

IL CONSIGLIO FEDERALE

- VISTO** che, ai sensi dell'art.15 del DM 123/2010, è istituito il Consiglio Federale, presieduto dal Presidente dell'ISPRA e composto dal Direttore Generale dell'ISPRA e dai Legali Rappresentanti delle ARPA/APPA con il fine di promuovere lo sviluppo coordinato del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, nonché per garantire convergenza nelle strategie operative e omogeneità nelle modalità di esercizio dei compiti istituzionali delle Agenzie e di ISPRA stesso;
- CONSIDERATO** che, ai fini di cui sopra, formula e attua programmi pluriennali delle proprie attività, articolati in piani annuali, adotta atti di indirizzo e raccomandazioni, sollecita e propone soluzioni alle criticità per un migliore funzionamento del Sistema;
- CONSIDERATO** che, ai sensi del proprio Regolamento di funzionamento, il Consiglio Federale approva i prodotti del Sistema mediante delibere e raccomandazioni;
- CONSIDERATO** che, all'interno del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, è emersa la necessità di adottare regole condivise per conseguire obiettivi di razionalizzazione, armonizzazione ed efficacia delle attività di diffusione delle informazioni ambientali;
- VISTO** il POD Azioni di breve termine di risposta del sistema agenziale alle richieste previste dal protocollo antismog del 30.12.2015
- VISTO** il documento "PROPOSTA DI LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PIANI DI QUALITÀ DELL'ARIA DI CUI ALL'ART. 9 DEL D.Lgs. 155/2010", allegato alla presente delibera di cui fa parte integrante;
- RITENUTO** di prendere atto del documento come proposto dal predetto Gruppo di lavoro e approvato dal GIV AREA 8 con procedura telematica avviata in data 23 novembre 2016;
- VISTO** l'articolo 8 del proprio Regolamento di funzionamento;

DELIBERA

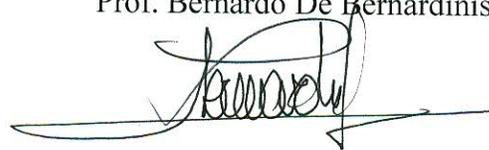
- 1) di approvare come raccomandazione il documento “ PROPOSTA DI LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PIANI DI QUALITÀ DELL’ARIA DI CUI ALL’ART. 9 DEL D.Lgs. 155/2010” che è parte integrante della presente delibera.
- 2) di dare mandato al Presidente di ISPRA di avviare, come da accordi con il Coordinatore Ambiente della Conferenza delle Regioni, Assessore Spano, un confronto tecnico con il suddetto Coordinamento per la piena condivisione dei contenuti del documento.

La presente delibera con i relativi allegati:

- a) è pubblicata sul sito internet di ISPRA;
- b) è trasmessa dal SNPA al Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e a tutti i firmatari il Protocollo del 30.12.2015 per le verifiche e le valutazioni di competenza.

Roma, 29 novembre 2016

Il Presidente
Prof. Bernardo De Bernardinis



**Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
Programma triennale 2014-2016**

**Macroarea C “ Sviluppo, consolidamento del sistema, Innovazione”- Area 8)
Attività integrate di tipo strategico” “ Gruppo di Lavoro Interagenziale 30**

**LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PIANI DI QUALITÀ
DELL'ARIA DI CUI ALL'ART. 9 DEL D.Lgs. 155/2010**

Autori: E. Angelino (ARPA Lombardia), S.Bande (ARPA Piemonte), P.Bonanni (ISPRA), M.Clemente (ARPA Piemonte), M.Cusano (ISPRA), M.Deserti (Arpa Emilia Romagna), G.Marson (ARPA Veneto) , F.Stel (ARPA Friuli Venezia Giulia)

Coordinatori :D.Gaudioso (ISPRA), G.Lanzani (ARPA Lombardia)

INTRODUZIONE	4
STRUTTURA E OBIETTIVI DELLE LINEE GUIDA	6
1 QUADRO CONOSCITIVO	8
1.1 QUADRO NORMATIVO.....	8
1.1.1 I Piani e i Programmi.....	9
1.1.2 Norme relative alle emissioni di inquinanti in atmosfera.....	10
1.2 CARATTERISTICHE GENERALI DEL TERRITORIO	11
1.3 LE FONTI DI EMISSIONE DEGLI INQUINANTI IN ARIA.....	12
1.3.1 Le fonti di emissione	15
1.3.2 Gli inquinanti emessi.....	16
1.3.3 La disaggregazione spazio-temporale delle emissioni	17
1.3.4 La dimensione spaziale.....	17
1.3.5 La dimensione temporale.....	18
1.3.6 La quantificazione delle emissioni	18
1.3.7 La misura delle emissioni.....	19
1.3.8 La stima delle emissioni	19
1.3.9 I fattori di emissione.....	19
1.3.10 Gli indicatori di attività	20
1.3.11 L'analisi critica dei risultati: qualità dei dati ed incertezza.....	20
1.4 CONDIZIONI CLIMATICHE E SITUAZIONI METEOROLOGICHE RICORRENTI	21
1.4.1 Le scale temporali dell'analisi meteorologica.....	22
1.4.2 I dati meteorologici disponibili a supporto delle valutazioni di qualità dell'aria e della caratterizzazione climatologia e meteorologica dell'area.....	23
1.4.3 Le variabili meteorologiche e micrometeorologiche.....	24
Fonti di informazione	27
2 LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	28
2.1 LA RETE DI MISURA FISSA.....	28
2.2 LE CAMPAGNE DI MISURA SUL TERRITORIO.....	29
2.2.1 Applicazione della catena modellistica di qualità dell'aria: la valutazione annuale ed il caso base.....	29

2.3	L'ELABORAZIONE DEI RISULTATI DEI MODELLI AI FINI DELLE VALUTAZIONE DELLO STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA	33
2.3.1	La validazione del sistema.....	33
2.3.2	La distribuzione spaziale degli indicatori	34
2.4	LA CARATTERIZZAZIONE DELLE ZONE.....	36
2.4.1	Criteri generali.....	36
2.4.2	La classificazione delle zone	37
3	L'ANALISI DI SCENARI	39
3.1	LA DETERMINAZIONE DEGLI SCENARI EMISSIVI	39
3.2	LA VALUTAZIONE DEGLI SCENARI DI QUALITÀ DELL'ARIA	45
3.2.1	L'applicazione della modellistica per la valutazione dello scenario di Piano	45
3.2.2	I modelli sorgente-recettore ed i modelli di valutazione integrata	46
4	MONITORAGGIO DEI PIANI.....	47
4.1.1	Monitoraggio di realizzazione	48
4.1.2	Monitoraggio di risultato	48
4.1.3	Monitoraggio di impatto.....	49

INTRODUZIONE

I piani di qualità dell'aria rappresentano lo strumento, indicato dalla normativa vigente (comunitaria e nazionale), attraverso cui le autorità competenti, nazionali e locali, individuano misure che garantiscano il rispetto degli obiettivi di qualità dell'aria ambiente, stabiliti al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e sull'ambiente.

Queste linee guida si rivolgono agli operatori di una struttura tecnica (tipicamente un'ARPA) incaricati di predisporre la documentazione di supporto alla redazione dei suddetti piani.

Nel processo di preparazione di un piano di qualità dell'aria il punto di partenza è rappresentato dall'analisi delle caratteristiche fisiche e naturali del territorio in cui esso si inserisce, con riferimento ad una serie di aspetti fra i quali, l'orografia, le condizioni meteo-climatiche, l'uso del suolo e gli insediamenti produttivi.

Il passo successivo è l'individuazione dei fattori di pressione di origine antropica che incidono sull'inquinamento atmosferico, sulla base delle emissioni totali annue di sostanze inquinanti, disaggregate per attività emissiva ai vari livelli di classificazione SNAP (inventari regionali/provinciali delle emissioni).

Altro punto fondamentale del processo istruttorio del piano è la valutazione della qualità dell'aria, che ha lo scopo di descrivere lo stato dell'ambiente atmosferico, individuando eventuali elementi critici e determinando gli inquinanti e le aree interessate. Questa valutazione consiste nel determinare i livelli degli inquinanti atmosferici, mediante *misurazioni nei siti fissi di monitoraggio* (reti di rilevamento regionali o provinciali) e *altre tecniche di valutazione* (tecniche di stima obiettiva e modelli), con riferimento al rispetto degli obiettivi di qualità dell'aria fissati dalla normativa vigente. La suddetta valutazione deve essere estesa a tutto il territorio in esame.

L'individuazione delle aree di superamento, ossia di quelle porzioni di territorio (all'interno di una zona o di un agglomerato) in cui è stato registrato il superamento di uno o più valori limite o obiettivo, è il principale risultato della valutazione della qualità dell'aria. All'interno di tali aree agiscono i soggetti incaricati di svolgere le azioni necessarie a migliorare o mantenere la qualità dell'aria.

La caratterizzazione del territorio, l'individuazione delle principali fonti di emissione di sostanze inquinanti (introdotte in atmosfera da sorgenti naturali e/o attività antropiche) e la valutazione della qualità dell'aria, consentono di determinare la scala spaziale corretta, sulla quale condurre la successiva valutazione delle tendenze. In molte parti del territorio italiano gli inquinanti più critici sono l'ozono, il materiale particolato e il biossido di azoto. La concentrazione in aria di questi inquinanti è determinata da vari processi atmosferici (diffusione, trasporto, trasformazione chimica e deposizione), e può dunque dipendere da fonti di emissione, poste sia all'interno che all'esterno dei confini amministrativi considerati. Nel valutare la situazione e le relative tendenze è quindi spesso necessario svolgere analisi ad una scala molto più ampia di quella amministrativa, considerando un'estensione sufficientemente vasta che consenta di studiare correttamente i processi atmosferici che determinano l'inquinamento sull'area di superamento. Nei casi in cui le criticità sono dovute prevalentemente a fonti locali e si manifestano su piccola scala, l'analisi può essere limitata ad un'area più ristretta. Anche la scala temporale sulla quale condurre le analisi deve essere adeguata agli obiettivi del piano. Poiché gran parte dei livelli di riferimento per la qualità dell'aria

sono formulati come medie annuali, l'orizzonte temporale minimo da considerare è l'anno. Dato che l'inquinamento presenta una certa variabilità interannuale sarebbe inoltre preferibile condurre le valutazioni su più anni, con caratteristiche diverse. Queste considerazioni relative al dimensionamento spazio-temporale degli studi preparatori risulteranno determinanti nello scegliere gli strumenti di valutazione delle tendenze, ovvero per condurre l'analisi di scenari futuri di inquinamento, corrispondenti a varie opzioni di evoluzione delle emissioni inquinanti. Questi strumenti sono essenzialmente rappresentati da un sistema modellistico di previsione della qualità dell'aria, ovvero da un insieme di strumenti numerici in grado di simulare l'evoluzione della concentrazione in aria degli inquinanti date certe condizioni meteorologiche e le fonti emissive.

La selezione delle misure da adottare per il raggiungimento dei valori limite o obiettivo superati, rappresenta l'elemento finale e fondamentale nel processo di preparazione del piano. I criteri in base ai quali realizzare tale selezione, sono definiti dal decreto D.Lgs. 155/2010 (Appendice IV).

STRUTTURA E OBIETTIVI DELLE LINEE GUIDA

Le informazioni che devono essere considerate nella redazione dei piani e programmi sono riportate nell'Allegato XV del D.Lgs. 155/2010 "Informazioni da includere nei piani di qualità dell'aria ambiente".

Gli *elementi conoscitivi* per l'elaborazione dei suddetti piani sono definiti nell'Appendice IV dello stesso decreto e sono:

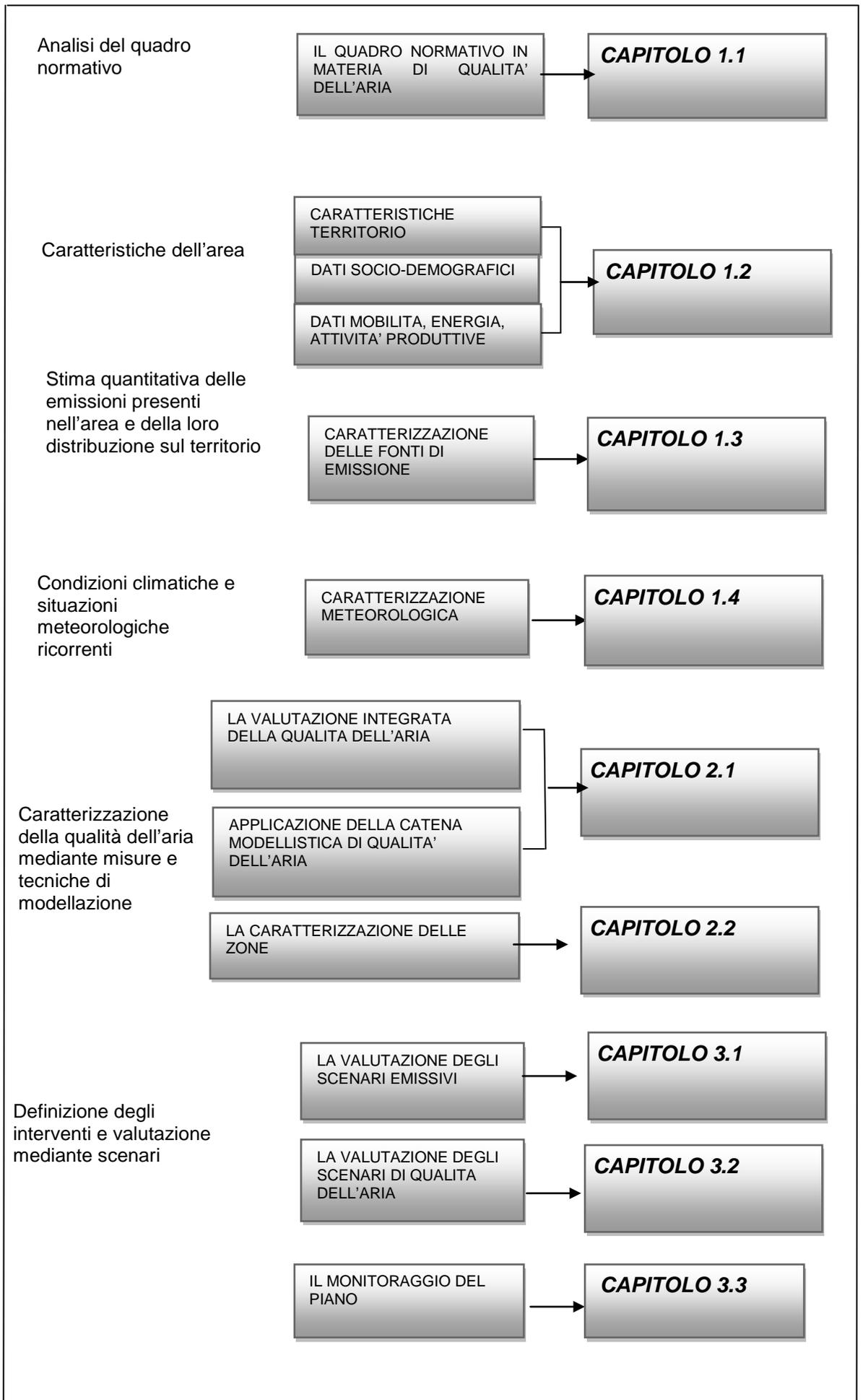
- il quadro normativo vigente
- le caratteristiche generali del territorio in cui il piano si inserisce
- le sorgenti di emissioni
- la caratterizzazione climatologica e meteorologica dell'area
- lo stato della qualità dell'aria
- le simulazioni modellistiche finalizzate alla valutazione della qualità dell'aria annuale
- le simulazioni modellistiche finalizzate alla ricostruzione di un caso base da confrontare con opportuni scenari

I *criteri per la selezione delle misure* da adottare nell'ambito dei piani di qualità dell'aria, definiti nell'Appendice IV del D.Lgs. 155/2010, sono:

- a) la definizione di scenari di qualità dell'aria riferiti ai termini previsti per il rispetto dei valori limite e obiettivo (sulla base delle norme e dei provvedimenti comunitari, nazionali, regionali e locali aventi rilievo in materia di inquinamento atmosferico);
- b) l'individuazione degli obiettivi di riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera necessari a conseguire il rispetto dei valori, limite e obiettivo, entro i termini prescritti;
- c) l'individuazione delle misure aggiuntive, o modificative rispetto a quelle già previste, da attuare per il conseguimento degli obiettivi di riduzione di cui sopra.
- d) la selezione delle misure più efficaci per realizzare gli obiettivi di riduzione suddetti, tenuto conto dei costi, dell'impatto sociale, degli inquinanti per i quali si ottiene una riduzione delle emissioni e dell'efficacia nella riduzione delle emissioni di gas serra.

Le linee guida si pongono quindi due obiettivi principali:

- fornire informazioni utili per la raccolta dei dati e delle metodologie di riferimento laddove esistenti, necessarie per la predisposizione della reportistica di presentazione dei piani di qualità dell'aria;
- suggerire uno schema per la rappresentazione dei vari elementi che compongono un piano di qualità dell'aria (caratterizzazione del territorio, valutazione della qualità dell'aria, etc.).



1 QUADRO CONOSCITIVO

1.1 QUADRO NORMATIVO

Gli strumenti normativi in materia di qualità dell'aria e d'inquinamento atmosferico sono complessi e articolati, strutturati su diversi livelli che vanno dalle direttive comunitarie alle norme nazionali, per arrivare agli strumenti di governo locale. In particolare il quadro normativo di riferimento trova fondamento nella normativa comunitaria così come recepita dal legislatore nazionale, mentre l'attuazione dei principi e delle disposizioni è demandata - in ottemperanza a quanto previsto dal D.Lgs. 112/98 ("Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni e agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59") - alle Regioni e alle Province autonome.

