
SINTESI

a cura di Giorgio Cattani

L'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che ogni anno 4,3 milioni di decessi siano attribuibili nel mondo all'esposizione, prevalentemente in ambienti *indoor*, nei paesi a basso e medio reddito, ad inquinanti emessi nelle attività quotidiane a causa dell'utilizzo di combustibili come legna, carbone e residui organici in apparecchi privi di qualsiasi sistema di abbattimento delle emissioni. Altri 3,7 milioni di decessi sono attribuiti all'inquinamento outdoor. In questo caso, il fenomeno riguarda anche i paesi dell'Europa occidentale, gli Stati Uniti e l'Australia, nonostante i progressi ottenuti in queste aree del pianeta nella riduzione delle emissioni di origine industriale e da traffico veicolare.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente ha stimato che in Italia, nel 2015, 60.200 morti premature possano essere attribuibili all'esposizione a lungo termine al PM_{2,5}, 20.500 all'NO₂ e 3.200 all'O₃.

In questo quadro si inserisce il **paragrafo 5.1** che descrive lo stato della **qualità dell'aria** nelle aree urbane nel 2017, riportando anche alcuni indicatori relativi ai primi mesi del 2018.

Continuano a verificarsi superamenti del valore limite giornaliero del PM₁₀ in molte aree urbane e, per quanto riguarda l'NO₂, del limite annuale, nelle stazioni di monitoraggio collocate in prossimità di importanti arterie stradali.

Nel 2017, il valore limite giornaliero del PM₁₀ è stato superato in 35 aree urbane; gran parte di queste sono localizzate al Nord, ma anche al Centro-Sud si registrano superamenti. Il maggior numero di superamenti giornalieri (118) si è avuto a Torino. Il valore limite giornaliero del PM₁₀, nel primo semestre del 2018 è superato in 7 aree urbane mentre in 35 aree urbane è stato registrato un numero di giorni di superamento dei 50 µg/m³, tra 10 e 35: si tratta di città dove è alto il rischio che, a fine 2017, il limite giornaliero sarà superato. Nel 2017 il valore limite annuale per l'NO₂ è stato superato in almeno una delle stazioni di monitoraggio di 25 aree urbane, si sono poi registrati più di 25 giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per l'ozono in 66 aree urbane su 91 per le quali erano disponibili dati e il superamento del valore limite annuale per il PM_{2,5} (25 µg/m³) in 13 aree urbane su 84.

L'analisi statistica dei trend (2008 – 2017) effettuata su un campione rappresentativo di stazioni di monitoraggio ha permesso di evidenziare una tendenza statisticamente significativa alla riduzione delle concentrazioni di PM₁₀, PM_{2,5} e NO₂ nelle aree urbane. La lenta riduzione dei livelli di questi inquinanti in Italia, coerente con quanto osservato in Europa nell'ultimo decennio, è il risultato della riduzione congiunta delle emissioni di particolato primario, degli ossidi di azoto e dei principali precursori del particolato secondario (ossidi di zolfo, ammoniaca oltre agli ossidi di azoto stessi), come evidenziato nel **paragrafo 5.2** che riporta le stime delle **emissioni** realizzate a partire dalla disaggregazione provinciale dell'inventario nazionale.

In particolare le emissioni di PM₁₀ primario, sommando i contributi delle 120 città, passano da un totale di 45.403 tonnellate (Mg) nel 2005 a 36.712 tonnellate (Mg) nel 2015 con una riduzione del 19%. La principale fonte di emissione risulta il riscaldamento domestico a causa dell'incremento nell'uso di biomassa legnosa e un mancato adeguamento tecnologico verso apparecchiature più efficienti rispetto al caminetto tradizionale. Occorre, però, non cadere nell'errore di considerare le emissioni dai trasporti di secondaria importanza.

Infatti i trasporti stradali costituiscono quasi il 20% delle emissioni primarie di PM₁₀, una quota tutt'altro che trascurabile. Inoltre contribuiscono largamente alle emissioni di ossidi di azoto (per 96 città su 120 le emissioni di NO_x sono dovute per più del 50% ai trasporti su strada rappresentando complessivamente il 55% delle emissioni di NO_x dalle 120 città) finendo per determinare in larga parte i livelli elevati di NO₂ in aria e contribuendo, come precursori del PM secondario, alle concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2,5}.

Il Consiglio Europeo ha previsto nuovi limiti alle emissioni nazionali (*National Emission Ceiling*) con previsione di riduzione dei massimi consentiti in due *step* (a partire dal 2020 e dal 2030) per il PM_{2,5} e i principali precursori del particolato secondario (SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃) che dovranno essere adottati a breve dagli stati membri. L'auspicio è che l'adozione delle misure necessarie per raggiungere gli obiettivi di medio e lungo termine possa determinare un significativo miglioramento della qualità dell'aria e un avvicinamento ai valori guida dell'OMS.

Il **paragrafo 5.3** riporta l'analisi dei dati della rete di monitoraggio aerobiologico POLLNET del SNPA. L'aria in Italia è ricca di **pollini aerodispersi** a causa della notevole biodiversità vegetale che caratterizza il suo territorio. In ogni stagione riscontriamo fioriture di specie anemofile i cui pollini, spesso allergenici, vengono rilasciati in grandi quantità e si disperdono in atmosfera. Rimangono esclusi da questo fenomeno solo i periodi invernali più freddi. Le pollinosi, ovvero le allergie da

polline, sono in continuo aumento e risultano in crescita maggiore nelle aree urbane anche a causa dell'effetto sinergico, sulla salute umana, tra gli allergeni presenti nei granuli pollinici e l'inquinamento atmosferico.

Per la descrizione generale della presenza di pollini allergenici aerodispersi nelle aree urbane, sono stati identificati due indicatori: uno di concentrazione in numero (indice pollinico allergenico, IPA) e uno temporale (durata della stagione pollinica allergenica, SPA). Si tratta di due indicatori indipendenti necessari entrambi per descrivere macroscopicamente il fenomeno pollini aerodispersi, utili a individuare i luoghi sul territorio nazionale dove esso è più intenso o più duraturo nel tempo.

Per il 2017, in un quadro di generale diminuzione dell'Indice pollinico Allergenico, spiccano i dati in controtendenza di Perugia e Firenze.

Significativa, ancorché al momento riconducibile alle naturali variazioni climatiche interannuali, la diffusa riduzione, nel 2017 rispetto al 2016, della Stagione Pollinica Allergenica (superiore ai due mesi nei casi più rilevanti).

Il **paragrafo 5.4** tratta di un altro argomento di particolare rilevanza in tema di **inquinamento indoor** e degli effetti sulla salute: l'esposizione al **radon**.

Il radon è un gas naturale radioattivo considerato essere la seconda causa di tumore polmonare dopo il fumo di tabacco. Avendo origine principalmente dal suolo, può introdursi negli ambienti confinati (abitazioni, scuole, luoghi di lavoro) raggiungendo in alcuni casi concentrazioni tali da rappresentare una fonte di rischio rilevante per la salute degli occupanti. In Italia si stima che circa 3.400 casi annui di tumore polmonare (su un totale di oltre 30.000) siano attribuibili al radon.

Sono riportate, per diversi Comuni italiani, le stime dei valori medi di concentrazione di radon ottenute tramite campagne di misura condotte in abitazioni. Valori medi superiori a 100 Bq m⁻³ sono stati registrati nelle campagne di misura condotte nelle abitazioni di Udine, Pordenone, Viterbo, Latina, Frosinone, Napoli, Lecce, Crotone, Lamezia Terme. La conoscenza dello stato dell'ambiente indoor è utile per la pianificazione di interventi sul territorio. I valori medi a livello amministrativo - Comune, Provincia, Regione - sono ritenuti essere approssimativamente stabili nel tempo, ma non possono essere usati per stimare la concentrazione di radon in una specifica abitazione a causa della notevole variabilità che si riscontra tra un'abitazione e l'altra anche nello stesso Comune.

L'Italia doveva recepire entro l'inizio del 2018 la Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio in materia di radioprotezione aggiornando l'attuale D.Lgs. 230/95, prevedendo dei livelli di riferimento per la concentrazione media annua di radon non superiori a 300 Bq m⁻³ sia per le abitazioni che per i luoghi di lavoro. La Direttiva inoltre, prevede che gli Stati Membri definiscano un Piano d'Azione Nazionale che affronti tutti gli aspetti connessi ai rischi di lungo termine dovuti alle esposizioni al radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro.

Il **box di approfondimento sull'inquinamento dell'aria indoor in Italia** tratta alcuni aspetti molto importanti dell'ambiente *indoor* che incidono sul benessere e sulla salute degli abitanti: l'umidità dell'ambiente domestico e la diffusione degli impianti di condizionamento dell'aria, la cui inadeguata gestione e manutenzione può essere fonte di inquinamento *indoor* di tipo biologico; l'analisi dell'incidenza dei casi della Malattia del Legionario, più comunemente definita legionellosi, e il *trend* della percentuale di fumatori attivi in Italia, essendo il fumo passivo una delle fonti di inquinamento *indoor* più diffuse ma difficilmente monitorabile.

