

## QUALITÀ DELL'ARIA

## Introduzione

L'aria ambiente è un bene comune che continua a essere minacciato dallo sviluppo economico, industriale e demografico.

Nell'ultimo decennio la qualità dell'aria è peggiorata soprattutto nei paesi "emergenti" a causa dell'aumento delle emissioni per la rapida crescita economica che li caratterizza. Al contrario, nei paesi "sviluppati", l'adozione di politiche di sviluppo più compatibili con l'ambiente ha portato a una significativa riduzione delle emissioni inquinanti e a un miglioramento della qualità dell'aria<sup>1</sup>. Seppur migliorata, la situazione della qualità dell'aria in Europa e in Italia rimane critica: i livelli di **particolato atmosferico**, di **biossido di azoto** e di **ozono troposferico**, nonostante deboli segnali di diminuzione, continuano a essere troppo alti e a interessare aree molto vaste. A fine marzo 2014, ad esempio, si è verificato un episodio di inquinamento atmosferico caratterizzato da livelli di PM<sub>10</sub> eccezionalmente elevati che ha interessato un'ampia area dell'Europa occidentale (Francia, Belgio, Germania)<sup>2</sup> e a seguito del quale il Ministro dell'ambiente francese ha dovuto prendere urgenti misure a tutela della salute pubblica<sup>3</sup>.

L'inquinamento atmosferico *outdoor*<sup>4</sup> è cancerogeno per l'uomo: ciò è stato dichiarato ufficialmente dall'*International Agency for Research on Cancer* (IARC)<sup>5</sup>, l'istituto che per conto dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) studia le sostanze che provocano il cancro.

Si tratta di una dichiarazione importante perché non riguarda una singola sostanza, come il benzene o il **benzo(a)pirene**, ma si riferisce al *mix* di sostanze che rendono inquinata l'aria che respiriamo. La stima crescente dei decessi per tumore polmonare a causa dell'aria inquinata (223.000 nel 2010) insieme all'aumento dei livelli di esposizione ad aria inquinata, soprattutto nei paesi a rapida industrializzazione ed elevata densità di popolazione, hanno portato a questo risultato. Anche se la gran parte delle vittime è concentrata nei paesi asiatici, nessun paese è immune da questo rischio.

Il 2013, proclamato "Anno dell'Aria" dall'Unione Europea, si è concluso con la pubblicazione di una nuova strategia per la qualità dell'aria<sup>6</sup> che si propone due obiettivi principali: garantire il pieno rispetto della normativa vigente entro il 2020 e perseguire il rispetto dei valori di riferimento dell'OMS, generalmente più restrittivi degli *standard* UE,

*L'aria ambiente è un bene comune che continua a essere minacciato dallo sviluppo economico, industriale e demografico.*

*L'inquinamento atmosferico outdoor è cancerogeno per l'uomo.*

*Nuova strategia sulla qualità dell'aria: nel 2020 pieno rispetto della normativa vigente; nel 2030 rispetto*

<sup>1</sup> I livelli di biossido di zolfo, ossido di carbonio e benzene sono quasi ovunque al di sotto dei limiti di legge

<sup>2</sup> <http://www.eea.europa.eu/highlights/very-high-air-pollution-levels>

<sup>3</sup> Le misure hanno riguardato: trasporto pubblico gratuito a Parigi, riduzione dei limiti di velocità in alcune aree, controllo nelle pratiche di spandimento dei fertilizzanti e contro l'uso della combustione delle biomasse.

<sup>4</sup> Con il termine *outdoor* si intende l'aria ambiente esterna, con l'esclusione di quella presente negli ambienti di lavoro e negli ambienti domestici e pubblici, quest'ultima generalmente indicata come "aria *indoor*"

<sup>5</sup> [http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_E.pdf)

<sup>6</sup> [http://ec.europa.eu/environment/air/clean\\_air\\_policy.htm](http://ec.europa.eu/environment/air/clean_air_policy.htm)

entro il 2030. Le principali iniziative che saranno intraprese a livello europeo riguardano una nuova direttiva NEC<sup>7</sup>, la revisione dei regolamenti sulle emissioni dei veicoli stradali, nuove direttive sui limiti alle emissioni dei medi impianti di combustione, sulla limitazione delle emissioni dei veicoli *off-road* e interventi su settori non ancora interessati da misure comunitarie.

*dei valori di riferimento dell'OMS.*

In Italia, l'inquinamento atmosferico è un problema soprattutto nelle grandi aree urbane e in particolare nel bacino padano. Il bacino padano, riconosciuto come una delle zone più critiche d'Europa, è al centro della Strategia nazionale per l'inquinamento atmosferico. Infatti, a dicembre 2013, è stato sottoscritto l'“Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria”<sup>8</sup> da parte di cinque ministeri e otto regioni del bacino padano. L'accordo contiene una serie di impegni per l'adozione unitaria di azioni su tutti i settori maggiormente responsabili delle emissioni inquinanti (combustione delle biomasse, trasporto merci e passeggeri, riscaldamento civile, industria e produzione di energia, agricoltura), anche su quelli finora non interessati da misure correttive/restrittive.

*Nuovo accordo per migliorare la qualità dell'aria nel bacino padano.*

---

<sup>7</sup> La Direttiva 2001/81/CE, conosciuta come la Direttiva NEC (*National Emission Ceilings*), stabilisce i limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici

<sup>8</sup> <http://www.minambiente.it/comunicati/inquinamento-bacino-padano-il-19-roma-firma-accordo-di-programma>

## Lo stato della qualità dell'aria

In Europa si continuano a registrare elevati livelli di inquinamento atmosferico e frequenti episodi di superamento degli *standard* normativi per il particolato atmosferico, l'ozono troposferico, il biossido di azoto e il benzo(a)pirene<sup>9</sup>.

*Europa, 2011: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, e B(a)P sono gli inquinanti più critici.*

Nel 2011 i superamenti del PM<sub>10</sub> hanno interessato la gran parte dei paesi europei, in particolare Polonia, Italia, Slovacchia, regione Balcanica e Turchia. Il 43% dei superamenti del valore limite giornaliero (il VLG è pari a 50 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 35 volte in un anno civile) si registra nelle stazioni da traffico. Nel periodo 2002-2011 per il PM<sub>10</sub> si osserva un debole *trend* decrescente nel 53% delle stazioni.

Dai dati di PM<sub>2,5</sub>, seppur caratterizzati da una copertura spaziale non ancora adeguata (nel 2011 le serie di dati con copertura temporale maggiore del 75% sono 902, rispetto alle 754 nel 2010), risulta che il valore obiettivo annuo (VO= 25 µg/m<sup>3</sup>) è superato in Bulgaria, Repubblica Ceca, Francia, Italia, Polonia e Slovacchia.

Nel 2011, anche il valore limite annuale per la protezione della salute umana del biossido di azoto (VLA = 40 µg/m<sup>3</sup>) è stato superato nella gran parte dei paesi europei; il 42% e il 38% dei superamenti sono stati registrati in stazioni da traffico e di fondo urbano rispettivamente.

Sempre nel 2011, i superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (OLT = 120 µg/m<sup>3</sup>, la cui media massima giornaliera è calcolata su 8 ore) dell'ozono mostrano un evidente gradiente nord-sud, con la frequenza più elevata nei paesi mediterranei. I livelli più elevati di ozono sono stati registrati nelle stazioni rurali seguite dalle quelle di fondo urbano e da quelle orientate al traffico. Alte concentrazioni sono state osservate in stazioni poste a elevata altitudine.

Il valore obiettivo del benzo(a)pirene (VO = 1 ng/m<sup>3</sup>) è stato superato nel 35% delle stazioni; le aree maggiormente interessate a elevati livelli di B(a)P sono in Europa orientale e centrale, ivi compresa l'Italia (bacino del Po).

Anche in Italia il particolato atmosferico, l'ozono troposferico, il biossido di azoto e il benzo(a)pirene sono gli inquinanti che più frequentemente raggiungono livelli atmosferici elevati, soprattutto nelle grandi aree urbane e particolarmente nel bacino padano.

*Italia, PM<sub>10</sub>: nel 2012, il 40% delle stazioni supera il VLG e il 78% supera il valore OMS.*

Nel 2012, il VLG del PM<sub>10</sub> è stato superato nel 40% delle stazioni. Il valore di riferimento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)<sup>10</sup> per l'esposizione umana a breve termine (50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 3 volte in un anno civile) è stato superato nel 78% delle stazioni.

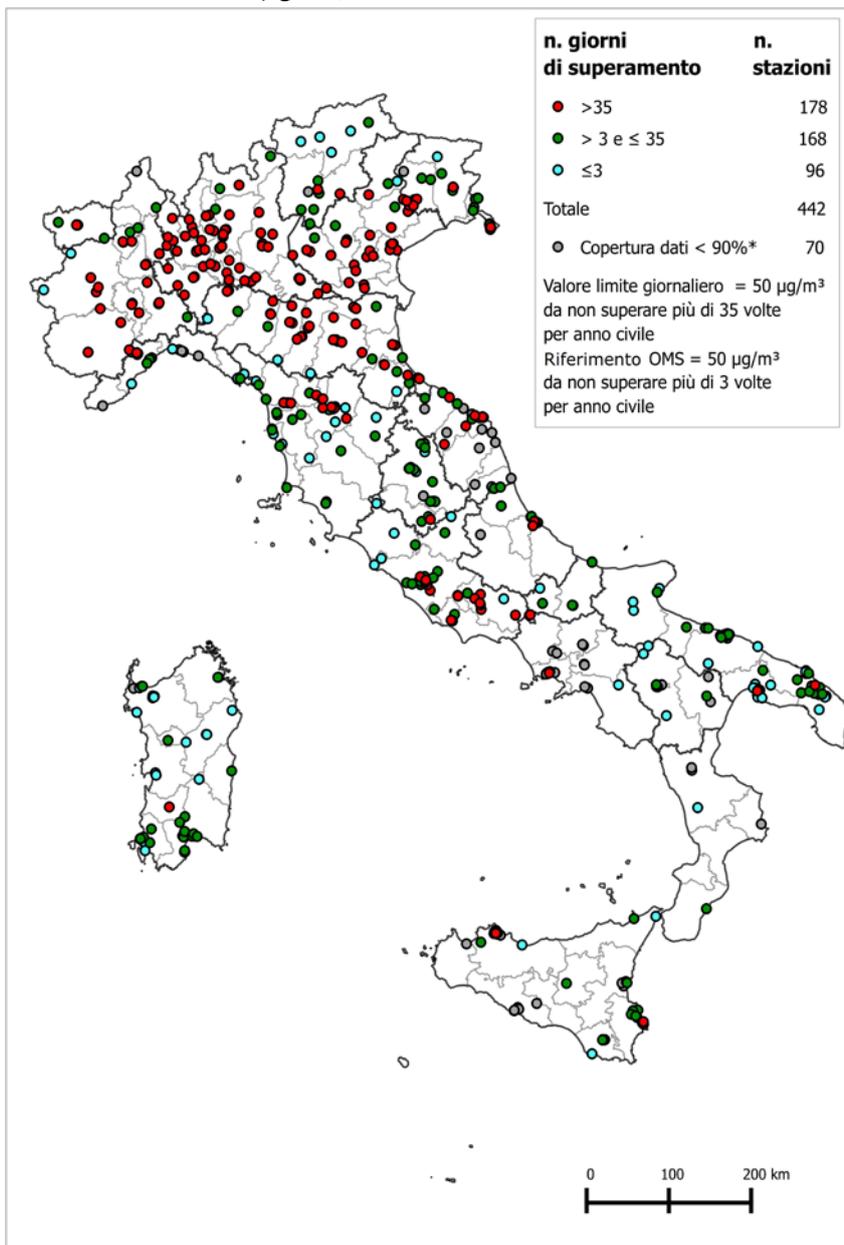
*2003 – 2012: trend decrescente nel 74% delle stazioni.*

L'analisi del *trend* condotta da ISPRA su un set di 57 stazioni dal 2003 al 2012, evidenzia per il PM<sub>10</sub> un *trend* decrescente

<sup>9</sup> EEA Report N.9/2013, *Air quality in Europe-2013 report*

<sup>10</sup> WHO-AQG, 2006, *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide Global update 2005*. WHO Press, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland © World Health Organization 2006

statisticamente significativo nel 74% dei casi (riduzione annuale media stimata di  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>11</sup>.



*Italia.  $\text{PM}_{10}$ , nel 2012, il 40% delle stazioni supera il valore limite giornaliero e il 78% supera il valore indicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.*

**Figura 3.1:  $\text{PM}_{10}$  - Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite giornaliero del D.Lgs. 155/2010 e del valore di riferimento OMS per l'esposizione umana a breve termine (2012)**<sup>12</sup>

Le informazioni disponibili per il  $\text{PM}_{2,5}$  (144 stazioni con una copertura temporale del 90%; la copertura spaziale è carente in particolare al Centro-Sud) mostrano che, nel 2012, la gran parte delle stazioni (82% circa) rispetta il VO. Solo 8 stazioni (circa il 6% del totale) rispettano il valore di riferimento OMS ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). L'indicatore di esposizione media per l'anno 2012, calcolato in

*Italia,  $\text{PM}_{2,5}$ , 2012: il 12% delle stazioni supera il VO e il 94% supera il valore OMS.*

<sup>11</sup> ISPRA, *Analisi delle serie storiche dei principali inquinanti atmosferici in Italia (2003-2012)*, (in corso di pubblicazione)

<sup>12</sup> Fonte: ISPRA

allineamento al D.Lgs. 155/2010, art. 12 e all. XIV, è pari a 19,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

L'OLT dell'ozono, nel 2012 è stato superato nella gran parte delle stazioni: solo il 7% di esse risulta conforme. L'analisi del *trend* condotta da ISPRA non ha evidenziato, per l'ozono, alcun andamento statisticamente significativo<sup>13</sup>.

*Italia, O<sub>3</sub>, 2012: il 93% delle stazioni supera l'OLT.*

Nel 2012, il VLA del biossido di azoto è stato superato nel 17% delle stazioni. L'analisi del *trend* condotta da ISPRA su un campione di 62 stazioni, dal 2003 al 2012, evidenzia un *trend* decrescente, statisticamente significativo nel 74% delle stazioni (riduzione annuale media stimata di 3,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>14</sup>.

*Italia, NO<sub>2</sub>, 2012: il 17% delle stazioni supera il VLA. 2003 – 2012: trend decrescente nel 74% delle stazioni.*

Per il benzo(a)pirene, nel 2012, nel 19% delle stazioni sono stati registrati superamenti del VO (1,0  $\text{ng}/\text{m}^3$  come media annua). I superamenti, localizzati nel Nord Italia, sono concentrati in Veneto.

*Italia, B(a)P, 2012: il 19% delle stazioni supera il VO.*

### Le emissioni dei principali inquinanti

Per comprendere il fenomeno dell'inquinamento atmosferico è fondamentale conoscere il carico emissivo che ne è la causa prima. Ciò vuol dire conoscere le emissioni degli inquinanti (particolato atmosferico, biossido di azoto, benzo(a)pirene) e dei loro principali precursori<sup>15</sup> (ossidi di azoto, composti organici volatili non metanici, ammoniaca, biossido di zolfo), il loro andamento nel tempo e i settori produttivi da cui originano.

In Europa (EU28)<sup>16</sup> le emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) si riducono dal 1990 al 2012 del 49%. L'Italia è tra i paesi che svolgono un ruolo determinante nella loro riduzione: sulla base dell'Inventario nazionale delle emissioni elaborato da ISPRA<sup>17</sup>, risulta infatti una decrescita delle emissioni nazionali del 58% a partire dal 1990 (la riduzione riscontrata nell'ultimo anno è circa l'8%).