Nel seguito si riporta una breve sintesi dei principali provvedimenti, a livello nazionale e comunitario, che, completata con la normativa emanata a livello regionale, potrà essere utilizzata come guida per l'analisi normativa che costituisce la premessa al piano stesso.

La Direttiva 2008/50/CE ed il suo recepimento nella legislazione nazionale.

La Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21/05/2008, *relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*, unisce in un'unica direttiva quattro direttive¹ precedenti e la decisione 97/101/CE, introducendo alcuni elementi nuovi, come:

- la regolamentazione degli obiettivi di qualità del materiale particolato PM_{2.5} (*valore limite annuale, valore obiettivo, obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione² e obbligo di concentrazione all'esposizione*) e di conseguenza l'obbligo per i paesi membri di adottare *tutte le misure necessarie* per garantirne il rispetto entro i termini prescritti;
- la possibilità di sottrarre nel computo dei superamenti, quelli imputabili alle fonti naturali;
- l'importanza di combattere *alla fonte l'emissione di inquinanti*.

La direttiva (come già la Direttiva 96/62/CE) prevede che *se in determinate zone o agglomerati i livelli di inquinanti presenti nell'aria ambiente superano un valore limite o un valore obiettivo qualsiasi*, gli Stati membri hanno l'obbligo di redigere piani per la qualità dell'aria, al fine di conseguire il relativo valore limite o obiettivo, entro il termine previsto per il loro raggiungimento; inoltre raccomanda che, superato tale termine, il periodo di superamento sia il più breve possibile (Art. 23).

Tale direttiva è stata recepita nell'ordinamento nazionale con il Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155.

Il decreto costituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente finalizzato a individuare obiettivi di qualità dell'aria ambiente al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso; a valutare la qualità dell'aria ambiente sul territorio nazionale in base a criteri e metodi comuni; a disporre di informazioni adeguate sulla qualità dell'aria ambiente; a mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove è buona, e migliorarla negli altri casi.

¹ La direttiva 96/62/CE "madre", le direttive "figlie" 1999/30/CE, 2000/69/CE, 2002/3/CE, e la decisione 97/101/CE sullo scambio di informazioni

Ai fini della valutazione e della gestione della qualità dell'aria il territorio nazionale è suddiviso in agglomerati e zone (Art. 3), i primi individuati sulla base dell'assetto urbanistico, della popolazione residente e della densità abitativa (pop. superiore a 250.000 abitanti o densità di popolazione superiore a 3.000 abitanti per km²), le zone invece sulla base del carico emissivo, delle caratteristiche orografiche e meteorologiche e del grado di urbanizzazione del territorio (Appendice I). Le zone e gli agglomerati sono poi classificati (Art. 4), per ciascun inquinante sulla base delle soglie di valutazione inferiori (SVI) e superiori (SVS) (Allegato II, comma 1), *allo scopo di individuare le modalità di valutazione mediante misurazioni e mediante altre tecniche*:

- se i livelli degli inquinanti superano³ la rispettiva SVS le misurazioni nei siti fissi sono obbligatorie e possono essere integrate da tecniche di modellizzazione o da misure indicative;
- se i livelli degli inquinanti sono compresi fra le rispettive SVS e SVI, le misurazioni nei siti fissi sono obbligatorie e possono essere combinate con tecniche modellistiche o con misure indicative;
- se i livelli degli inquinanti sono inferiori alla rispettiva SVI, sono utilizzate, anche in via esclusiva, tecniche modellistiche o di stima obiettiva.

Nel caso dell'ozono, le zone e gli agglomerati sono classificati in base all'obiettivo a lungo termine (OLT) (Allegato VII, comma 3):

- se i livelli di ozono superano l'OLT le misurazioni in continuo sono obbligatorie in siti fissi;
- se sono inferiori all'OLT:
 - 1) il numero di stazioni può essere ridotto ad un terzo (rispetto a numero minimo stabilito nell'Allegato IX, comma 1)
 - 2) il numero di stazioni e le altre tecniche di valutazione utilizzate ad integrazione devono essere comunque sufficienti per esaminare la tendenza dell'inquinamento da ozono e la conformità agli obiettivi a lungo termine
 - 3) se le misurazioni in siti fissi sono l'unica fonte di informazioni, deve essere mantenuta almeno una stazione di misurazione
 - 4) se non sono presenti stazioni di misurazione, la valutazione della qualità dell'aria deve essere assicurata anche attraverso una integrazione con i dati misurati in stazioni presenti in zone vicine.

Il D.Lgs. 155/2010 stabilisce inoltre il numero minimo di stazioni di misurazione da utilizzare ai fini della valutazione della qualità dell'aria; esso varia in funzione della popolazione e della classificazione della zona o dell'agglomerato (Allegato V). Inoltre il decreto definisce i criteri, su macroscala e su microscala, in base ai quali le stazioni devono essere ubicate (Allegato III).

1.1.1 I Piani e i Programmi

Secondo il D.Lgs. n. 155 del 2010⁴, se i livelli degli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), benzene, piombo, materiale particolato PM₁₀ e PM_{2,5} presenti nell'aria ambiente, superano i rispettivi valori limite o obiettivo stabiliti dallo stesso

³ *Il superamento delle soglie di valutazione superiore e delle soglie di valutazione inferiore deve essere determinato in base alle concentrazioni degli inquinanti nell'aria ambiente nei **cinque anni civili** precedenti. Il superamento si realizza se la soglia di valutazione è stata superata in almeno **tre sui cinque anni civili** precedenti (allegato II, c.2).*

⁴ *Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*

decreto, regioni e province autonome adottano un piano per il loro raggiungimento (Art. 9, comma 1); nel caso in cui vengano superati i valori obiettivo degli inquinanti arsenico (As), nichel (Ni), cadmio (Cd) e benzo(a)pirene (e dei livelli critici per la protezione della vegetazione per NO₂ e SO₂), regioni e province autonome adottano, *le misure che non comportano costi sproporzionati necessarie ad agire sulle sorgenti di emissione* e a perseguire il raggiungimento dei valori superati (Art. 9, comma 2).

Il decreto inoltre, diversamente dalla norma precedente, stabilisce che tali piani e misure devono essere adottati nell'*area di superamento*, e che devono agire *secondo criteri di efficienza ed efficacia, sulle sorgenti di emissione che influenzano l'area*, lì dove si trovano, anche se si tratta di zone o agglomerati diversi da quelli interessati dai superamenti.

Le informazioni relative ai piani di qualità dell'aria sono trasmesse da regioni e province autonome, al Ministero dell'Ambiente (MATTM) e all'ISPRA entro diciotto mesi dalla fine dell'anno in cui sono stati registrati i superamenti. Il MATTM a sua volta le invia alla Commissione Europea entro due anni dalla fine dell'anno in cui sono stati registrati per la prima volta i superamenti.

Il formato e la modalità con cui sono state trasmesse le informazioni fino al 2013, dunque relative ai superamenti registrati nel 2011, erano previsti dalla Decisione 2004/224/CE. Dal 1° gennaio 2014 è entrata in vigore la Decisione 2011/850/UE⁵ che ha modificato sia le informazioni da comunicare sui piani di qualità dell'aria (vedi Allegato II, parti H-K) che le regole per la loro trasmissione alla Commissione Europea.

1.1.2 Norme relative alle emissioni di inquinanti in atmosfera

Infine è doveroso fare un breve cenno alla normativa in vigore relativamente alle emissioni di inquinanti in atmosfera, in particolare nel settore produttivo. In tale contesto, assume grande rilevanza la prima direttiva europea riguardante la prevenzione ed il controllo integrati dell'inquinamento dovuto alle attività industriali e la promozione delle produzioni pulite secondo il concetto di "Migliori Tecniche Disponibili" (MTD o BAT Best Available Techniques) ossia la Direttiva 1996/61/CE (IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control). Le "Migliori Tecniche Disponibili" sono quelle ambientalmente più efficaci, sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale. Tali tecniche comprendono le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e chiusura dell'impianto, non limitandosi quindi alle tecnologie impiantistiche o di processo.

La Direttiva 96/61/CE è stata abrogata dalla Direttiva 2008/1/CE⁶, a sua volta abrogata dalla Direttiva 2010/75/UE⁷ *relativa alle emissioni industriali*, attualmente in vigore. Quest'ultima, detta anche direttiva IED (Industrial Emissions Directive), riunisce, integrandole e sostituendole, sette direttive (fra le quali, oltre alla già citata Direttiva

⁵ DECISIONE DI ESECUZIONE DELLA COMMISSIONE del 12 dicembre 2011 recante disposizioni di attuazione delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda lo scambio reciproco e la comunicazione di informazioni sulla qualità dell'aria ambiente.

⁶ DIRETTIVA 2008/1/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 15 gennaio 2008 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento

⁷ DIRETTIVA 2010/75/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 24 novembre 2010 relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento)

2008/1/CE, la Direttiva 2001/80/CE⁸), accomunate dalla finalità di regolamentare le emissioni in atmosfera generate da specifiche attività industriali. Nella direttiva IED vengono confermati alcuni principi, già definiti nella prima direttiva IPPC, come quello dell'approccio integrato al fine di evitare trasferimenti dell'inquinamento da una matrice all'altra, attraverso la prevenzione e la riduzione delle emissioni nell'aria, nell'acqua e nel suolo, nonché attraverso la gestione dei rifiuti, l'efficienza energetica e la prevenzione degli incidenti.

Tra le altre cose, la Direttiva 2010/75/UE aggiorna la disciplina delle autorizzazioni integrate ambientali, già introdotta con la direttiva IPPC. Con essa infatti viene attribuito un peso maggiore alle BAT individuate a livello comunitario, per quanto riguarda la definizione dei valori limite di emissione e le prescrizioni autorizzative. Tuttavia la vera novità consiste nell'introduzione di un nuovo documento, le "conclusioni sulle BAT" (BAT Conclusions)⁹. La direttiva infatti prevede il riesame e, se necessario, l'aggiornamento dei "documenti di riferimento sulle BAT" (BRef)¹⁰, attraverso uno scambio di informazioni tra le parti interessate (i rappresentanti degli Stati membri, delle industrie interessate e delle organizzazioni non governative che promuovono la protezione ambientale e la Commissione stessa). Dall'analisi dei "documenti di riferimento delle BAT" scaturiscono le "conclusioni sulle BAT", che, come i primi, sono rese pubbliche *senza indugio* dalla Commissione (Art.13). Questo nuovo documento deve fungere da riferimento per stabilire le condizioni di autorizzazione, ossia i valori limite di emissione delle autorizzazioni.

Il D.Lgs. n. 46 del 4 marzo 2014 *Attuazione della direttiva 2010/75/UE relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento)*, recepisce integralmente la direttiva 2010/75/UE, e modifica il precedente D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 e le *successive modificazioni*.

1.2 CARATTERISTICHE GENERALI DEL TERRITORIO

Tra gli elementi conoscitivi che devono essere considerati per l'elaborazione dei piani di qualità dell'aria ambiente vi sono le caratteristiche generali del territorio.

La descrizione del contesto territoriale deve essere effettuata includendo una serie di informazioni di base quali, ad esempio, le caratteristiche generali del territorio e dell'uso del suolo, il clima, il contesto socio economico, l'aspetto demografico, le attività produttive.

⁸ DIRETTIVA 2001/80/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 ottobre 2001 concernente la limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti di combustione

⁹ Art. 3 *Definizioni*, comma 12: «conclusioni sulle BAT», un documento contenente le parti di un documento di riferimento sulle BAT riguardanti le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili, la loro descrizione, le informazioni per valutarne l'applicabilità, i livelli di emissione associati alle migliori tecniche disponibili, il monitoraggio associato, i livelli di consumo associati e, se del caso, le pertinenti misure di bonifica del sito

¹⁰ Art. 3 *Definizioni*, comma 11: «documento di riferimento sulle BAT», un documento risultante dallo scambio di informazioni organizzato a norma dell'articolo 13 elaborato per attività definite e che riporta, in particolare, le tecniche applicate, i livelli attuali di emissione e di consumo, le tecniche considerate per la determinazione delle migliori tecniche disponibili nonché le conclusioni sulle BAT e ogni tecnica emergente, con particolare attenzione ai criteri di cui all'allegato III

Nella Tabella 1 vengono sintetizzate, con riferimento ad ogni elemento tematico, le informazioni minime che devono essere reperite e le fonti dalle quali possono essere reperite.

Tabella 1

<i>COSA SERVE</i>	<i>TIPOLOGIA INFORMATIVA</i>	<i>DOVE REPERIRE I DATI</i>
Orografia, caratteristiche morfologiche del territorio	DEM/DTM (<i>Digital Elevation Model/ Digital Terrain Model.</i>) Layer tematici, cartografia	Servizi Informativi Geografici e banche dati Regionali Geoportale Nazionale (http://www.pcn.minambiente.it/GN/) Sistemi Informativi Ambientali ISPRA (http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/elenco-banche-dati) Copernicus Land Monitoring Services (http://land.copernicus.eu/) EEA database (http://www.eea.europa.eu/data-and-maps)
Idrografia		
Infrastrutture viarie		
Uso del suolo		
Clima	Studi meteorologici, serie storiche di dati meteorologici.	Servizi meteorologici regionali, Aeronautica Militare Copernicus Services (http://www.copernicus.eu/)
Popolazione	Numero di abitanti a livello comunale, trend di crescita/decrecita	Banche dati e Sistemi Informativi ISTAT (http://www.istat.it/it/prodotti/banche-dati) Sistemi Informativi Ambientali ISPRA (http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/elenco-banche-dati)
Attività produttive	Numero di unità lavorative, numero di addetti per rami e classi di attività.	Banche dati e Sistemi Informativi ISTAT (http://www.istat.it/it/prodotti/banche-dati) Camere di commercio regionale Banche dati INAIL, Osservatori economici Sistemi Informativi Ambientali ISPRA (http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/elenco-banche-dati)

1.3 LE FONTI DI EMISSIONE DEGLI INQUINANTI IN ARIA

La conoscenza delle fonti di inquinamento e della loro distribuzione sul territorio risulta indispensabile per la valutazione e gestione della qualità dell'aria dell'ambiente, per la zonizzazione del territorio regionale, per l'individuazione dei settori su cui indirizzare le misure da adottare per la riduzione delle emissioni inquinanti.

Gli inventari delle emissioni offrono una serie organizzata e coerente di dati relativi alle quantità di inquinanti introdotti in atmosfera da sorgenti naturali e/o attività antropiche riferiti ad un certo ambito territoriale e ad un determinato periodo di riferimento.

Gli inventari delle emissioni rappresentano una base conoscitiva fondamentale per la redazione dei piani di qualità dell'aria. Essi infatti consentono di descrivere i principali fattori di pressione che agiscono su un determinato territorio, determinando la quantità di emissioni prodotte e la loro distribuzione spaziale, indicate tra le "informazioni principali da includere nei piani di qualità dell'aria ambiente", Allegato XV del D.Lgs. 155/2010, ai fini della caratterizzazione dell'origine dell'inquinamento, punto 5). Sono strumenti indispensabili per l'elaborazione dei dati di input emissivi per l'utilizzo dei modelli di diffusione oltre che per la costruzione di scenari di riferimento e di scenari di intervento nell'ambito dei piani.

L'ottimizzazione dell'intero processo di costruzione di un inventario delle emissioni avviene attraverso metodi di validazione che vanno dal controllo sperimentale delle emissioni in alcuni impianti produttivi, alle tecniche di simulazione modellistica di dispersione degli inquinanti in atmosfera, all'individuazione di correlazioni tra quantità emesse e quantità rilevate dai sistemi di monitoraggio.

Gli Inventari delle emissioni vanno quindi visti come uno strumento dinamico in costante evoluzione, sia dal punto di vista del miglioramento in termini di affidabilità e di livello di dettaglio dei dati, sia dal punto di vista dell'aggiornamento dell'informazione. In particolare, l'aggiornamento dell'Inventario si rende opportuno a seguito di approfondimenti specifici in particolari settori o nel caso di reperimento di informazioni ad ulteriori livelli di dettaglio.

La predisposizione dell'inventario regionale delle emissioni in atmosfera viene affidato dal D.Lgs.155 alle regioni ed alle province autonome da effettuare con cadenza di aggiornamento almeno triennale e per ciascun anno in riferimento al quale ISPRA provvede a scalare l'inventario nazionale su base provinciale. Questi ultimi devono essere predisposti da ISPRA per la prima volta con riferimento all'anno 2010 ed ogni cinque anni (Art. 22, comma 3).

Ai fini dell'aggiornamento di un Inventario regionale devono essere raccolte informazioni provenienti da numerose e varie fonti (consumo di combustibili, consumo di vernici, quantità di rifiuti, etc.), dati statistici socio-economici (popolazione, addetti etc.), strati tematici (es. destinazione d'uso e copertura del suolo) necessari per la disaggregazione spaziale e temporale delle emissioni. Tali informazioni si rendono disponibili in momenti fra loro diversi e i tempi per il loro reperimento ed elaborazione non rendono al momento possibile frequenza di aggiornamento di inventari regionali al massimo dettaglio possibile, quello comunale, molto minore di quanto previsto dal Decreto.

Secondo l'Articolo 22 "lo Stato, le regioni e le province autonome elaborano i rispettivi inventari delle emissioni, aventi adeguata risoluzione spaziale e temporale, in conformità ai criteri previsti all'Appendice V del Decreto. Tali criteri riportano tra i riferimenti per l'elaborazione degli inventari delle emissioni: il manuale EMEP-CORINAIR, ora EMEP/EEA, concernente l'inventario delle emissioni atmosferiche, nella versione più aggiornata disponibile al momento dell'elaborazione dell'inventario (l'ultima versione è stata pubblicata il 29 agosto 2013 e per il 2016 sono previsti degli aggiornamenti) ed ulteriori specificazioni riportate nei documenti elaborati da ISPRA e

pubblicati nel sito internet del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del mare (MATTM).