Un altro tema di grande rilevanza sono gli impatti sull'ambiente e sulla salute dell'uomo causati dagli **estremi climatici**, come evidenziato nel recente rapporto *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016* dell'Agenzia Europea per l'Ambiente. In particolare, le onde di calore, oltre a un notevole impatto dal punto di vista economico, hanno causato in Europa decine di migliaia di morti premature dal 2000 ad oggi. Nello scenario ad alte emissioni si prevedono, nella seconda metà del ventunesimo secolo, episodi di caldo di intensità uguale o superiore a quella delle onde di calore degli ultimi anni, con frequenza biennale.

Le aree urbane sono particolarmente vulnerabili agli eventi estremi di caldo, a causa dell'effetto dell'isola di calore urbana (*urban heat island*), che può determinare nelle città temperature superiori a 10° rispetto a quella alle aree rurali circostanti.

In questo contesto **nel paragrafo 5.5, indici di calore nelle città metropolitane italiane**, con riferimento alle 14 Città metropolitane italiane, sono stati esaminati alcuni indici definiti dai gruppi di esperti della Commissione per la Climatologia dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale, in particolare il numero di giorni estivi e di notti tropicali e l'indice WSDI, rappresentativo della durata dei periodi di caldo.

Per la maggior parte delle stazioni presenti nelle città metropolitane, si riscontra un aumento dei valori degli indici (anomalie positive) per l'anno 2017 rispetto ai valori medi calcolati nel trentennio climatologico di riferimento 1971-2000.

Nel lungo periodo, dal 1971 al 2017, in tutte le 14 Città metropolitane è crescente il numero di giorni estivi e delle notti tropicali, nonché la durata degli eventi di caldo intenso rispetto alla norma, che si verificano non solo d'estate, ma nel corso di tutto l'anno.

5.1 QUALITÀ DELL'ARIA

Giorgio Cattani, Alessandro Di Menno Di Bucchianico, Alessandra Gaeta, Giuseppe Gandolfo, Gianluca Leone
ISPRA – Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità

Riassunto

È qui riportato lo stato della qualità dell'aria in 120 Comuni italiani nel 2017 e nei primi 9 mesi del 2018 descritto attraverso i dati delle centraline di monitoraggio delle reti regionali e trasmessi dalle ARPA/APPA. Le mappe e tabelle proposte consentono il confronto tra indicatori statistici e valori limite ed obiettivo previsti dalla normativa.

I dati del 2017 mostrano il mancato rispetto del valore limite giornaliero del PM10 in 35 aree urbane tra le 106 per le quali erano disponibili dati (l'agglomerato di Milano contiene i comuni di Monza, Como e Busto Arsizio e figura come una singola area urbana). Nel 2017 il valore limite annuale per l'NO₂ è stato superato in almeno una delle stazioni di monitoraggio di 25 aree urbane, si sono poi registrati più di 25 giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per l'ozono in 66 aree urbane su 91 per le quali erano disponibili dati e il superamento del valore limite annuale per il PM2,5 (25 µg/m³) in 13 aree urbane tra 84.

È stata evidenziata una tendenza statisticamente significativa alla riduzione delle concentrazioni di PM₁₀ e NO₂ negli ultimi 10 anni.

Nei primi nove mesi del 2018 in 7 aree urbane sono stati registrati oltre 35 giorni di superamento della soglia di 50 µg/m³ per il PM10 e si sono infine registrati più di 25 giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per l'ozono in 53 aree urbane su 89.

Parole chiave

Qualità dell'aria, superamento del valore limite, ambiente urbano

Abstract – Air quality

Here the status of the air quality in 120 Italian municipalities in 2017 and during the first 9 months of 2018. The air quality is described by the data from the regional monitoring stations and transmitted by the ARPA/APPA. Maps and tables allow the comparison between statistical indicators and limit and target values foreseen by the Italian legislation.

Data from 2017 show that PM10 daily limit value was exceeded in 35 urban areas among the 106 for which data was available (the agglomeration of Milan contains the municipalities of Monza and Como and is reported as a single urban area). In 2017, the NO₂ annual limit value was exceeded in at least one of the AQ monitoring stations of 25 urban areas, more than 25 days of exceedance of the Ozone long-term objective (LTO) for the protection of human health were recorded in 66 urban areas among 91 for which data was available and the annual limit value for PM2,5 (25µg/m³) was exceeded in 13 urban areas of 84.

We have found a statistically significant decreasing trend for PM₁₀ and NO₂ during the last 10 years. In the first nine months of 2018, over 35 days of exceeding the threshold of 50 µg/m³ for PM10 were recorded in 7 urban areas, and more than 25 days had elapsed since the long-term objective ozone in 53 urban areas of 89.

Keywords

Air quality, exceedances of limit value, urban environment

PM10 – PARTICOLATO AERODISPERSO

Per **materiale particolato** aerodisperso s'intende l'insieme delle particelle atmosferiche solide e liquide sospese in aria ambiente. Il termine **PM10** identifica le particelle di diametro aerodinamico inferiore o uguale ai 10µm. Si tratta di un inquinante dalla natura chimico-fisica complessa, alla cui costituzione contribuiscono più sostanze. In parte è emesso in atmosfera come tale direttamente dalle sorgenti (PM10 primario) e in parte si forma in atmosfera attraverso reazioni chimiche fra altre specie inquinanti (PM10 secondario). Il PM10 può avere sia origine naturale sia antropica: tra le sorgenti antropiche un importante ruolo è rappresentato dal traffico veicolare.

Tra gli inquinanti atmosferici il particolato è quello con il maggior impatto sulla salute umana. Vari studi epidemiologici sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico da particelle, hanno evidenziato associazioni tra le concentrazioni in massa del PM10 e un incremento sia di mortalità che di ricoveri ospedalieri per malattie cardiache e respiratorie nella popolazione generale. I soggetti ritenuti maggiormente sensibili a tali effetti sono in particolare, gli anziani, i bambini, le persone con malattie cardiopolmonari croniche e affette da influenza o asma; su di essi si concentrano incrementi di mortalità e seri effetti patologici a seguito di esposizioni acute a breve termine. Ulteriori evidenze sono emerse considerando gli effetti sanitari a lungo termine conseguenti all'esposizione a basse concentrazioni di PM10. Tali effetti riguardano la mortalità ed altre patologie croniche come la bronchite e la riduzione della funzione polmonare. Anche l'incremento di tumore polmonare è stato associato recentemente all'inquinamento ambientale, ed in particolare alla frazione fine dell'aerosol: il materiale particolato aerodisperso è stato inserito dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) tra i cancerogeni di gruppo 1 (agenti sicuramente cancerogeni per l'uomo).

La direttiva 2008/50/CE e il D.Lgs 155/2010 stabiliscono per il PM10, ai fini della protezione della salute umana, un valore limite annuale di 40 µg/m³ e un valore limite giornaliero di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte in un anno.

I dati disponibili per il 2017 sono relativi a 106 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como e Monza). I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come numero di giorni con concentrazione media giornaliera superiore ai 50 µg/m³ e come media annuale (µg/m³), sono riportati nella **Tabella 5.1.1** e nella tabella 5.1.15 per le città metropolitane nel file Excel allegato, mentre nella **Tabella 5.1.2** sono elencati i dati delle singole stazioni.

La **Mappa tematica 5.1.1** illustra la situazione delle aree urbane rispetto al valore limite giornaliero del D.Lgs. 155/2010 per il 2017.

Nel 2017, il valore limite giornaliero del PM10 è stato superato in 35 aree urbane. Gran parte di queste sono localizzate al Nord, ma anche al Centro-Sud si registrano superamenti. Il maggior numero di superamenti giornalieri (118) si è avuto a Torino.

L'analisi dei trend delle concentrazioni di PM10 è stata effettuata su un campione significativo di stazioni di monitoraggio (90), distribuite su 61 delle 120 aree urbane, per le quali sono disponibili serie annuali nel periodo 2008 – 2017 con copertura pari almeno al 75%.

In 73 casi su 90 è stata osservata una tendenza statisticamente significativa ($p \leq 0.05$) alla riduzione delle concentrazioni, indicativa dell'esistenza di una tendenza di fondo alla riduzione delle concentrazioni di PM10 in Italia.

Si osserva una riduzione media annuale, sulla porzione di campione considerato per il quale è stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo del 2,4% (-1,0% ÷ -5,9%), corrispondente a una riduzione media annuale in termini di concentrazione di 0,8 µg/m³ (0,3 ÷ 2,8 µg/m³).