*NO<sub>x</sub>: le emissioni diminuiscono dal 1990 al 2012, del 49% in Europa e del 58% in Italia. I trasporti continuano a essere la principale fonte di emissione.*

Il settore che a livello europeo contribuisce maggiormente è il trasporto stradale (39%), seguito dalla produzione e distribuzione di energia (22%), dal settore commerciale, istituzionale e delle famiglie (14%), dal consumo energetico nell'industria (13%) e dal trasporto *off-road* (7%). Anche in Italia il trasporto stradale, che contribuisce per il 50%, è il settore preponderante (20% le altre sorgenti mobili, 10% la combustione industriale che non industriale, 9% la combustione energetica per la produzione e trasformazione d'energia). Nonostante il ruolo chiave che conservano le emissioni provenienti dalle automobili, queste fanno riscontrare a partire dal

<sup>13</sup> ISPRA, *Analisi delle serie storiche dei principali inquinanti atmosferici in Italia (2003-2012)*, (in corso di pubblicazione)

<sup>14</sup> ISPRA, *Analisi delle serie storiche dei principali inquinanti atmosferici in Italia (2003-2012)*, (in corso di pubblicazione)

<sup>15</sup> I precursori sono quelle sostanze che attraverso reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera portano alla formazione di altri inquinanti

<sup>16</sup> EEA, *European Union emission inventory report 1990–2012 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*, Technical report n. XX/2014

[http://www.ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/status\\_reporting/2014\\_submissions/](http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/status_reporting/2014_submissions/)

<sup>17</sup> <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni>

1990, una riduzione pari al 69%, sia a livello europeo sia italiano. Le cause determinanti nella riduzione delle emissioni vengono individuate nell'installazione dei catalizzatori nei veicoli, nell'adozione di misure volte al miglioramento dei processi di combustione nella produzione energetica e di tecniche di abbattimento dei fumi e nel passaggio dal carbone al gas naturale, nell'utilizzo dei combustibili.

Le emissioni di composti organici volatili non metanici (COVNM) dal 1990 al 2012 mostrano una riduzione del 60% e del 56% rispettivamente a livello europeo e italiano (le emissioni italiane si riducono nell'ultimo anno del 7%, contribuendo alla decrescita europea del 3%).

In Europa l'utilizzo dei solventi, con un contributo del 44%, è il settore maggiormente responsabile dell'emissione di COVNM (17% proviene dal settore commerciale, istituzionale e delle famiglie, il 13% dal trasporto stradale, il 10% dalla produzione e distribuzione di energia, il 7% dai processi industriali). Nel 2012 l'Italia è tra i paesi che contribuiscono maggiormente alle emissioni (12,7% sul totale EU28). Anche in Italia l'uso dei solventi, con il 44% delle emissioni di COVNM, è il settore maggiormente responsabile. Nel settore del trasporto stradale, che rappresenta il 20% delle emissioni, è stato registrato il decremento maggiore dal 1990, pari all'80% (l'introduzione di sistemi di controllo e limitazione dei processi evaporativi è stata determinante per la generale decrescita delle emissioni evaporative). La combustione non industriale contribuisce per il 14%, mentre le altre sorgenti mobili e i processi produttivi contribuiscono ciascuno per il 6%.

In Europa, le emissioni di particolato, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, si riducono del 19%, a partire dal 2000; il riscaldamento civile rimane la principale fonte di emissioni che, nel 2012, contribuisce per il 43% alle emissioni di PM<sub>10</sub> (il 15% proviene dai processi industriali, il 13% dal trasporto stradale, l'11% dall'agricoltura, il 7% dalla produzione e distribuzione di energia, il 7% dall'uso energetico nell'industria).

In Italia le emissioni di PM<sub>10</sub> si riducono del 36% a partire dal 1990; nel 2012 dal riscaldamento civile si origina il 41% (è significativo l'incremento del 113% dal 1990); il 17% proviene dai trasporti stradali (dal 1990 si osserva una diminuzione pari al 53%, spiegata anche dall'introduzione dei filtri anti-particolato nei veicoli), il 13% dall'agricoltura; il settore dei processi produttivi e quello delle altre sorgenti mobili contribuiscono ciascuno per il 9% e la combustione industriale del 7%, (con una riduzione del 68% dal 1990). Il decremento più significativo dal 1990, pari al 94%, si registra nel settore della produzione e trasformazione dell'energia, che nel 2012 rappresenta il 2%.

Sebbene le emissioni nazionali di PM<sub>2,5</sub>, a partire dal 1990, si riducano del 39%, nel 2012 l'Italia risulta tra i paesi che contribuiscono maggiormente al totale europeo (10,2% sul totale EU 28). In Europa, nel 2012, le maggiori fonti di emissioni sono rappresentate dal settore commerciale, istituzionale e delle famiglie (55%), dal trasporto stradale (15%), dai processi industriali (9%), dall'utilizzo di energia nell'industria (7%) e dalla produzione e

*COVNM: le emissioni diminuiscono dal 1990 al 2012, del 60% in Europa e del 56% in Italia. L'utilizzo dei solventi continua a essere la principale fonte di emissione.*

*PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>: in Europa, dal 2000, le emissioni diminuiscono del 19%. Il riscaldamento civile rimane la principale fonte di emissioni.*

*In Italia, dal 1990, le emissioni di PM<sub>10</sub> diminuiscono del 36%. La combustione non industriale, con un incremento dal 1990 del 113%, si conferma come principale fonte di emissioni.*

*In Italia, dal 1990, le emissioni di PM<sub>2,5</sub> diminuiscono del 39%.*

distribuzione di energia (6%).

In Italia, nel 2012, le emissioni più consistenti derivano dalla combustione non industriale (49%), dai trasporti stradali (17%), dalle altre sorgenti mobili (10%), dalla combustione nell'industria (9%), dai processi produttivi e agricoltura (entrambi 5%).

Le emissioni di idrocarburi policiclici aromatici (IPA)<sup>18</sup> decrescono del 60% e del 21% rispettivamente in Europa e in Italia.

In Italia, nonostante la riduzione complessiva, nel settore del riscaldamento civile, da cui deriva la quota maggiore di emissioni (54%), si registra un forte aumento (171%) a causa della crescita dei consumi di biomassa per il riscaldamento.

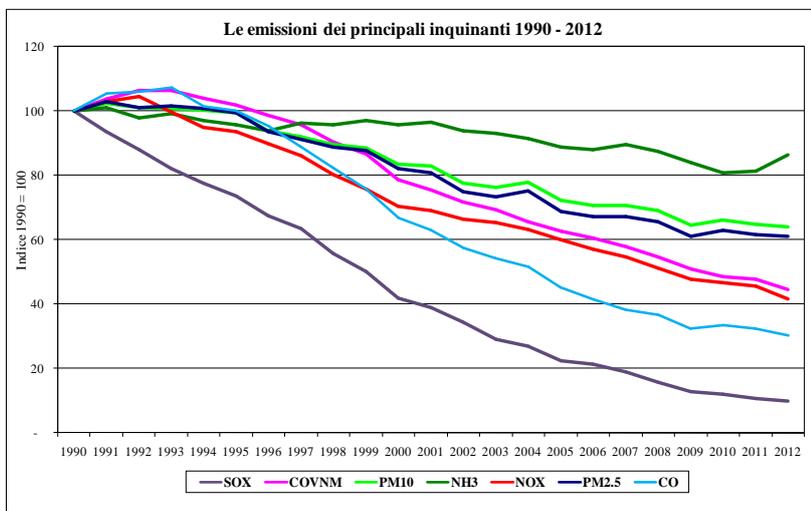
*IPA: le emissioni dal 1990 al 2012 diminuiscono del 60% in Europa e del 21% in Italia. In Italia l'aumento dei consumi di biomassa causa il 171% di aumento dell'emissione IPA da riscaldamento civile.*

Dall'analisi del quadro emissivo nazionale ed europeo si evince un trend generalmente decrescente a partire dal 1990 anche per gli ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>: -90% in Italia e -84% in Europa), per l'ammoniaca, (NH<sub>3</sub>: -14% in Italia e -28% in Europa) e per il monossido di carbonio (CO - 70% in Italia e -66% in Europa).

*Trend decrescente per SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> e CO.*

La Figura 3.2 illustra l'andamento delle emissioni totali nazionali dal 1990 al 2012 di NO<sub>x</sub>, COVNM, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> e CO.

*Dall'analisi del quadro emissivo nazionale ed europeo si evince un trend generalmente decrescente a partire dal 1990.*



**Figura 3.2: Andamento delle emissioni nazionali dei principali inquinanti<sup>19</sup>**

### Esposizione della popolazione

L'inquinamento atmosferico è uno dei principali fattori di rischio ambientale per la salute umana. La criticità riguarda in particolar modo le grandi aree urbane dove è massima l'antropizzazione del territorio<sup>20</sup>.

*L'inquinamento atmosferico è uno dei principali fattori di rischio ambientale per la salute umana.*

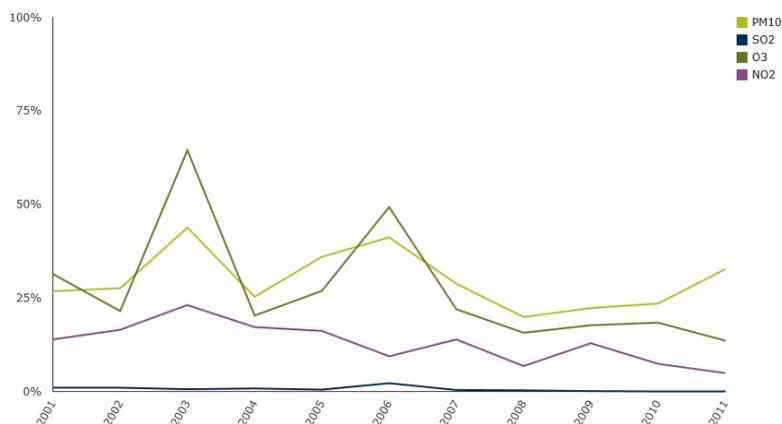
L'esposizione media della popolazione urbana delle grandi città

<sup>18</sup> Per IPA si intende: benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene e indeno(1,2,3-cd)pirene così come previsto dalla Convenzione UNECE sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (CLRTAP)

<sup>19</sup> Fonte: ISPRA

<sup>20</sup> ISPRA, *Tematiche in Primo Piano*, Ed. 2012 – Capitolo: Qualità dell'aria

europee ai principali inquinanti, calcolata sulla base dei livelli di inquinanti misurati nelle stazioni di monitoraggio urbane di fondo, è riportata in Figura 3.3.



*2011, Europa: il 33%, il 14%, e il 5% della popolazione urbana è esposta a livelli superiori rispettivamente al VLG del PM<sub>10</sub>, al OLT dell'ozono, al VLA del NO<sub>2</sub>.*

**Figura 3.3: Percentuale di popolazione urbana dell'EU esposta a livelli di inquinanti atmosferici superiori agli standard previsti dalla Direttiva 2008/50/CE<sup>21</sup>**

Nel 2011, il 33% della popolazione EU urbana ha vissuto in aree dove il valore limite giornaliero (VLG, 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 35 volte in un anno civile) per il PM<sub>10</sub> è stato superato. Se si considera il livello di riferimento OMS per l'esposizione umana a breve termine (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 3 volte in un anno civile), la percentuale di popolazione urbana esposta a livelli superiori sale all'88%. Nel 2011, il 14% della popolazione EU urbana è stata esposta a livelli superiori all'obiettivo a lungo termine (OLT, 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dell'ozono<sup>22</sup>. L'esposizione sale al 98% se si considera il valore di riferimento dell'OMS, pari a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Relativamente al NO<sub>2</sub>, nel 2011 il 5% della popolazione urbana europea è stata esposta a livelli superiori al valore limite annuale (VLA, 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) che coincide con il valore di riferimento OMS.

Anche l'esposizione al benzo(a)pirene è stata piuttosto considerevole ed estesa, in particolare nell'Europa centrale e orientale. Tra il 2009-2011, il 22-31% della popolazione urbana è stata esposta a livelli superiori al valore obiettivo (1  $\text{ng}/\text{m}^3$ ); l'esposizione della popolazione supera il 94%, se si considera il valore di riferimento dell'OMS (0,12  $\text{ng}/\text{m}^3$ ).

L'esposizione media della popolazione urbana in Italia è stimata da ISPRA sulla base delle concentrazioni degli inquinanti misurati nelle stazioni di monitoraggio urbane di fondo distribuite sul territorio nazionale. Lo studio riguarda il PM<sub>10</sub>, il PM<sub>2,5</sub> l'ozono e l'NO<sub>2</sub><sup>23</sup>.

La maggior parte della popolazione è esposta a valori di PM<sub>10</sub> compresi tra 20 e 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : l'88% nel 2010 e il 70% nel 2011 e 2012. Sopra i 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di PM<sub>10</sub>, la percentuale di popolazione esposta è

*2012, Italia, PM<sub>10</sub>: il 70% della popolazione urbana è esposta a livelli compresi tra 20 e 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .*

<sup>21</sup> Fonte: EEA, *Air quality in Europe – 2012 Report*, n. 4/2012

<sup>22</sup> È importante sottolineare che l'esposizione della popolazione in zone rurali è più elevata rispetto alle aree urbane, in quanto in prossimità della sorgente traffico, l'ozono è consumato dal NO emesso appunto dalla sorgente traffico che si ossida a NO<sub>2</sub>.

<sup>23</sup> ISPRA, *Annuario dei Dati Ambientali*, Ed. 2013 - versione integrale Capitolo Ambiente e benessere

nulla nel 2010 e del 26% e 20% nei due anni successivi. Se si considera il valore di riferimento dell'OMS per l'esposizione a lungo termine, pari a 20 µg/m<sup>3</sup> come media annua, la percentuale di popolazione esposta sale all'88%, 96% e 90% rispettivamente nel 2010, 2011 e 2012.

La maggior parte della popolazione risulta esposta a valori di PM<sub>2,5</sub> inferiori al valore obiettivo (VO, 25 µg/m<sup>3</sup>): l' 80%, il 62% e il 65% rispettivamente nel 2010, 2011 e 2012. L'intera popolazione urbana, oggetto di indagine (eccetto la popolazione di Locri), risulta esposta a livelli superiori al valore di riferimento dell'OMS (10µg/m<sup>3</sup>).

Relativamente all'ozono, la popolazione è stata esposta in media a livelli di ozono superiori OLT per 40, 52 e 51 numero di giorni rispettivamente negli anni 2010, 2011 e 2012.

Per quanto riguarda l'NO<sub>2</sub>, il 60%, 61% e 62% della popolazione indagata è stata esposta a valori inferiori al VLA che coincide con il valore di riferimento OMS, rispettivamente negli anni 2010, 2011 e 2012.

*Nel 2012, il 35% e il 38% della popolazione urbana italiana oggetto di indagine è stata esposta a livelli superiori rispettivamente al VO del PM<sub>2,5</sub> e al VLA dell' NO<sub>2</sub>.*

*Nel 2012, per 51 giorni la popolazione indagata è stata esposta al livelli di ozono superiori all'OLT.*

## Provvedimenti regionali e provinciali per il risanamento della qualità dell'aria

Le regioni e le province autonome, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 155/2010 e dal suo correttivo D.Lgs. 250/2012, in qualità di responsabili della valutazione e gestione della qualità dell'aria, hanno l'obbligo di predisporre un piano per il risanamento della qualità dell'aria nei casi in cui vengano registrati superamenti degli *standard* normativi e di trasmettere annualmente in modo sintetico tali informazioni al Ministero dell'ambiente (MATTM) e all'ISPRA.

*La normativa prevede la messa in opera di azioni per ridurre i superamenti dei limiti degli inquinanti normati.*

Nel 2011, le province autonome di Trento e Bolzano e 17 regioni hanno superato almeno uno dei valori limite relativi agli inquinanti atmosferici normati dal D.Lgs. 155/2010. A oggi<sup>24</sup>, 5 regioni non hanno ottemperato all'obbligo di trasmissione per l'anno 2011.

Nella Figura 3.4 viene illustrato l'andamento temporale (dal 2005 al 2011) delle diverse tipologie di interventi di risanamento individuati dalle regioni, secondo una classificazione che prevede cinque categorie: Trasporti, Energia, Attività produttive, Agricoltura e allevamenti e "Altro"<sup>25</sup>.