Ulteriori dettagli metodologici sono riportati nel documento “Inventari regionali delle emissioni in atmosfera e loro articolazione a livello locale”,

http://www.isprambiente.gov.it/files/snpa/consiglio-federale/DOC78_CFinventariemissioniinatmconallegati.pdf

, recentemente redatto nell’ambito del Gruppo Di Lavoro 25, attivato nell’ambito del Programma triennale 2014 – 2016 del Sistema Nazionale per la Protezione dell’Ambiente (SNPA) e coinvolgente rappresentanti di ISPRA e di varie ARPA/APPA. Tale documento aggiorna le precedenti “Linee Guida agli Inventari locali di Emissioni in Atmosfera” (2001), elaborate nell’ambito del gruppo di lavoro APAT/CTN-ACE, strumento di riferimento di carattere metodologico in Italia che affrontava per la prima volta il tema della realizzazione degli inventari delle emissioni in maniera estesa e considerando il problema delle risorse/competenze specialistiche/gestione.

La classificazione delle attività emissive

Per la realizzazione degli Inventari risulta indispensabile censire e classificare le varie sorgenti di emissione antropiche e/o naturali presenti sul territorio in esame. La varietà delle tipologie di sorgente esistenti ha reso necessaria una codificazione che ne permettesse una classificazione univoca. Il riferimento è rappresentato dal progetto CORINAIR (COoRdination INformation AIR), nell’ambito del quale è stata messa a punto dalla European Environment Agency (EEA) – oltre ad una metodologia standardizzata per la stima delle emissioni - una nomenclatura univoca per le sorgenti emissive, denominata SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution). In base alla classificazione SNAP le emissioni totali annue di macro e microinquinanti (esprese in tonnellate/anno) sono catalogate in undici Macrosettori:

1	Combustione - Energia e industria di trasformazione
2	Combustione non industriale
3	Combustione nell’industria
4	Processi produttivi
5	Estrazione e distribuzione di combustibili fossili, geotermia
6	Uso di solventi e altri prodotti
7	Trasporto su strada
8	Altre sorgenti mobili e macchinari
9	Trattamento e smaltimento rifiuti
10	Agricoltura
11	Altre sorgenti di emissione ed assorbimenti

Ogni Macrosettore può essere suddiviso in ulteriori due livelli di disaggregazione (classificazione per Settore e per Attività SNAP). Questa classificazione è stata modificata negli anni passati incrementando le attività e razionalizzando la ripartizione gerarchica.

Le linee guida EMEP per la stesura degli inventari delle emissioni (EMEP/EEA, 2013) riportano la corrispondenza tra la classificazione SNAP e la classificazione NFR (Nomenclature for Reporting) che è ormai la classificazione ufficiale per le comunicazioni dei dati nazionali sia in ambito UNFCCC¹¹ che CLRTAP.

Per quanto riguarda il traffico (Macrosettore 7), il progetto CORINAIR prevede l'utilizzo di modelli COPERT, in grado di stimare le emissioni a partire dalla suddivisione dei veicoli nelle diverse classi.

Oltre alle componenti antropiche che possono influenzare lo stato di qualità dell'aria, devono essere prese in esame anche quelle naturali, caratteristiche del territorio in esame, che possono risultare rilevanti dal punto di vista emissivo.

1.3.1 Le fonti di emissione

Le fonti di emissione possono essere classificate in diverse tipologie sulla base di:

- a. modalità di funzionamento;
- b. localizzazione sul territorio;
- c. configurazione spaziale (puntuale, lineare, areale).

In base alla loro modalità di funzionamento le sorgenti possono essere distinte in continue e discontinue.

Per quanto concerne la localizzazione sul territorio, le fonti di emissione possono essere classificate in fisse o mobili, sulla base del loro posizionamento fisso o variabile nel tempo.

Sulla base della loro geometria e modalità di funzionamento, le fonti di emissione vengono suddivise in sorgenti puntuali (camini di stabilimenti industriali), sorgenti lineari (tratti stradali) e sorgenti areali (fonti diffuse sul territorio).

La configurazione spaziale viene assegnata alle diverse sorgenti a seguito dell'individuazione di opportuni valori-soglia di emissione o di altri indicatori ad essi correlati (produzione, dimensione, numero di addetti, ecc...), discriminando tra fonti che devono essere prese in considerazione singolarmente (sorgenti puntuali) e fonti che possono essere raggruppate insieme ad altre, a parità di processo produttivo ed inquinante (sorgenti areali o diffuse).

La categoria delle sorgenti lineari viene invece introdotta ogniqualvolta si renda necessario approssimare una sorgente di emissione ad una linea, come ad esempio nel caso delle infrastrutture viarie e ferroviarie e delle rotte navali ed aeree.

Di seguito viene riportata una breve descrizione delle tre tipologie di sorgente emissiva.

Sorgenti puntuali

Vengono così definite le sorgenti ritenute maggiormente significative dal punto di vista del carico inquinante.

¹¹ UNFCC-United Nations Framework Convention on Climate Change.

Ai fini della modellizzazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera, le sorgenti devono essere caratterizzate, oltre che dai dati anagrafici, anche da una serie di dati riferiti ai singoli camini: coordinate geografiche (x, y), sezione e altezza di camino, velocità, temperatura e portata dei fumi.

Sorgenti lineari

Questa categoria viene introdotta quando è possibile approssimare una sorgente ad una linea ed esprimere le emissioni in funzione della lunghezza di un tratto, ad esempio nel caso di strade, ferrovie, rotte navali o aeree.

Se si intendono applicare modelli di dispersione, le sorgenti vanno definite come archi (stradali, ferroviari, ecc...) con relative coordinate geografiche di inizio/fine arco (x, y, z).

Sorgenti areali

Sono costituite da tutte le sorgenti che non rientrano nelle precedenti categorie, o perché emettono in misura inferiore al valore soglia stabilito per la definizione di sorgente puntuale o in quanto non associabili ad una posizione definita nel territorio.

1.3.2 Gli inquinanti emessi

Gli inquinanti di interesse per la qualità dell'aria sono principalmente quelli oggetto di regolamentazione nel decreto legislativo 155 del 2010, ossia biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), benzene (C₆H₆), monossido di carbonio (CO), piombo (Pb), particolato con granulometria inferiore a 10µm (PM₁₀), particolato con granulometria inferiore a 2.5µm (PM_{2.5}), ozono (O₃), nonché microinquinanti quali arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni)

e benzo(a)pirene. Conseguentemente un inventario dovrà cercare di stimare almeno le emissioni di questi inquinanti e dei relativi precursori ma anche di altri ritenuti significativi in termini di quantità e/o pericolosità.

Oltre a quelli sopra riportati sono generalmente riportati in un inventario:

- Composti organici volatili (COV);
- Ammoniaca (NH₃);
- Metalli ed elementi in tracce, tra i quali mercurio (Hg), piombo (Pb), cromo (Cr);
- Inquinanti organici persistenti (POP) come diossine e furani (PCDD/F) e policlorobifenili (PCB);
- Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) tra cui benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene ed indeno(1,2,3-cd)pirene;

Oltre a questi inquinanti sono recentemente documentate le stime di emissione di black carbon (BC) sia a carattere nazionale (ISPRA, 2015) che per alcune realtà regionali.

I gas-serra - biossido di carbonio (CO₂), metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O) - potrebbero non rientrare negli Inventari locali avendo responsabilità limitata a fenomeni globali, ma sempre più spesso ne vengono stimate le emissioni in considerazione del ruolo che stanno assumendo gli interventi di controllo e mitigazione dell'effetto serra anche in ambito locale.

Nel caso di applicazioni specifiche con modelli di tipo fotochimico, per le emissioni di composti organici volatili non metanici (COVNM) e del particolato (PTS o PM₁₀) viene

riprodotta la speciazione nelle varie specie organiche, sulla base di profili di speciazione e dimensionali specifici per ogni categoria emissiva.

1.3.3 La disaggregazione spazio-temporale delle emissioni

Tra le elaborazioni che si rendono necessarie per la gestione dei dati raccolti negli Inventari delle emissioni, la ripartizione delle emissioni nello spazio e nel tempo merita una trattazione particolare.

Per le esigenze della modellistica di dispersione degli inquinanti in atmosfera risulta indispensabile stimare le emissioni su scale temporali e spaziali limitate (tipicamente risoluzione oraria su un grigliato spaziale con risoluzione dell'ordine di qualche chilometro).

La metodologia di disaggregazione, che consente di riportare ad un livello territoriale di dimensioni inferiori i valori di emissione attribuiti ad un'area più vasta, prevede l'utilizzo di variabili correlate denominate "variabili proxy".

Una variabile surrogata (o variabile proxy) viene generalmente definita come "una grandezza che consente di ottenere la stima delle emissioni con un certo livello di disaggregazione territoriale o temporale, quando esse siano note per unità territoriali o temporali più grandi".

1.3.4 La dimensione spaziale

La stima delle emissioni contenute negli Inventari deve tener conto del livello di dettaglio spaziale necessario per le simulazioni modellistiche effettuate a supporto dell'elaborazione di piani e programmi da parte degli Enti competenti.

La disaggregazione territoriale dei dati emissivi deve inoltre rapportarsi con la scala spaziale tipica di ogni inquinante: ad esempio per il monossido di carbonio, la cui rappresentatività spaziale è molto ridotta, la risoluzione spaziale dovrebbe poter consentire analisi di inquinamento a microscala; per inquinanti ubiquitari quali il PM₁₀ può invece bastare l'attribuzione delle emissioni su un grigliato dell'ordine di qualche chilometro.

Per attribuire le stime dei quantitativi emessi annualmente, a livello comunale o provinciale, alla porzione territoriale effettivamente responsabile dell'emissione stessa, si utilizzano variabili proxy direttamente correlate all'attività emissiva che si intende spazializzare.

A tal fine possono essere utilizzati i layers tematici di uso del suolo o le cartografie tematiche regionali (raster o vettoriali): l'operazione può essere effettuata attraverso un'analisi spaziale effettuata con i più comuni programmi di cartografia (geoprocessing). A titolo di esempio, le emissioni dovute al riscaldamento domestico di un comune (Macrosettore 2) devono essere spazializzate su quella parte di territorio comunale che corrisponde alle aree edificate; allo stesso modo le emissioni biogeniche (Macrosettore 11) prodotte dalle conifere e dalle latifoglie devono essere ripartite spazialmente sui rispettivi layers cartografici che ne individuano la distribuzione.

Nel caso in cui si utilizzino modelli di dispersione ai fini della valutazione della qualità dell'aria, il carico inquinante emesso dalle sorgenti areali a livello comunale o provinciale e dalle sorgenti lineari – ripartito per categoria emissiva secondo la classificazione SNAP ed espresso in tonnellate/anno – deve subire un processo di spazializzazione sulla griglia di calcolo scelta per la simulazione.

Nel caso delle sorgenti areali la frazione delle emissioni da attribuire alla maglia del reticolo viene calcolata sulla base del rapporto tra il valore assunto dalla variabile proxy sulla maglia stessa ed il valore definito al livello territoriale di partenza (comunale o provinciale). Al termine del processo, ogni cella del grigliato sarà caratterizzata dalla sommatoria dei contributi di tutte le attività emissive attribuite alla cella stessa.

Nel caso delle sorgenti lineari, per ciascuna unità elementare (arco) intersecante una cella del grigliato, la frazione emissiva da attribuire alla cella stessa va calcolata rapportando la lunghezza dell'intersezione tra arco e cella alla lunghezza totale dell'arco. La somma dei contributi provenienti da tutti gli archi intersecanti la maglia in oggetto darà le emissioni totali della maglia prodotte da sorgenti lineari.

Le sorgenti puntuali, essendo caratterizzate da coordinate geografiche, non devono essere sottoposte ad alcun processo di disaggregazione spaziale, ricadendo univocamente in una singola cella.

1.3.5 La dimensione temporale

La sommatoria emissiva attribuita alle diverse tipologie di sorgente (fornita dagli Inventari delle emissioni), ai fini dell'utilizzo in modelli di dispersione, deve essere distribuita sull'anno solare con una discretizzazione su base oraria, tenendo conto di specifici profili di modulazione temporale (proxy), giornalieri, settimanali e annuali: la modulazione nel tempo viene quindi ricreata incrociando gli andamenti nel corso delle 24 ore, nel corso della settimana e nel corso dell'anno.

La disaggregazione temporale – compatibilmente con le finalità di utilizzo dell'Inventario stesso (censimento e analisi delle sorgenti emissive maggiormente rilevanti, predisposizione dell'input modellistico, prefigurazione di scenari a breve e lungo termine) – deve essere differenziata per ciascuna tipologia di sorgente considerata.

1.3.6 La quantificazione delle emissioni

La quantificazione delle emissioni è un processo di integrazione di più elementi:

1. la misura delle emissioni;
2. la stima delle emissioni;
3. i fattori di emissione;
4. gli indicatori di attività.

Alla quantificazione delle emissioni deve essere associata una valutazione qualitativa e quantitativa dell'incertezza, che evidenzii il diverso livello di affidabilità degli elementi presi in considerazione (vedi par. 2.1.4).

1.3.7 La misura delle emissioni

Una delle fonti di informazioni di cui tenere conto nella quantificazione delle emissioni sono le misure disponibili o attraverso i sistemi di monitoraggio in continuo (SME) oppure a seguito delle attività di controllo e/o autocontrollo sulle emissioni a camino a fini autorizzativi (es: AIA Autorizzazione Integrata Ambientale ai sensi del D.Lgs. 152/06, AUA Autorizzazione Unica Ambientale ai sensi del D.Lgs. 387/2003, etc.).

1.3.8 La stima delle emissioni

Le emissioni vengono stimate incrociando i dati quantitativi riferiti ad un opportuno indicatore dell'attività presa in esame con il relativo fattore di emissione, secondo la relazione

$$E = A \times F$$

E = emissioni

A = indicatore dell'attività correlato con le quantità emesse

F = fattore di emissione (vedi paragrafo successivo)

Esistono diversi approcci metodologici a cui corrispondono differenti procedure di compilazione degli Inventari: i due principali sono l'approccio top-down e l'approccio bottom-up.

Nel caso del top-down il flusso di informazioni necessario per la realizzazione di un Inventario parte dalla scala spaziale di maggiori dimensioni (ad esempio il livello nazionale) per scendere di dettaglio (livelli regionale, provinciale o comunale) utilizzando variabili di disaggregazione spaziale correlate (variabili proxy). In questo caso si utilizzano tecniche di elaborazione statistica per ripartire le emissioni calcolate per una realtà territoriale più ampia al livello territoriale richiesto.

Nell'approccio bottom-up il reperimento delle informazioni avviene attraverso l'analisi delle singole sorgenti, con acquisizione di dati dettagliati sugli indicatori di attività, sui processi e sulle tecnologie esistenti.

Il limite dell'approccio top-down è costituito dall'approssimazione eccessiva per la scala locale (in particolare urbana), ma, d'altra parte, l'approccio bottom-up richiede un notevole ed oneroso impegno: per tale motivo spesso risulta più conveniente l'utilizzo di una opportuna combinazione delle due metodologie.

1.3.9 I fattori di emissione

I fattori di emissione – definiti come massa inquinante emessa da una quantità unitaria dell'indicatore di attività (vedi il seguito) – possono essere espressi o come semplici fattori numerici oppure come funzioni dei differenti parametri costruttivi ed operativi degli impianti, dei macchinari e dei processi.

Per ulteriori approfondimenti sugli approcci metodologici per la compilazione degli Inventari di emissione e per i fattori di emissione si rimanda al già citato documento del GDL SNPA “Inventari regionali delle emissioni in atmosfera e loro articolazione a livello locale” e nello specifico al cap. 2 “Documentazione tecnica su algoritmi e fattori

di emissione” e alla tabella 2 che riporta uno schema riassuntivo della principale documentazione tecnica di riferimento, con indicazione delle principali fonti e database per algoritmi e fattori di emissione.

1.3.10 Gli indicatori di attività

La raccolta di dati relativi alle sorgenti di emissione spesso rappresenta la fase più complessa della compilazione di un Inventario, sia per la numerosità e varietà dei soggetti detentori delle informazioni, sia per la frequente indisponibilità di informazioni specifiche per l’ambito territoriale di interesse.

Per ovviare a questo problema, come già precedentemente accennato, nella maggior parte dei casi si ricorre all’utilizzo di opportune variabili di carattere socio-economico per la disaggregazione spaziale del dato disponibile su scala più vasta: gli indicatori di attività.

Esempi di indicatori di attività sono i consumi di combustibili per le emissioni prodotte dagli impianti di combustione, le quantità di beni prodotte per le emissioni da processi produttivi, le quantità di rifiuti trattate per gli impianti di smaltimento rifiuti, le quantità di fertilizzanti sparsi e/o le superfici coltivate per le emissioni originate dall’agricoltura.

1.3.11 L’analisi critica dei risultati: qualità dei dati ed incertezza

Nella realizzazione di un Inventario delle emissioni, una volta portate a termine le fasi di raccolta ed elaborazione dati, risultano di fondamentale importanza le attività dedicate all’analisi critica dei risultati.

Nel corso delle operazioni di compilazione di un Inventario, tipicamente possono essere commessi errori di trascrizione dei dati, errori di codifica, errori nelle trasposizioni numeriche, errori di mancata inclusione di sorgenti, errori di duplicazione di sorgenti, errori di localizzazione, mancanza di dati tecnici di funzionamento, inconsistenza tra sorgenti puntuali ed areali, errori di doppio conteggio (sorgenti presenti sia come puntuali che come areali).

Per limitare tali errori si dovrebbero prendere in considerazione opportune procedure di controllo (QA/QC, garanzia e controllo di qualità) da applicare nelle fasi di raccolta e di informatizzazione dei dati in ingresso; a titolo di esempio si possono citare i test qualitativi di comparazione con valori di riferimento standard, i controlli statistici per una visione d’insieme del dataset (media, deviazione standard, distribuzioni di frequenza) e per l’identificazione di valori outliers, i test diretti sulle sorgenti.