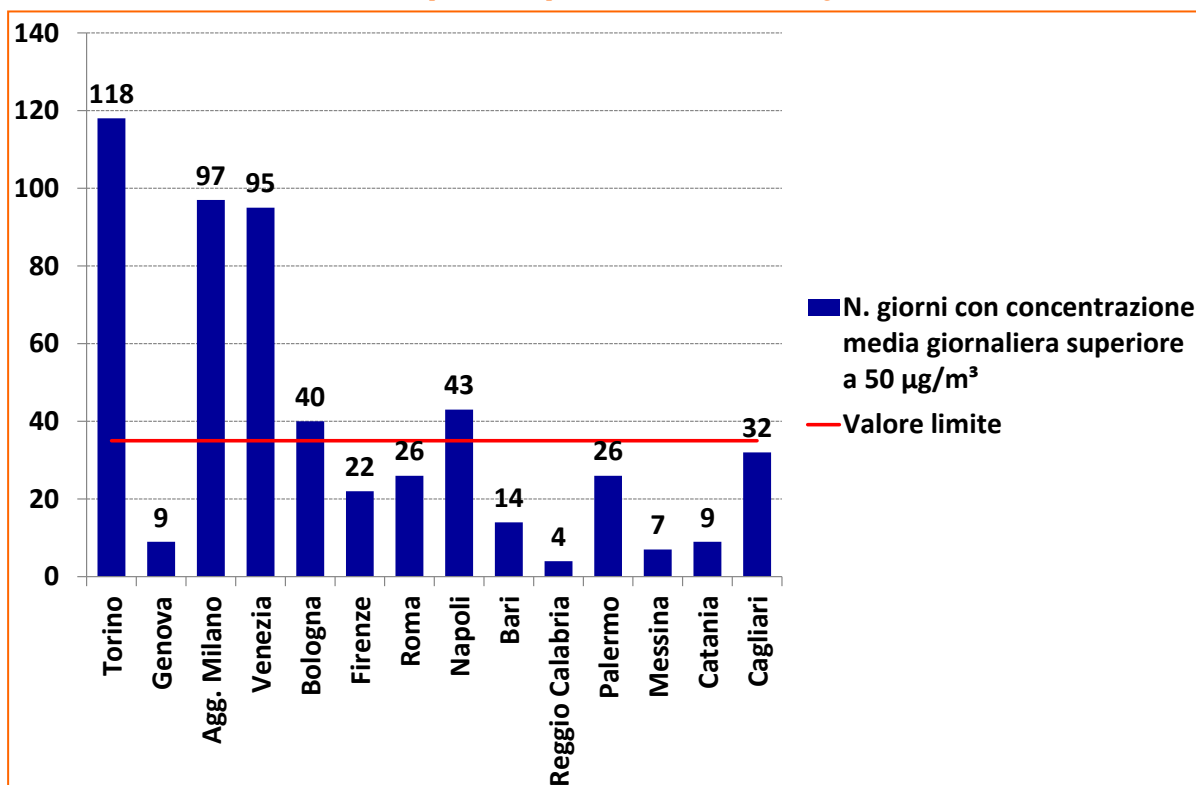
Mapa tematica 5.1.1 - PM10, 2017: superamenti del valore limite giornaliero



Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

Il **Grafico 5.1.1** mostra il numero dei giorni di superamento dei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati nel 2017 nelle 14 Città metropolitane. Il valore limite è stato superato a Torino, nell'agglomerato di Milano, a Venezia, a Bologna e Napoli.

Grafico 5.1.1 – PM10, 2017, Città metropolitane: superamenti del valore limite giornaliero



Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

Per l'anno 2018, sono riportati il numero dei giorni di superamento dei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registrati dal 1° gennaio al 30 settembre in 99 aree urbane. I dati provvisori per singola area urbana, sono riportati in **Tabella 5.1.3** nella sezione Tabelle, mentre nella **Tabella 5.1.4** sono elencati i dati delle singole stazioni. I dati stessi sono illustrati graficamente nella **Mappa tematica 5.1.2**.

Il valore limite giornaliero del PM10, nei primi nove mesi del 2018 è stato superato in 7 aree urbane mentre in 35 aree urbane è stato registrato un numero di giorni di superamento dei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tra 10 e 35: si tratta di città dove è alto il rischio che, a fine 2018, il limite giornaliero sarà superato.

Mapa tematica 5.1.2 – PM10, 1 gennaio – 30 settembre 2018: superamenti del valore limite giornaliero nelle aree urbane ⁽¹⁾



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

1) Dati provvisori

PM_{2,5} - PARTICOLATO AERODISPERSO

Il D.Lgs. 155/2010 ha introdotto un valore limite per la protezione della salute umana anche per la frazione fine o respirabile del **materiale particolato (PM_{2,5})**, tenuto conto delle evidenze sanitarie che attribuiscono un ruolo determinante alle particelle più piccole: si tratta dell'insieme delle particelle aerodisperse aventi diametro aerodinamico inferiore o uguale a 2,5 µm. Date le ridotte dimensioni esse, una volta inalate, penetrano in profondità nel sistema respiratorio umano e, superando la barriera tracheo-bronchiale, raggiungono la zona alveolare.

Come il PM₁₀, anche il particolato PM_{2,5} è in parte emesso come tale direttamente dalle sorgenti in atmosfera (PM_{2,5} primario) ed è in parte formato attraverso reazioni chimiche fra altre specie inquinanti (PM_{2,5} secondario).

La concentrazione di massa del PM_{2,5} è dominata dalle particelle del *modo di accumulazione*, ovvero quelle particelle nell'intervallo dimensionale da circa 0,1 µm a circa 1 µm. Il particolato secondario, formato in atmosfera a partire da gas precursori o per fenomeni di aggregazione di particelle più piccole, o per condensazione di gas su particelle che fungono da coagulo, può rappresentare una quota rilevante della concentrazione di massa osservata.

L'emissione diretta di particolato fine è associata a tutti i processi di combustione, in particolare quelli che prevedono l'utilizzo di combustibili solidi (carbone, legna) o distillati petroliferi con numero di atomi di carbonio medio-alto (gasolio, olio combustibile). Particelle fini sono dunque emesse dai gas di scarico dei veicoli a combustione interna, degli impianti per la produzione di energia e dai processi di combustione nell'industria, dagli impianti per il riscaldamento domestico, dagli incendi boschivi.

La normativa attualmente in vigore stabilisce per il PM_{2,5} un valore limite di 25 µg/m³ da raggiungere entro il 1° gennaio 2015.

I dati disponibili per il 2017 sono relativi a 84 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como, Monza e Busto Arsizio). I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come media annuale (µg/m³), sono riportati nella **Tabella 5.1.5** mentre nella **Tabella 5.1.6** sono elencati i dati delle singole stazioni.

La **Mappa tematica 5.1.3** illustra la situazione delle aree urbane rispetto al valore limite annuale del D.Lgs. 155/2010. Il valore limite è superato in 13 aree urbane, tutte localizzate al Nord. Il valore più elevato, 34 µg/m³, è stato registrato a Padova.

L'analisi dei trend delle concentrazioni di PM_{2,5} è stata effettuata su un campione significativo di stazioni di monitoraggio (90), distribuite su 61 delle 120 aree urbane, per le quali sono disponibili serie annuali nel periodo 2010 – 2017 con copertura pari almeno al 75%.

In 29 casi su 41 è stata osservata una tendenza statisticamente significativa ($p \leq 0.05$) alla riduzione delle concentrazioni, indicativa dell'esistenza di una tendenza di fondo alla riduzione delle concentrazioni di PM_{2,5} in Italia.

Si osserva una riduzione media annuale sulla porzione di campione considerato per il quale è stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo del 2,9% (-1,3% ÷ -6,4%), corrispondente a una riduzione media annuale in termini di concentrazione di 0,6 µg/m³ (0,2 ÷ 1,2 µg/m³).

Il **Grafico 5.1.2** mostra i valori medi annuali delle concentrazioni di PM_{2,5} registrati nelle Città metropolitane nel 2017. Il valore limite annuale è superato a Torino (33 µg/m³) nell'agglomerato Milano (30 µg/m³) e a Venezia (29 µg/m³).

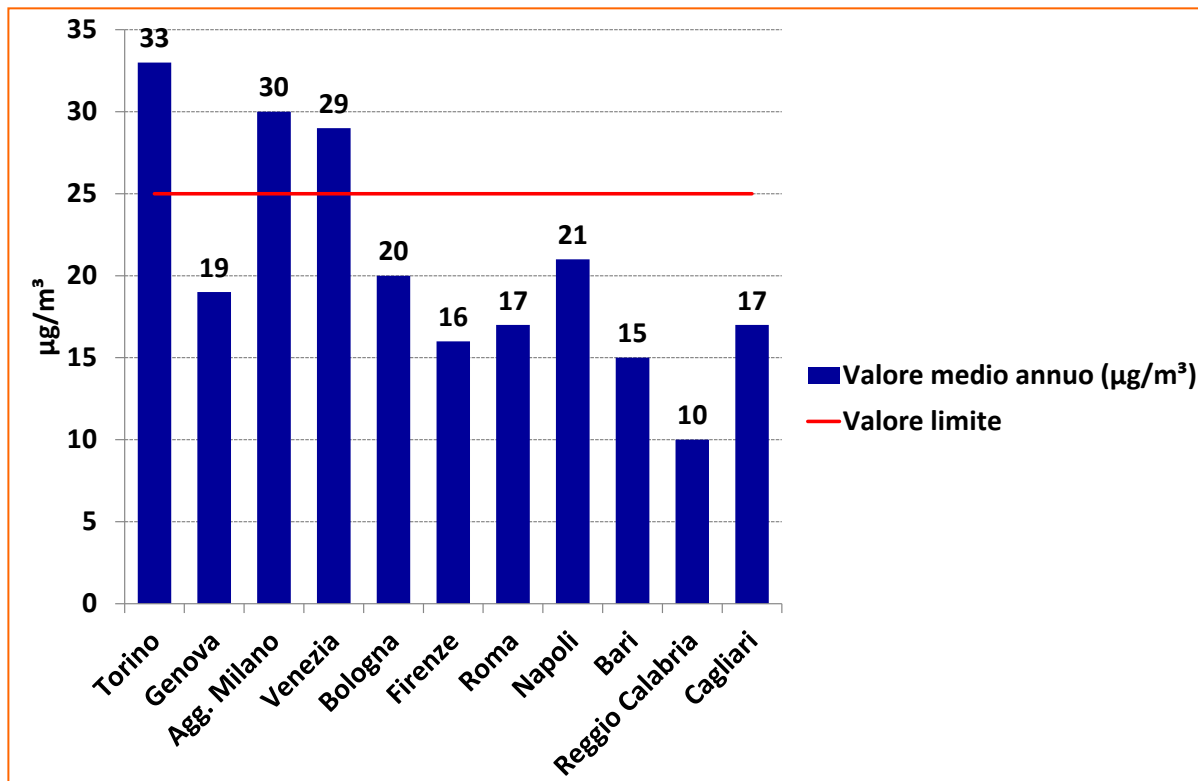
Per le Città metropolitane siciliane il dato non è disponibile.