*Nel corso degli anni i provvedimenti relativi al settore*

<sup>24</sup> Dati aggiornati al 30 marzo 2014

<sup>25</sup> La categoria "Altro" comprende: piani di azione e aggiornamento dei piani di qualità dell'aria, misure di informazione e comunicazione ai cittadini, progetti e studi di ricerca

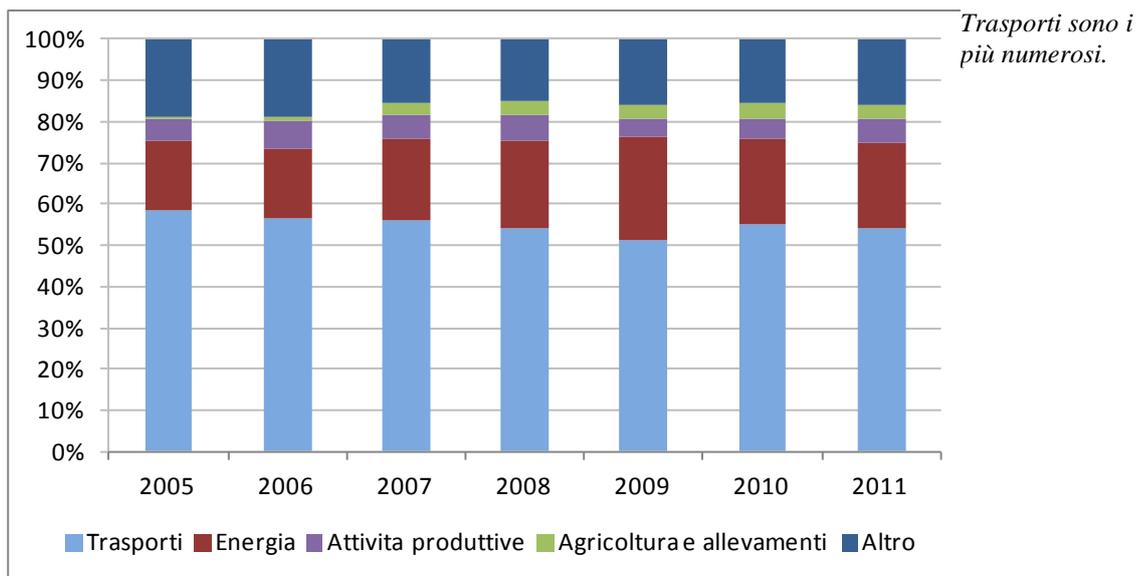


Figura 3.4: Misure adottate, classificate per settore d'intervento<sup>26</sup>

Nel 2011, il numero totale dei provvedimenti adottati dalle regioni/province autonome, pari a 485, conferma il *trend* annuale di crescita, di questi il 54% riguarda il settore Trasporti<sup>27</sup> e il 21% il settore Energia<sup>28</sup>. Scendendo nel dettaglio il 62% è di tipo tecnico, il 78 % è adottato a livello locale e regionale, il 28% produrrà effetti a medio - lungo termine, e il 45% agisce su sorgenti emissive localizzate a livello regionale.<sup>29</sup>

<sup>26</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA sui dati delle regioni e province autonome

Dati disponibili all'indirizzo: [http://www.misureprqa.sinanet.isprambiente.it/misure\\_prqa\\_anonimuslist.php](http://www.misureprqa.sinanet.isprambiente.it/misure_prqa_anonimuslist.php)

<sup>27</sup> ISPRA, *Trasporti: strumenti europei per il risanamento della qualità dell'aria*, Rapporti 191/2014

<sup>28</sup> ISPRA, *La produzione di energia elettrica da impianti a fonte rinnovabile*, Rapporti 189/2013; ISPRA, *Misure di risanamento della qualità dell'aria relative al settore residenziale e commerciale*, Rapporti 164/2012

<sup>29</sup> ISPRA, *Annuario dei Dati Ambientali 2013 – Versione integrale Capitolo Strumenti per la pianificazione ambientale*

## FOCUS

### Valutazione del contributo di origine africana al PM<sub>10</sub> in Italia, anno 2012<sup>30</sup>

#### Introduzione

L'inquinamento atmosferico può avere origine antropica e naturale. L'art. 2 del D.Lgs. 155/2010<sup>31</sup> definisce il contributo di origine naturale come "l'emissione di sostanze inquinanti non causata in modo diretto o indiretto da attività umane, come nel caso di eruzioni vulcaniche, attività sismiche, attività geotermiche, incendi spontanei, tempeste di vento, aerosol marini, emissioni biogeniche, trasporto o risospensione in atmosfera di particelle naturali dalle regioni secche".

Il trasporto in atmosfera di particolato da zone aride del continente africano (*African dust*) è una delle principali cause naturali dell'inquinamento da PM<sub>10</sub> nell'area del Mediterraneo: è stato stimato che, nel corso di un forte evento di trasporto, il 60% e anche più del PM<sub>10</sub> totale può essere dovuto all'*African dust*<sup>32</sup>.

L'art. 15 del D.Lgs. 155/2010, sulla base di quanto previsto dalla Direttiva 2008/50/CE (art. 20) consente, laddove ci sia un evento naturale che contribuisca a determinare il superamento dei valori limite e dei livelli critici di un determinato inquinante e laddove questo sia dimostrato e valutato con adeguata accuratezza, di sottrarre il contributo proveniente da sorgenti naturali dal calcolo dei superamenti.

Il fatto che un contributo naturale al PM<sub>10</sub> possa essere sottratto nella valutazione della conformità ai limiti normativi non significa in alcun modo che tale contributo non sia dannoso per la salute umana. L'*International Agency for Research on Cancer* (IARC), l'Istituto che per conto dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) studia le sostanze che provocano il cancro, classifica il particolato atmosferico come cancerogeno per l'uomo e non esiste alcun valore di concentrazione in aria al di sotto del quale non ci sia alcun danno per la salute umana.

Circa gli effetti sanitari specifici del particolato di origine africana, non essendoci ancora evidenze certe e adeguatamente condivise<sup>33</sup>, sono necessarie ulteriori indagini, come è

---

<sup>30</sup> Si ringrazia:

- il Dr. A. Bolignano, il Dr. R. Sozzi e il Dr. M. Morelli di ARPA Lazio per le utili indicazioni per l'acquisizione dei dati DREAM e per il confronto sui risultati della fase di identificazione degli eventi sahariani per la regione Lazio;
- il Dr. Jose Maria Baldasano e la Dr. Sara Basart del *Barcelona Supercomputing Center*, che gestiscono il modello BSC-DREAM8b ([www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM](http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM)) e che gentilmente hanno fornito ad ISPRA, per tutti gli anni dal 2007 al 2012, dopo re-analisi delle informazioni meteorologiche, le concentrazioni orarie di PM<sub>10</sub> calcolate su un dominio comprendente l'Italia con maglia pari a 30 x 30 km<sup>2</sup>;
- il NOAA *Air Resources Laboratory* (ARL) per aver reso disponibile il modello HYSPLIT e il sito READY (<http://www.ready.noaa.gov>).

<sup>31</sup> D.Lgs. 155/2010 di attuazione della direttiva 2008/50/CE relative alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa

<sup>32</sup> Marelli L., 2007, *Contribution of natural sources to air pollution levels in the EU – A technical basis for the development of guidance for the Member States*

<sup>33</sup> C. Linares, A. Tobias J. Diaz, 2010, *Is there new scientific evidence to justify reconsideration of the current WHO guidelines for particulate matter during dust intrusions?*, *Science of Total Environment* 408, 2283-2284.

sottolineato in un recente documento tecnico dello *European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation*<sup>34</sup>; la comprensione del ruolo degli eventi naturali, come l'*African dust*, nell'inquinamento atmosferico e nei conseguenti effetti sulla salute umana è l'obiettivo del progetto *Life MED-PARTICLES*<sup>35</sup>.

L'applicazione dell'art. 15 del D.Lgs. 155/2010 è divenuta più facile a seguito della pubblicazione delle linee guida europee "*Commission Staff Working Paper establishing guidelines for demonstration and subtraction of exceedances to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe, draft 15.02.2011*"<sup>36</sup>. Le linee guida, in allineamento ai criteri di seguito elencati:

- il contributo deve essere naturale, non causato direttamente o indirettamente da alcuna attività umana;
- la quantificazione del contributo è necessaria e deve essere sufficientemente precisa e accurata;
- la quantificazione deve essere temporalmente consistente con il periodo di mediazione del limite normativo considerato: per il PM<sub>10</sub>, in riferimento al valore limite giornaliero, la quantificazione del contributo naturale deve essere riferita almeno a un periodo di 24 ore;
- la quantificazione deve essere spazialmente consistente: deve cioè essere riferita a un punto del territorio (es: una stazione di monitoraggio) o a un'area del territorio;
- il contributo deve essere dimostrato attraverso una valutazione sistematica;
- la quantificazione deve essere dimostrata per ogni inquinante separatamente;

propongono una metodologia che consente la stima quantitativa del contributo dell'*African dust* al PM<sub>10</sub> in tutte le stazioni in superamento di una rete di monitoraggio.

Oltre che la disponibilità delle medie giornaliere di PM<sub>10</sub> misurate, la metodologia proposta prevede l'identificazione degli eventi di trasporto e la stima quantitativa del contributo dell'*African dust* su un *set* di stazioni *background* di riferimento (attraverso l'uso di strumenti modellistici, dati satellitari ed elaborazione statistica), l'attribuzione del contributo stimato nelle stazioni di riferimento alle stazioni in superamento e la sottrazione dell'*African dust* in ogni stazione in superamento per la valutazione della conformità agli *standard* normativi; misure chimiche e/o chimico-fisiche puntuali non sono previste, se non in una fase di validazione su un *set* molto ristretto di stazioni di monitoraggio.

La metodologia è stata sviluppata in Spagna<sup>37</sup>, dove è utilizzata nella valutazione della conformità ai limiti normativi già da alcuni anni: dopo sottrazione dell'*African dust* il

---

A. Tobias, L. Perez, J. Diaz, C. Linares, J. Pey, A. Alastruey, X. Querol, 2011. *Short-term effects of particulate matter on total mortality during Saharan dust outbreaks: A case-crossover analysis in Madrid (Spain)*, Science of Total Environment 412-413, 386-386

<sup>34</sup> ETC/ACM Technical Paper 2011, January 2012, *Health effects from Sahara dust particles*

<sup>35</sup> Project website: <http://www.epidemiologia.lazio.it/medparticles/index.php/en/>

<sup>36</sup> [http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/sec\\_2011\\_0208.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/sec_2011_0208.pdf)

<sup>37</sup> Querol X., Alaustey A., Pey J., Escudero M., Castillo S., Gonzales Ortiz A., Pallares M., Jimenez S., Cristobal A., Ferreira F., Marques F., Monjardino J., Cuevas E., Alonso S., Artinano B., Salvador P., De La Rosa J., 2006, *Spain and Portugal Methodology for the identification of natural African dust episodes in PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub> and justification with regards to the exceedances of the PM<sub>10</sub> daily limit value*, modified version from November 2009. Ministerio de Medio Ambiente , y Medio Rural , y Marino - Spain S.G. de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial and Ministerio do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional - Portugal Agencia Portuguesa do Ambiente

numero delle stazioni in superamento rispetto al valore limite giornaliero risulta infatti quasi dimezzato, come è illustrato in Tabella 3.1.

**Tabella 3.1: Numero di stazioni in superamento rispetto al valore limite giornaliero del PM<sub>10</sub>, prima e dopo sottrazione del contributo naturale dovuto al trasporto di particolato da zone aride esterne all'Europa<sup>38</sup> (G2 = transport of natural particles from dry regions outside the MS)**

		N.stations reporting exceedances of the daily PM10 limit value			
	Code	2008		2009	
		Before subtraction	After subtraction	Before subtraction	After subtraction
Austria		10	8	6	6
Cyprus	G2	1	0	1	1
Germany		17	16	33	33
Spain	G2	123	72	42	24
France	G2, other	31	30	41	41
United Kingdom	other	3	2	5	1
Greece	G2, other	15	11	7	2
Italy	G2	188	187	177	177
Latvia		3	3	3	3
Malta		1	0	1	0
Portugal	G2, other	10	7	10	7

L'inquinamento da PM<sub>10</sub> nel nostro Paese è un'emergenza, soprattutto nelle grandi aree urbane e nel bacino padano. Nel 2012, il valore limite giornaliero del PM<sub>10</sub> (VLG, 50 µg/m<sup>3</sup>, da non superare più di 35 volte in un anno civile) stabilito dalla Direttiva 2008/50/CE è stato superato nel 40% delle stazioni di monitoraggio presenti in Italia. Il numero delle stazioni in superamento sale al 78%, se si prende in considerazione il valore di riferimento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)<sup>39</sup> per l'esposizione umana a breve termine (50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 3 volte in un anno civile).

La severità dei fenomeni di inquinamento da particolato, insieme alla disponibilità di un adeguato metodo di valutazione, ha sollecitato il Ministero dell'ambiente all'applicazione dell'art. 15 del D.Lgs. 155/2010, affidando il compito di valutare il contributo dell'*African dust* al PM<sub>10</sub> all'ISPRA che, utilizzando il metodo indicato nelle

M. Escudero, X. Querol, J. Pey, A. Alaustey, N. Perez, F. Ferreira, S. Alonso, S. Rodriguez, E. Cueva, 2007, *A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks.*, Atmospheric Environment 41, 5516-5524

X. Querol, J. Pey, A.M. Pandolfi, A. Alaustey, M. Cusack, N. Perez, T. Moreno, M. Viana, N. Mihalopoulos, G. Kallos, S. Kleanthous, 2009, *African dust contribution to mean ambient PM<sub>10</sub> mass-levels across the Mediterranean Basin*, Atmospheric Environment 43, 4266-4277

<sup>38</sup>Fonte: EEA, 2012, *Particulate Matter from natural sources and related reporting under the EU Air Quality Directive in 2008 and 2009*, Technical report N.10/2012

<sup>39</sup> WHO-AQG, 2006, *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide Global update 2005*. WHO Press, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland © World Health Organization 2006

linee guida europee e adattandolo alla realtà italiana, lo ha stimato su tutto il territorio nazionale per gli anni dal 2007 al 2012<sup>40</sup>.

Nella presente relazione sono riportati in sintesi i risultati relativi al 2012.

## Il trasporto dell'*African dust* nel Mediterraneo

Il trasporto di particolato atmosferico da zone aride del pianeta è, a livello globale, la più abbondante sorgente naturale di particolato, dopo lo *spray* marino<sup>41</sup>. Esso ha un impatto sul clima<sup>42</sup>, sull'inquinamento atmosferico, in particolare sui livelli di particolato atmosferico e conseguentemente sulla salute umana e sugli ecosistemi.

Nell'area del Mediterraneo, il particolato proveniente da zone aride del continente africano è stimato in  $10^5$  -  $10^6$  kT ogni anno<sup>43</sup>. In letteratura sono ampiamente descritti gli scenari meteorologici che causano il trasporto di grandi masse d'aria, arricchite di particolato per il passaggio sulle regioni desertiche africane verso l'area del Mediterraneo e anche, attraverso l'oceano Atlantico, verso l'area caraibica e gli Stati Uniti.

L'impatto sulla qualità dell'aria ambiente, favorito nel bacino mediterraneo dai lunghi tempi di residenza del particolato in atmosfera per lo scarso grado di precipitazioni atmosferiche, può essere notevole: come già detto, nel corso di un forte evento di trasporto, il 60% e anche più del  $PM_{10}$  totale nell'area del Mediterraneo può essere dovuto all'*African dust*<sup>44</sup>.