Alla stima delle emissioni presenti negli inventari deve inoltre poter essere associata la valutazione qualitativa e quantitativa dell’incertezza, in modo da evidenziare il livello di affidabilità della stima stessa. L’incertezza è il termine statistico che si utilizza per la rappresentazione del grado di accuratezza e precisione dei dati.

L’affidabilità delle informazioni fornite da un Inventario delle emissioni può essere determinata da una serie di cause:

- incertezza connessa alla scelta dell’indicatore ed al suo valore quantitativo;

- incertezza connessa al fattore di emissione;
- incertezza connessa alla struttura del modello utilizzato per la stima delle emissioni.

La fase di valutazione delle incertezze procede attraverso l'applicazione di metodi specifici: verifica della completezza e della copertura in termini di sorgenti rilevanti (antropogeniche e naturali), analisi dei pesi relativi delle diverse attività/tipologie di sorgenti emmissive rispetto alle emissioni totali, analisi di sensitività, analisi dell'incertezza inerente le singole attività, comparazione di metodologie di stima alternative.

Un discorso a parte merita la verifica dell'Inventario delle emissioni attraverso il suo utilizzo come input ai modelli di dispersione ed il successivo confronto degli output modellistici con le misure sperimentali di concentrazione: per tale valutazione devono essere prefissati degli indicatori di "performance". Va sottolineato che l'applicazione di tale metodologia di valutazione dell'incertezza dei dati di emissione risulta un procedimento particolarmente complesso, che deve tener conto anche di altre variabili:

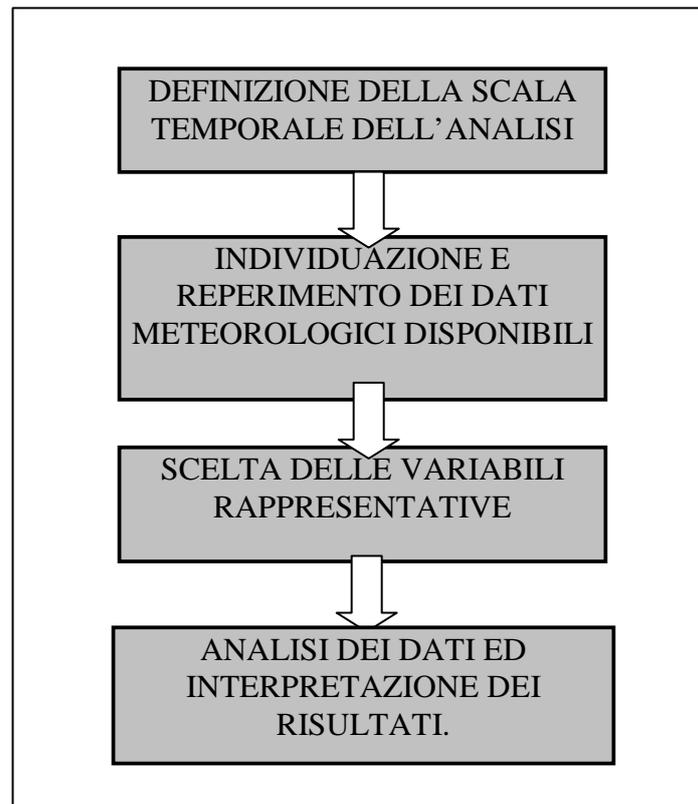
- incertezza legata agli input meteorologici;
- incertezza legata alla struttura del modello di dispersione;
- incertezza legata alle misure, la cui rappresentatività spaziale deve risultare omogenea rispetto alla risoluzione spaziale del modello.

In conclusione, i metodi sopra menzionati generalmente si integrano in modo appropriato ai fini della valutazione delle incertezze, tenendo conto sia della disponibilità delle informazioni e delle risorse sia dell'utilizzo finale dell'Inventario.

Per ulteriori approfondimenti sulla qualità dei dati e sulla relativa incertezza si rimanda al Capitolo 5 del già citato documento SNPA.

1.4 CONDIZIONI CLIMATICHE E SITUAZIONI METEOROLOGICHE RICORRENTI

Le condizioni meteorologiche costituiscono uno tra gli elementi del sistema naturale che maggiormente influenza non solo l'ambiente ed il territorio, ma anche l'uomo, inteso nel suo complesso di attività sociali, economiche e produttive, la sua salute, a breve e lungo termine, e la sua qualità della vita. In particolare lo stato di inquinamento in un'area è fortemente determinato, oltre che dalle sorgenti emmissive e dalle caratteristiche topografiche e morfologiche della zona, dalle condizioni meteorologiche (in particolare degli strati inferiori dell'atmosfera). Un'approfondita analisi volta all'individuazione ed alla caratterizzazione delle situazioni tipiche e/o frequenti sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti e di quelle favorevoli alla formazione di inquinanti secondari è quindi necessaria per perfezionare la conoscenza dei fenomeni di inquinamento nell'area di interesse ed identificare e definire efficaci politiche di controllo dello stato della qualità dell'aria. I principali passi da compiere per individuare le condizioni climatiche e le situazioni meteorologiche ricorrenti possono essere riassunti nello schema seguente.



1.4.1 Le scale temporali dell'analisi meteorologica

La caratterizzazione meteorologica del territorio può essere fatta su differenti orizzonti temporali:

- analisi climatologica (di lungo periodo),
- analisi annuale,
- analisi di episodi di particolare interesse (o rapporti d'evento).

L'analisi climatologica, o di lungo periodo, viene effettuata ai fini di un inquadramento generale del territorio in esame - può essere quindi anche collocata all'interno dello specifico capitolo del piano, come esemplificato nel paragrafo 1.2 della presente linea guida - e deve permettere di individuarne le caratteristiche climatiche e meteo-diffusive, evidenziando le eventuali peculiarità e criticità in relazione ai fenomeni di accumulo degli inquinanti o di formazione degli inquinanti secondari.

L'analisi annuale viene condotta sull'anno di riferimento per ottenere una caratterizzazione complessiva dell'area di studio che permetta di individuare le condizioni meteo-climatiche prevalenti ed estreme nelle diverse stagioni, con particolare attenzione ai periodi invernali ed estivi critici per l'inquinamento. In molti casi è utile effettuare un'analisi inter-annuale, confrontando l'anno di riferimento con i precedenti o con risultati climatologici, ai fini di mettere in relazione la variabilità dei dati di qualità dell'aria con la variabilità delle condizioni meteorologiche.

L'analisi di episodi deve essere condotta per documentare con maggiore dettaglio ed approfondimento la situazione meteorologica (sia a grande scala, sia a scala locale) che ha determinato (o contribuito a determinare) eventi acuti di inquinamento atmosferico.

1.4.2 I dati meteorologici disponibili a supporto delle valutazioni di qualità dell'aria e della caratterizzazione climatologia e meteorologica dell'area

Allo stato attuale lo sviluppo della meteorologia come disciplina fondamentale nella gestione e prevenzione dei rischi naturali ed antropici ha permesso di mettere a disposizione, anche a supporto delle valutazioni sulla qualità dell'aria, molteplici strumenti di monitoraggio e di analisi, quali:

1. stazioni di rilevamento al suolo, sia appartenenti a reti di monitoraggio locali sia facenti parte del circuito GTS (Global Transmission System, il sistema dell'organizzazione mondiale della meteorologia finalizzato allo scambio di informazioni in tempo reale), che permettono di misurare in tempo (quasi) reale le principali grandezze meteorologiche;
2. radiosondaggi (generalmente appartenenti al circuito GTS), che consentono l'osservazione in quota delle principali grandezze meteorologiche fornendo informazioni sulla struttura verticale dell'atmosfera;
3. stazioni micrometeorologiche equipaggiate con sensori a risposta veloce (ad esempio anemometri sonici), che consentono di derivare, con tecniche di eddy covariance, i principali parametri di scala della turbolenza del Planetary Boundary Layer (PBL);
4. sistemi di remote sensing, che permettono di ottenere informazioni su profili verticali di vento (SODAR e wind profiler) e temperatura (RASS e radiometri profilatori passivi di temperatura);
5. Sistemi satellitari;
6. modellistica meteorologica, attraverso la quale è possibile ottenere i campi di analisi o previsione delle variabili meteorologiche.

Recentemente la nascita e lo sviluppo di COPERNICUS, il sistema europeo di monitoraggio della Terra (<http://www.copernicus.eu/>) ha reso disponibili diversi servizi specifici e strumenti di monitoraggio ed analisi sempre più avanzati e che possono essere utilizzate anche in quelle realtà in cui gli strumenti di monitoraggio locali possono risultare carenti..

Le informazioni sopra descritte possono essere usate, tutte o in parte a seconda della loro disponibilità e del livello di dettaglio richiesto, per effettuare la caratterizzazione meteo-diffusiva del territorio e/o per preparare, attraverso l'uso di pre-processor meteorologici, i dati di ingresso ai modelli di chimica e trasporto (si veda a tale proposito il capitolo 6 del rapporto FAIRMODE/EEA "Guide on modelling Nitrogen Dioxide for air quality assessment and planning relevant to the European Air Quality Directive")

L'utilizzo di analisi meteorologiche e/o pre-processor meteorologici risulta utile per spazializzare i dati forniti dalle stazioni di rilevamento o per integrarle in tutti quei casi in cui non si abbia una soddisfacente copertura del territorio con le stazioni di monitoraggio disponibili.

In entrambi i casi è necessario effettuare preliminarmente un accurato controllo di qualità sui dati che si hanno a disposizione, controllo che può essere eseguito su due livelli, il primo real-time, con processi di validazione automatici al momento dell'acquisizione, il secondo *off-line* in relazione agli intervalli temporali considerati.

I parametri di scala della turbolenza, fondamentali per una comprensione approfondita dei fenomeni di accumulo e dispersione degli inquinanti, possono essere ricavati, ad integrazione o in alternativa a quelli derivati dai dati acquisiti dai sensori veloci delle stazioni micrometeorologiche (la cui diffusione, in costante aumento, non ha comunque ancora raggiunto il livello delle stazioni di monitoraggio standard), tramite l'utilizzo di modelli meteorologici prognostici e/o diagnostici, come ampiamente descritto nel già

citato rapporto CTN_ACE_2003 “ La Micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in atmosfera”.

1.4.3 Le variabili meteorologiche e micrometeorologiche

Le principali variabili meteorologiche e micrometeorologiche (intendendo con tale termine i parametri di scala della turbolenza) da considerare per la caratterizzazione meteo-diffusiva del territorio dovrebbero essere:

1.4.3.1 Altezza di geopotenziale

Il geopotenziale ad una determinata quota è definito come il lavoro richiesto per sollevare l'unità di massa fino a quella quota. L'altezza di geopotenziale, che si ottiene dal geopotenziale dividendolo per l'accelerazione di gravità, è una misura della pressione in quota ed è un parametro fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica (in particolare l'altezza di geopotenziale a 500 hPa). I modelli meteorologici numerici di previsione ed analisi sono lo strumento principale per ottenere le mappe di altezza di geopotenziale.

1.4.3.2 Temperatura

La temperatura dell'aria è un parametro importante per la comprensione dei fenomeni di inquinamento, data la sua influenza sulla modalità di dispersione degli inquinanti emessi da una certa sorgente e sulla velocità delle reazioni che avvengono in atmosfera, intervenendo sui processi chimici di distruzione e formazione degli inquinanti. I sensori di misura della temperatura sono sempre presenti nella dotazione strumentale di una stazione meteorologica standard; i sensori di temperatura presenti in una stazione micrometeorologica consentono di effettuare inoltre misure ad alta frequenza, da cui è possibile derivare informazioni sui flussi turbolenti nel Planetary Boundary Layer (PBL).

Inoltre le mappe di avvezione di temperatura ed umidità in quota (prodotte dalla modellistica meteorologica), unitamente alle mappe di geopotenziale, sono fondamentali per effettuare una caratterizzazione esaustiva della situazione meteorologica.

Il profilo verticale di temperatura fornisce informazioni sulla capacità dispersiva dell'atmosfera, in particolare permette di identificare le condizioni di inversione termica (al suolo ed in quota), ovvero quelle situazioni in cui la temperatura aumenta con l'aumentare della quota. In presenza di inversione termica al suolo (inversioni da irraggiamento) la forte stabilità verticale inibisce la dispersione degli inquinanti in prossimità della superficie, mentre quelli emessi sopra lo strato di inversione diffondono in quota; l'inversione in quota (inversioni da subsidenza) costituisce invece una barriera per gli inquinanti emessi al di sotto dello strato di inversione. Le inversioni termiche sono pertanto una condizione di particolare criticità per l'inquinamento atmosferico, in particolare in presenza di significative emissioni al suolo (ad esempio il traffico nei grandi centri urbani). Il profilo verticale di temperatura può essere ottenuto dalle analisi della modellistica meteorologica ad alta risoluzione e/o misurato attraverso i radiosondaggi (permettono misure a quote elevate ma con bassa risoluzione verticale, ogni 6 o 12 ore), con sistemi RASS o con profilatori passivi di temperatura (permettono misure a quote inferiori a quelle raggiunte dai radiosondaggi, ma con migliore risoluzione verticale e maggiore frequenza temporale).

1.4.3.3 Radiazione solare

La radiazione solare globale è una grandezza fondamentale nella determinazione dei livelli di inquinamento atmosferico. Infatti la radiazione solare non solo regola i fenomeni convettivi di rimescolamento dell'atmosfera che favoriscono la dispersione degli inquinanti primari, ma contribuisce in maniera determinante alla formazione degli inquinanti secondari. La radiazione solare viene solitamente misurata direttamente in una rete meteorologica standard oppure può essere ottenuta dalle analisi della modellistica meteorologica ad alta risoluzione, nonché essere stimata con algoritmi che tengano conto della posizione geografica e del periodo dell'anno.

1.4.3.4 Precipitazione.

Le precipitazioni sono responsabili dei processi di deposizione umida, uno dei principali meccanismi di rimozione degli inquinanti di cui dispone il Planetary Boundary Layer (i processi di deposizione umida presentano un flusso di inquinante di circa due ordini di grandezza superiore a quelli di deposizione secca), soprattutto per le polveri e per gli inquinanti caratterizzati da alta solubilità. I quantitativi di precipitazione possono essere misurati attraverso i pluviometri, sensori sempre presenti nelle reti meteorologiche standard e/o tramite utilizzo dei radar meteorologici.

1.4.3.5 Vento

Il vento influisce in modo rilevante sulle dinamiche di dispersione in atmosfera. La conoscenza della struttura del campo di vento medio consente di quantificare l'effetto di trasporto e quindi la dispersione orizzontale degli inquinanti: venti intensi favoriscono l'allontanamento delle sostanze emesse dalla sorgente, costituendo, insieme alle precipitazioni, uno dei principali sistemi di abbattimento delle concentrazioni (si pensi ad esempio ai venti di caduta tipici delle regioni alpine), mentre venti molto deboli (la "calma di vento" tipica della pianura padana), spesso associati a perduranti condizioni anticicloniche, favoriscono l'accumulo degli inquinanti. Inoltre l'interazione del campo di vento con la superficie terrestre (rilievi e rugosità del terreno) genera turbolenza di origine meccanica. Infine, l'esistenza di complessità e disomogeneità del terreno induce lo sviluppo di dinamiche locali che si sovrappongono alla struttura generale della circolazione atmosferica influenzando in modo significativo la dispersione (si pensi alle brezze di monte-valle, terra-mare o anche all'isola di calore urbana). Gli anemometri generalmente installati presso le stazioni meteorologiche standard forniscono informazioni sul vento medio, mentre gli anemometri sonici tipici delle stazioni micrometeorologiche permettono di ricavare sia la componente media che la componente fluttuante (turbolenta) del vettore vento; tramite WIND PROFILER, SODAR e radiosondaggi è possibile inoltre misurare i profili della velocità del vento (ad alta risoluzione con i primi due strumenti). Il campo di vento tridimensionale si può ricostruire con l'ausilio dei pre-processor meteorologici oppure ottenere direttamente dalla modellistica meteorologica, meglio se ad alta risoluzione.

1.4.3.6 Altezza di rimescolamento

Corrisponde all'altezza dello strato adiacente alla superficie terrestre all'interno del quale un composto, introdotto a livello del suolo, viene disperso verticalmente per turbolenza meccanica o convettiva. L'altezza di rimescolamento è uno dei parametri più utilizzati ai fini delle valutazioni di qualità dell'aria in quanto permette di quantificare le dimensioni della porzione di atmosfera influenzata dalla presenza di composti inquinanti. L'altezza di rimescolamento può essere ricavata sulla base delle misure dei profili verticali di vento o temperatura, o, in alternativa, con i pre-processor

meteorologici che utilizzano algoritmi basati- nel caso di turbolenza convettiva- sul flusso di calore sensibile e sul gradiente verticale di temperatura.