Mapa tematica 5.1.3 – PM_{2,5} (2017) – Superamenti del valore limite annuale nelle aree urbane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

Grafico 5.1.2 – PM_{2,5} (2017): superamenti del valore limite annuale nelle Città metropolitane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

NO₂ - BISSIDO DI AZOTO

Il **biossido di azoto (NO₂)** è un inquinante a prevalente componente secondaria prodotto dell'ossidazione del monossido di azoto (NO) in atmosfera; solo in parte è emesso direttamente da fonti antropiche (combustioni nel settore dei trasporti, negli impianti industriali, negli impianti di produzione di energia elettrica, di riscaldamento civile e di incenerimento dei rifiuti) o naturali (suoli, vulcani e fenomeni temporaleschi). L'NO₂ ha effetti negativi sulla salute umana e insieme all'NO 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.

Per il biossido di azoto, il D. Lgs. 155/2010 stabilisce per la protezione della salute umana un valore limite orario (200 µg/m³ di concentrazione media oraria da non superare più di 18 volte in un anno) e un valore limite annuale (40 µg/m³).

I dati disponibili per il 2017 sono relativi a 104 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como, Monza e Busto Arsizio). I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come numero di ore con concentrazione oraria superiore a 200 µg/m³ e come media annuale (µg/m³), sono riportati nella **Tabella 5.1.7** nel file Excel allegato, mentre nella **Tabella 5.1.8** sono elencati i dati delle singole stazioni.

La **Mappa tematica 5.1.4** illustra la situazione delle aree urbane rispetto al valore limite annuale del D.Lgs. 155/2010.

Il limite orario (non più di 18 superamenti di 200 µg/m³) è stato superato a Torino (25 superamenti). Il valore limite annuale di 40 µg/m³ è stato superato in 25 aree urbane e la concentrazione media più alta (80 µg/m³) è stata raggiunta a Torino.

L'analisi dei trend delle concentrazioni di NO₂ è stata effettuata su un campione significativo di stazioni di monitoraggio (119), distribuite su 65 aree urbane, per le quali sono disponibili serie annuali nel periodo 2008 – 2017 con copertura pari almeno al 75%.

In 96 casi su 119 è stata osservata una tendenza statisticamente significativa ($p \leq 0.05$) alla riduzione delle concentrazioni, indicativa dell'esistenza di una tendenza di fondo alla riduzione delle concentrazioni di NO₂ in Italia.

Si osserva una riduzione media annuale sulla porzione di campione considerato per il quale è stato individuato un trend decrescente statisticamente significativo del 2,9% (-1,0% ÷ -6,9%), corrispondente a una riduzione media annuale in termini di concentrazione di 1,2 µg/m³ (0,2 ÷ 4,5 µg/m³).

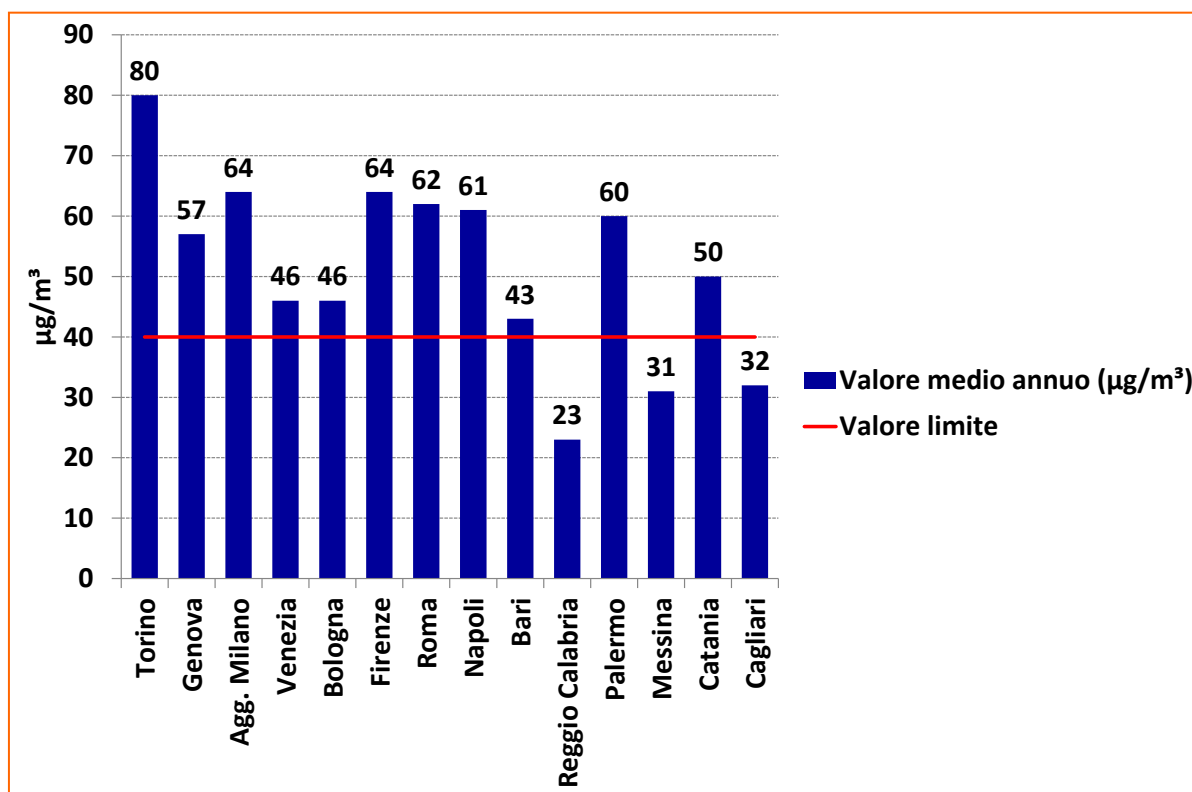
Il **Grafico 5.1.3** mostra i valori medi annuali delle concentrazioni di NO₂ registrati nelle Città metropolitane nel 2017. Il valore limite annuale è stato superato in quasi tutte le città metropolitane, con le sole eccezioni di Reggio Calabria, Messina e Cagliari.

Mapa tematica 5.1.4 – NO₂, 2017: superamenti del valore limite annuale nelle aree urbane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

Grafico 5.1.3 - NO₂, 2017: superamenti del valore limite annuale nelle Città metropolitane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

O₃ – OZONO TROPOSFERICO

L'**ozono troposferico**¹ (O₃) è un inquinante secondario che si forma attraverso processi fotochimici in presenza di inquinanti precursori (quali gli ossidi d'azoto e i composti organici volatili). Dopo il particolato, l'ozono è l'inquinante atmosferico che, per tossicità e per i livelli di concentrazione che possono essere raggiunti, incide maggiormente sulla salute umana. Può causare seri problemi anche all'ecosistema, all'agricoltura e ai beni materiali.

Il D.Lgs. 155/2010 definisce per l'ozono ai fini della protezione della salute umana un obiettivo a lungo termine (OLT, pari a 120 µg/m³, calcolato come valore massimo giornaliero della media della concentrazione di ozono su 8 ore consecutive), una soglia di informazione (180 µg/m³) e una soglia di allarme (240 µg/m³) entrambe come media oraria.

I dati disponibili per il 2017 sono relativi a 91 aree urbane; i dati relativi al periodo estivo 2018 sono relativi a 89 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como, Monza e Busto Arsizio). I dati del periodo estivo 2018 sono da considerare provvisori.

I dati delle singole aree urbane riferiti all'anno 2017 e al periodo estivo 2018 sono riportati rispettivamente nelle **Tabelle 5.1.9** e **5.1.11** nel file Excel allegato (mentre, per gli stessi periodi, nelle **Tabelle 5.1.10** e **5.1.12** sono elencati i dati delle singole stazioni).