L'*African dust*, oltre a provocare l'innalzamento dei livelli delle concentrazioni di  $PM_{10}$ , ha effetti sulla composizione granulometrica e chimica del particolato. Essendo composto di particelle con dimensioni comprese nell'intervallo 1-25  $\mu m$ , l'*African dust* influenza sia la frazione *coarse* ( $PM_{10}$ - $PM_{2,5}$ ) sia la frazione *fine* ( $PM_{2,5}$ ) con un contributo maggiore sulla frazione *coarse*<sup>45</sup>. In particolare, uno studio eseguito in

---

<sup>40</sup> L'indagine di valutazione del contributo dell'*African dust* è stata svolta nell'ambito della Convenzione MATTM-DSA/ISPRA del 29/12/2006 avente per oggetto " Supporto tecnico scientifico alla DSA nell'elaborazione di linee guida e indirizzi metodologici"

<sup>41</sup> M. Viana, J. Pey X. Querol, A. Alastuey, F. de Leeuw, A. Lukewille, 2014, *Natural sources of atmospheric aerosol influencing air quality*, Science of Total Environment 472, 825-833

<sup>42</sup> IPCC 2013, *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group I: the Physical Science Basis of Climate Change. Summary for Policymakers*

<sup>43</sup> Prospero, J.M., Barret, K., Church, T., Dentener, F., Duce, R.A., Galloway, H., Levy II, H., Moody, J., Quinn, P., 1996, *Atmospheric deposition of nutrients to the North Atlantic basin*. Biogeochemistry 35, 27-73

<sup>44</sup> Marelli L., 2007, *Contribution of natural sources to air pollution levels in the EU – A technical basis for the development of guidance for the Member States*

<sup>45</sup> X. Querol, A. Alastuey, C.R. Ruiz, B. Artinano, H.C. Hansson, R.M. Harrison, E. Buringh, H.M. ten Brink, M. Lutz, P. Bruckmann, P. Straehl, J. Schneider, 2004, *Speciation and origin of  $PM_{10}$  and  $PM_{2,5}$  in selected European cities*, Atmospheric Environment 38, 6547-6555

G.P. Gobbi, G. Ciolli, A. Marconi, G. Cattani, V. Malvestuto, F. Barnaba, F. Angelini, M. Inglessis, 2006, *Relating Saharan Dust to Particulate Matter Amounts in the City of Rome (Italy), a Four-Year Study*, Chemical Engineering Transactions 10, 375-380

Spagna indica che il maggior contributo dell'*African dust* è nelle frazioni di particolato con diametro aerodinamico equivalente compreso tra 2-3  $\mu\text{m}$  e 5-7,5  $\mu\text{m}$ <sup>46</sup>.

L'*African dust* è costituito principalmente da silicati e carbonati (la composizione precisa dipende dalla regione di origine); di conseguenza alcuni metodi di quantificazione del contributo dell'*African dust*, oltre che metodi di validazione come quella prevista nelle linee guida europee, si basano sulla determinazione di Ca, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K, Mg, Si, ione carbonato nel particolato.

Un recente studio<sup>47</sup>, svolto nell'ambito del progetto *Life MED-PARTICLES*<sup>48</sup> e basato su analisi di particolato raccolto dal 2001 al 2011 nel bacino del Mediterraneo (19 siti di fondo localizzati nella Penisola Iberica, nella Francia meridionale, in Italia, in Bulgaria, in Grecia, a Creta e Cipro), descrive l'impatto del trasporto di particolato dalle zone desertiche africane sul PM<sub>10</sub> nel bacino mediterraneo. Di seguito si riportano i principali risultati dello studio che, utilizzando per la stima dell'*African dust* il metodo riportato nelle linee guida europee e già sviluppato da alcuni autori del lavoro, conferma e arricchisce le informazioni provenienti dalle numerose indagini già effettuate sull'area mediterranea.

Innanzitutto lo studio conferma un gradiente positivo da Nord a Sud dei giorni di evento di *African dust*: in un anno i giorni di evento contribuiscono in misura pari al 17-18% nel Nord del bacino (Centro e Nord-Est Spagna, Sud-Est Francia, Nord Italia) e del 30-37% nella parte meridionale (37% e 34% rispettivamente in Sicilia e Cipro). Frequenze intermedie e simili tra loro sono state registrate nel sud della Penisola Iberica, in Italia Centrale e nel Nord della Grecia.

L'impatto dell'*African dust* è considerevolmente più elevato nella parte orientale rispetto a quella occidentale; le più elevate concentrazioni medie annuali di *African dust*, dell'ordine di 7 – 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , si registrano infatti a Est (rispettivamente a Creta e Cipro) e le più basse, di circa 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nella Spagna Nord Est, in Francia Sud Est e nel Nord Italia. L'*African dust* è quindi una componente dominante nel Sud Est della Spagna, a Creta e Cipro (35-43% del PM<sub>10</sub>); è rilevante nel Sud Ovest e Centro della Spagna, Sardegna, Sicilia e nella Grecia meridionale (19-25% del PM<sub>10</sub>) ed è meno importante nella parte Nord del bacino e nei siti prossimi a grandi aree urbane (6-10% del PM<sub>10</sub>).

L'impatto dell'*African dust* nell'area del Mediterraneo è presente durante tutto l'anno; a occidente l'impatto è più alto nei mesi tra maggio e ottobre e a marzo; a Est, l'impatto maggiore è tra novembre e maggio. La parte centro-meridionale del Mediterraneo, dove si distende la Penisola Italiana, è un'area di transizione tra Est e Ovest del Mediterraneo, dove l'*African dust* non mostra una stagionalità caratteristica, anche se un impatto debolmente maggiore è presente durante l'estate. A Sud Ovest l'*African dust* rappresenta il 50% di massa di PM<sub>10</sub> in estate e il 10% in inverno; a Sud Est rappresenta anche l'80% di massa di PM<sub>10</sub> nel periodo febbraio-aprile (il 10% in estate); al Centro Sud, in estate il

---

<sup>46</sup>J. Nicolas, E. Yubero, N. Galindo, J. Gimenez, R. Castaner, A. Carratala, J. Crespo, C. Pastor, 2009, *Characterization of events by aerosol mass size distributions*, Journal of Environmental Monitoring 11, 394-399

<sup>47</sup>J. Pey, X. Querol, A. Alastuey, F. Forastiere and M. Stafoggia, 2013, *African dust outbreaks over the Mediterranean Basin during 2001-2011: PM<sub>10</sub> concentrations, phenomenology and trends, and its relation with synoptic and mesoscale meteorology*, Atmospheric Chemistry and Physics 13, 1395-1410

<sup>48</sup>Project website: <http://www.epidemiologia.lazio.it/medparticles/index.php/en/>

35-50% del PM<sub>10</sub> è mediamente attribuito all'*African dust*. Un *trend* simile si ripete nella parte Nord del bacino ma con contributi minori.

Gli eventi estremi, quelli cioè con un contributo di *African dust* > 100 µg/m<sup>3</sup> non sono molto frequenti nel bacino mediterraneo; la loro frequenza è comunque più elevata nella parte Sud Est (2-5% dei giorni di evento). Eventi intensi-moderati (30-99 µg/m<sup>3</sup>) sono presenti in tutto il bacino mediterraneo con una frequenza decrescente da sud a nord: il 15-25%, il 10-15% e il 5-10% degli eventi sono intensi-moderati rispettivamente al sud, al centro e al nord. Episodi a bassa intensità (1-10 µg/m<sup>3</sup>) prevalgono nella parte Nord del Mediterraneo Centrale e Occidentale.

La differenza che si osserva tra la parte occidentale e orientale del bacino mediterraneo dipende da differenti modalità di generazione e di meccanismi di trasporto delle masse d'aria. A occidente, a causa di un complicato meccanismo di trasporto, anche per la presenza della barriera rappresentata dalla catena montuosa dell'Atlante (2.500 km di estensione e 4.000 m di altitudine), le masse d'aria viaggiano a elevate altitudini. A Est del Mediterraneo il trasporto delle masse d'aria, indotto da movimenti ciclonici, è più semplice e avviene a livello di superficie, anche se lo scenario può presentarsi più complesso per l'aggiunta di masse d'aria che si canalizzano a sud della catena dell'Atlante generando brevi e intensi episodi e per l'aggiunta, in estate, di masse d'aria che, a causa di forti moti convettivi nelle regioni sorgenti, si dispiegano a elevate altitudini (nella parte più orientale del Mediterraneo, gli elevati livelli di *African dust* registrati a Cipro sono determinati anche dai contributi provenienti dal Negev e dai deserti del Medio-Oriente).

Generalmente non c'è chiara relazione tra l'intensità e la frequenza degli eventi, a eccezione della parte orientale del Mediterraneo dove i due parametri mostrano un andamento simile. L'area centro occidentale del Mediterraneo presenta gli eventi più intensi nei mesi di febbraio-marzo e ottobre-novembre.

Per quanto riguarda la variabilità interannuale, in generale nell'area centrale e meridionale del bacino mediterraneo (Centro e Sud Spagna, Italia Centrale e Sicilia, Grecia e Cipro) non si osserva alcun *trend* del contributo relativo all'*African dust*. Un *trend* decrescente del contributo dell'*African dust*, è invece evidente a partire dal 2006 nella parte Nord Ovest del bacino mediterraneo.

Episodi particolarmente intensi sono stati registrati nel 2004, con picchi di *African dust* di 150 µg/m<sup>3</sup> (Sud Spagna), 200 µg/m<sup>3</sup> (Grecia) e 300 µg/m<sup>3</sup> (febbraio, Sicilia). Nel 2008 eventi particolarmente intensi sono stati registrati a Cipro con un contributo di 100 µg/m<sup>3</sup> durato 12 giorni.

Numerosi sono gli studi che analizzano i fenomeni di intrusione di particolato di origine africana nel nostro Paese e che ne stimano quantitativamente il contributo ai livelli di PM<sub>10</sub>. Le indagini, i cui risultati sono coerenti con quanto già descritto per l'intero bacino mediterraneo, sono generalmente riferite a limitati periodi di tempo o ad aree limitate o a pochi punti di campionamento distribuiti lungo tutta la Penisola<sup>49</sup>. Molti

---

<sup>49</sup> G.P. Gobbi, G. Ciolli, A. Marconi, G. Cattani, V. Malvestuto, F. Barnaba, F. Angelini, M. Inglessis, 2006, *Relating Saharan Dust to Particulate Matter Amounts in the City of Rome (Italy), a Four-Year Study*, Chemical Engineering Transactions 10, 375-380

sono gli studi realizzati sull'isola di Lampedusa che, per la sua posizione geografica al centro del Mediterraneo meridionale, rappresenta una sorta di sito "sentinella" per i fenomeni di trasporto di *African dust* nella nostra Penisola<sup>50</sup>. L'identificazione e la quantificazione dell'*African dust* sono ottenuti attraverso l'applicazione del metodo europeo<sup>51</sup> o attraverso l'uso integrato di diversi strumenti modellistici, dati satellitari e

---

G.P. Gobbi, F. Barnaba, L. Ammannato, 2007, *Estimating the impact of Saharan dust on the year 2001 PM<sub>10</sub> record of Rome, Italy*, Atmospheric Environment 41, 261-275

C. Perrino, S. Canepari, M. Catrambone, S. Dalla Torre, E. Rantica, T. Sargolini, 2009, *Influence of natural events on the concentration and composition of atmospheric particulate matter*, Atmospheric Environment 43, 4766-4779

L. Matassoni, G. Pratesi, D. Centioli, F. Cadoni, P. Malesani, A.M. Caricchia, A. Di Menno di Bucchianico, 2009, *Saharan dust episodes in Italy: influence on PM<sub>10</sub> daily limit value (DLV) exceedances and the related synoptic*, Journal of Environmental Monitoring 11, 1586-1594

A. Pederzoli, M. Mircea, S. Finardi, A. Di Sarra, G. Zanini, 2010, *Quantification of Saharan dust contribution to PM<sub>10</sub> over Italy during 2003-2005*, Atmospheric Environment 44, 4181-4190

L. Matassoni, G. Pratesi, D. Centioli, F. Cadoni, F. Lucarelli, Silvia Nava, P. Malesani, 2011, *Saharan dust contribution to PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> in urban and suburban areas of Rome: a comparison between single-particle SEM-EDS analysis and whole-sample PIXE analysis*, Journal of Environmental Monitoring 13, 732-742

C. Carnevale, G. Finzi, E. Pisoni, M. Volta, P. Kishcha, P. Alpert, 2012, *Integrating Saharan dust forecasts into a regional chemical transport model: A case study over Northern Italy*, Science of Total Environment 417-418, 224-231

B. Moroni, D. Cappelletti, F. Marmottini, F. Scardazza, L. Ferrero, E. Bolzacchini, 2012, *Integrated single particle-bulk chemical approach for the characterization of local and long range sources of particulate pollutants*, Atmospheric Environment, 50, 267-277

F. Calastrini, F. Guarneri, S. Becagli, C. Busillo, M. Chiari, U. Dayan, F. Lucarelli, S. Nava, M. Pasqui, R. Traversi, R. Udisti and G. Zipoli, 2012, *Desert Dust Outbreaks over Mediterranean Basin: A Modelling, Observational and Synoptic Analysis Approach*, Advances in Meteorology, 2012, Article ID 246874

G.B. Gobbi, F. Angelini, F. Barnaba, F. Costabile, J.M. Baldasano, S. Basart, R. Sozzi, A. Bolignano, 2013, *Atmospheric Chemistry and Physics. Changes in particulate matter physical properties during Saharan advections over Rome (Italy): a four-year study, 2001-2004*, 13, 7395-7404

<sup>50</sup> D. Meloni, A. di Sarra, G. Biavati, J.J. DeLuigi, F. Monteleone, G. Pace, S. Piacentino, D.M. Sferlazzo, 2007, *Seasonal behaviour of Saharan dust events at the Mediterranean island of Lampedusa in the period 1999-2005*, Atmospheric Environment 41, 3041-3056

D. Meloni, A. di Sarra, F. Monteleone, G. Pace, S. Piacentino, D.M. Sferlazzo, 2008, *Seasonal transport patterns of intense Saharan dust events at the Mediterranean island of Lampedusa*, Atmospheric Research 88, 134-148

A. di Sarra, G. Pace, D. Meloni, L. De Silvestri, S. Piacentino, 2008, *Surface shortwave radiative forcing at different aerosol types in the central Mediterranean*, Geophysical Research Letters 35, L02714, doi: 10.1029/2007GL032395

T. Di Iorio, A. di Sarra, D.M. Sferlazzo, M. Cacciani, D. Meloni, F. Monteleone, D. Fuà, G. Fiocco, 2009, *Seasonal evolution of the tropospheric aerosol vertical profile in the central Mediterranean and role of desert dust*, Journal of Geophysical Research, 114, D02201, doi: 10.1029/2008JD010593

J.L. Gomez-Amo, V. Pinti, T. Di Iorio, A. di Sarra, D. Meloni, S. Becagli, V. Bellantone, M. Cacciani, D. Fuà, M.R. Perrone, 2011, *The June 2007 Saharan dust event in the central Mediterranean: Observations and radiative effects in marine, urban and sub-urban environments*, Atmospheric Environment 45, 5385-5393

M. Marconi, D.M. Sferlazzo, S. Becagli, C. Bommarito, G. Calzolari, M. Chiari, A. di Sarra, C. Ghedini, J. L. Gomez-Amo, F. Lucarelli, D. Meloni, F. Monteleone, S. Nava, G. Pace, S. Piacentino, F. Rugi, M. Severi, R. Traversi, R. Udisti, 2014, *Saharan dust aerosol over the central Mediterranean Sea: PM<sub>10</sub> chemical composition and concentration versus optical columnar measurements*, Atmospheric Chemistry and Physics 14, 2039-2045

<sup>51</sup> L. Matassoni, G. Pratesi, D. Centioli, F. Cadoni, P. Malesani, A.M. Caricchia, A. Di Menno di Bucchianico, 2009, *Saharan dust episodes in Italy: influence on PM<sub>10</sub> daily limit value (DLV) exceedances and the related synoptic*, Journal of Environmental Monitoring 11, 1586-1594

A. Pederzoli, M. Mircea, S. Finardi, A. Di Sarra, G. Zanini, 2010, *Quantification of Saharan dust contribution to PM<sub>10</sub> over Italy during 2003-2005*, Atmospheric Environment 44, 4181-4190

misure chimico-fisiche puntuali<sup>52</sup>. Molte indagini sono state realizzate, o sono in corso di realizzazione, nell'ambito di ampi progetti come, il progetto PATOS<sup>53</sup> della regione Toscana, il progetto *Life* DIAPASON<sup>54</sup>, il progetto *Life* AIRUSE<sup>55</sup> e il già citato progetto *Life* MED-PARTICLES<sup>56</sup>. I risultati più recenti sul tema *African dust* sono stati oggetto di presentazioni al 7<sup>th</sup> *International Workshop on Sand/Duststorms and Associated Dustfall*<sup>57</sup> (Frascati, RM, 2-4 dicembre 2013) e alla più recente *International Conference on ATMOSPHERIC DUST*<sup>58</sup> (Castellaneta Marina, TA, 1-6 giugno 2014).