Documentazione di supporto

DOCUMENTO	TIPOLOGIA
<i>Stull R.B., “An introduction to Boundary Layer Meteorology” (1989) Kluivert Academic Press</i>	LIBRO
La Micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in atmosfera	PUBBLICAZIONE APAT CTN-ACE http://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni
Guide on modelling Nitrogen Dioxide (NO ₂) for air quality assessment and planning relevant to the European Air Quality Directive. ETC/ACM Technical Paper 2011/15	Rapporto FAIRMODE GROUP http://acm.eionet.europa.eu/reports/ETC_ACM_TP_2011_15_FAIRMODE_guide_modelling_NO2
COPERNICUS, Europe’s eyes on Earth	Data basi e Servizi

Fonti di informazione

<i>COSA SERVE</i>	<i>TIPOLOGIA INFORMATIVA</i>	<i>DOVE REPERIRE I DATI</i>
Stazioni di rilevamento al suolo	Dati puntuali di temperatura, intensità e direzione del vento, precipitazione, radiazione solare, con cadenza oraria	Servizi meteorologici regionali, reti di monitoraggio di qualità dell'aria, reti private di aziende soggette a prescrizioni ambientali
Stazioni di rilevamento micrometeorologiche	Dati puntuali dei parametri di turbolenza, vento e temperatura ad alta frequenza, flussi superficiali di calore sensibile e latente	Servizi meteorologici regionali, reti di monitoraggio di qualità dell'aria, reti private di aziende soggette a prescrizioni ambientali
Stazioni SYNOP	Dati puntuali di temperatura, intensità e direzione del vento, precipitazione, radiazione solare, stato del cielo, visibilità e copertura nuvolosa, con cadenza trioraria	Servizi meteorologici regionali, Aeronautica Militare
Radiosondaggi (circuito GTS)	Profili verticali di temperatura, umidità, direzione ed intensità del vento (con cadenza esaoraria)	Servizi meteorologici regionali, Aeronautica Militare http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html
WIND PROFILER, SODAR, RASS, Profilatori di temperatura.	Profili verticali di temperatura, umidità, direzione ed intensità del vento, ad alta risoluzione ed ad alta frequenza.	Servizi meteorologici regionali, Enti istituzionali di ricerca, Aziende soggette a prescrizioni ambientali
Modellistica meteorologica	Campi tridimensionali di altezza di geopotenziale, temperatura, umidità, direzione ed intensità del vento e parametri di turbolenza (con modelli ad area limitata)	Servizi meteorologici regionali, Modello globale I.F.S. di E.C.M.W.F (European Centre for Medium Range Weather Forecast), http://www.ecmwf.int , Modello ad area limitata Italiano COSMO (http://www2.cosmo-model.org/) Modello globale GFS di NCEP (National Center for Environmental Prediction) (http://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/gfs/)
Pre-processor meteorologici operativi	Campi dei parametri di turbolenza, altezza di rimescolamento vento e temperatura	Servizi meteorologici regionali

2 LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La valutazione della qualità dell'aria, secondo l'Articolo 1 del Decreto Legislativo 155/2010 deve essere realizzata attraverso una rete di misura e un programma di valutazione utilizzando sia misure effettuate in siti fissi sia tecniche di valutazione modellistica. In particolare la norma, all'Articolo 5 "Valutazione della qualità dell'aria ambiente", definisce le situazioni in cui debbano essere utilizzate obbligatoriamente le misure, le misure in combinazione con i modelli, o solo le tecniche modellistiche. In questo capitolo vengono quindi presentati gli elementi che devono concorrere alla valutazione integrata della qualità dell'aria, ovvero le misure puntuali di concentrazione forniti dalla rete di rilevamento (fissa e mobile) e le tecniche di modellazione con modelli di chimica e trasporto, ponendo particolare attenzione a quest'ultimo argomento.

Alla fine del paragrafo sulla valutazione modellistica viene inoltre presentata una metodologia per l'elaborazione dei risultati delle simulazioni finalizzata alla validazione del sistema ma anche propedeutica alla caratterizzazione delle zone in cui è stato suddiviso il territorio regionale in esame ai fini della gestione della qualità dell'aria, argomento descritto nel terzo ed ultimo paragrafo della sezione.

2.1 LA RETE DI MISURA FISSA

Questo paragrafo deve contenere tutte le informazioni per la valutazione della qualità dell'aria desumibili dalle misure effettuate dalla rete di monitoraggio in siti fissi.

Innanzitutto si dovrebbe riportare una descrizione delle caratteristiche della rete di monitoraggio utilizzata, che riporti la localizzazione delle stazioni di monitoraggio, attraverso l'ausilio di mappe cartografiche, ed almeno tutte le informazioni richieste dal dal D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.

Il quadro complessivo dello stato di qualità dell'aria desunto dalle misure della rete di monitoraggio può essere descritto attraverso tabelle differenziate per inquinante e per indicatore di legge che riassumano la situazione di ciascuna stazione in relazione al rispetto dei corrispondenti valori limite o valori obiettivo.

E' inoltre opportuno effettuare un'analisi statistica più approfondita degli andamenti temporali degli inquinanti misurati dalla rete fissa, prendendo in considerazione più anni di misure (almeno 5 anni, o secondo disponibilità), ai fini di rilevare le tendenze che caratterizzano ciascun inquinante sul territorio oggetto della valutazione.

Documentazione di supporto

<i>DOCUMENTO</i>	<i>TIPOLOGIA</i>
D.Lgs. 155/2010 e s.m.i	NORMATIVA
Linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia	http://www.isprambiente.gov.it/files/aria/lineeguidaretimonitoraggio.pdf

2.2 LE CAMPAGNE DI MISURA SUL TERRITORIO

Questo paragrafo deve contenere tutte le informazioni per la valutazione della qualità dell'aria desumibili dalle misure effettuate con campagne di monitoraggio sul territorio. Per le campagne di misura possono essere utilizzati le modalità di reportistica e di analisi descritte per le misure da rete fissa. Si rimanda comunque al D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. per i dettagli sulle misure indicative.

Documentazione di supporto

<i>DOCUMENTO</i>	<i>TIPOLOGIA</i>
D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.	NORMATIVA

2.2.1 Applicazione della catena modellistica di qualità dell'aria: la valutazione annuale ed il caso base

Questo paragrafo deve contenere una descrizione della distribuzione spaziale degli inquinanti in tutto il territorio regionale, anche in quelle porzioni ove non esistono punti di misura, includendo una valutazione di tutti gli inquinanti per i quali vi sono norme di riferimento.

Un modello di dispersione è lo strumento che permette di ricostruire la distribuzione spaziale di un inquinante in tutto il territorio e di valutare gli inquinanti non misurati direttamente dalla rete di monitoraggio (in questo senso un modello integra le informazioni provenienti dai punti di campionamento in siti fissi), relativamente allo scenario base (ovvero riferito all'attuale quadro emissivo) ma anche, e soprattutto, di studiare gli effetti di ipotetici scenari di emissioni alternative legate alle azioni di mitigazione intraprese.

Secondo le indicazioni del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", la scelta del modello da utilizzare deve essere effettuata innanzitutto definendo correttamente lo scenario di applicazione, intendendo con tale termine l'insieme degli elementi caratteristici che consentono di individuare la categoria di modelli appropriata:

- la scala spaziale e temporale,
- la complessità del territorio in esame,
- la tipologia delle sorgenti e le sostanze inquinanti da considerare.

In secondo luogo si deve tenere conto della disponibilità di dati in ingresso e delle risorse hardware e software a disposizione.

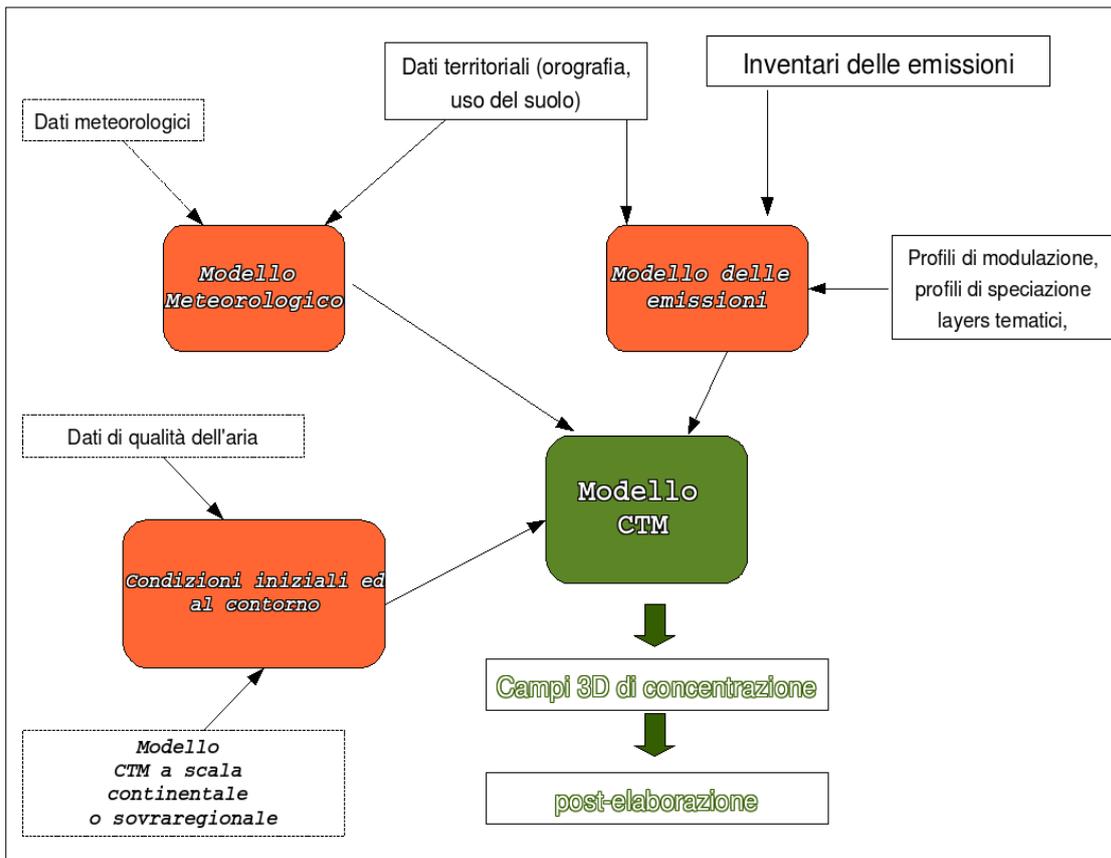
Dal momento che l'attuale quadro normativo indica chiaramente quali inquinanti considerare e che i valori limite con i loro valori accessori (soglie di valutazione, margini di tolleranza) sono da calcolare principalmente con riferimento ad un intervallo temporale annuale, per la redazione dei piani di qualità dell'aria di cui all'Articolo 9 del D.Lgs. 155/2010 è opportuno utilizzare modelli euleriani di trasporto e dispersione (Chemistry Transport Model, CTM), che risultano essere allo stato attuale i più adatti a simulare gli inquinanti a maggiore criticità come ozono, ossidi di azoto e PM₁₀ (e

PM_{2,5}). L'applicazione del modello di trasporto e dispersione su base annuale, in riferimento al quadro emissivo corrente, permette di effettuare la Valutazione della Qualità dell'Aria per l'anno di riferimento scelto. Per l'analisi di scenario potrà eventualmente venire individuato un periodo di durata inferiore all'anno, ma sufficientemente rappresentativo, che identifica il caso base da utilizzare come confronto con i diversi scenari emissivi (il caso base può naturalmente coincidere con l'anno di riferimento).

Nella successiva figura è riportato uno schema tipico di applicazione di un modello CTM. Si può notare come l'utilizzo di un tale modello richieda l'allestimento di una catena modellistica complessa, composta da diversi componenti applicati su un dominio di calcolo definito in modo appropriato:

- la componente meteorologica,
- la componente emissiva,
- un modulo per le condizioni al contorno ed iniziali,
- il modello di chimica, trasporto e diffusione
- un modulo per la post elaborazione dei campi tridimensionali prodotti.

Per ottenere i dati in ingresso è spesso necessario ricorrere ad altri modelli e quindi disporre di pre-processor e post-processor che operino da interfacce tra i diversi codici di calcolo, permettendo così la predisposizione degli input e l'elaborazione degli output. Occorre sottolineare che implementare un modello di chimica e trasporto significa quindi non solo applicare il modello in sé, ma piuttosto organizzare e gestire una rete di codici di calcolo in modo integrato. In una simulazione annuale inoltre particolare attenzione deve essere posta alla gestione della grande mole di dati richiesti in ingresso e prodotti in uscita da ciascun elemento della catena modellistica. In tali casi è opportuno adottare un approccio modulare, in modo che la simulazione complessiva risulti come composizione di simulazioni intermedie, ciascuna su un periodo ridotto di simulazione (ad esempio dieci giorni o un mese). Tale impostazione garantisce una maggiore flessibilità, permette di controllare l'andamento ed i risultati delle simulazioni in fasi intermedie e genera *files* di dimensioni più contenute e facilmente gestibili.



Le procedure da seguire nell'applicazione di un modello CTM nell'ambito delle attività previste dalla normativa comunitaria e nazionale vengono descritte in dettaglio nei rapporti tecnici della European Environment Agency (EEA) e del FAIRMODE (Forum for Air Quality MODElling) Group ("The application of models under the European Union's Air Quality Directive", "How to start with PM modelling for air quality assessment and planning relevant to the Air Quality Directive" e "Guide on modelling Nitrogen Dioxide for air quality assessment and planning relevant to the European Air Quality Directive") mentre informazioni circa i modelli CTM più utilizzati e fonti di dati utilizzati nell'ambito del sistema agenziale possono essere trovate nel rapporto "Quadro conoscitivo sulle attività di "Modellistica di qualità dell'aria" in ambito agenziale". Tale indagine sullo stato dell'arte nel sistema agenziale della modellistica di qualità dell'aria è stata svolta dal gruppo di lavoro 22 ISPRA/ARPA/APPA, nell'ambito del Programma triennale 2014 - 2016 del Sistema Nazionale Protezione dell'Ambiente. Il rapporto finale illustra in dettaglio gli obiettivi della ricognizione, il questionario mediante il quale è stata svolta, una rassegna dei principali risultati ottenuti dalle elaborazioni delle informazioni raccolte. In particolare le informazioni circa le catene modellistiche utilizzate dalle varie agenzie per la valutazione modellistica annuale e l'analisi di scenari sono riportate nei cap.5 e 7 dedicati rispettivamente ai modelli meteorologici e alla modellistica di qualità dell'aria a scala regionale in uso.

http://www.isprambiente.gov.it/files/snpa/consiglio-federale/DOC77_CFModelliqualitydellariaconlegati.pdf

Infine si ricorda che un esempio di applicazione pratica di modelli CTM per applicazioni legate alla qualità dell'aria si può trovare nel "Rapporto tecnico sulla applicazione modellistica al Bacino Padano Adriatico" (Rapporto CTN-ACE 2006).

Documentazione di supporto

<i>DOCUMENTO</i>	<i>TIPOLOGIA</i>
D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.	NORMATIVA
Model Documentation System di European Topic Centre on Air and Climate Change - ETC/ACC	BANCA DATI EEA http://pandora.meng.auth.gr/mds/mds.php
“Guida interattiva alla scelta dei modelli di dispersione nella valutazione della qualità dell’aria “	RAPPORTO APAT CTN-ACE” http://snoopy.smr.arpa.emr.it/CTN/ e http://www.smr.arpa.emr.it/CTN
Rapporto tecnico sulla applicazione modellistica al Bacino Padano Adriatico.	RAPPORTO APAT CTN-ACE 2006 http://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni
I modelli per la valutazione della qualità dell’aria	RTI CTN_ACE 4/2001 http://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni
Linee guida per la selezione e l’applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell’aria	RTI CTN_ACE 2/2000 http://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni
Metodi per la pre-elaborazione di dati di ingresso ai modelli tridimensionali di dispersione atmosferica	RTI CTN_ACE 5/2001 http://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni
I modelli per la valutazione e gestione della qualità dell’aria: normativa, strumenti, applicazioni	Rapporto CTN_ACE, 2004 http://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni
La micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in atmosfera”	PUBBLICAZIONE APAT CTN-ACE http://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni
Guide on modelling Nitrogen Dioxide (NO2) for air quality assessment and planning relevant to the European Air Quality Directive. ETC/ACM Technical Paper 2011/15	Rapporto FAIRMODE GROUP http://acm.eionet.europa.eu/reports/ETC_ACM_TP_2011_15_FAIRMODE_guide_modelling_NO2
The application of models under the European Union’s Air Quality Directive: A technical reference guide	Rapporto FAIRMODE GROUP http://www.eea.europa.eu/publications/fairmode
How to start with PM modelling for air quality assessment and planning relevant to the Air Quality Directive	http://acm.eionet.europa.eu/reports/ETC_ACM_TP_2013_11_FAIRMODE_guide_modelling_PM

<p>Quadro conoscitivo sulle attività di “Modellistica di qualità dell’aria” in ambito agenziale</p>	<p>Rapporto GDL SNPA http://www.isprambiente.gov.it/files/snpa/consiglio-federale/DOC77_CFModelliqualitdellariaconallegati.pdf</p>
---	---

2.3 L’ELABORAZIONE DEI RISULTATI DEI MODELLI AI FINI DELLE VALUTAZIONE DELLO STATO DI QUALITÀ DELL’ARIA

L’applicazione del modello CTM alla simulazione annuale sullo scenario di riferimento (o analogamente al caso base) fornisce come risultato diretto i campi tridimensionali di concentrazione per tutti gli inquinanti modellizzati dallo schema chimico implementato nel modello. Tali campi devono essere opportunamente elaborati per costruire gli indicatori di legge per gli inquinamenti normati da utilizzare ai fini della valutazione dello stato di qualità dell’aria sul territorio in esame.

2.3.1 La validazione del sistema

Preliminarmente è però necessario effettuare una validazione della catena modellistica adottata, ovvero i risultati devono essere corredati da un’analisi che ne permetta di stabilire il grado di accuratezza. L’Allegato I del D.Lgs. 155/2010 stabilisce che le prestazioni del modello devono essere espresse in termini di incertezza, definita come la deviazione massima tra le concentrazioni determinate con le tecniche modellistiche e le concentrazioni rilevate con le misurazioni e relative al periodo di mediazione del valore limite o del valore obiettivo, indipendentemente dall’ordine cronologico dei periodi a cui si riferiscono i dati.