La **Mappa tematica 5.1.5** illustra la situazione delle aree urbane rispetto all'obiettivo a lungo termine (OLT) del D.Lgs. 155/2010. L'OLT è superato in 80 aree urbane su 91. In 14 aree urbane l'OLT è stato superato per meno di 25 giorni, mentre in 66 aree urbane si è registrato un numero di giorni di superamento dell'OLT superiore a 25. Nel 2017 sono stati registrati superamenti della soglia di allarme in 6 aree urbane: Varese, Lecco, Bergamo, l'agglomerato di Milano e Trapani. La **Mappa tematica 5.1.6** mostra i risultati provvisori relativi al periodo aprile-settembre 2018.

L'analisi del trend è stata condotta sulla base dei valori di un indicatore di esposizione (*Sum of Mean Over Zero, SOMOO*) con riferimento al periodo aprile – settembre, considerato il più rilevante ai fini dell'esposizione della popolazione. L'analisi è stata effettuata su un campione significativo di stazioni di monitoraggio (57), distribuite su 43 aree urbane, per le quali sono disponibili serie storiche nel periodo 2008 – 2017 con copertura pari almeno al 75%.

Nella quasi totalità delle stazioni (48 su 57) non è stato evidenziato un trend statisticamente significativo; la tendenza di fondo appare sostanzialmente monotona, e le oscillazioni interannuali sono attribuibili alle naturali fluttuazioni della componente stagionale.

Il **Grafico 5.1.4** illustra la situazione delle Città metropolitane rispetto all'obiettivo a lungo termine (OLT) nelle nel 2017. Solo a Reggio Calabria, Palermo e Cagliari non si registrano superamenti dell'obiettivo a lungo termine; nelle altre città è invece largamente superato: a Genova e nell'agglomerato di Milano è stato registrato il numero maggiore di giorni di superamento (90).

Per Messina e Catania il dato non è disponibile.

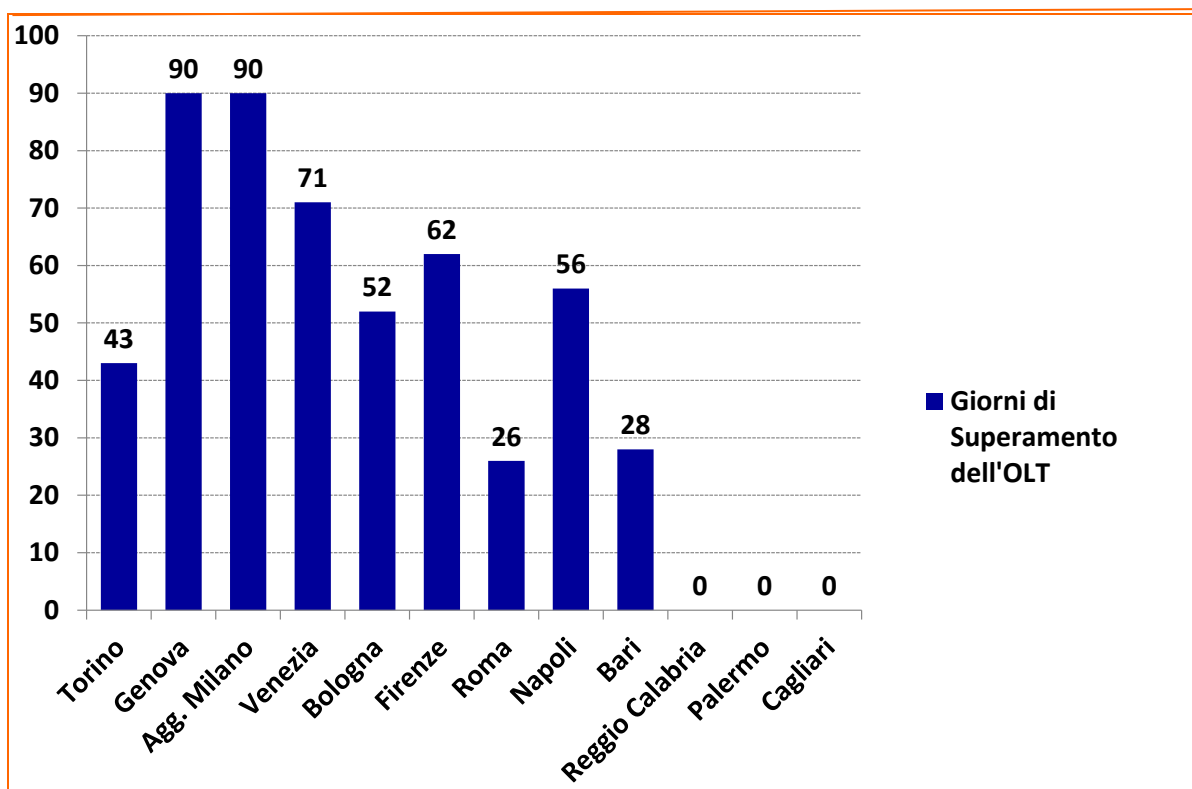
¹ Ozono troposferico: ozono presente nella zona compresa tra il suolo e circa 15 Km di altitudine, formato in larga parte da reazioni fotochimiche che coinvolgono inquinanti gassosi precursori di origine naturale o antropica. L'O₃ stratosferico è presente nella zona tra circa 15 km e 50 km, in conseguenza di un equilibrio dinamico tra formazione e dissociazione, governato dalle reazioni che coinvolgono l'ossigeno molecolare, l'ossigeno atomico e la radiazione UV a lunghezza d'onda inferiore a 242 nm. Nella stratosfera l'O₃ svolge un'azione protettiva in quanto rappresenta uno schermo" alle radiazioni UV ad alta energia dannose per gli esseri viventi.

Mapa tematica 5.1.5 – Ozono, 2017: superamenti dell'obiettivo a lungo termine ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media massima giornaliera calcolata su otto ore nell'arco di un anno civile) nelle aree urbane



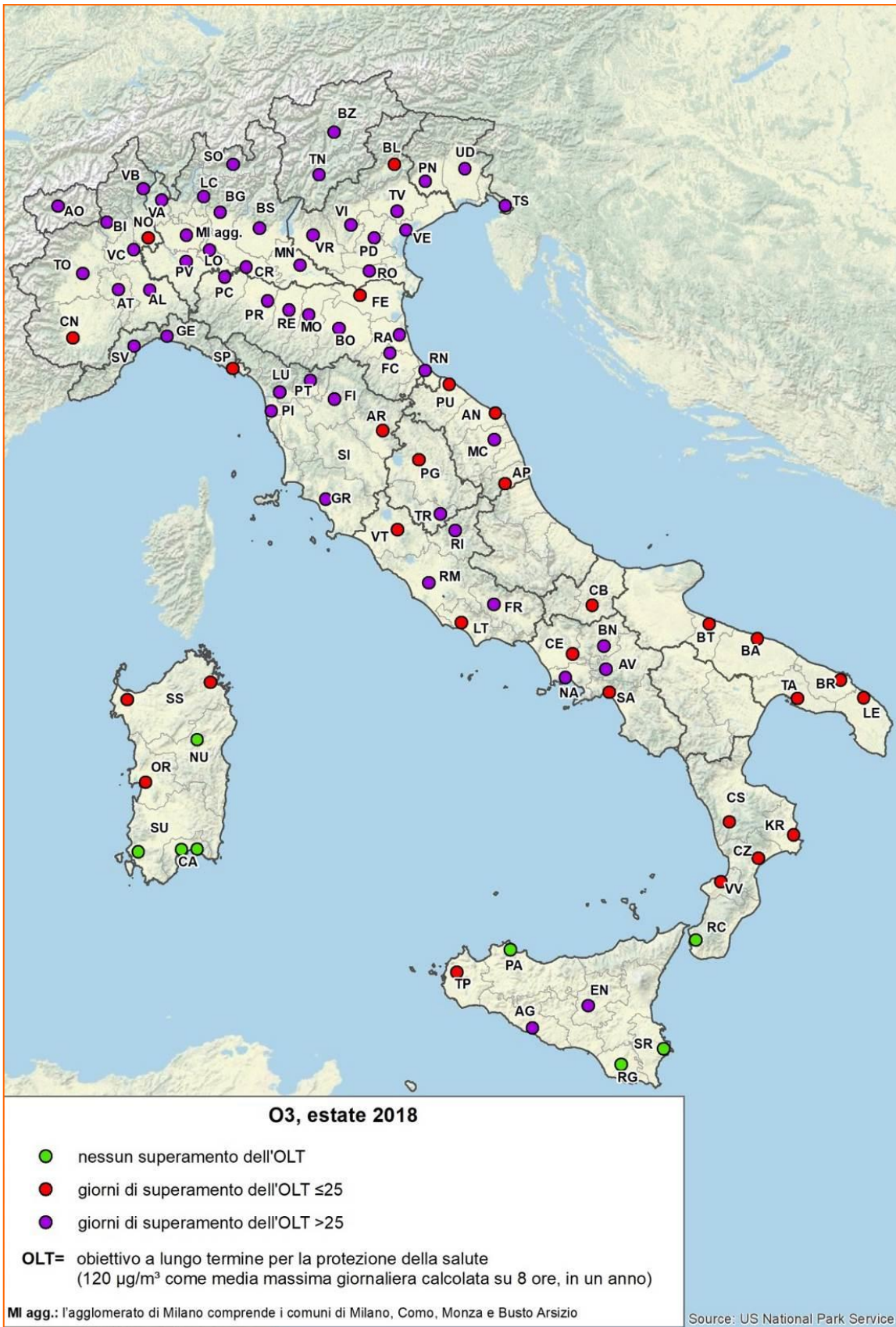
Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