---

<sup>52</sup> G.P Gobbi, G. Ciolli, A. Marconi, G. Cattani, V. Malvestuto, F. Barnaba, F. Angelini, M. Inglessis, 2006, *Relating Saharan Dust to Particulate Matter Amounts in the City of Rome (Italy), a Four-Year Study*, Chemical Engineering Transactions 10, 375-380

G.P Gobbi, F. Barnaba, L. Ammannato, 2007, *Estimating the impact of Saharan dust on the year 2001 PM<sub>10</sub> record of Rome, Italy*, Atmospheric Environment 41, 261-275

C. Perrino, S. Canepari, M. Catrambone, S. Dalla Torre, E. Rantica, T. Sargolini, 2009, *Influence of natural events on the concentration and composition of atmospheric particulate matter*, Atmospheric Environment 43, 4766-4779

L. Matassoni, G. Pratesi, D. Centioli, F. Cadoni, F. Lucarelli, Silvia Nava, P. Malesani, 2011, *Saharan dust contribution to PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> in urban and suburban areas of Rome: a comparison between single-particle SEM-EDS analysis and whole-sample PIXE analysis*, Journal of Environmental Monitoring 13, 732-742

C. Carnevale, G Finzi, E. Pisoni, M. Volta, P. Kishcha, P. Alpert, 2012, *Integrating Saharan dust forecasts into a regional chemical transport model: A case study over Northern Italy*, Science of Total Environment 417-418, 224-231

B. Moroni, D. Cappelletti, F. Marmottini, F. Scardazza, L. Ferrero, E. Bolzacchini, 2012, *Integrated single particle-bulk chemical approach for the characterization of local and long range sources of particulate pollutants*, Atmospheric Environment, 50, 267-277

F. Calastrini, F. Guarnieri, S. Becagli, C. Busillo, M. Chiari, U. Dayan, F. Lucarelli, S. Nava, M. Pasqui, R. Traversi, R. Udisti and G. Zipoli, 2012., *Desert Dust Outbreaks over Mediterranean Basin: A Modelling, Observational and Synoptic Analysis Approach*, Advances in Meteorology, 2012, Article ID 246874

S. Nava, S. Becagli, G. Calzola, M. Chiari, F. Lucarelli, P. Prati, R. Traversi, R. Udisti, G. Valli, R. Vecchi 2012, *Saharan dust impact in central Italy: An overview on three years elemental data records*, Atmospheric Environment 60, 444-452

<sup>53</sup> <http://servizi.regione.toscana.it/aria/index.php?idDocumento=18348>

<sup>54</sup> <http://www.diapason->

[life.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=127&Itemid=628&lang=it](http://www.diapason-life.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=628&lang=it)

<sup>55</sup> <http://airuse.eu/it/news/>

<sup>56</sup> Project website: <http://www.epidemiologia.lazio.it/medparticles/index.php/en/>

<sup>57</sup> <http://dustworkshop2013.enea.it/index.php>

<sup>58</sup> <http://www.dust2014.org/>

## Valutazione del contributo dell'*African dust* in Italia (2012)

Per la valutazione del contributo dell'*African dust* al PM<sub>10</sub> è stata utilizzata la metodologia riportata nelle linee guida europee, in quanto è risultata la più adeguata allo scopo dell'attività che prevedeva di stimare il contributo sahariano su anni pregressi (dal 2007 al 2012) e sull'intero territorio italiano.

L'indagine si è sviluppata attraverso le seguenti fasi:

1. Individuazione delle zone e delle stazioni in superamento rispetto al valore limite giornaliero (VLG) e al valore limite annuale (VLA);
2. Individuazione di una rete di stazioni di riferimento;
3. Identificazione della presenza degli eventi di *African dust* nelle stazioni di riferimento;
4. Stima quantitativa del contributo di *African dust* nelle stazioni di riferimento;
5. Sottrazione dell'*African dust* dalle concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> nelle stazioni in superamento e calcolo della riduzione del numero delle stazioni e zone in superamento.

### Individuazione delle zone e delle stazioni in superamento rispetto al VLG e VLA

Il numero di stazioni e di zone<sup>59</sup> in superamento rispetto al valore limite giornaliero (VLG) e al valore limite annuale (VLA, 40 µg/m<sup>3</sup>, come media annuale in un anno civile) del PM<sub>10</sub>, per l'anno 2012, sulla base di quanto dichiarato da regioni e province autonome tramite i questionari ex Decisione 2004/461/CE, è riportato in Tabella 3.2. Le stazioni e le zone in superamento rispetto al VLG in Italia sono rispettivamente 164 e 42; rispetto al VLA, 34 sono le stazioni e 17 le zone in superamento. In tutte le regioni e province autonome ci sono superamenti tranne che in Valle d'Aosta, Bolzano, Abruzzo, Basilicata, Calabria e Sardegna.

**Tabella 3.2: PM<sub>10</sub>, zone e stazioni di monitoraggio in superamento rispetto al valore limite giornaliero (VLG) e al valore limite annuale (VLA) per singola regione e provincia autonoma (2012)<sup>60</sup>**

	VLG		VLA	
	n. zone	n. stazioni	n. zone	n. stazioni
Piemonte	9	18	4	5
Lombardia	7	55	5	17
<i>Trento</i>	1	2	-	-
Veneto	6	21	3	4
Friuli - Venezia Giulia	2	4	-	-
Liguria	1	1	-	-
Emilia - Romagna	3	29	1	3
Toscana	3	6	-	-

<sup>59</sup> La zona è parte del territorio nazionale delimitata, ai sensi del D.Lgs. 155/2010, ai fini della valutazione e della gestione della qualità dell'aria ambiente

<sup>60</sup> Fonte: ISPRA

	VLG		VLA	
	n. zone	n. stazioni	n. zone	n. stazioni
Umbria	1	1	-	-
Marche	1	2	-	-
Lazio	2	11	1	1
Molise	1	2	-	-
Campania	2	6	2	3
Puglia	1	1	-	-
Sicilia	2	5	1	1
<b>Totale</b>	<b>42</b>	<b>164</b>	<b>17</b>	<b>34</b>

### Individuazione di una rete di stazioni di riferimento

Punto nodale, nell'applicazione delle linee guida europee, è la scelta delle stazioni di riferimento in base alle quali stimare il contributo dell' *African dust*. A questo scopo le indicazioni per la scelta delle stazioni di riferimento fornite dal documento comunitario, o che si possono trarre da una interpretazione del suo significato autentico, sono le seguenti:

- le stazioni devono essere di fondo rurale (in mancanza possono essere di fondo suburbano e, in ultima analisi, di fondo urbano);
- le stazioni devono essere rappresentative di un'ampia area di territorio (in particolare devono essere rappresentative dei punti di misura, localizzati soprattutto nelle reti urbane, in superamento);
- le stazioni non devono essere poste a elevata altitudine (stazioni poste a quota elevata possono aiutare comunque nella fase di identificazione degli eventi di trasporto);
- le stazioni non dovrebbero essere troppo vicino al mare;
- le stazioni devono avere serie di dati giornalieri di PM<sub>10</sub> complete e attendibili;
- la presenza di dati di speciazione chimica del particolato (ad esempio, Ca, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K, Mg, Si, ione carbonato) può essere utile per la conferma e la validazione del metodo.

Nell'applicazione del metodo europeo alla realtà del nostro paese, questa fase si è rivelata una delle più critiche, a causa della scarsa disponibilità di stazioni di riferimento nel Sud e nelle Isole dove, tra l'altro, l'impatto del fenomeno è più rilevante.

Al fine di rendere applicabili queste indicazioni e di ottenere in ogni situazione (da operatori e in anni diversi) risultati confrontabili, riducendo al minimo le interpretazioni soggettive e le scelte intuitive, in questo lavoro è stato definito un criterio di "massima concordanza" tra le stazioni di riferimento e le stazioni in superamento che potesse essere tradotto in una scala numerica di valutazione espressa in unità arbitrarie.

L'applicazione di questo criterio segue sei passi nei quali, nella scelta tra più stazioni candidate rispetto a una stazione in superamento, si privilegia quella con:

- I. la minima distanza;
- II. la minima differenza tra le altezze sul livello del mare;
- III. la massima sovrapposizione tra i giorni di evento sahariano;

- IV. la massima correlazione tra le serie di dati;
- V. la massima copertura temporale dei dati nella stazione di riferimento;
- VI. la minore dispersione dei dati nei giorni di assenza di contributo sahariano nella stazione di riferimento.

A ognuno di questi parametri è stato attribuito un peso variabile tra 0 e 1 ed è stato calcolato un indice sintetico, variabile tra 0 e 6, per ciascuna stazione in superamento e le stazioni di fondo rurale disponibili scegliendo quella con il punteggio più elevato. In assenza di stazioni rurali di fondo sono state prese in considerazione le stazioni di fondo suburbano; in mancanza assoluta di stazioni adeguate nella regione di appartenenza della stazione in superamento, sono state prese in considerazione le stazioni di fondo delle regioni confinanti.

La rete di stazioni di riferimento individuata con il metodo appena descritto e utilizzata per la stima del contributo dell'*African dust* è illustrata nella mappa in Figura 3.5. Le 26 stazioni indicate nella mappa sono state selezionate da un *set* iniziale di 85 stazioni di fondo; a parte la Sicilia, dove le stazioni selezionate sono suburbane, nel resto d'Italia le stazioni di riferimento sono tutte rurali di fondo.

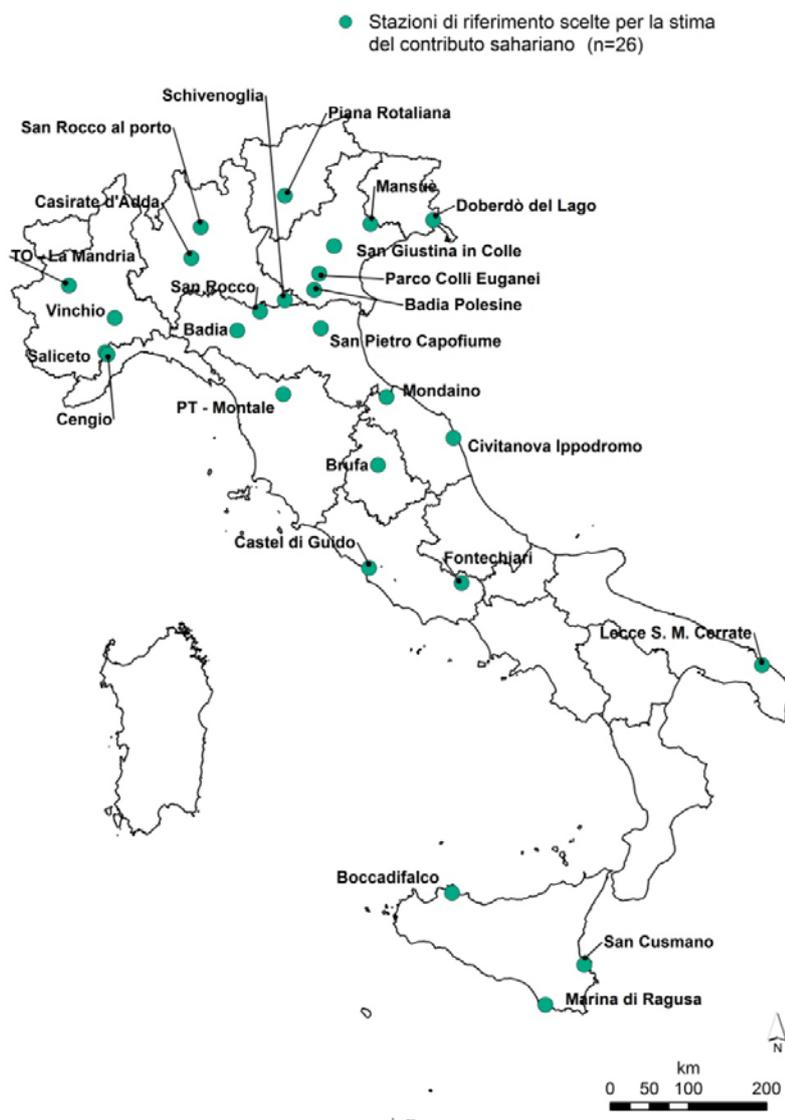


Figura 3.5: PM<sub>10</sub>, stazioni di riferimento utilizzate per la stima dell'*African dust* (2012)<sup>61</sup>

### Identificazione della presenza degli eventi di *African dust* nelle stazioni di riferimento

Per garantire una ricostruzione degli eventi di trasporto il più possibile completa e omogenea in tutte le stazioni di riferimento distribuite sull'intero territorio nazionale, tra gli strumenti indicati nelle linee guida europee, sono stati utilizzati i seguenti:

- DREAM (*Dust REgional Atmospheric Model*) che predice il ciclo di vita in atmosfera del particolato eroso dalle aree desertiche, simulando i principali processi che lo determinano e fornendo in particolare informazioni sulla concentrazione al suolo e in quota di particolato;
- HYSPLIT (*Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model*, versione 4) che, sviluppato da "The Air Resources Laboratory (ARL)" del NOAA, *National Oceanic and Atmospheric Administration* (<http://www.arl.noaa.gov>) e progettato per realizzare una ampia gamma di simulazioni relative al trasporto e dispersione atmosferica di inquinanti utilizzando dati meteorologici archiviati e previsionali, fornisce informazioni sulle traiettorie di masse d'aria che possono trasportare particolato.

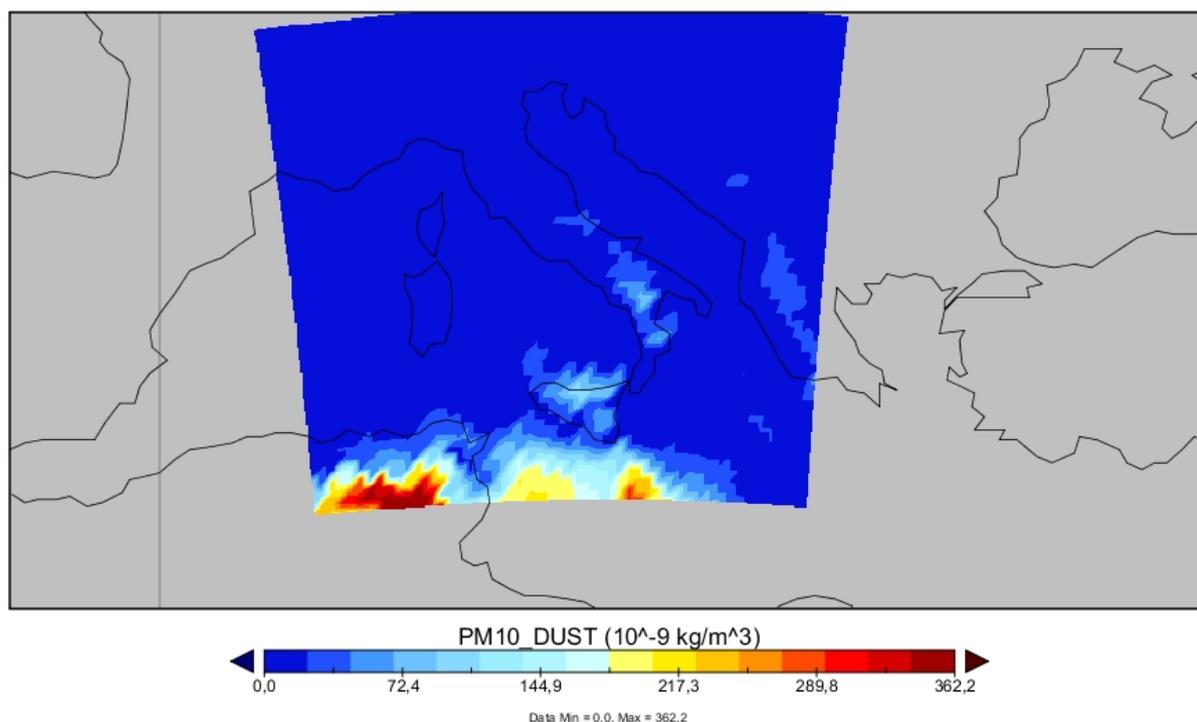
Per una valutazione più accurata rispetto alle stime del contributo di *African dust* al suolo disponibili consultando le mappe *on-line*, il BSC (*Barcelona Supercomputing Center*), che gestisce il modello BSC-DREAM8b ([www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM](http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM)), ha fornito all'ISPRA, dopo re-analisi<sup>62</sup> delle informazioni meteorologiche, le concentrazioni orarie di PM<sub>10</sub> calcolate al suolo su un dominio comprendente l'Italia con maglia pari a 30 x 30 km<sup>2</sup>. Un esempio delle mappe di concentrazione oraria, elaborate per la visualizzazione attraverso il *software open source Panoply*, è mostrato in Figura 3.6.

