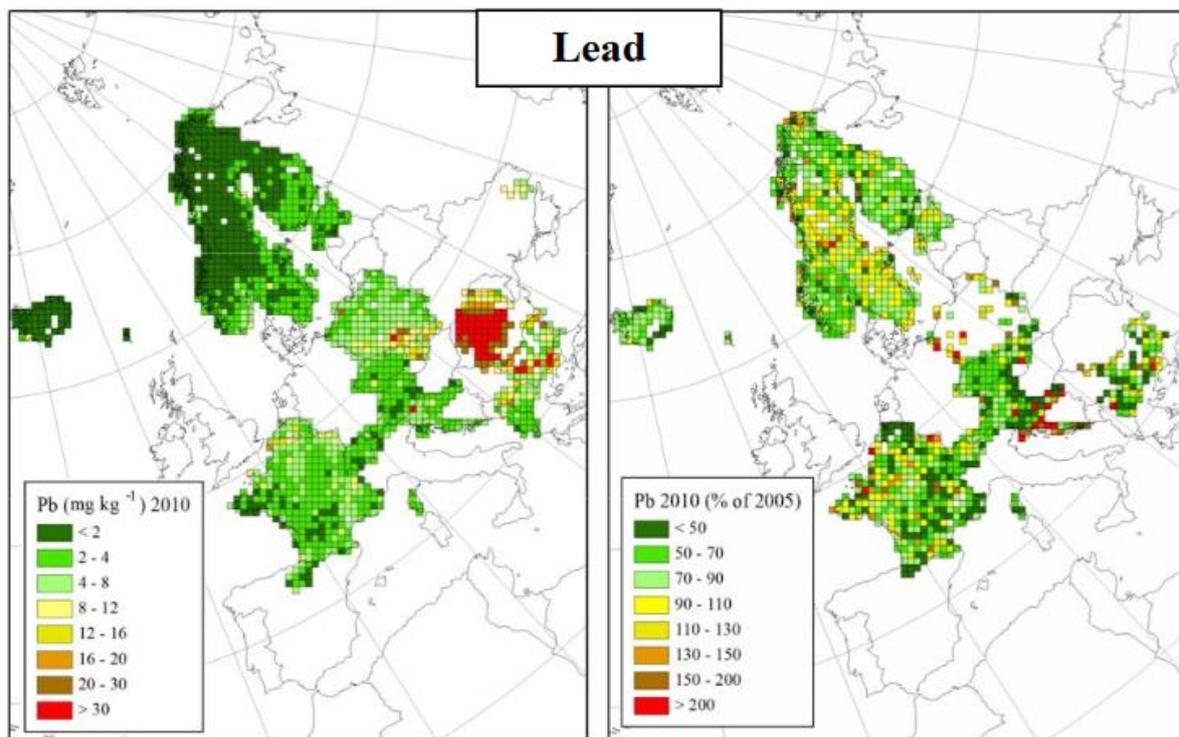


Figure 3.11. Mean lead concentration in mosses per EMEP grid cell in 2010 (left) and expressed as percentage of the values in 2005 (right); values below 100% represent a decline, values above 100% represent an increase since 2005.

Figura 8-1: Concentrazione di piombo nei muschi in Europa per le celle EMEP

(Da: Heavy metals and nitrogen in mosses: spatial patterns in 2010/2011 and long-term temporal trends in Europe. ICP Vegetation Programme. ICP-Vegetation thematic report.

<https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/Heavy%20metals%20and%20nitrogen%20in%20mosses%20-%20spatial%20patterns%20in%202010-2011.pdf>

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ISPRA, 2015[a]. Rapporto sull'applicazione della Direttiva 147/2009/CE in Italia: dimensione, distribuzione e trend delle popolazioni di uccelli (2008- 2012). *Serie Rapporti 219/2015*

ISPRA, 2018[a]. Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W. e Piervitali E., 2019, Gli indicatori del CLIMA in Italia nel 2018, Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente 88/2019.