Grafico 5.1.4 - Ozono, 2017: superamenti dell'obiettivo a lungo termine ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media massima giornaliera calcolata su otto ore nell'arco di un anno civile) nelle Città metropolitane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

Mapa tematica 5.1.6 – Ozono, aprile – settembre 2018: superamenti dell'obiettivo a lungo termine ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media massima giornaliera calcolata su otto ore nell'arco di un anno civile) nelle aree urbane ⁽¹⁾



Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

1) Dati

provvisori

B(a)P – BENZO(a)PIRENE NEL PM10

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono prodotti nei processi di combustione incompleta di materiali organici e sono emessi in atmosfera quasi totalmente adsorbiti sul materiale particolato. Molti composti sono cancerogeni, anche se l'evidenza di cancerogenicità sull'uomo relativa a singoli IPA è estremamente difficile, poiché in condizioni reali si verifica sempre una esposizione simultanea a miscele complesse di molte decine di IPA. La IARC (IARC, 2012) ha classificato in particolare il **benzo(a)pirene (B(a)P)**, come cancerogeno per l'uomo (categoria 1).

Il B(a)P è ritenuto un buon indicatore di rischio cancerogeno per la classe degli IPA valutati; è stato stimato un rischio incrementale pari a 9 casi di cancro polmonare ogni 100.000 persone esposte per tutta la vita ad una concentrazione media di 1 ng/m³ di B(a)P. L'OMS ha quindi raccomandato un valore guida di 1 ng/m³ per la concentrazione media annuale di B(a)P. Questo valore coincide con il valore obiettivo fissato dal D.Lgs 155/2010.

I dati disponibili per il 2017 sono relativi a 72 aree urbane (i dati riferiti all'agglomerato di Milano sono rappresentativi anche di Como, Monza e Busto Arsizio).

I dati relativi alle singole aree urbane, espressi come media annuale (contenuto totale di B(a)P nel PM10 espresso in ng/m³) sono riportati nella **Tabella 5.1.13** nel file Excel allegato.

La **Mappa tematica 5.1.7** illustra la situazione relativa al 2017. Il valore obiettivo per il B(a)P è stato superato in 11 aree urbane; la gran parte dei superamenti sono localizzati in aree urbane del Nord, cui si aggiungono Frosinone e Terni. Il valore più elevato (2,3 ng/m³) è stato registrato a Sondrio. In Italia le principali sorgenti di B(a)P sono il riscaldamento domestico, qualora il combustibile usato sia legna biomassa legnosa, le combustioni nell'industria del ferro e dell'acciaio e il trasporto su strada. Nelle aree urbane è soprattutto il riscaldamento domestico a biomassa a determinare livelli elevati di B(a)P, soprattutto in quelle zone (bacino padano e zone pedemontane appenniniche e alpine) dove è maggiore il consumo di biomassa legnosa e le condizioni meteorologiche invernali favoriscono l'accumulo degli inquinanti.

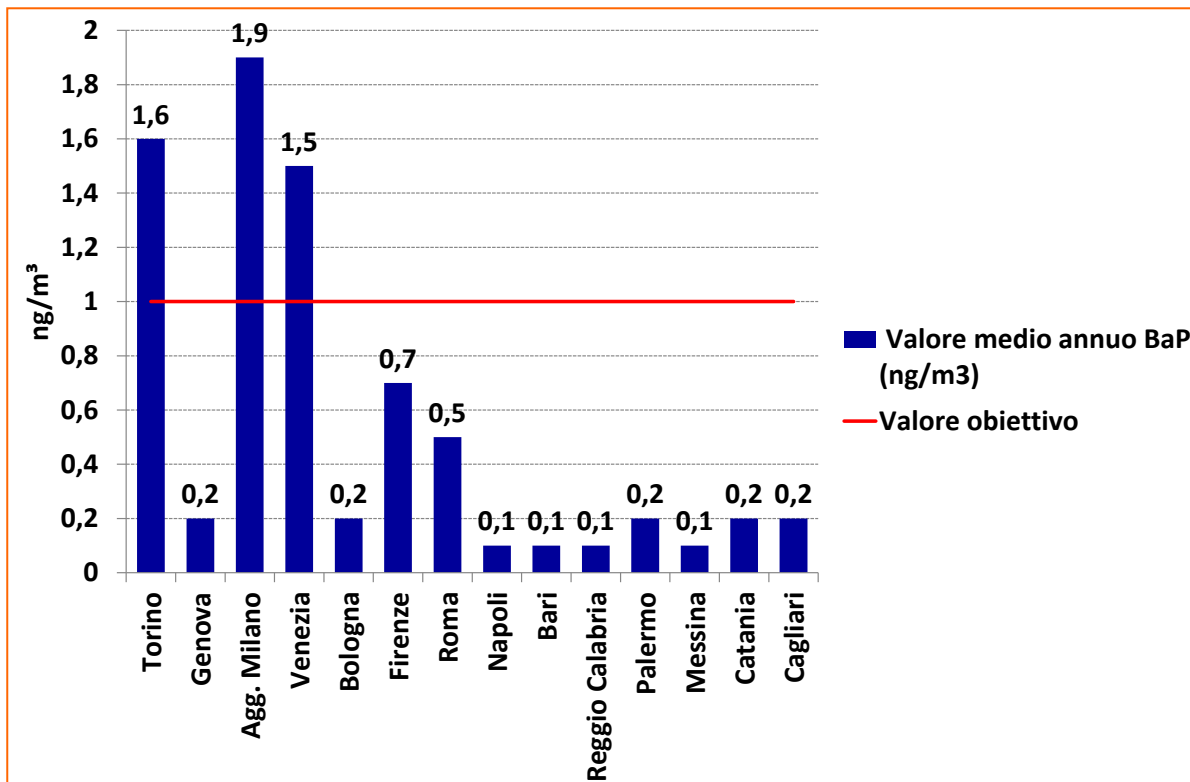
Il **Grafico 5.1.5** mostra i valori medi annuali delle concentrazioni di B(a)P registrati nelle Città metropolitane nel 2017. Il valore obiettivo (1 ng/m³) è stato superato a Torino, nell'agglomerato di Milano e a Venezia.

Mapa tematica 5.1.7 – B(a)P (2017) – Superamenti del valore obiettivo nelle aree urbane



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA

Grafico 5.1.5 - B(a)P (2017) – Superamenti del valore obiettivo nelle Città metropolitane



Fonte: elaborazione ISPRA su dati APPA/ARPA

DISCUSSIONE

L'analisi riportata in questo paragrafo consente una visione sintetica dello stato della qualità dell'aria nel 2017 per le principali aree urbane italiane.

L'analisi statistica dei trend mostra che negli ultimi 10 anni è in atto una significativa tendenza alla riduzione dei livelli di PM10 e NO₂. L'analisi di medio-lungo periodo non evidenzia tuttavia una significativa riduzione dei livelli di ozono troposferico, confermando peraltro quanto già osservato nel periodo 2003 – 2012 (ISPRA, 2014).

La lenta riduzione dei livelli di PM10 e NO₂ in Italia, coerente con quanto osservato in Europa nell'ultimo decennio, è il risultato della riduzione congiunta delle emissioni di particolato primario e dei principali precursori del particolato secondario (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca). L'andamento generalmente decrescente delle emissioni è dovuto principalmente alla forte penetrazione del gas naturale sul territorio nazionale in sostituzione di combustibili come carbone e olio, all'introduzione dei catalizzatori e del filtro anti particolato nei veicoli, all'adozione di misure volte al miglioramento dei processi di combustione nella produzione energetica e di tecniche di abbattimento dei fumi.

Tuttavia, continuano a verificarsi superamenti del valore limite giornaliero del PM10 in molte aree urbane e, per quanto riguarda l'NO₂, del limite annuale, nelle stazioni di monitoraggio collocate in prossimità di importanti arterie stradali caratterizzate da intenso traffico veicolare.

Il numero di superamenti della soglia di 50 µg/m³ del PM10 è particolarmente soggetto a fluttuazioni interannuali, legate alle condizioni meteorologiche della stagione invernale, che possono essere più o meno favorevoli all'accumulo di inquinanti in relazione alla durata e alla frequenza dei periodi di stagnazione atmosferica.

Riguardo al PM_{2,5} pur se le concentrazioni medie annuali sono nella larga maggioranza dei casi inferiori al valore limite di legge, sussistono casi di superamento in particolare nel bacino padano.