---

<sup>61</sup> Fonte: ISPRA

<sup>62</sup> Nei modelli meteorologici la re-analisi è un processo di ricostruzione dello storico meteo-climatico di una determinata zona geografica; tale processo fa uso di schemi di assimilazione con i dati osservati provenienti da stazioni meteo, radar meteorologici, radiometri satellitari.

PM10\_DUST



**Figura 3.6: Concentrazioni orarie di PM<sub>10</sub> di origine sahariana simulate attraverso il modello DREAM in un giorno di evento (4 aprile 2012)<sup>63</sup>**

I dati orari generati da DREAM sono stati poi elaborati dall'ISPRA per calcolare i valori medi giornalieri di PM<sub>10</sub> in tutti i nodi del dominio; successivamente a ogni stazione è stato associato il livello di PM<sub>10</sub> stimato da DREAM nel nodo di calcolo più vicino.

I giorni di evento individuati tramite il modello DREAM, sono stati successivamente confermati attraverso l'analisi delle *back trajectories*, calcolate con il modello HYSPLIT in riferimento a ogni stazione (Figura 3.7). Così come previsto dalle linee guida europee, l'evoluzione a ritroso delle particelle è stata seguita fino a 5 giorni antecedenti l'evento di *African dust* per verificare la provenienza o il passaggio dell'aerosol dall'Africa; le traiettorie a ritroso sono state calcolate a partire dalle quote di 750, 1.500 e 2.500 m che rappresentano le più probabili estensioni verticali del PBL convettivo (*planetary boundary layer*) nel dominio di interesse.

<sup>63</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA su dati del modello BSC-DREAM8b

NOAA HYSPLIT MODEL  
 Backward trajectories ending at 1200 UTC 04 Apr 12  
 CDC1 Meteorological Data

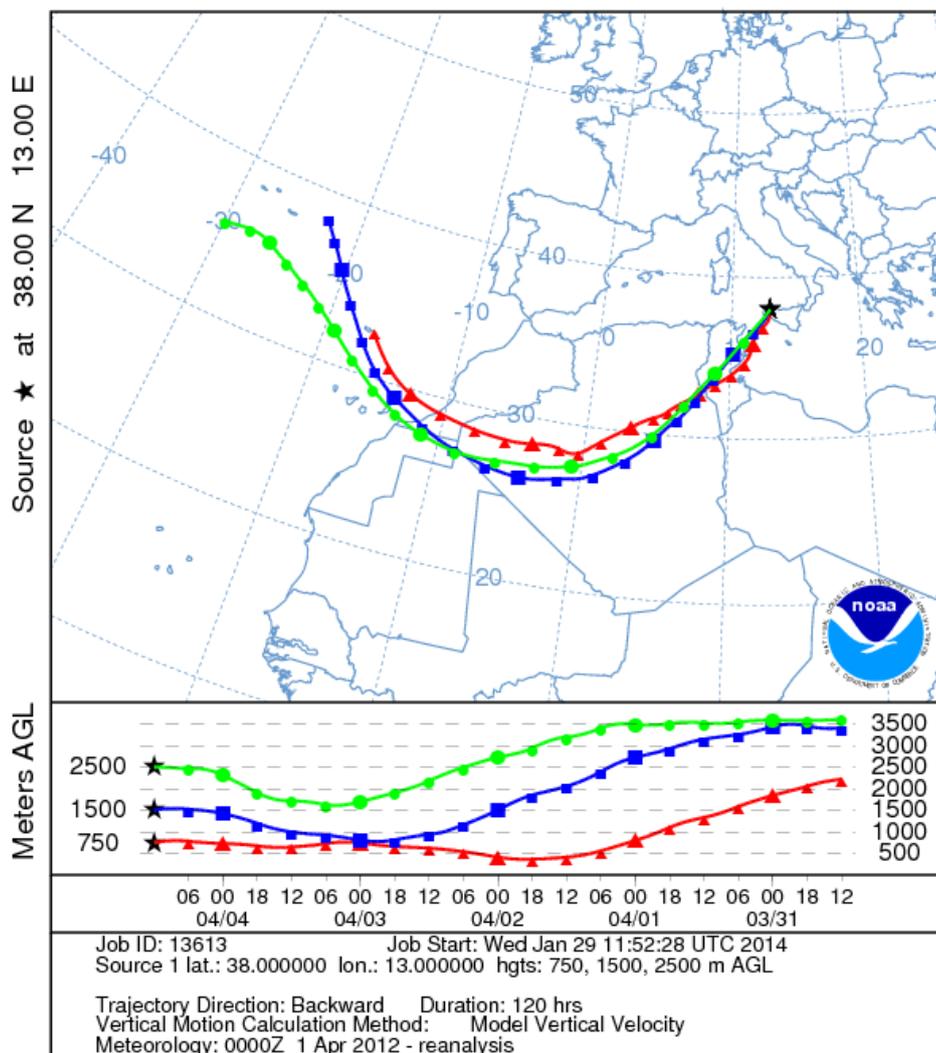


Figura 3.7: Back trajectories generate dal tool on-line di Hysplit<sup>64</sup>

Per ridurre l'elemento di soggettività nell'analisi di alcune immagini prodotte dal *tool on-line* di HYSPLIT e per velocizzare l'analisi della grande mole di dati che è stato necessario produrre (per la selezione della rete di stazioni di riferimento con il criterio di "massima concordanza" descritto al punto precedente l'identificazione degli eventi di trasporto è stata eseguita su circa 250 stazioni), l'ISPRA ha messo a punto una procedura per l'identificazione in modalità semiautomatica degli eventi sahariani in ogni stazione esaminata utilizzando il *software open source QGIS* (<http://www.qgis.org/it/site/>).

Sono stati quindi considerati "eventi" i giorni in cui almeno una delle traiettorie di HYSPLIT alle tre quote considerate è risultata provenire dal continente africano e i risultati di DREAM hanno indicato la presenza di un contributo di particolato naturale nella stazione considerata. I risultati della fase di identificazione degli eventi di *African dust* nelle stazioni di riferimento sono riportati in Figura 3.8.

<sup>64</sup> Fonte: NOAA HYSPLIT MODEL

Mesi	Liguria		Piemonte			Lombardia						
	CENGIO	Saliceto	Vinchio	La Mandria	CASIRATE D'ADDA	SAN ROCCO AL PORTO	SCHIVENOGLIA					
G												
F	4	4	5	5	5	4	7					
M	4	4	3	3	5	5	5					
A	2	2	1	2	1	1	4					
M	5	7	8	5	5	3	8					
G	4	4	4	3	2	2	1					
L	4	3	2	4	3	2	3					
A	7	7	5	1	5	5	4					
S	7	7	8	5	7	9	7					
O	5	5	1		5	3	1					
N												
D												
	Emilia Romagna				Veneto				Trento	Friuli Venezia Giulia		
	BADIA	SAN ROCCO	SAN PIETRO CAPOFUME	MONDANO	BADIA POLESINE	PARCO COLLI EUGANEI	S. GIUSTINA IN COLLE	MANSUE'	PIANA ROTALLIANA	DOBBIATO DEL LAGO		
G												
F	7	8	7	7	7	7	5	4	5	5	5	
M	7	7	5	5	5	5	5	5	6	7	7	
A	3	4	4	5	2	2	3	4	5	5	5	
M	8	8	7	7	5	5	4	4	7	4	4	
G	4	1	1	3	1	1	2	3	2	3	3	
L	4	4	5	3	3	3	2	1	2	2	2	
A	9	9	4	12	5	4	4	5	5	6	6	
S	7	7	7	9	7	7	5	5	9	6	6	
O	2	2	1	7	2	2	2	2	5	5	5	
N												
D												
	Toscana			Umbria	Lazio		Marche					
	PT.MONTALE	BRUFA	CASTEL DI GUIDO	FORTECHIARI	Civitanova IPPOCRONMO							
G												
F	8	5	8	7	9							
M	3	10	10	10	3							
A	2	5	5	7	5							
M	5	7	5	5	9							
G	4	2	4	7	4							
L	5	1	4	5	5							
A	10	12	8	8	12							
S	8	12	15	13	10							
O	1	10	5	7	5							
N												
D												
	Sicilia			Puglia								
	BOCCADIFALCO	Marina di Ragusa	SAN CUSMANO	LECCE - S. M. Centrale								
G												
F	4	9	10	2								
M	11	12	9	5								
A	15	11	17	12								
M	11	11	13	9								
G	15	14	13	7								
L	13	14	15	13								
A	11	0	11	3								
S	15	19	20	14								
O	25	24	22	15								
N	15	17	25	10								
D	7	7	7	7								

Figura 3.8: PM<sub>10</sub>, giorni di evento di *African dust* distribuiti per mese e per singola stazione di riferimento (2012)<sup>65</sup>

Il numero di giorni di evento attribuibili all'*African dust* cresce da Nord-Ovest a Nord-Est, al Centro e Sud e Isole, passando da un minimo di 32 giorni nella stazione di La Mandria in Piemonte a un massimo di 151 giorni nella stazione di San Cusmano in Sicilia.

#### Stima quantitativa del contributo di *African dust* nelle stazioni di riferimento

Per ciascun giorno di evento, nelle stazioni della rete di riferimento, è stato stimato il fondo regionale rappresentato dal 50° percentile della serie dei valori di PM<sub>10</sub> misurati nei 15 giorni prima e dopo il giorno di evento. Sottraendo il valore del 50° percentile dal valore di PM<sub>10</sub> misurato si ottiene il contributo di *African dust* in µg/m<sup>3</sup>. Per la stima del fondo regionale è stato utilizzato il 50° percentile, e non il 40°, in linea con l'approccio cautelativo raccomandato dalle linee guida europee quando l'applicazione del metodo non può essere validata con analisi chimiche, come è il presente caso.

<sup>65</sup> Fonte: ISPRA

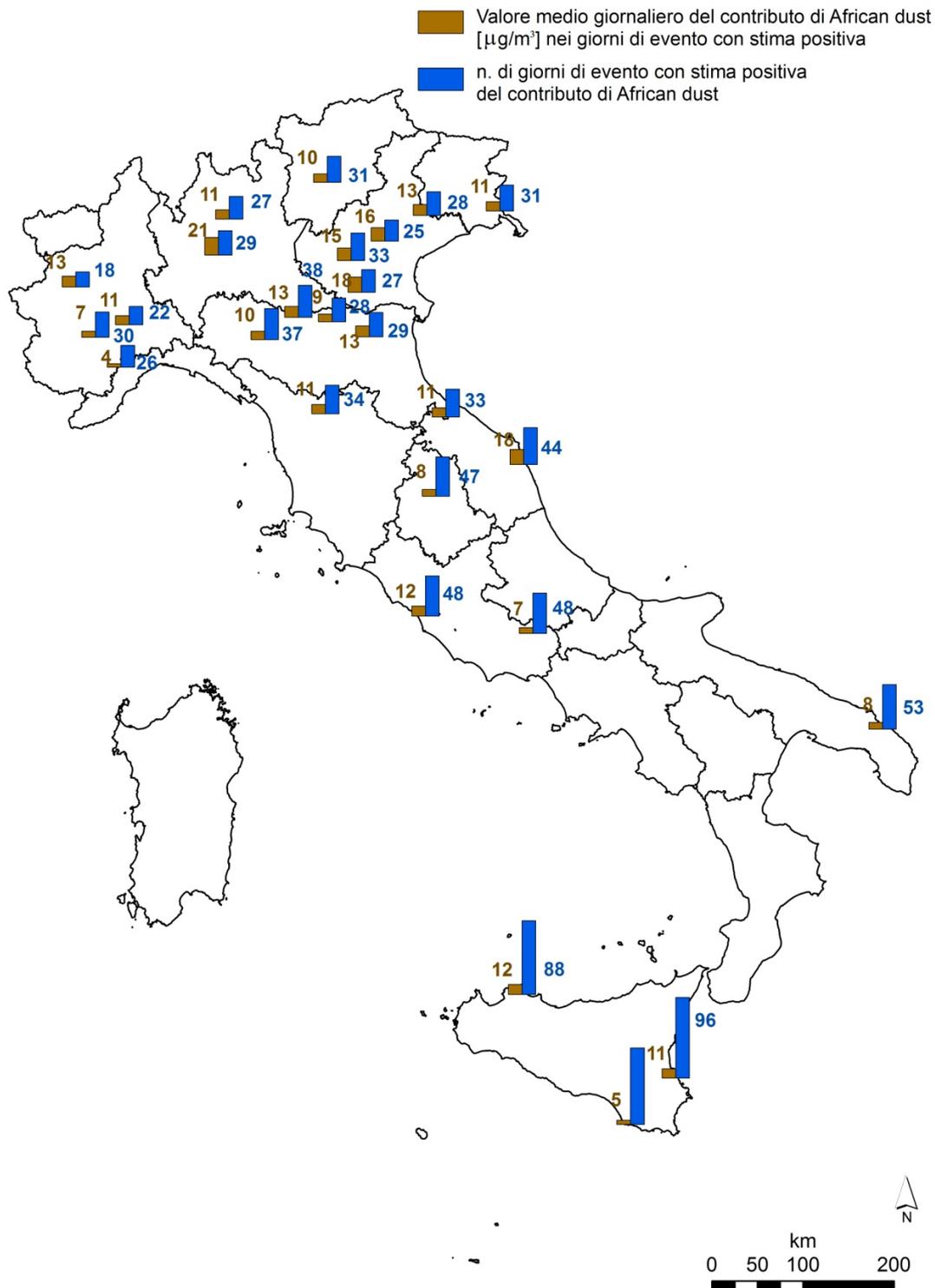


Figura 3.9: PM<sub>10</sub>, stazioni di riferimento: numero di giorni di evento e valore medio giornaliero dell'African dust ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (2012)<sup>66</sup>

I risultati della fase di quantificazione dell'African dust sono sinteticamente illustrati per ciascuna stazione di riferimento nella mappa di Figura 3.9<sup>67</sup>. Come è evidente dalla

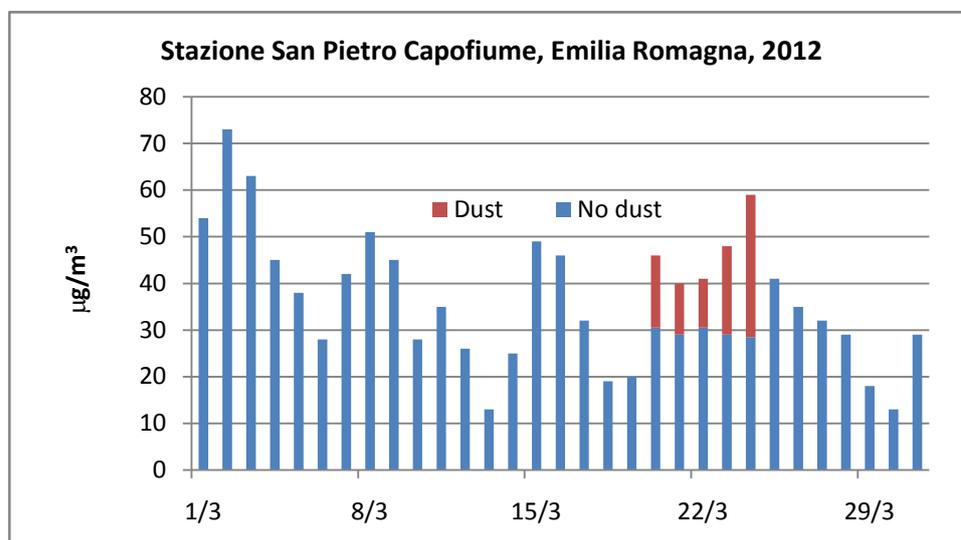
<sup>66</sup> Fonte: ISPRA

mappa e come è ulteriormente sottolineato in Tabella 3.3, la maggiore frequenza degli eventi piuttosto che l'intensità degli eventi stessi, è l'elemento che determina il maggiore impatto del fenomeno di trasporto dell'*African dust* al Sud e Isole rispetto al Centro e al Nord Italia.