La validazione del sistema modellistico in termini di obiettivi di qualità per la modellizzazione stabiliti dalla normativa nazionale, presuppone quindi un approccio che possiamo definire “verifica per punti stazione”, in cui le concentrazioni misurate dalle stazioni di rilevamento di qualità dell’aria (fisse o mobili) vengono confrontate con le concentrazioni simulate del modello sulle coordinate della stazione di qualità dell’aria. Nel seguito si descrive la metodologia da seguire per effettuare tale tipo di analisi (un esempio concreto di applicazione si può trovare nel Rapporto tecnico sulla applicazione modellistica al Bacino Padano Adriatico citato nel precedente paragrafo), rimandando ai rapporti FAIRMODE “The application of models under the European Union’s Air Quality Directive: A technical reference guide” (capitolo 5) “Guide on modelling Nitrogen Dioxide for air quality assessment and planning relevant to the European Air Quality Directive” (capitolo 7) per maggiori dettagli :

- *Identificazione del dataset di verifica:* innanzitutto si devono scegliere, tra tutte le stazioni di qualità dell’aria presenti sul territorio, quelle più idonee al confronto con la simulazione (in un numero comunque sufficiente alla corretta descrizione dei livelli di concentrazione degli inquinanti nell’area). Bisogna tenere presente infatti che i valori simulati sono rappresentativi di aree (o volumi) medi in relazione alla scala della simulazione, mentre le osservazioni sono punti nello spazio, ed quindi è opportuno individuare quei siti che presentino un’adeguata rappresentatività spaziale in riferimento alle dimensioni del grigliato di calcolo. I siti scelti devono inoltre soddisfare gli obiettivi di

qualità per la raccolta minima dei dati (come stabilito negli allegati citati in precedenza). Per ogni inquinante il dataset di riferimento potrà naturalmente essere diverso.

- *Estrazione della serie temporale simulata:* a partire dai campi orari di concentrazione sul primo livello del modello, si deve stimare la serie temporale (per ciascun inquinante considerato) simulata su ciascuna stazione del dataset di verifica, con metodi statistici o interpolativi. Particolarmente usata in tali ambiti è l'interpolazione bilineare che utilizza i quattro punti griglia più vicini alle coordinate in esame.
- *Calcolo degli indicatori di legge:* per le serie simulate ed osservate si calcolano a partire dai dati orari, gli indicatori stabiliti dalla normativa per ogni inquinante
- *Calcolo dell'incertezza:* per ogni indicatore viene calcolata l'incertezza e confrontata con le soglie stabilite dalla normativa.

Oltre alla verifica del rispetto degli obiettivi di qualità per la modellizzazione, è comunque opportuno effettuare un'analisi più approfondita delle prestazioni del modello, ad esempio in termini di indici statistici di performance, od in termini di confronto tra le distribuzioni di concentrazioni osservate e simulate, sempre ricorrendo ad un approccio "verifica per punti stazione". Per la scelta degli indici da utilizzare nell'analisi si può fare riferimento all'Allegato 2 "Quality indicators for meteorological and air quality model evaluation" del già sopra menzionato rapporto tecnico "The application of models under the European Union's Air Quality Directive: A technical reference guide", oltre che alla letteratura scientifica sull'argomento ed al già citato Rapporto tecnico sulla applicazione modellistica al Bacino Padano Adriatico.

2.3.2 La distribuzione spaziale degli indicatori

Effettuata l'analisi delle prestazioni della catena modellistica (ipotizzando che la qualità dei risultati sia conforme a quanto richiesto dalla normativa), bisogna quindi procedere al calcolo degli indicatori di legge. I campi degli indicatori ed i campi di superamento dei valori limite, delle soglie di valutazione superiore ed inferiore e dell'eventuale margine di tolleranza, vengono calcolati aggregando sulla opportuna base temporale (oraria, giornaliera, annuale, etc) le medie orarie di concentrazione al suolo su ogni punto della griglia orizzontale del dominio.

I campi degli indicatori possono quindi essere successivamente rappresentati con mappe di isoconcentrazione a cui possono essere sovrapposte carte tematiche del territorio, per analizzarne la distribuzione spaziale (e quindi anche la coerenza con le caratteristiche note dell'area in esame) e valutarne lo stato rispetto al superamento dei valori limite ed accessori.

Tuttavia la rappresentazione con mappe di isoconcentrazione non è generalmente sufficiente, in quanto la concentrazione simulata rappresenta, come più volte ricordato, il valore medio dell'inquinante sulla cella del grigliato di calcolo. La Valutazione di qualità dell'aria non si riferisce ad un grigliato di calcolo, ma a differenti unità territoriali (come i Comuni) che consentano di effettuare la classificazione (o l'aggiornamento della stessa) del territorio in esame. E' necessario pertanto definire una metodologia per riportare il dato dalla griglia all'unità base a cui la valutazione di qualità dell'aria si riferisce. Una possibile soluzione, adottata operativamente dalla Regione Piemonte e successivamente utilizzata a livello europeo nel progetto LIFE MED HISS ("Mediterranean Health Interview Surveys Studies: long term exposure to air pollution and health surveillance" LIFE12 ENV/IT/00083) è la seguente (assumendo che il comune sia l'unità territoriale scelta):

- si identificano i punti griglia che ricadono all'interno del territorio di un dato comune (tramite sistemi GIS che utilizzano metodi geo statistici e di cartografie tematiche),
- a partire dai valori di concentrazione assunti nei punti griglia selezionati si calcola un solo valore rappresentativo di concentrazione e lo si assegna al Comune in esame. Tale valore rappresentativo può essere identificato in una statistica di posizione della distribuzione dei valori dei punti griglia che ricadono nel territorio in esame (ad esempio il 90° percentile o il massimo), oppure con una media pesata che tenga conto delle caratteristiche morfologiche e/o di urbanizzazione del comune (ad esempio media pesata sulla percentuale di area edificata in ogni cella).

Documentazione di supporto

<i>DOCUMENTO</i>	<i>TIPOLOGIA</i>
D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.	NORMATIVA
The application of models under the European Union's Air Quality Directive: A technical reference guide	Rapporto FAIRMODE GROUP http://www.eea.europa.eu/publications/fairmode
Rapporto tecnico sulla applicazione modellistica al Bacino Padano Adriatico.	RAPPORTO APAT CTN-ACE 2006 http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni

2.4 LA CARATTERIZZAZIONE DELLE ZONE

2.4.1 Criteri generali

L'entrata in vigore del D.Lgs 155/2010 ha reso necessario un riesame delle esistenti zonizzazioni dei territori regionali ai fini di renderle conformi alle nuove disposizioni statali. La precedente normativa - decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351 e decreto del Ministro dell'Ambiente 1 ottobre 2002, n. 261 – prevedeva, infatti, che le zone fossero individuate sulla base della valutazione della qualità dell'aria, perseguendo il più possibile il soddisfacimento contemporaneo dei criteri di idoneità per la gestione (piani di risanamento o di mantenimento) e di quelli per la valutazione, assicurando un buon collegamento con le azioni di piano da intraprendere.

L'Articolo 1 del D.Lgs. 155/2010, definisce, invece, la zonizzazione del territorio “il presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria ambiente”, le cui modalità di svolgimento sono individuate sulla base della classificazione delle zone medesime. Successivamente “ciascuna zona o agglomerato è classificata allo scopo di individuare le modalità di valutazione mediante misurazioni e mediante altre tecniche in conformità alle disposizioni del” decreto. La valutazione della qualità dell'aria è, a sua volta, “il presupposto per l'individuazione delle aree di superamento dei valori, dei livelli, delle soglie e degli obiettivi previsti” dal decreto per i vari inquinanti.

I criteri per la zonizzazione del territorio ai fini della qualità dell'aria sono specificati nel D.Lgs. 155/2010, sinteticamente all'Articolo 1 e dettagliatamente nell'Appendice I “Criteri per la zonizzazione del territorio”.

Innanzitutto devono essere individuati gli agglomerati, sulla base dell'assetto urbanistico e della popolazione residente, successivamente si prosegue con la delimitazione delle altre zone. Per gli inquinanti con prevalente o totale natura "secondaria" (il PM_{10} , il $PM_{2,5}$, gli ossidi di azoto e l'ozono), il processo di zonizzazione deve tenere conto delle caratteristiche orografiche, di quelle meteoclimatiche, del carico emissivo e del grado di urbanizzazione del territorio; per gli inquinanti primari (il piombo, il monossido di carbonio, gli ossidi di zolfo, il benzene, il benzo(a)pirene e i metalli), la zonizzazione deve essere effettuata in funzione del carico emissivo. Il decreto precisa che “nell'individuazione delle zone si deve fare riferimento ai confini amministrativi degli enti locali, nella misura in cui ciò non contrasti con i criteri del decreto” stesso; qualora la zonizzazione non si riferisca a confini amministrativi, “il confine della zona deve essere individuato tramite apposite mappe (mediante “shape file”).

Fatto salvo che per “gli ossidi di azoto, il PM_{10} ed il $PM_{2,5}$ deve essere effettuata, preferibilmente, la stessa zonizzazione”, è prevista la possibilità di differenti zonizzazioni per i differenti inquinanti. La scelta di adottare una zonizzazione valida per tutti gli inquinanti o più zonizzazioni separate per ciascun inquinante (o un loro raggruppamento) non può essere fatta sulla base di criteri univoci e dipende dalle caratteristiche (orografiche, emissive, demografiche) dei territori in esame. Ad esempio, in regione Piemonte ed in regione Sardegna è stata adottata una zonizzazione per l'ozono ed una zonizzazione per gli altri inquinanti, in regione Emilia Romagna una zonizzazione unica per tutti gli inquinanti. Nel caso si adottino zonizzazioni differenti, queste devono essere tra loro integrate “in modo tale che, laddove siano state identificate per un inquinante zone più ampie e per uno o altri inquinanti zone più ridotte, è opportuno che le zone più ampie coincidano con l'accorpamento di quelle più ridotte” (un esempio di tale procedimento lo si può trovare nella zonizzazione della Regione Lombardia per quanto riguarda l'ozono). La zonizzazione riferita ai valori

limite per la protezione degli ecosistemi o della vegetazione non necessariamente coincide con quella riferita ai valori limite per la protezione della salute.

Nel processo di zonizzazione, a fronte di una lettura corretta delle pressioni/stato che caratterizzano le unità territoriali, è importante che la scelta fatta possa consentire l'applicabilità e la gestione della pianificazione. L'approccio prevalentemente adottato a livello nazionale dalle varie entità amministrative (Regioni, Province Autonome) consiste quindi in una zonizzazione secondo i criteri tecnici ben dettagliati nel D.Lgs 155/2010 (con alcune scelte differenti a seconda delle Amministrazioni, ad esempio sull'adozione o meno di una zonizzazione unica per tutti gli inquinanti) ed un successivo raccordo e/o integrazione con una "zonizzazione amministrativa", attraverso la ricerca delle possibili combinazioni tra le aree territoriali precedentemente identificate.

2.4.2 La classificazione delle zone

Le zone e gli agglomerati individuati nel processo di zonizzazione devono essere classificati (ex Art. 4 D.Lgs. 155/2010) per ogni singolo inquinante e per ciascun obiettivo di protezione, sulla base delle soglie di valutazione superiori ed inferiori previste dall'Allegato II del D.Lgs. 155/2010, sezione 1; per l'ozono invece delle soglie di valutazione, occorre considerare gli obiettivi a lungo termine previsti nell'Allegato VII, paragrafo 3.

Ai fini della classificazione si analizzano, secondo la procedura dettagliata nella sezione 2 dell'Allegato II del D.Lgs. 155/2010, i livelli di concentrazione degli inquinanti nei cinque anni civili precedenti e si verifica l'eventuale esistenza di superamento, per almeno tre anni, delle soglie sopraccitate.

I dati utilizzati nel processo di classificazione derivano dalla "valutazione effettuata ai sensi dell'articolo 5" (Valutazione della qualità dell'aria), quindi dagli strumenti previsti nel Programma di Valutazione: innanzitutto la rete di monitoraggio in siti fissi, poi le tecniche di modellizzazione e le misure indicative. In particolare la modellistica, le tecniche di stima obiettiva e campagne di misura devono essere utilizzate, anche in combinazione tra loro, qualora non si disponga di dati di misura sufficienti per i cinque anni civili precedenti. La classificazione deve essere aggiornata almeno ogni 5 anni o comunque in caso di significative modifiche delle attività che incidono sulle concentrazioni degli inquinanti in aria

A valle del processo di classificazione, risultano definiti per ciascuna zona e per ciascun inquinante gli strumenti di valutazione da utilizzare. Nel dettaglio di quanto previsto dall'Articolo 5 del D.Lgs. 155/2010, le misurazioni in siti fissi sono obbligatorie qualora la zona venga valutata rispetto ad uno specifico inquinante al di sopra della rispettiva soglia di valutazione inferiore; in tal caso comunque la norma stabilisce che queste possano essere combinate (se al di sotto della soglia di valutazione superiore) o integrate (se al di sopra anche della soglia di valutazione superiore) con tecniche di modellizzazione o con misurazioni indicative in modo tale da permettere anche una riduzione del numero complessivo delle stazioni di misurazione di cui all'Allegato V del decreto secondo i criteri specificati all'Articolo 7, comma 2 e comma 3. Le tecniche di modellazione possono invece essere utilizzate in modo esclusivo nelle zone e per gli inquinanti valutati al di sotto della rispettiva soglia di valutazione inferiore.

E' opportuno sottolineare che, per essere utilizzate ad integrazione o in combinazione con le misurazioni in siti fissi, le tecniche di modellizzazione devono soddisfare gli obiettivi di qualità del dato, valutati secondo quanto descritto nel precedente paragrafo di queste linee guida.

L'attuale quadro normativo non fornisce inoltre chiare definizioni di cosa si intenda per utilizzo "integrato" od utilizzo "combinato" delle modellistica con le misurazioni in siti fissi. Seguendo anche quanto riportato dal già citato rapporto tecnico "The application of models under the European Union's Air Quality Directive: A technical reference guide", si può affermare che nel primo caso si sottolinea come la modellistica sia una fonte dati supplementare rispetto alla misura, che può fornire informazioni aggiuntive, quali ad esempio la stima della popolazione esposta. Nel secondo caso invece modellistica e misure sono su livelli informativi simili ed il modello può essere usato, ad esempio, su aree geografiche non sufficientemente coperte dalla rete di monitoraggio.

In entrambi i casi negli ultimi anni si stanno sempre più affermando ed evolvendo tecniche di "data fusion" o "data assimilation" che permettono di integrare direttamente i dati misurati nei modelli di qualità dell'aria, al fine di ottenere la migliore stima della distribuzione spaziale degli inquinanti. Maggiori dettagli ed esempi di applicazione di tali tecniche si possono trovare nelle già citate pubblicazioni EEA e FAIRMODE (in particolare per quanto riguarda i risultati delle "Cross-cutting activities" CCA2 - Monitoring & modeling), nonché nei report e pubblicazioni di alcune Agenzie che utilizzano operativamente modelli in combinazione con le misure (Piemonte, Lombardia, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lazio).

Documentazione di supporto

<i>DOCUMENTO</i>	<i>TIPOLOGIA</i>
D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.	NORMATIVA
The application of models under the European Union's Air Quality Directive: A technical reference guide	Rapporto FAIRMODE GROUP http://www.eea.europa.eu/publications/fairmode

3 L'ANALISI DI SCENARI

La Direttiva 2008/50 CE ed il decreto di recepimento D.Lgs. 155/2010, indicano che "i Piani di qualità dell'aria stabiliscono misure per il raggiungimento dei valori limite o dei valori obiettivo". Questa funzione dei Piani è stata recentemente evidenziata ed ulteriormente chiarita dalla comunicazione del 17 giugno 2016, relativa alla costituzione in mora complementare di alcune regioni italiane relativamente alla procedura di infrazione 2014/2147 per il superamento dei valori limite di PM₁₀ in Italia.

3.1 LA DETERMINAZIONE DEGLI SCENARI EMISSIVI

La determinazione di scenari di emissioni si realizza in concreto nella ricostruzione della situazione attuale (caso base o situazione di riferimento) e nell'analisi di opportuni "scenari", ovvero di possibili situazioni evolutive o alternative rispetto al caso di riferimento.

Per quanto riguarda l'approccio è possibile sostanzialmente distinguere tra due tipi di scenari emissivi:

- **scenari emissivi "top-down" o modellistici;**
- **scenari emissivi "bottom-up".**

Gli **scenari "top-down" o modellistici** sono costruiti a partire dalle emissioni del caso base introducendo riduzioni percentuali delle emissioni totali, di uno o più inquinanti, oppure ipotizzando riduzioni differenziate per i macrosettori di appartenenza. In questo caso non necessariamente le riduzioni corrispondono all'equivalente di abbattimento connesso all'adozione di un preciso intervento, tuttavia l'utilità di simulare scenari di questo tipo consiste nella possibilità di fornire un'indicazione di massima qualora non si disponga di una valutazione dettagliata dell'intervento ma solo del tipo di inquinanti potenzialmente interessati.

Gli scenari **"bottom-up"** sono realizzati introducendo riduzioni delle emissioni del caso base basate su una conoscenza di dettaglio della efficacia di riduzione delle emissioni attribuibile alle misure che si intendono applicare.

Nella maggioranza dei casi pratici, nella costruzione degli scenari emissivi viene utilizzata una combinazione delle metodologie top-down e bottom-up che definisce il livello di dettaglio che si intende raggiungere.

Il **livello di dettaglio** dipende dagli obiettivi dell'analisi. Il numero di gradi di libertà da introdurre va scelto sulla base di un compromesso, tra il numero di variabili che si presume possano essere interessate dall'intervento e la capacità di stimare quantitativamente le variazioni emissive ad esse associate. Più il numero di gradi di libertà è ampio, più l'analisi risulta complicata; d'altro canto più il numero di gradi di libertà viene ridotto, minore sarà il numero di variabili su cui agire e di cui aver noto l'impatto dalla risposta derivante dagli scenari.