La concentrazione di massa del PM_{2,5} è dominata dalle particelle nel *modo di accumulazione* ovvero dalle particelle nell'intervallo dimensionale da circa 0,1 µm a circa 1 µm. Il particolato secondario, formato in atmosfera a partire da gas precursori o per fenomeni di aggregazione di particelle più piccole, o per condensazione di gas su particelle che fungono da coagulo, può rappresentare una quota rilevante della concentrazione di massa osservata. Di conseguenza, in presenza delle condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo delle particelle, nelle zone pianeggianti e nelle valli, i livelli di PM_{2,5} risultano piuttosto omogenei spazialmente, anche a distanza rilevante dalle principali sorgenti di PM primario e dei precursori della componente secondaria.

Occorre pertanto continuare a perseguire obiettivi di riduzione delle emissioni di PM primario e dei precursori del PM secondario, con un'azione concertata e sinergica su scala nazionale, regionale e locale.

Le politiche potenzialmente più efficaci sono quelle strutturali, di lungo orizzonte temporale e ricaduta sovraregionale, ma è importante che siano realizzate anche politiche locali per il miglioramento della qualità dell'aria, integrate nei piani regionali, indirizzate a specifiche sorgenti (ad esempio industrie o aree portuali) e adeguatamente supportate da strumenti per la valutazione preventiva della loro efficacia, nel contesto specifico, per indirizzare gli interventi sulle priorità.

BIBLIOGRAFIA

Direttiva 2008/50: DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.

Direttiva 2004/107: DIRECTIVE 2004/107/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 15 December 2004 relating to arsenic, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air.

EEA, 2017. Report 28/2017 – *Air quality in Europe* – 2017 report. <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>. Consultazione del 7 dicembre 2018

ISPRA, 2014. Rapporto 203/2014. *Analisi dei trend dei principali inquinanti atmosferici in Italia 2003-2012*. <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/analisi-delle-serie-storiche-dei-principali-inquinanti-atmosferici-in-italia-2003-2013-2012>. Consultazione del 7 dicembre 2018.

5.2 EMISSIONI IN ATMOSFERA

Ernesto Taurino, Antonio Caputo, Riccardo De Lauretis
ISPRA - Dipartimento per la valutazione, i controlli e la sostenibilità ambientale

Riassunto

Le emissioni in atmosfera costituiscono il fattore di pressione che concorre a determinare la qualità dell'aria nelle città insieme alle condizioni ambientali e meteorologiche. Di seguito sono presentate le stime delle emissioni realizzate a partire dalla disaggregazione provinciale dell'inventario nazionale con una metodologia omogenea sull'intero territorio italiano. In questo modo è possibile valutare le principali sorgenti di emissione in atmosfera nelle aree urbane italiane per ogni inquinante. Per quanto riguarda singole e particolari realtà locali è preferibile fare riferimento a inventari locali, indubbiamente più dettagliati, ma talvolta - soprattutto in passato - difficilmente confrontabili tra di loro. I settori emissivi sono stati raggruppati per semplicità in: industria, riscaldamento, trasporti su strada, altri trasporti, agricoltura e allevamento e il settore "Altro" che comprende l'uso dei solventi e la gestione dei rifiuti (di volta in volta tra parentesi è specificato se sono predominanti i solventi o i rifiuti). In generale si nota una riduzione delle emissioni dei diversi inquinanti e una evoluzione del quadro emissivo nel periodo 2005-2015 con alcune sorgenti che hanno mostrato, grazie alle politiche applicate, una netta riduzione soprattutto per alcuni inquinanti come il benzene o gli ossidi di zolfo e l'affermazione di nuove o fino a oggi trascurate sorgenti emissive come il riscaldamento da biomassa o alcune attività in campo agricolo.

Parole chiave

Emissioni in atmosfera, materiale particolato primario e secondario, PM10, NO_x, SO₂, COVNM, NH₃, C₆H₆

Abstract – Air emissions

Atmospheric emissions are the pressure factor that contributes to determining the air quality in cities together with environmental and meteorological conditions. Below, the emission estimates, realized starting from the disaggregation of the national emission inventory with a homogeneous methodology on the entire Italian territory, are presented. In this way, it is possible to evaluate the main emission sources in Italian urban areas for each pollutant. As far as particular local realities are concerned, it is preferable to refer to local inventories, undoubtedly more detailed, but difficult to compare with each other because they are often elaborated with different methodologies. The emission sectors have been grouped for simplicity in: industry, heating, road transport, other transport, agriculture and livestock and the "Other" sector which includes the use of solvents and waste management. In general, there is a decrease in air emissions and a change in the emission framework in the period 2005-2015 with some sources showing, thanks to the policies applied, a clear reduction especially for some pollutants such as benzene or sulfur oxides and the growth of new or up to date neglected emission sources such as biomass heating or some activities in the agricultural field.

Keywords

Air emissions, primary and secondary particulate matter, PM10, NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, C₆H₆

PM10 PRIMARIO

Il materiale particolato o PM che viene misurato nelle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria (vedi contributo 5.1) deriva da due componenti principali: una primaria, direttamente emessa da sorgenti come l'industria, il riscaldamento, i trasporti o alcuni fenomeni naturali; una secondaria che invece proviene dalle trasformazioni che avvengono in atmosfera a partire da altre sostanze inquinanti come gli ossidi di azoto (NO_x) in buona parte provenienti dai trasporti su strada, i composti organici volatili (COV) derivanti dall'uso dei solventi ma anche da emissioni biogeniche o l'ammoniaca (NH_3) che discende prevalentemente dalle attività agricole e altre sostanze ancora. Un altro concetto fondamentale da comprendere per affrontare la problematica della riduzione dell'inquinamento è legato al fatto che la formazione del PM secondario non è lineare cioè non è direttamente proporzionale alle quantità dei precursori in quanto le reazioni fisico - chimiche che avvengono in atmosfera sono molto complesse, coinvolgono migliaia di specie e sono influenzate dalle condizioni ambientali (es. radiazione solare, umidità, ecc.). Ecco perché quando si parla di emissioni di PM si intende esclusivamente il PM primario mentre per fare delle considerazioni sul legame con le concentrazioni misurate dalle stazioni di monitoraggio occorre tenere in considerazione e valutare anche le emissioni di altri inquinanti nonché le condizioni ambientali. A livello europeo la recente Direttiva 2016/2284 (*National Emission Ceilings*) fissa infatti dei "tetti nazionali" per le emissioni di $\text{PM}_{2.5}$, NO_x , SO_2 , NH_3 e COVNM, vale a dire per la frazione di PM con diametro aerodinamico equivalente minore di $2,5 \mu\text{m}$ e i principali precursori. In tale ambito lo IAASA (*International Institute for Applied Systems Analysis*) ha elaborato una metodologia (IAASA, 2014) che, analogamente al caso della $\text{CO}_{2\text{eq}}$ per quanto riguarda i gas climalteranti, permette di convertire i precursori del materiale particolato fine in "PM – equivalenti" utilizzando dei fattori di conversione che sono stati calcolati a livello europeo e di stato membro. Tali fattori possono dare delle indicazioni molto utili per una valutazione del fenomeno ma, per quanto detto in precedenza, non tengono in considerazione le differenze territoriali e ambientali a livello regionale o sub regionale. È importante osservare che i fattori di conversione calcolati dallo IAASA sono molto differenti dai fattori valutati in passato e non solo perché la metodologia di calcolo e lo scopo sono differenti ma anche perché le condizioni ambientali – anche per effetto dei cambiamenti climatici - e il quadro emissivo sono cambiati: i fattori di conversione che saranno calcolati tra 10 o 20 anni saranno ancora diversi dagli attuali. In definitiva, l'indicatore qui di seguito presentato rappresenta le emissioni di **PM10 primario** (materiale particolato con diametro aerodinamico equivalente inferiore a $10 \mu\text{m}$ direttamente emesso dalle sorgenti) ma, nella descrizione, sarà affiancato da alcune considerazioni sui precursori della componente secondaria in modo da fornire degli strumenti in più per la valutazione delle relazioni tra emissioni e concentrazioni in atmosfera.

Le stime delle emissioni nelle 120 città sono ottenute a partire dalla disaggregazione provinciale delle emissioni dell'inventario nazionale realizzato da ISPRA annualmente. I dati sono riferiti al periodo 2005 - 2015 in quanto la disaggregazione provinciale fino a oggi è stata realizzata con una cadenza quinquennale e l'ultima edizione è relativa al 2015, mentre a partire dalla prossima edizione avrà cadenza quadriennale. Dalla disaggregazione provinciale si giunge al livello comunale assumendo come ipotesi di base che l'area urbana sia coincidente con il territorio comunale. Tale approssimazione consente di valutare le emissioni relative a tutte le sorgenti contenute nei limiti comunali considerando dunque in alcuni casi delle sorgenti che in realtà non costituiscono fattori di pressione per la specifica area urbana oppure trascurandone altri appena al di fuori del limite comunale che però potrebbero avere effetti sulla qualità dell'aria di quella città. Maggiori dettagli sulla metodologia di disaggregazione sono forniti nei precedenti contributi relativi alle emissioni in atmosfera, in particolare si veda il III Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, capitolo Energia, Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria, contributo "Le emissioni in atmosfera degli inquinanti nelle 24 principali città italiane" e il IV, il V e il VI Rapporto, contributo "Le emissioni in atmosfera". L'obiettivo primario della stima delle emissioni di inquinanti a livello comunale è quello di produrre una rappresentazione uniforme delle principali fonti di emissione nelle città italiane, ottenendo dei risultati confrontabili tra loro, in quanto generati utilizzando la stessa metodologia. In questo modo è possibile valutare le principali sorgenti di emissione in atmosfera nelle aree urbane italiane per ogni inquinante. Per quanto riguarda singole e particolari realtà locali è preferibile fare riferimento a inventari locali,

indubbiamente più dettagliati, ma più difficilmente confrontabili tra di loro (Gruppo di Lavoro ISPRA/ARPA/APPA, 2011).