**Tabella 3.3: PM<sub>10</sub>, aree geografiche: numero di giorni di evento (minimo e massimo) e valore medio giornaliero dell'*African dust* (minimo e massimo) stimato nelle stazioni di riferimento (2012)<sup>68</sup>**

Aree geografiche	Impatto dell' <i>African dust</i>			
	N° giorni di evento dell' <i>African dust</i> con stima positiva		Valore medio giornaliero del contributo di <i>African dust</i> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	
	Min	Max	Min	Max
Nord Ovest	18	30	4	21
Nord Est	25	38	10	18
Centro	34	48	7	18
Sud e Isole	53	96	5	12

Nelle successive Figure è illustrato il contributo giornaliero dell'*African dust* al PM<sub>10</sub> misurato in una stazione di riferimento del Nord (Figura 3.10, San Pietro Capofiume), del Centro (Figura 3.11, Castel di Guido) e del Sud Italia (Figura 3.12, Lecce - Santa Maria Cerrate) in alcuni mesi del 2012.



**Figura 3.10: Stazione San Pietro Capofiume, Emilia-Romagna. Contributo dell'*African dust* al PM<sub>10</sub> giornaliero (marzo 2012)<sup>69</sup>**

<sup>67</sup> Laddove la stima è risultata nulla o negativa (per mancanza del dato di PM<sub>10</sub> misurato, per falsi positivi nell'identificazione di eventi sahariani, o per la inadeguatezza della stazione a rappresentare il fondo regionale) non è stato riportato alcun valore

<sup>68</sup> Fonte: ISPRA

<sup>69</sup> Fonte: ISPRA

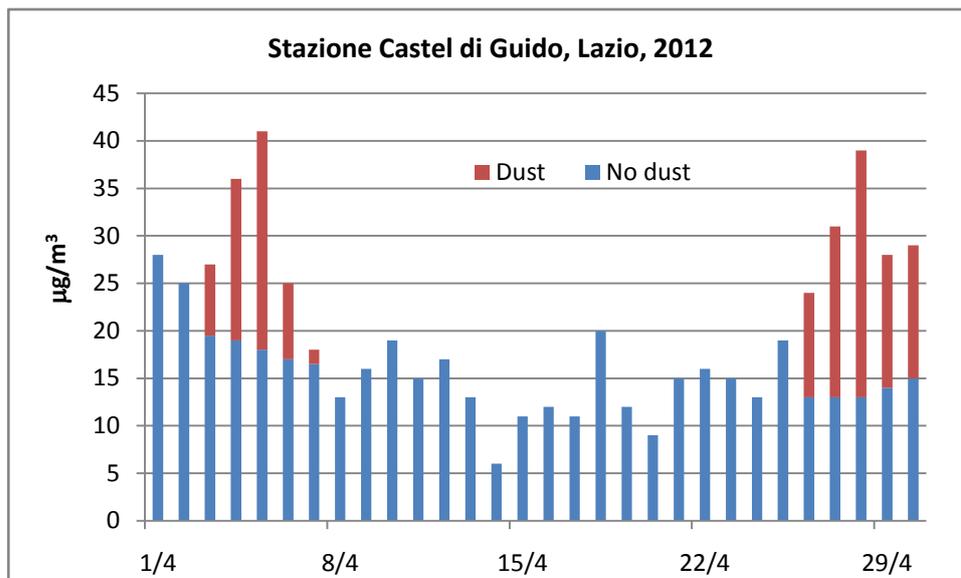


Figura 3.11: Stazione Castel di Guido, Lazio. Contributo dell’*African dust* al PM<sub>10</sub> giornaliero (aprile 2012)<sup>70</sup>

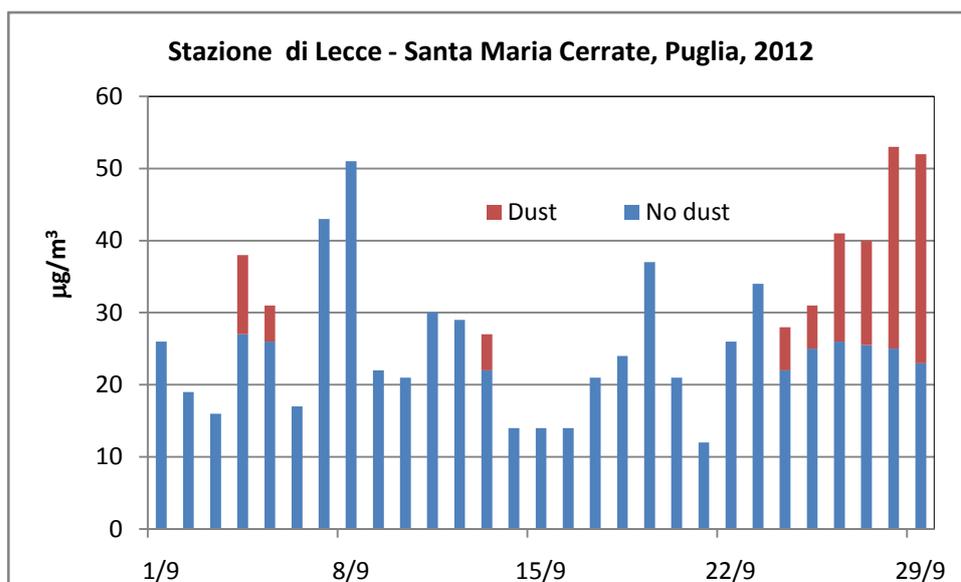


Figura 3.12: Stazione di Lecce, Santa Maria Cerrate, Puglia. Contributo dell’*African dust* al PM<sub>10</sub> giornaliero (settembre 2012)<sup>71</sup>

Sottrazione dell’*African dust* nelle stazioni in superamento e calcolo della riduzione del numero delle stazioni e zone in superamento

Nelle stazioni in superamento rispetto al VLG, in ogni giorno di superamento, al valore del PM<sub>10</sub> giornaliero misurato è stato sottratto il valore dell’*African dust* stimato, nello stesso giorno, nella corrispondente stazione di riferimento. Il giorno di superamento è

<sup>70</sup> Fonte: ISPRA

<sup>71</sup> Fonte: ISPRA

cancellato quando la sottrazione risulta  $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A valle di questa operazione è stato ricalcolato, per ogni stazione in superamento, il numero dei superamenti del VLG al netto dell'*African dust*.

Nelle stazioni in superamento rispetto al VLA, l'operazione appena descritta è stata applicata anche nei giorni con media giornaliera  $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e, sulla base delle nuove medie giornaliere al netto dell'*African dust*, è stata calcolata la nuova media annuale.

I risultati in termini di riduzione di stazioni e zone in superamento è sinteticamente illustrato in Tabella 3.4.

**Tabella 3.4: PM<sub>10</sub>, zone e stazioni in superamento rispetto al Valore Limite Giornaliero (VLG) e al Valore Limite Annuale (VLA) prima e dopo sottrazione dell'*African dust* (2012)<sup>72</sup>**

Regione e Provincia Autonoma	VLG				VLA			
	n. zone		n. stazioni		n. zone		n. stazioni	
	prima	dopo	prima	dopo	prima	dopo	prima	dopo
Piemonte	9	9	18	18	4	4	5	5
Lombardia	7	7	55	55	5	5	17	13
Trento	1	1	2	1	-	-	-	-
Veneto	6	6	21	21	3	2	4	2
Friuli - Venezia Giulia	2	1	4	2	-	-	-	-
Liguria	1	0	1	0	-	-	-	-
Emilia - Romagna	3	3	29	27	1	1	3	1
Toscana	3	3	6	6	-	-	-	-
Umbria	1	1	1	1	-	-	-	-
Marche	1	1	2	1	-	-	-	-
Lazio	2	2	11	10	1	1	1	1
Molise	1	1	2	2	-	-	-	-
Campania	2	2	6	6	2	2	3	3
Puglia	1	1	1	1	-	-	-	-
Sicilia	2	2	5	3	1	1	1	1
<b>TOTALE</b>	<b>42</b>	<b>40</b>	<b>164</b>	<b>154</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>26</b>

Rispetto al superamento del VLG, si ha una riduzione di 10 stazioni localizzate in Liguria, Trento, Friuli-Venezia Giulia (2 stazioni), Emilia-Romagna (2 stazioni), Marche, Lazio e Sicilia (2 stazioni) e di 2 zone localizzate in Liguria e Friuli-Venezia Giulia. Rispetto al superamento del VLA, si ha una riduzione di 8 stazioni, localizzate in Lombardia (4 stazioni), Veneto (2 stazioni) e Emilia-Romagna (2 stazioni) e di 1 zona in Veneto. Risultati di dettaglio relativi alle stazioni e alle zone che, dopo sottrazione dell'*African dust*, sono rientrate in conformità rispetto al VLG e al VLA sono riportati rispettivamente in Tabella 3.5 e Tabella 3.6.

<sup>72</sup> Fonte: ISPRA

Tabella 3.5: PM<sub>10</sub>, Dettaglio su zone e stazioni che rientrano rispetto al VLA (2012)<sup>73</sup>

Provincia	Comune	Stazione	PM <sub>10</sub> , 2012 Giorni di superamento di 50 µg/m <sup>3</sup> prima e dopo sottrazione del contributo dell' <i>African dust</i>		Stazione Riferimento
			Prima	Dopo	
<b>LIGURIA</b>					
Savona	Cairo Montenotte	Località Farina C.M.	36	34	Cengio-Campo di Calcio
<b>TRENTINO ALTO - ADIGE</b>					
Trento	Trento	Trento VBZ	38	35	Piana Rotoliana
<b>FRIULI - VENEZIA GIULIA</b>					
Trieste	Trieste	Via Carpineto	39	34	Doberdo del lago
Pordenone	Brugnera	Brugnera	37	34	Mansuè
<b>EMILIA - ROMAGNA</b>					
Bologna	Imola	De Amicis	38	34	SanPietro Capofiume
Forlì-Cesena	Forlì	Parco resistenza	36	34	Mondaino
<b>MARCHE</b>					
Ascoli Piceno	S. Benedetto del Tronto	S.Benedetto del Tronto	37	29	Civitanova Ippodromo
<b>LAZIO</b>					
Roma	Roma	L.go Perestrello	45	35	Castel di Guido
<b>SICILIA</b>					
Agrigento	Porto Empedocle	Porto Empedocle 1	37	35	Marina di Ragusa
Siracusa	Siracusa	Specchi	36	16	San Cusmano

<sup>73</sup> Fonte: ISPRA

Tabella 3.6: PM<sub>10</sub>, dettaglio su zone e stazioni che rientrano rispetto al VLA (2012)<sup>74</sup>

Regione/Provincia	Comune	Stazione	PM <sub>10</sub> , 2012 Valore medio annuale [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] prima e dopo sottrazione del contributo dell' <i>African dust</i>		Stazione di Riferimento
			Prima	Dopo	
<b>LOMBARDIA</b>					
<b>Milano</b>	Monza	Monza-Via Machiavelli	42	40	Casirate d'Adda
<b>Lecco</b>	Merate	Merate	41	40	San Rocco al Porto
<b>Cremona</b>	Cremona	Cremona P.zza Cadorna	41	39	Casirate d'Adda
<b>Lodi</b>	Bertonico	Bertonico	41	39	Casirate d'Adda
<b>VENETO</b>					
<b>Verona</b>	Verona	VR - Borgo Milano	41	39	Parco Colli Euganei
<b>Verona</b>	San Bonifacio	San Bonifacio	41	40	Parco Colli Euganei
<b>EMILIA - ROMAGNA</b>					
<b>Modena</b>	Fiorano Modenese	Circ. San Francesco	41	40	Badia
<b>Reggio Emilia</b>	Reggio Emilia	Timavo	41	40	San Rocco

### Considerazioni finali

La valutazione del contributo dell'*African dust* sui livelli di PM<sub>10</sub>, realizzata dall'ISPRA per la prima volta su tutte le stazioni in superamento delle reti regionali del nostro paese utilizzando la stessa metodologia, consente di avere un quadro d'insieme di conoscenza del fenomeno che può essere utile al decisore, sia in termini di valutazione della conformità ai limiti normativi, sia in termini di consapevolezza del peso del contributo di questo fenomeno naturale, anche per una più corretta definizione delle politiche ambientali inerenti la qualità dell'aria.

I risultati della fase di quantificazione dell'*African dust* per il 2012, sinteticamente illustrati in Figura 3.9 e in Tabella 3.3, mettono in risalto come sia la maggiore frequenza degli eventi e non l'intensità degli stessi, l'elemento che determina il maggiore impatto del fenomeno di trasporto dell'*African dust* al Sud e Isole rispetto al Centro e al Nord Italia: le aree dell'Italia Meridionale presentano, infatti, un numero di giorni di evento di

<sup>74</sup> Fonte: ISPRA

*African dust* che è da due a tre volte più grande rispetto alle aree Centro-Settentrionali della penisola.

Confrontando, limitatamente alle zone che rientrano rispetto al VLG, i risultati dell'anno 2012, con quelli degli anni precedenti che sono stati oggetto di indagine (Tabella 3.7), si osserva come il 2012 sia l'unico anno, tra i sei considerati, in cui nessuna zona delle regioni del Centro-Sud rientra rispetto al VLG. Negli anni 2007-2011 si osservano infatti effetti di riduzione anche in Molise, Campania e Puglia, in Sicilia (tutti gli anni) e in Sardegna (quando i superamenti sono presenti).

**Tabella 3.7: PM<sub>10</sub>, dettaglio su zone e stazioni che rientrano rispetto al VLA (2007 - 2012)** <sup>75</sup>

Regione e Provincia Autonoma	PM <sub>10</sub> , 2007-2012											
	n. zone in superamento del VLG prima e dopo sottrazione del contributo dell' <i>African dust</i>											
	2012		2011		2010		2009		2008		2007	
	prima	dopo	prima	dopo	prima	dopo	prima	dopo	prima	dopo	prima	dopo
Piemonte	9	9	11	11	10	10	9	9	9	9	10	10
Valle d'Aosta	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1
Lombardia	7	7	7	7	4	4	5	5	5	5	5	5
Trento	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1	1	1
Veneto	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1
Friuli - Venezia Giulia	2	1	2	2	1	1	1	1	3	2	4	4
Liguria	1	0	1	1	-	-	2	2	2	0	3	3
Emilia - Romagna	3	3	20	20	18	18	17	14	14	14	11	11
Toscana	3	3	4	4	2	2	4	4	4	3	4	4
Umbria	1	1	3	3	-	-	3	3	2	2	2	1
Marche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lazio	2	2	3	3	2	1	2	2	2	2	3	3
Molise	1	1	1	1	1	0	-	-	-	-	-	-
Campania	2	2	3	3	3	1	3	3	4	4	3	3
Puglia	1	1	2	2	1	1	1	1	3	2	3	3
Sicilia	2	2	4	3	4	3	4	2	5	4	4	3
Sardegna	-	-	1	0	-	-	-	-	-	-	2	0
<b>TOTALE</b>	<b>42</b>	<b>40</b>	<b>71</b>	<b>69</b>	<b>53</b>	<b>48</b>	<b>58</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>55</b>	<b>58</b>	<b>54</b>

La valutazione del contributo dell'*African dust* sul PM<sub>10</sub> per il 2012, ha portato nel complesso alla riduzione di un numero esiguo di zone e stazioni in superamento. È evidente che al momento, il problema della non conformità ai limiti normativi per il PM<sub>10</sub>, che nel nostro paese è presente soprattutto nelle aree urbane e soprattutto nel bacino padano, riceve un limitato contributo dall'applicazione dell'art. 15 del D.Lgs. 155/2010. Considerando però i risultati ottenuti in termini di riduzione di giorni di

<sup>75</sup> Fonte: ISPRA

superamento che, come si osserva in Tabella 3.8, raggiungono in alcuni casi valori piuttosto elevati anche nelle regioni del bacino padano (12 giorni), insieme al debole ma significativo *trend* in diminuzione che da qualche anno si registra nell'inquinamento da PM<sub>10</sub><sup>76</sup>, fanno prevedere un possibile aumento del peso del contributo dell'*African dust* nella valutazione della conformità agli *standard* normativi anche per le aree più critiche del paese.