ISPRA, 2020[a]. Italian Emission Inventory 1990-2018. Informative Inventory Report 2020. Rapporto ISPRA <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/informative-inventory-report/view>

ISPRA, 2020[b]. Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2018. National Inventory Report 2020. Rapporto ISPRA 318/2020. <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/national-inventory-report/view>

ISPRA, 2019[a] *Stato dell'ambiente* 84/2019 ISBN 978-88-448-0939-3

ISPRA, 2019[c]. Annuario dei dati ambientali edizione 2019

EMEP/EEA, 2019[a]. Air Pollutant Emission Inventory Guidebook. Technical report n. 13/2019. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

EEA, 2018. Air Quality in Europe – 2018 report

Fondazione per lo sviluppo sostenibile. “La sfida della qualità dell’aria nelle città italiane”

Blasi C. (Ed.), 2010. La Vegetazione d'Italia. Palombi & Partner S.r.l., Roma, pp. 538.

Blasi C. e Biondi E. 2017. La flora in Italia. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, pp. 704. Sapienza Università Editrice, Roma.

Calfapietra C., Fares S., Manes F., Morani A., Sgrigna G., Loreto F. 2013. Role of Biogenic Volatile Organic Compounds (BVOC) emitted by urban trees on ozone concentration in cities: A review. *Environ Poll* 183: pp.71-80.

Donovan R. G., Stewart Hope E., Owen S. M., MacKenzie A. Robert and C. Nicholas Hewitt. 2005. Development and Application of an Urban Tree Air Quality Score for Photochemical Pollution Episodes Using the Birmingham, United Kingdom, Area as a Case Study. *Environ. Sci. Technol.*, 39: (17) pp. 6730-6738.

Harmens H., Sharps K., Hayes F., Mills G. 2016. Impacts of ozone pollution on biodiversity. Bangor, UK, NERC/Centre for Ecology & Hydrology, 8pp. (CEH Project no. C05239, C04325)

Removal of airborne particulate matter by vegetation in an urban park In the city of Rome (Italy): an Ecosystem Services perspective

ISPRA. 2001. IBL Indice di Biodiversità Lichenica. Manuali e Linee Guida 2/2001, ANPA.

Litschke T. e Kuttler W. 2009. On the reduction of urban particle concentration by vegetation – a review. *MetZe*, 17. pp. 229-240.

Silli V., Salvatori E., Manes F. 2015. Removal of airborne particulate matter by vegetation in an urban park In the city of Rome (Italy): an Ecosystem Services perspective. *Annali di Botanica*, 5: 69–78

UN/ECE ICP-Vegetation. 2017. Manual Mapping critical levels for vegetation. Chapter 3, Mills G., Harmens H., Hayes F., Pleijel H., Buker P., González-Fernández I.

Yin S., Shen Z., Zhou P., Zou X., Che S., Wang W. 2011. Quantifying air pollution attenuation within urban parks: An experimental approach in Shanghai, China. *Environmental Pollution* 159: pp.2155-2163.

EMEP, 2018. Transboundary particulate matter, photo-oxidants, acidifying and eutrophying components. EMEP Status Report 1/2018, http://emep.int/publ/reports/2018/EMEP_Status_Report_1_2018.pdf

Klein, H., Gauss, M., Nyiri, A., Benedictow, A., 2018. Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM. Italy. MSC-W Data Note, 1/2018, http://emep.int/publ/reports/2018/Country_Reports/report_IT.pdf

Bonazza A., Messina P., Sabbioni C., Grossi C. M., Brimblecombe P., *Mapping the impact of climate change on surface recession of carbonate buildings in Europe*, *Science of Total Environment* 407 (2009), 2039 – 2050

De Marco A., Screpanti A., Mircea M., Piersanti A., Proietti C., Fornasier M. F., *High resolution estimates of the corrosion risk for cultural heritage in Italy*, *Environmental Pollution* (2017), 1-8

Di Turo F., Proietti C., Screpanti A., Fornasier M. F., Cionni I., Favero G., De Marco A., Impacts of air pollution on cultural heritage corrosion at European level: What has been achieved and what are the future scenarios, *Environmental Pollution* (2016), 1-9

Mapping of Effects on Materials- Chapter IV (2015) http://icpmapping.org/Latest_update_Mapping_Manual

MULTI-ASSESS Project Model Model for multi-pollutant impact and assessment of threshold levels for cultural heritage. Deliverable 02. Publishable Final Report (2007). (<http://www.corr-institute.se/> MULTI-ASSESS).