Gli scenari emissivi possono avere finalità differenti e, in base agli interventi e alle situazioni prese in considerazione e all'orizzonte temporale a cui si riferiscono, distinguersi in:

- **scenario tendenziale CLE** o legislazione corrente: si tratta di uno scenario che proietta le emissioni del caso base nell'orizzonte temporale del Piano, realizzata

considerando gli effetti della piena applicazione di tutte le misure derivanti dalla legislazione già approvata;

- **scenario obiettivo**: si tratta di uno scenario che individua la riduzione delle emissioni da applicare allo scenario CLE per raggiungere gli obiettivi previsti dalla normativa, qualora i valori limite non venissero raggiunti entro l'orizzonte temporale del Piano a seguito della piena attuazione della legislazione corrente.

A questi scenari viene spesso aggiunto un ulteriore scenario:

- **scenario MFR o di massima riduzione possibile**: si tratta di uno scenario che proietta le emissioni del caso base nell'orizzonte temporale del Piano, realizzato considerando gli effetti della piena applicazione di tutte le migliori tecnologie attualmente disponibili.

La scelta dell'**orizzonte temporale** influenza direttamente la complessità della costruzione di scenari evolutivi, dal momento che occorre considerare l'evoluzione delle emissioni nel nuovo contesto socio-demografico ed ambientale che andrebbe ad attuarsi in presenza/assenza degli interventi. In questa situazione gli indicatori di attività e i fattori di emissione per gli anni target sono di fatto l'output di altri modelli in grado di fornire per esempio l'evoluzione del PIL, della popolazione, dei consumi, ecc; ad esempio, l'evoluzione negli anni futuri della richiesta di mobilità non può essere ragionevolmente disgiunta da quella di altre variabili socio-economiche.

Come si è detto, lo scenario evolutivo CLE è la risultante dall'andamento del contesto socio-economico in condizioni normali - connessa cioè all'applicazione dell'apparato di leggi vigente e all'evoluzione tecnologica conseguente al recepimento di vincoli normativi previsti per gli anni futuri - senza ulteriori interventi. Teoricamente lo scenario evolutivo dovrebbe includere anche interventi infrastrutturali la cui realizzazione è prevista negli anni futuri, ma generalmente, risultando questa valutazione molto onerosa e richiedendo di fatto l'attivazione di altri studi ad hoc, vengono introdotte ipotesi di compromesso data l'evidente impossibilità di tenere conto di tutte le variabili. Lo **scenario CLE per l'Italia** è disponibile per ciascuna regione attraverso il sito GAINS-Italy (<http://gains-it.bologna.enea.it/gains/IT/index.login>).

La costruzione dello **scenario obiettivo** dipende dall'origine dell'inquinamento, sia dal punto di vista delle sorgenti degli inquinanti atmosferici (inquinamento di origine primaria) e delle trasformazioni chimiche che questi subiscono (inquinamento di origine secondaria), che dal punto di vista dell'origine geografica (inquinamento dovuto al trasporto di inquinanti e dei loro precursori all'interno dell'area di studio a partire da componenti esterne a tale area). (per la definizione dell'origine dell'inquinamento si veda il capitolo 1. Quadro conoscitivo).

Nel caso più comune l'inquinamento è quindi originato da una combinazione di inquinanti primari e secondari, dovuti a molteplici fonti di emissioni, ed è influenzata da componenti di diversa origine geografica. Le misure che consentono il raggiungimento dei valori limite sono pertanto costituite da un insieme vario e complesso di azioni che agiscono sia sulle emissioni dirette di uno specifico inquinante (ad es. PM₁₀) sia sui precursori (ad es. NOX, COV, NH₃, SOX, ecc). L'individuazione dello scenario obiettivo deve quindi essere necessariamente realizzata con l'ausilio di un modello chimico di trasporto e dispersione che consenta di stabilire la relazione tra variazioni nelle emissioni di inquinanti primari e precursori e la concentrazione in aria degli stessi

e dei corrispondenti inquinanti secondari. Per tenere in considerazione l'origine geografica dell'inquinamento il modello chimico deve essere implementato su una scala spaziale sufficientemente estesa da poter riprodurre i principali meccanismi di trasporto e dispersione.

Diverso è il caso delle situazioni di inquinamento dominate dalla presenza di inquinanti primari; in questo caso risulta più semplice indagare la riduzione ottimale per raggiungere un obiettivo, dal momento che la componente meteo-dispersiva interviene nel modulare il rapporto di diluizione tra concentrazioni ed emissioni.

Per individuare l'obiettivo di riduzione delle emissioni è necessario condurre più simulazioni modellistiche che considerano scenari emissivi intermedi compresi tra lo scenario CLE e lo scenario MFR (si veda il paragrafo 3.2).

Una volta definito l'obiettivo di riduzione delle emissioni inquinanti (ad es. riduzione pari al 50% delle emissioni di PM₁₀ e di NO_x, al 30 % di COV e di NH₃ e al 10 % di SO_x) è necessario individuare le misure specifiche che consentono il raggiungimento di tale obiettivo di riduzione. Esistono infatti molteplici combinazioni di misure che consentono il raggiungimento di un determinato obiettivo di riduzione; possiamo distinguere tra:

- **misure tecnologiche**
- **misure energetiche**

Anche in questo caso l'identificazione delle "misure applicabili" può essere fatta selezionando tra le diverse possibili misure quelle che si ritengono più idonee per il raggiungimento dell'obiettivo. Nel condurre tale operazione è necessario disporre di un "**catalogo delle misure**", che può essere costruito ex novo o sulla base di cataloghi esistenti. In ambito europeo viene comunemente utilizzata a questo scopo la metodologia GAINS, implementata in Italia da GAINS-Italy; nella metodologia GAINS le misure sono identificate attraverso l'individuazione almeno dei seguenti parametri caratteristici:

- identificativo della misura.
- RE (Removal Efficiency)
- AR (Application Rate)
- Costo

Gli stessi elementi saranno anche raccolti ed aggiornati in fase di monitoraggio del Piano (INSERIRE IN CAP. 3.3).

Oltre ai parametri caratteristici minimi, va considerato che si possono aggiungere ulteriori elementi di maggior complessità; l'onerosità - in termini di dati da raccogliere - dipende dalle caratteristiche degli scenari, ad esempio:

- il riferimento temporale, ovvero scenari alternativi (temporalmente legati all'ipotesi del caso base) o scenari evolutivi (proiettati in anni futuri);
- il livello di dettaglio - spaziale/temporale/di attività - richiesto;
- tipologia/numero di interventi si intende considerare.

Il catalogo delle misure GAINS e GAINS-I è scaricabile dal sito (<http://gains-it.bologna.enea.it/gains/IT/index.login>).

Il catalogo GAINS contiene le **misure tecnologiche** applicabili. Si tratta di misure che consentono la riduzione delle emissioni inquinanti attraverso l'introduzione di sistemi di abbattimento (ad es. desolficatori al camino) od il cambio di tecnologia (ad es.

sostituzione di veicoli Euro IV con veicoli Euro V-VI), la sostituzione di sistemi di combustione (es. camino aperto con stufe a base emissioni), ecc.

L'Ente incaricato della redazione del Piano può integrare il catalogo delle misure tecnologiche contenute nel catalogo con **misure energetiche**. Si tratta di misure che mirano alla riduzione delle emissioni attraverso la riduzione dei consumi, ad esempio attraverso pratiche di coibentazione degli edifici, o modifiche del comportamento (ad es. trasferimento della mobilità dal mezzo privato al mezzo pubblico o alle biciclette).

In entrambi i casi è necessario che ad ogni misura siano associati gli elementi che ne consentono la valutazione quantitativa in termini di emissioni. Informazioni utili possono essere derivate dai BREF. Alcune informazioni possono inoltre essere presenti nella EMEP_Guidebook (che fornisce l'efficacia di alcune tecnologie di abbattimento). Per quanto concerne il traffico la metodologia è COPERT, di cui è stata pubblicata la versione IV. Al fine di garantire una consistenza della stima per la costruzione dello scenario è comunque fondamentale disporre delle ipotesi di calcolo (metodo, fattore di emissione e indicatore) utilizzato per la costruzione del caso base.

La definizione dello scenario di Piano

La scelta del mix di misure che si intende applicare per il raggiungimento degli obiettivi ambientali del Piano costituisce il cuore del processo di pianificazione e nasce dalla considerazione di vari fattori, quali la sostenibilità dei costi e la sostenibilità sociale delle misure da adottare. Nella valutazione della sostenibilità dei costi entrano considerazioni sia relative ai costi diretti, conseguenti alla messa in esercizio delle misure del Piano, sia ai costi indiretti, conseguenti ad esempio alla mancata attuazione delle misure, alla quale conseguono danni e quindi costi alla salute ed all'ambiente. Queste valutazioni sono appannaggio delle autorità regionali e nazionali preposte alla pianificazione.

Può essere di utile supporto alla pianificazione l'individuazione di un set ottimale di misure applicabili, definite attraverso una analisi costi-benefici. L'analisi costi-benefici consente di individuare - tra le misure contenute nel catalogo - quelle che permettono di raggiungere un determinato obiettivo ambientale al minimo costo. Questa attività viene condotta attraverso i **modelli di valutazione integrata** (si veda il paragrafo 3.2).

Una volta definite da parte delle autorità preposte alla pianificazione le misure che costituiscono il Piano Aria, risulta necessario dimostrare che il Piano consentirà di raggiungere i valori limite: quest'ultimo aspetto costituisce la valutazione dello scenario di Piano attraverso la valutazione modellistica (si veda il paragrafo 3.2).

Lo **scenario di Piano** identifica la riduzione delle emissioni associate all'insieme di misure selezionate dalle autorità responsabili della pianificazione; attraverso lo scenario di Piano si intende valutare l'efficacia di un preciso intervento o di un insieme di interventi specifici. In questo caso la costruzione dello scenario deve essere fatta dal basso (metodologia "*bottom up*") modificando le variabili utilizzate per la stima del caso base. La costruzione di questi scenari è indubbiamente più onerosa rispetto a quella del tipo modellistico (top-down), sia in termini di dati di partenza che di metodo di stima.

Poichè in generale le stime di emissioni derivanti da una determinata sorgente vengono ottenute - in estrema sintesi - come prodotto tra il fattore di emissione e l'indicatore

(vedi cap.1), ovvero la variabile legata all'attività produttiva connessa con la sorgente (ad es. i flussi dei veicoli tipicamente per il traffico, i consumi di combustibile per il riscaldamento, ecc.), per costruire uno scenario emissivo che consenta di riprodurre gli effetti derivanti dall'adozione di un intervento è necessario esprimere in termini quantitativi le modifiche del fattore di emissione e/o dell'indicatore. L'entità dipende evidentemente dal tipo di interventi inseriti nel "catalogo degli interventi" precedentemente descritto.

Come si è detto sopra, il livello di complessità è evidentemente connesso alla **numerosità e varietà degli interventi** che si desidera includere nella valutazione e, ovviamente, al livello di dettaglio. Un Piano di qualità dell'aria spesso contempla interventi su più direttrici con introduzione di livelli di complessità non sempre facilmente gestibili nella stima complessiva.

Un'esperienza interessante in questo senso è stata condotta nell'ambito del Piano di Risanamento della Regione Lombardia PRIA e dalla Regione Emilia-Romagna col PAIR2020, nell'ambito del quale sono stati realizzati i passi descritti in questa linea guida.

In generale per l'analisi di scenari, poiché gli interventi possono riguardare filoni di attività molto differenti, stante la multidisciplinarietà degli argomenti e il differente profilo degli esperti coinvolti, è indispensabile un'intensa attività di coordinamento tra gli enti incaricati della pianificazione ed eventuali enti attivati a loro supporto nella costruzione di scenari. Il coordinamento sarà principalmente finalizzato a:

- verificare le attività emissive coinvolte i metodi utilizzati per la costruzione del caso base per garantire un raccordo rispetto agli scenari;
- sulla base di tale verifica, definire i parametri chiave (riduzione di indicatori e fattori di emissione) e confronto con eventuali "casi base" proposti dagli esperti (gli indicatori di attività possono essere differenti a parità di fonte emissiva a seconda del background dell'esperto);
- codifica delle variabili da far stimare dai gruppi di approfondimento distillando la mole di informazioni di cui disponevano;
- definire un format standard di codifica delle informazioni per ciascun set di scenari evolutivi tale da consentire un raccordo con la stima delle emissioni del caso base e la loro combinazione.

Poiché solitamente la stima degli interventi legati al traffico risulta fra tutte quella più complessa, nel seguito vengono riportati, a titolo di esempio, alcuni dettagli relativi alla determinazione di scenari per questo macrosettore.

La determinazione di scenari di emissione da traffico

L'analisi di scenario relativa ai provvedimenti finalizzati al contenimento dell'inquinamento atmosferico dovuto al traffico autoveicolare può riguardare una vasta tipologia di interventi: riformulazione dei carburanti, migliore progettazione dei motori a combustione e dei sistemi di abbattimento, nuove tecnologie ingegneristiche, razionalizzazione dei flussi veicolari; ecc..

La valutazione preventiva dell'impatto sulla qualità dell'aria di provvedimenti riguardanti il traffico veicolare si articola quindi nelle seguenti fasi:

- la ricostruzione della situazione attuale, o caso base;
- l'analisi di opportuni "scenari", ovvero di possibili situazioni evolutive che contemplano l'attuazione di opportuni interventi, che possono essere simulati variando,

rispetto al caso base, alcuni parametri o dati in ingresso al modello di traffico e/o di emissione;

- l'analisi delle variazioni tra il caso base e gli scenari.

Le informazioni tipicamente necessarie per l'applicazione di un modello di emissioni da traffico, di cui alcune in uscita dall'applicazione di modelli di assegnazione del traffico, sono le seguenti:

- per ogni arco del grafo stradale:
 1. coordinate geografiche dei nodi della rete stradale;
 2. velocità massima di percorrenza e capacità;
 3. flussi di traffico all'ora di punta del mattino in uscita dai modelli di assegnazione per 4 tipologie veicolari (auto, leggeri, pesanti, moto) o almeno per le due categorie leggeri/pesanti;
 4. tipologia di appartenenza dell'arco nell'ambito di alcune classi individuate per omogeneità di caratteristiche geometriche e/o funzionali, localizzazione nel territorio di tipo di arco, caratteristiche amministrative o gestionali (autostrada, statale, provinciale, ecc.);

- per gruppi di archi simili, data l'evidente difficoltà di fornitura per ogni singolo arco:
 5. fattori di forma, cioè distribuzione temporale dei flussi di traffico attesi per 4 tipologie veicolari (auto, leggeri, pesanti, moto) o almeno per le due categorie leggeri/pesanti, ossia coefficienti moltiplicati dei flussi dell'ora di punta per determinare i flussi nelle 24 ore e 7 tipi di giorno, o almeno 4 tipologie di ore (punta mattutina, morbida giornaliera e serale, punta serale, morbida notturna) e 3 tipologie di giorni (feriale, festivo, prefestivo);
 6. curva di deflusso (andamento parametrico della velocità media di percorrenza dell'arco in funzione del carico veicolare).

Ogni scenario viene generalmente caratterizzato da ipotizzate variazioni di tali dati di ingresso, quali la composizione media del parco veicolare e/o dalle distribuzioni spazio-temporali dei flussi di traffico e/o delle velocità di percorrenza sulle principali sezioni. Le variazioni di dati devono ovviamente tradurre in termini modellistici gli effetti dei provvedimenti che si vogliono analizzare.

3.2 LA VALUTAZIONE DEGLI SCENARI DI QUALITÀ DELL'ARIA

Questa fase del lavoro consiste nella applicazione di un modello di trasporto, dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti a partire dagli scenari emissivi descritti nel capitolo 3.1 allo scopo di:

- A. dimostrare che il Piano consentirà di raggiungere i valori limite;**
- B. individuare lo scenario obiettivo, ovvero di quanto è necessario ridurre le emissioni;**

Per **dimostrare che il Piano consentirà di raggiungere i valori limite previsti dalla normativa** è necessario applicare il modello di dispersione sia allo scenario di riferimento o caso base sia allo scenario di Piano. I risultati - forniti dal modello sotto forma di campi numerici tridimensionali relativi alla concentrazione in aria di molte specie inquinanti - devono poi essere elaborati per riportare le concentrazioni in aria prima e dopo la realizzazione del Piano allo scopo di verificare il rispetto dei limiti, stimando la superficie inquinata e la popolazione esposta all'inquinamento (Allegato XV punto A della direttiva sulla qualità dell'aria).

Per individuare lo scenario obiettivo, come si è visto in 3.1, si può procedere applicando la modellistica a più scenari emissivi ipotetici che costituiscono casi intermedi tra lo scenario CLE e lo scenario MFR, verificando in quali di questi casi vengono rispettati i valori limite. Poiché i valori limite sono formulati su base annuale (media annuale o numero di superamenti) è necessario eseguire più simulazioni di durata annuale, assai onerose dal punto di vista computazionale. Per ovviare a questa difficoltà può risultare conveniente ricorrere ad un **modello sorgente-recettore**.

Un ulteriore elemento emerso in 3.1 e collegato alla individuazione dello scenario di Piano, riguarda la valutazione della sostenibilità economica delle misure del Piano, ovvero all'identificazione del set di misure ottimale, in modo da contenere i costi massimizzando i benefici ambientali. A questo scopo possono essere **utilizzati i modelli di valutazione integrata**.

3.2.1 L'applicazione della modellistica per la valutazione dello scenario di Piano

L'applicazione della modellistica ai diversi scenari di qualità dell'aria, risulta del tutto analoga alla simulazione del caso base, già descritto nel capitolo 2. Infatti gli scenari di qualità dell'aria si ottengono applicando la stessa catena modellistica utilizzata per la costruzione di una situazione di riferimento o "caso base", andando a sostituire l'input emissivo ad ogni simulazione con quello corrispondente allo scenario in oggetto.