**Tabella 3.8: PM<sub>10</sub>, Dettaglio su zone e stazioni che rientrano rispetto al Valore Limite giornaliero (2012)<sup>77</sup>**

Regione e Provincia Autonoma	PM <sub>10</sub> , 2012 giorni di superamento di 50 µg/m <sup>3</sup> sottratti considerando il contributo dell' <i>African dust</i>
	<b>Min-Max</b>
Piemonte	0-5
Valle d'Aosta	-
Lombardia	0-12
Liguria	2
<i>Trento</i>	2-3
<i>Bolzano-Bozen</i>	-
Veneto	1-8
Friuli - Venezia Giulia	3-5
Emilia - Romagna	2-12
Toscana	0-7
Umbria	9
Marche	6-8
Lazio	2-10
Abruzzo	-
Molise	-
Campania	0-5
Puglia	4
Basilicata	-
Calabria	-
Sicilia	2-31
Sardegna	-

Nel lavoro illustrato la disponibilità di una idonea rete di stazioni di riferimento sul territorio italiano si è rivelato il punto di maggiore debolezza. La Sicilia ad esempio, che è la regione italiana dove gli eventi di trasporto dalle zone desertiche africane hanno un impatto significativo sui livelli di PM<sub>10</sub>, manca completamente di stazioni di fondo

<sup>76</sup> Da un'analisi condotta in ISPRA su un *set* di 57 stazioni dal 2003 al 2012, risulta per il PM<sub>10</sub> un *trend* decrescente statisticamente significativo nel 77% dei casi. Per maggiori dettagli vedi rapporto ISPRA “Analisi delle serie storiche dei principali inquinanti atmosferici in Italia (2003-2012)” (in corso di pubblicazione)

<sup>77</sup> Fonte: ISPRA

rurale; mancanza questa che è comune anche alla Campania. In questi casi l'installazione di stazioni rurali di fondo, così come previsto nei progetti di valutazioni regionali attualmente in corso di realizzazione, porterà a valutazioni più precise e accurate. Nel Centro-Nord, le stazioni di fondo rurale sono invece relativamente abbondanti<sup>78</sup>. L'applicazione del "Criterio di massima concordanza" precedentemente descritto, ha consentito comunque di individuare, sulla base di criteri oggettivi e uniformi, un *set* di stazioni di riferimento che è auspicabile possa rimanere il più possibile costante negli anni futuri.

L'approccio cautelativo, raccomandato dal metodo e adottato nel presente lavoro, ha consentito di ottenere una stima del contributo dell'*African dust* al PM<sub>10</sub> attendibile e adeguata per la valutazione della conformità agli *standard* normativi del PM<sub>10</sub>, secondo l'art. 15 del D.Lgs. 155/2010. Si ritiene comunque importante, ai fini di un miglioramento dell'accuratezza e precisione dei risultati, l'esecuzione di una fase di validazione del metodo, tramite ad esempio analisi di speciazione chimica del particolato, non eseguita nell'indagine appena conclusa in quanto riferita ad anni pregressi.

## Bibliografia

- A. di Sarra, G. Pace, D. Meloni, L. De Silvestri, S. Piacentino, 2008,. *Surface shortwave radiative forcing at different aerosol types in the central Mediterranean*.,. Geophysical Research Letters 35, L02714, doi: 10.1029/2007GL032395
- A. Pederzoli,, M. Mircea, S. Finardi, A. Di Sarra, G. Zanini, 2010,. *Quantification of Saharan dust contribution to PM<sub>10</sub> over Italy during 2003-2005*.,. Atmospheric Environment 44, 4181-4190
- A. Tobias, L. Perez, J. Diaz, C. Linares, J. Pey, A. Alastruey, X. Querol, 2011,. *Short-term effects of particulate matter on total mortality during Saharan dust outbreaks: A case-crossover analysis in Madrid (Spain)*.,. Science of Total Environment 412-413, 386-386.
- B. Moroni, D. Cappelletti, F. Marmottini, F. Scardazza, L. Ferrero, E. Bolzacchini, 2012,. *Integrated single particle-bulk chemical approach for the characterization of local and long range sources of particulate pollutants*.,. Atmospheric Environment, 50, 267-277
- C. Carnevale, G. Finzi, E. Pisoni, M. Volta, P. Kishcha, P. Alpert, 2012,. *Integrating Saharan dust forecasts into a regional chemical transport model: A case study over Northern Italy*.,. Science of Total Environment 417-418, 224-231
- C. Linares, A. Tobias J. Diaz, 2010,. *Is there new scientific evidence to justify reconsideration of the current WHO guidelines for particulate matter during dust intrusions?*.,. Science of Total Environment 408, 2283-2284
- C. Perrino, S. Canepari, M. Catrambone, S. Dalla Torre, E. Rantica, T. Sargolini, 2009,. *Influence of natural events on the concentration and composition of atmospheric particulate matter*.,. Atmospheric Environment 43, 4766-4779

---

<sup>78</sup> Nel bacino padano, a causa della nota situazione meteorologica, spesso le stazioni di riferimento sono anche stazioni in superamento

D. Meloni, A. di Sarra, F. Monteleone, G. Pace, S. Piacentino, D.M. Sferlazzo, 2008,. *Seasonal transport patterns of intense Saharan dust events at the Mediterranean island of Lampedusa.* , Atmospheric Research 88, 134-148

D. Meloni, A. di Sarra, G. Biavati, J.J. DeLuisi, F. Monteleone, G. Pace, S. Piacentino, D.M. Sferlazzo, 2007,. *Seasonal behaviour of Saharan dust events at the Mediterranean island of Lampedusa in the period 1999-2005.*, Atmospheric Environment 41, 3041-3056

ETC/ACM Technical Paper 2011, January 2012, “*Health effects from Sahara dust particles*”

F. Calastrini, F. Guarnieri, S. Becagli, C. Busillo, M. Chiari, U. Dayan, F. Lucarelli, S. Nava, M. Pasqui, R. Traversi, R. Udisti and G. Zipoli,. 2012,. *Desert Dust Outbreaks over Mediterranean Basin: A Modelling, Observational and Synoptic Analysis Approach.*, Advances in Meteorology, 2012, Article ID 246874

G.B. Gobbi, F. Angelini, F. Barnaba, F. Costabile, J.M. Baldasano, S. Basart, R. Sozzi, A. Bolignano, 2013, *Atmospheric Chemistry and Physics. Changes in particulate matter physical properties during Saharan advections over Rome (Italy): a four-year study, 2001-2004.*, 13, 7395-7404

G.P Gobbi, F. Barnaba, L. Ammannato, 2007,. *Estimating the impact of Saharan dust on the year 2001 PM<sub>10</sub> record of Rome, Italy.*, Atmospheric Environment 41, 261-275

G.P Gobbi, G. Ciolli, A. Marconi, G. Cattani, V. Malvestuto, F. Barnaba, F. Angelini, M. Inglessis, 2006,. *Relating Saharan Dust to Particulate Matter Amounts in the City of Rome (Italy), a Four-Year Study.*, Chemical Engineering Transactions 10, 375-380

IPCC 2013,. *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group I: the Physical Science Basis of Climate Change. Summary for Policymakers.* Available <http://www.climatechange2013.org/report/> Disponibile nella pagina web

J. Nicolas, E. Yubero, N. Galindo, J. Gimenez,R. Castaner, A. Carratala, J. Crespo, C. Pastor, 2009,. *Characterization of events by aerosol mass size distributions.*, Journal of Environmental Monitoring 11, 394-399

J. Pey, X. Querol, A. Alastuey, F. Forastiere and M. Stafoggia, 2013,. *African dust outbreaks over the Mediterranean Basin during 2001-2011: PM<sub>10</sub> concentrations, phenomenology and trends, and its relation with synoptic and mesoscale meteorology.*, Atmospheric Chemistry and Physics 13, 1395-1410

J. L. Gomez-Amo, V. Pinti, T. Di Iorio, A. di Sarra, D. Meloni, S. Becagli, V. Bellantone, M. Cacciani, D. Fuà, M.R. Perrone, 2011,. *The June 2007 Saharan dust event in the central Mediterranean: Observations and radiative effects in marine, urban and sub-urban environments.*, Atmospheric Environment 45, 5385-5393

L. Matassoni, G. Pratesi, D. Centioli, F. Cadoni, F. Lucarelli, Silvia Nava, P. Malesani, 2011,. *Saharan dust contribution to PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> in urban and suburban areas of Rome: a comparison between single-particle SEM-EDS analysis and whole-sample PIXE analysis.*, Journal of Environmental Monitoring 13, 732-742

L. Matassoni, G. Pratesi, D. Centioli, F. Cadoni, P. Malesani, A.M. Caricchia, A. Di Menno di Bucchianico, 2009,. *Saharan dust episodes in Italy: influence on PM<sub>10</sub> daily limit value (DLV) exceedances and the related synoptic.*, Journal of Environmental Monitoring 11, 1586-1594

- M. Escudero, X. Querol, J. Pey, A. Alaustey, N. Perez, F. Ferreira, S. Alonso, S. Rodriguez, E. Cueva, 2007,. *A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks*. Atmospheric Environment 41, 5516-5524
- M. Marconi, D.M. Sferlazzo, S. Becagli, C. Bommarito, G. Calzolari, M. Chiari, A. di Sarra, C. Ghedini, J. L. Gomez-Amo, F. Lucarelli, D. Meloni, F. Monteleone, S. Nava, G. Pace, S. Piacentino, F. Rugi, M. Severi, R. Traversi, R. Udisti, 2014,. *Saharan dust aerosol over the central Mediterranean Sea: PM<sub>10</sub> chemical composition and concentration versus optical columnar measurements*.. Atmospheric Chemistry and Physics 14, 2039-2045
- M. Viana, J. Pey X. Querol, A. Alaustey, F. de Leeuw, A. Lukewille, 2014, *Natural sources of atmospheric aerosol influencing air quality*.. Science of Total Environment 472, 825-833
- Marelli L., 2007, *Contribution of natural sources to air pollution levels in the EU – A technical basis for the development of guidance for the Member States*, disponibile [http://ies.jrc.ec.europa.eu/uploads/fileadmin/Documentation/Reports/Emissions\\_and\\_Health/EUR\\_2006-2007/EUR\\_22779.pdf](http://ies.jrc.ec.europa.eu/uploads/fileadmin/Documentation/Reports/Emissions_and_Health/EUR_2006-2007/EUR_22779.pdf)
- Prospero, J.M, Barret, K., Church, T., Dentener, F., Duce, R.A., Galloway, H., Levy II, H., Moody, J., Quinn, P., 1996,. *Atmospheric deposition of nutrients to the North Atlantic basin*. Biogeochemistry 35, 27-73
- Querol X., Alaustey A., Pey J., Escudero M., Castillo S., Gonzales Ortiz A., Pallares M., Jimenez S., Cristobal A., Ferreira F., Marques F., Monjardino J., Cuevas E., Alonso S., Artinano B, Salvador P., De La Rosa J., 2006, *Spain and Portugal Methodology for the identification of natural African dust episodes in PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub> and justification with regards to the exceedences of the PM<sub>10</sub> daily limit value, modified version from November 2009*, Ministerio de Medio Ambiente , y Medio Rural , y Marino - Spain S.G. de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial and Ministerio do Ambiente, Ordenamento do Territorio e Desenvolvimento Regional - Portugal Agencia Portuguesa do Ambiente
- S. Nava, S. Becagli, G. Calzola, M. Chiari, F. Lucarelli, P. Prati, R. Traversi, R. Udisti, G. Valli, R. Vecchi 2012,. *Saharan dust impact in central Italy: An overview on three years elemental data records*, Atmospheric Environment 60, 444-452
- T. Di Iorio, A. di Sarra, D.M. Sferlazzo, M. Cacciani, D. Meloni, F. Monteleone, D. Fuà, G. Fiocco, 2009,. *Seasonal evolution of the tropospheric aerosol vertical profile in the central Mediterranean and role of desert dust*.. Journal of Geophysical Research, 114, D02201, doi: 10.1029/2008JD010593
- X. Querol, A. Alastuey, C.R. Ruiz, B. Artinano, H.C. Hansson, R.M. Harrison, E. Buringh , H.M. ten Brink, M. Lutz, P. Bruckmann, P. Straehl, J. Schneider, 2004, *Speciation and origin of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub> in selected European cities*.. Atmospheric Environment 38, 6547-6555
- X. Querol, J. Pey, A.M. Pandolfi, A. Alaustey, M. Cusack, N. Perez, T. Moreno, M. Viana, N. Mihalopoulos, G. Kallos, S. Kleanthous, 2009, *African dust contribution to mean ambient PM<sub>10</sub> mass-levels across the Mediterranean Basin*.. Atmospheric Environment 43, 4266-4277

## GLOSSARIO

### Benzo(A)Pirene:

Il benzo(a)pirene è un Idrocarburo Policiclico Aromatico (IPA). Il Benzo(a)pirene, come gli altri IPA, è prodotto attraverso i processi di combustione: le principali sorgenti sono rappresentate dal settore siderurgico e dall'uso delle biomasse nel riscaldamento civili; anche il traffico veicolare e la combustione rifiuti contribuiscono. E' presente nell'aerosol atmosferico in concentrazione molto piccole. E' una delle prime sostanze di cui è stata accertata la cancerogenicità per l'uomo ed è usato come marker per il rischio cancerogeno della classe degli IPA; oltre che cancerogeno è anche genotossico.

### Biossido di azoto:

Il biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) è un inquinante gassoso a prevalente componente secondaria, in quanto è il prodotto dell'ossidazione del monossido di azoto (NO) in atmosfera; solo in proporzione minore viene emesso direttamente in atmosfera. È un inquinante ad ampia diffusione che ha effetti negativi sulla salute umana e, insieme al monossido di azoto, contribuisce ai fenomeni di smog fotochimico (è precursore per la formazione di inquinanti secondari come ozono troposferico e particolato fine secondario), di eutrofizzazione e delle piogge acide. La principale fonte di emissione degli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ ) è il traffico veicolare.

### Ozono:

L'ozono ( $\text{O}_3$ ) troposferico è un inquinante secondario o che si forma attraverso processi fotochimici in presenza di inquinanti primari quali gli ossidi d'azoto e i composti organici volatili. È il principale rappresentante della complessa miscela di sostanze denominata "smog fotochimico". L'inquinamento fotochimico, oltre che locale, è un fenomeno transfrontaliero che si dispiega su ampie scale spaziali. Le concentrazioni di ozono più elevate si registrano nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare. Nelle aree urbane l'ozono si forma e si trasforma con grande rapidità, con un comportamento molto complesso e diverso da quello degli altri inquinanti. Le principali fonti di emissione dei composti precursori dell'ozono sono: il trasporto su strada, il riscaldamento civile e la produzione di energia. L'ozono può causare seri problemi alla salute dell'uomo e all'ecosistema, nonché all'agricoltura e ai beni materiali.

### Particolato Atmosferico:

Con il termine particolato atmosferico (PM) si intende l'insieme delle particelle atmosferiche solide e liquide sospese in aria ambiente. Il  $\text{PM}_{10}$  identifica le particelle di diametro aerodinamico inferiore o uguale ai 10  $\mu\text{m}$ ; con  $\text{PM}_{2,5}$  si indica il cosiddetto particolato fine, con diametro aerodinamico inferiore o uguale a 2,5  $\mu\text{m}$ . Il particolato ha una natura chimica particolarmente complessa e variabile ed è in grado di penetrare nell'albero respiratorio umano, tanto più profondamente quanto più piccole sono le sue dimensioni, e quindi avere effetti negativi sulla salute. Il particolato è in parte emesso come tale (PM primario) e in parte si forma in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altre specie di inquinanti (PM secondario). Il PM può avere sia un'origine naturale (l'erosione dei venti sulle rocce, le eruzioni vulcaniche, l'autocombustione di boschi e foreste) sia antropica (combustioni e altro). Di origine antropica sono anche molte delle sostanze gassose che contribuiscono alla formazione di PM, come gli ossidi di zolfo e di azoto, i Composti Organici Volatili e l'ammoniaca.