Rohde H., Dentener F., Schultz M., *The global distribution of acidifying wet deposition*, *Environmental Science and Technology* (2002) , 36: 4382-4388

WGE (2009), Working Group on Effects, “Review of air pollution effects. Indicators and targets for air pollution effects”. Report to the 28th session of the Working Group on Effects, UN-ECE Convention on Long range Transboundary Air Pollution, Working Group on Effects, Geneva, Switzerland.

ECE/EB.AIR/WG.1/2009/16 12 p. <http://www.un-ece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2009/EB/wge/ece.eb.air.wg.1.2009.16.e.pdf>.

Gupta V., Bakre P. (2013) Mammalian Feces as Bioindicator of Urban Air Pollution in Captive Mammals of Jaipur Zoo. *World Environment* 2013, 3(2): 60-65 DOI: 10.5923/j.env.20130302.04

Llacuna S , Gorriz A, Durfort M, Nadal J. (1993) Effects of air pollution on passerine birds and small mammals. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 1993, Volume 24, Issue 1, pp. 59–66

MATTM (2016) Relazione sullo Stato dell'Ambiente – 2016. RSA2016

Sanderfoot O. V. and Holloway T. (2017) Air pollution impacts on avian species via inhalation exposure and associated outcomes. *Environmental Research Letters* 12 (2017) 083002 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8051>

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e Unioncamere (2017) *Aree Protette Italiane in Cifre*. [Rapporto 2017 www.areeprotette-economia.minambiente.it](http://www.areeprotette-economia.minambiente.it)

Servadei L., Ferroni F., Calvario E., Martinoya D., Vanino S. (2018) *La Politica di Sviluppo Rurale 2014/2020 per la Biodiversità, Natura 2000 e le Aree protette, Volume I*; Rapporto Rete Rurale Nazionale <http://www.reterurale.it/rapportonatura2000>

Bonazza A., Messina P., Sabbioni C., Grossi C. M., Brimblecombe P., *Mapping the impact of climate change on surface recession of carbonate buildings in Europe*, *Science of Total Environment* 407 (2009), 2039 – 2050

De Marco A., Screpanti A., Mircea M., Piersanti A., Proietti C., Fornasier M. F., *High resolution estimates of the corrosion risk for cultural heritage in Italy*, *Environmental Pollution* (2017), 1-8

Di Turo F., Proietti C., Screpanti A., Fornasier M. F., Cionni I., Favero G., De Marco A., *Impacts of air pollution on cultural heritage corrosion at European level: What has been achieved and what are the future scenarios*, *Environmental Pollution* (2016), 1-9

Mapping of Effects on Materials- Chapter IV (2015) [http://icpmapping.org/Latest update Mapping Manual](http://icpmapping.org/Latest_update_Mapping_Manual)

MULTI-ASSESS Project Model Model for multi-pollutant impact and assessment of threshold levels for cultural heritage. Deliverable 02. Publishable Final Report (2007) <http://www.corr-institute.se/icp-materials/web/page.aspx?refid=35>

Rohde H., Dentener F., Schultz M., *The global distribution of acidifying wet deposition*, *Environmental Science and Technology* (2002) , 36: 4382-4388

WGE (2009), Working Group on Effects, "Review of air pollution effects. Indicators and targets for air pollution effects". Report to the 28th session of the Working Group on Effects, UN-ECE Convention on Long range Transboundary Air Pollution, Working Group on Effects, Geneva, Switzerland.

<https://docplayer.net/161716503-Economic-and-social-council.html>