Nella valutazione degli scenari evolutivi a scala regionale occorre inoltre considerare che anche i livelli delle concentrazioni degli inquinanti all'esterno del dominio di valutazione potrebbero essere modificati a causa della applicazione della legislazione corrente a livello nazionale ed europeo o della realizzazione di Piani di miglioramento da parte delle regioni vicine. Per poter tenere conto di questo aspetto – nonché per poter riprodurre i principali meccanismi di trasporto e dispersione esterni al dominio di valutazione - la catena modellistica andrebbe applicata oltre che sulla scala regionale anche a domini più estesi che la includano interamente (es. bacino aerologico, nazionale, europea etc.) oppure alimentata, come condizioni al bordo, con i risultati di

simulazioni di scenari emissivi mediante modelli esterni, se disponibili, sui domini più estesi di interesse.

Allo stato attuale non sono disponibili fonti di riferimento ufficiali per il rilascio di dati numerici di scenario da utilizzare come condizioni al contorno per gli studi a livello regionale. Possibili fonti di dati per il reperimento di condizioni al contorno numeriche che tengano conto di scenari emissivi evolutivi a scala sovraregionale potrebbero essere i servizi CAMS di Copernicus tuttavia ad oggi non ancora distribuito a scala europea ed il modello MINNI a scala nazionale (disponibile a richiesta ENEA).

La predisposizione del file di input emissivo a partire dagli scenari emissivi richiede esattamente gli stessi passaggi della costruzione del file di input per il caso base, ovvero la disponibilità dei profili di disaggregazione temporale/spaziale/speciazione a seconda del livello di aggregazione del dato di partenza. I profili, nel caso risultino disponibili informazioni per poterli costruire, potrebbero anch'essi essere diversificati per i differenti scenari.

I criteri di scelta sono gli stessi già introdotti nella definizione del caso base al cap. 2, pertanto qui si riporta uno schema di sintesi per riepilogare l'intero processo di costruzione degli scenari emissivi e di qualità dell'aria.

3.2.2 I modelli sorgente-recettore ed i modelli di valutazione integrata

Un modello sorgente-recettore stabilisce una relazione rapida dal punto di vista computazionale tra emissione e concentrazione in aria di una o più specie inquinanti. Questo strumento permette di simulare in modo rapido l'impatto sulla qualità dell'aria di specifiche riduzioni emissive. Un modello S-R può essere definito per un'area specifica a partire da un insieme controllato di simulazioni eseguite con un modello chimico di trasporto e dispersione in modo da riprodurre la non linearità della relazione tra precursori e inquinanti secondari, o stimato nei casi più semplici attraverso una semplice relazione lineare.

Il modello sorgente-recettore è parte di un più completo sistema di valutazione integrata. Un modello di valutazione integrata consente di selezionare - nell'ambito dell'insieme di misure contenute in un catalogo - le misure che consentono di ottenere il miglior risultato al minimo costo. Un modello di valutazione integrata sviluppato nell'ambito del progetto Life-OPERA ed applicabile a livello regionale e provinciale è RIAT+ <http://www.riatplus.eu/html/eng/home.html> . Il modello RIAT+ è stato applicato per la redazione del piano regionale dell'Emilia-Romagna (PAIR2020)

4 MONITORAGGIO DEI PIANI

Il Decreto Legislativo 155/2010 all'Appendice IV definisce i criteri generali per l'elaborazione dei piani di qualità dell'aria. Tra questi è indicata la *“previsione di adeguate procedure di autorizzazione, ispezione e **monitoraggio**, al fine di assicurare la migliore applicazione delle misure individuate”*. Nella medesima appendice, al punto 3 “Criteri per la selezione delle misure” è stabilito che l'ultima fase nell'ambito dell'attività di selezione delle misure è *“l'indicazione delle **modalità di monitoraggio** delle singole fasi di attuazione e dei relativi risultati, anche al fine di modificare o di integrare le misure individuate, ove necessario per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni necessari a conseguire il rispetto dei valori limite stabiliti”*.

Il D.Lgs. 152/2006, inoltre, nell'Articolo 18 e nell'Allegato VI della parte II (punto i), definisce il contesto amministrativo per il monitoraggio dei piani in generale, richiedendo di individuare gli **indicatori** necessari alla valutazione degli impatti connessi alla realizzazione dei Piani stessi.

Il sistema di monitoraggio ha lo scopo di verificare lo stato di avanzamento e le modalità di attuazione del Piano, di valutare gli effetti delle misure che saranno progressivamente realizzate e di fornire indicazioni su eventuali correzioni da apportare, al fine di ottimizzare l'orientamento e l'efficacia delle azioni, qualora si registrassero degli scostamenti rispetto alle previsioni.

Il sistema di monitoraggio deve essere progettato in fase di elaborazione del Piano e deve consentire di valutare contemporaneamente l'evoluzione del contesto ambientale regionale e il perseguimento degli obiettivi del Piano stesso. La progettazione del sistema di monitoraggio implica:

- la definizione di opportuni indicatori;
- la descrizione delle informazioni necessarie al calcolo degli indicatori;
- la definizione dei metodi in base ai quali correggere, se necessario, le misure e le modalità di attuazione del Piano.

Il monitoraggio rappresenta anche uno strumento per la diffusione, ai soggetti interessati e al pubblico, delle informazioni sul grado di attuazione degli interventi di risanamento.

Il monitoraggio del piano deve essere eseguito rispetto ai seguenti tre livelli di verifica:

1. Monitoraggio di realizzazione (indicatore di processo), livello a cui è associato il monitoraggio dell'attuazione delle misure, con riferimento, per esempio, alle modalità e alle tempistiche di realizzazione delle azioni di piano.

2. Monitoraggio di risultato (indicatore di contributo del piano alla variazione del contesto emissivo), il cui obiettivo è di indagare gli effetti che possono essere attribuiti all'attuazione delle misure in termini di stima della riduzione delle emissioni dei diversi inquinanti.

3. Monitoraggio di impatto (indicatore di contributo del piano alla variazione del contesto immissivo), che consente di ottenere informazioni sull'evoluzione del contesto nel quale si trovano a produrre i loro effetti le misure del piano in termini di miglioramento dei parametri di qualità dell'aria (livelli di concentrazione degli inquinanti più critici).

I vari livelli di monitoraggio sono evidentemente correlati e interdipendenti. I risultati in termini emissivi dipendono dalle tempistiche e dalle modalità di attuazione delle misure e, a loro volta, vanno ad influenzare i parametri di qualità dell'aria.

La periodicità del monitoraggio, non stabilita a priori dal D.Lgs. 155/2010, fa riferimento ad un orizzonte temporale che, da un lato, deve essere abbastanza ampio da rilevare variazioni significative, dall'altro, non troppo esteso per consentire di riorientare il Piano, con tempestività, in caso siano necessarie azioni correttive, tenendo conto che i piani di qualità dell'aria andrebbero aggiornati almeno ogni cinque anni.

4.1 MONITORAGGIO DI REALIZZAZIONE

Questo livello di monitoraggio si attua a partire dall'identificazione di opportuni indicatori direttamente correlati ai tempi di effettiva attuazione delle singole misure. Gli indicatori, di realizzazione, devono consentire di rilevare con quali tempi l'azione è stata attuata e in che misura, mettendo in evidenza eventuali criticità al fine di ipotizzare le possibili azioni correttive da intraprendere. Tali indicatori devono essere periodicamente calcolati e confrontati con le previsioni di attuazione rappresentate da valori target di riferimento.

L'indicatore di attuazione rappresenta la previsione dei tempi che saranno necessari, a seguito dell'adozione dei provvedimenti, per l'effettiva messa in opera dei contenuti dei provvedimenti medesimi. Esso rappresenta il target di riferimento rispetto al quale valutare poi l'indicatore di realizzazione. Lo scostamento tra l'indicatore di attuazione e quello di realizzazione permette di identificare e descrivere le cause degli eventuali ritardi rispetto alle previsioni di attuazione e di conseguenza di ipotizzare le possibili azioni correttive da intraprendere. A titolo di esempio l'azione potrebbe non essere stata realizzata nei tempi previsti dall'indicatore di attuazione a causa di:

- 1.a ritardo nell'adozione del provvedimento o nell'attuazione della misura;
- 2.a indisponibilità di risorse economiche sufficienti per la realizzazione della misura;
- 3.a mancanza di collaborazione tra gli attori coinvolti nella realizzazione della misura.

Per ciascuna di queste situazioni potrebbero essere definite delle azioni correttive, come ad esempio:

- 1.b affrontare con priorità il completamento o il potenziamento della misura;
- 2.b prevedere una revisione della misura con conseguente rimodulazione delle risorse economiche da impiegare;
- 3.b ipotizzare un'azione di facilitazione/governance delle relazioni tra gli attori interessati.

L'aggiornamento degli indicatori di realizzazione deve avvenire con una tempistica tale da permettere la verifica delle attività svolte e consentire la tempestiva assunzione di azioni correttive.

4.2 MONITORAGGIO DI RISULTATO

Il monitoraggio di risultato avviene mediante l'utilizzo di indicatori in grado di misurare "gli effetti riconducibili a ciascuna azione". Nel caso del Piano Regionale di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria, tali effetti sono intesi in termini di stima della

riduzione delle emissioni inquinanti correlata all'attuazione delle misure. Gli indicatori di risultato sono rappresentati dalle riduzioni delle emissioni dei diversi inquinanti (PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, COV, NH₃, CO, CO₂, SO₂, CH₄, N₂O). La valutazione della riduzione delle emissioni è effettuata mediante l'inventario regionale redatto ai sensi del D.Lgs. 155/2010. L'inventario regionale è inoltre armonizzato con l'inventario nazionale, come previsto dal Decreto Legislativo 155/2010.

Il calcolo degli indicatori di risultato deve essere effettuato almeno ogni due anni impiegando i valori delle emissioni più recenti disponibili.

4.3 MONITORAGGIO DI IMPATTO

Questo livello di monitoraggio si basa sulla valutazione di indicatori di impatto, rappresentati dalla verifica del rispetto dei limiti di legge per il PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, (O₃), benzo(a)pirene nelle stazioni della Rete Regionale di Controllo della Qualità dell'aria appartenenti al Programma di Valutazione. Gli indicatori di impatto da considerare sono riportati in Tabella 1. L'indicatore di impatto potrà essere positivo o negativo a seconda che il riferimento di legge sia rispettato o meno. La verifica degli indicatori di impatto è effettuata in concomitanza con la determinazione degli indicatori di realizzazione e di risultato.

Tabella 2 Indicatori selezionati per il monitoraggio di impatto

Inquinante	Riferimento di legge per la verifica	Indicatore di impatto
PM ₁₀	Media annuale = 40 µg/m ³ , da rispettare in tutte le stazioni della RRQA che ne prevedono la misura	P/N
PM ₁₀	N. di superamenti dei 50 µg/m ³ = 35, da rispettare in tutte le stazioni della RRQA, che ne prevedono la misura	P/N
PM _{2.5}	Media annuale = 25 µg/m ³ , da rispettare in tutte le stazioni della RRQA che ne prevedono la misura	P/N
NO ₂	Media annuale = 40 µg/m ³ , da rispettare in tutte le stazioni della RRQA che ne prevedono la misura	P/N
O ₃	Massimo giornaliero della media mobile 8h = 120 µg/m ³ , da rispettare in tutte le stazioni della RRQA che ne prevedono la misura	P/N
BaP	Media annuale = 1 ng/m ³ , da rispettare in tutte le stazioni della RRQA che ne prevedono la misura	P/N

Mentre il monitoraggio di realizzazione e di risultato saranno funzionali all'individuazione tempestiva di correttivi puntuali alle misure, le informazioni rilevate dalla verifica degli indicatori di impatto e la conseguente interpretazione delle possibili relazioni causa/effetto che correlano il contributo del Piano alla variazione del contesto di qualità dell'aria saranno funzionali ad un riorientamento più organico del Piano, che potrà portare a un aggiornamento anche in termini di obiettivi e riconsiderazione delle linee di azione del Piano.

**Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
Programma triennale 2014-2016**

Macroarea C “ Sviluppo, consolidamento del sistema, Innovazione”- Area 8) Attività integrate di tipo strategico” “ Gruppo di Lavoro Interagenziale 30

**LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PIANI DI QUALITÀ
DELL'ARIA DI CUI ALL'ART. 9 DEL D.Lgs. 155/2010**

Nota di sintesi

Sommario. 1. Informazioni generali – 2. Sintetica descrizione del prodotto – 3. Processo di validazione del prodotto – 4. Proposta dello strumento formale per l'adozione del prodotto da parte del CF - 5. Diffusione del prodotto – 6. Eventuale condivisione con soggetti esterni – 7. Trasmissione amministrazioni centrali/territoriali – 8. Parere del GIV e del CTP

1. Informazioni generali

Le “LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PIANI DI QUALITÀ DELL'ARIA DI CUI ALL'ART. 9 DEL D.Lgs. 155/2010” sono il prodotto delle attività di un sottogruppo del Gruppo di Lavoro Interagenziale (GdLI) 30 previsto nel Programma Triennale di attività 2014-2016 del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Tale GdLI è coordinato da ISPRA, Servizio Monitoraggio e Prevenzione degli Impatti sull'atmosfera e ARPA Lombardia e vi partecipano le ARPA di Lombardia, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna, e Piemonte oltre ad esperti ISPRA del Settore Piani di risanamento e Impatti.

La redazione del documento è stata richiesta ad ISPRA e al sistema delle Agenzie dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare, a seguito della firma da parte del MATTM delle Regioni e dell'ANCI del Protocollo d'intesa per migliorare la qualità dell'aria (Protocollo antismog) del 30 dicembre 2015 che stabilisce al punto m) “la definizione di un obbligo di revisione dei Piani della Qualità dell'aria (art. 9 D.Lgs 155/2010) ogni 4 anni e la definizione di una linea guida unica per la redazione degli stessi da parte del Ministero tramite il supporto tecnico/scientifico di ISPRA e del sistema agenziale.

A seguito di ciò il Consiglio Federale del 15 marzo 2016 ha approvato il POD “Azioni di breve termine di risposta del sistema agenziale alla richieste previste dal protocollo antismog del 30.12.2015 “ al cui interno sono riportate le specifiche per la redazione delle Linee Guida.

In particolare nel POD si prevede un allargamento del GdLI 30 con esperti ISPRA del settore Piani di risanamento e impatti e l'attività di coordinamento congiunta ARPA Lombardia e ISPRA.

2. Sintetica descrizione del prodotto

I piani di qualità dell'aria rappresentano lo strumento, indicato dalla normativa vigente (comunitaria e nazionale), attraverso cui le autorità competenti, nazionali e locali, individuano misure che garantiscano il rispetto degli obiettivi di qualità dell'aria ambiente, stabiliti al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e sull'ambiente.

Queste linee guida redatte sulla base del documento 2007- APAT CTN ACE “Linee guida per la predisposizione del documento tecnico di supporto alla redazione dei piani e dei programmi di cui all'art.8 del D.Lgs. 351/99”, si rivolgono agli operatori di una struttura tecnica (tipicamente un'ARPA), incaricata dall'autorità responsabile, di predisporre la documentazione di supporto alla redazione dei suddetti piani ponendosi due obiettivi principali:

- fornire informazioni utili per la raccolta dei dati e delle metodologie di riferimento laddove esistenti, necessarie per la predisposizione della reportistica di presentazione dei piani di qualità dell'aria;
- suggerire uno schema per la rappresentazione dei vari elementi che compongono un piano di qualità dell'aria (caratterizzazione del territorio, valutazione della qualità dell'aria, etc.).

In particolare gli *elementi conoscitivi* per l'elaborazione dei suddetti piani, definiti nell'Appendice IV del D.Lgs 155/2010 riguardano:

- il quadro normativo vigente
- le caratteristiche generali del territorio in cui il piano si inserisce
- le sorgenti di emissioni
- la caratterizzazione climatologia e meteorologica dell'area
- lo stato della qualità dell'aria
- le simulazioni modellistiche finalizzate alla valutazione della qualità dell'aria annuale
- le simulazioni modellistiche finalizzate alla ricostruzione di un caso base da confrontare con opportuni scenari

I *criteri per la selezione delle misure* da adottare nell'ambito dei piani di qualità dell'aria, indicati sempre nell'Appendice IV del D.Lgs. 155/2010, sono:

- a) la definizione di scenari di qualità dell'aria riferiti ai termini previsti per il rispetto dei valori limite e obiettivo (sulla base delle norme e dei provvedimenti comunitari, nazionali, regionali e locali aventi rilievo in materia di inquinamento atmosferico);
- b) l'individuazione degli obiettivi di riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera necessari a conseguire il rispetto dei valori, limite e obiettivo, entro i termini prescritti;
- c) l'individuazione delle misure aggiuntive, o modificative rispetto a quelle già previste, da attuare per il conseguimento degli obiettivi di riduzione di cui sopra.
- d) la selezione delle misure più efficaci per realizzare gli obiettivi di riduzione suddetti, tenuto conto dei costi, dell'impatto sociale, degli inquinanti per i quali si ottiene una riduzione delle emissioni e dell'efficacia nella riduzione delle emissioni di gas serra.

3. Processo di validazione del prodotto

La versione finale della linea guida, redatta seguendo uno schema di suddivisione degli argomenti concordato tra gli autori, condivisa all'interno del sotto gruppo di lavoro, prima e di tutto il GDLI 30 in data 28/10, è stata inviata il 7 novembre 2016 ai Riferimenti del GdLI 30

Sono pervenuti riscontri:

- il 8 novembre 2016 da ARPA Emilia Romagna che ha apportato una modifica al paragrafo 3.2.2;
- il giorno 18 novembre da ARPA Liguria che ha suggerito una serie di integrazioni/approfondimenti interessanti di cui tener conto in una versione più ampia da redigere in un secondo momento.

Le altre Agenzie non hanno inviato commenti.

4. Trasmissione amministrazioni centrali/territoriali

La linea guida, approvata dal Consiglio Federale sarà trasmessa dal SNPA al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e ai firmatari del Protocollo, in risposta a quanto richiesto dal Protocollo stesso per verifiche e valutazioni di competenza

5. Parere del GIV e del CTP