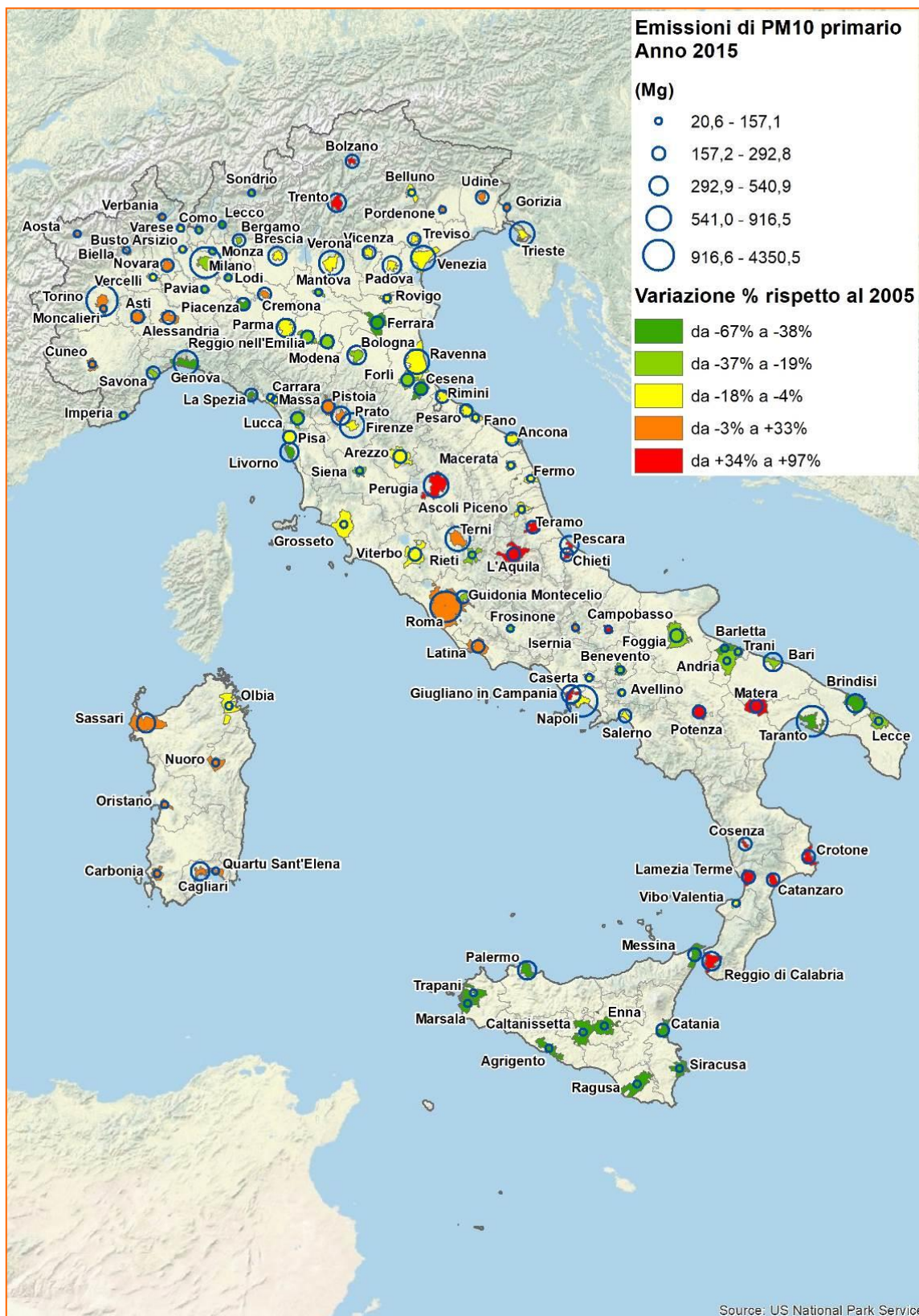
La **Mappa tematica 5.2.1** rappresenta il valore assoluto delle emissioni di **PM10 primario** stimate per il 2015 e la variazione percentuale rispetto al 2005. In generale, vi è una riduzione delle emissioni complessive che, sommando i contributi delle 120 città, passano da un totale di 45.403 tonnellate (Mg) nel 2005 a 36.712 tonnellate (Mg) nel 2015 con una riduzione del 19%. È anche utile osservare che i 120 Comuni costituiscono nel 2015 il 21% delle emissioni nazionali rappresentando quindi una cospicua parte delle emissioni totali nazionali. Più in particolare, sono 34 le città che mostrano un incremento delle emissioni di **PM10 primario** tra il 2005 e il 2015 ma bisogna anche osservare che in genere si tratta dei Comuni di dimensione più piccola e con meno fonti di emissione per i quali l'incremento dell'uso della biomassa nel riscaldamento è sufficiente a produrre un aumento complessivo delle emissioni della città. D'altra parte, la problematica legata alle emissioni dal riscaldamento domestico è ormai evidente in tutte le aree urbane riflettendo l'andamento nazionale che vede un incremento nell'uso di biomassa legnosa e un mancato adeguamento tecnologico verso apparecchiature molto più efficienti rispetto al caminetto tradizionale. Contemporaneamente, come può vedersi dalla **Tabella 5.2.1** nel file Excel allegato, le emissioni dai trasporti grazie al rinnovo del parco veicolare si sono ridotte fino a dimezzarsi facendo diventare principale fonte di emissione di **PM10 primario** il riscaldamento che in 88 città su 120 risulta dare un contributo superiore al 50% delle emissioni urbane nel 2015. La terza fonte di emissione in ordine d'importanza, dopo riscaldamento e trasporti su strada, è l'industria che può raggiungere in alcune situazioni percentuali molto alte rispetto alle emissioni della singola città ma rappresenta il 15% delle emissioni sul totale delle 120 città.

Il fatto che le stime delle emissioni dal riscaldamento, in particolare dalla combustione di biomasse, siano aumentate è legato principalmente a due fattori: il primo è il miglioramento delle conoscenze scientifiche e delle metodiche di misura delle emissioni da sistemi scarsamente controllati - come può essere un caminetto aperto - che hanno messo a nudo l'inefficienza di questi sistemi per il riscaldamento degli ambienti; il secondo è costituito dalle quantità di biomassa legnosa consumata come combustibile e, fino a qualche anno fa, sconosciuta. Il brusco decremento delle emissioni dai trasporti su strada insieme al netto aumento di quelle da riscaldamento ha portato il rapporto tra emissioni da riscaldamento e trasporti su strada da un valore pari circa a 1 nel 2005 a un valore di circa 3,2 per il 2015 considerando il complesso delle emissioni nelle 120 città. Occorre, però, non cadere nell'errore di considerare le emissioni dai trasporti di secondaria importanza, in primo luogo perché comunque costituiscono quasi il 20% delle emissioni primarie di PM10 e in secondo luogo perché sono fonti importanti di precursori, come gli NO_x, che contribuiscono alla formazione del PM10 secondario che, a sua volta, potrebbe essere anche più della metà del totale. Come si può vedere a proposito dell'indicatore legato agli NO_x, per 96 città su 120 le emissioni di tale inquinante è dovuta per più del 50% ai trasporti su strada rappresentando il 55% delle emissioni di NO_x dalle 120 città.

D'altra parte, si trovano conferme del *trend* crescente nelle emissioni legate alla combustione di biomassa anche negli studi di *source apportionment*¹ sulle concentrazioni effettuati dalle agenzie del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente i cui risultati dimostrano chiaramente che il contributo legato alla combustione di biomassa è rilevante anche a Milano città oltre che nelle zone rurali della Lombardia e risultati comparabili sono stati riscontrati anche in Emilia Romagna (Gianelle et al., 2016). Per fare una valutazione qualitativa che tenga in considerazione oltre alle emissioni primarie la quota parte di materiale particolato che si forma in atmosfera dando vita alla componente secondaria, si può fare un esercizio applicando ai precursori del PM secondario (SO₂, NO_x, NH₃ e COV) i già citati fattori di conversione calcolati dallo IAASA (in prima approssimazione considerandoli applicabili anche nel caso del PM10) per calcolare i "PM - equivalenti" sia del riscaldamento che dei trasporti su strada. Applicando i coefficienti medi europei, ma risultato simile si otterrebbe con i fattori di conversione calcolati per l'Italia, si passa da un valore del rapporto tra le sole emissioni di **PM10 primario** da riscaldamento e quelle da traffico per l'insieme delle 120 città pari a 3,2 ad un valore del rapporto di "PM - equivalente" tra riscaldamento e trasporti su strada pari a circa 1,6 riequilibrando il rapporto. Infine, anche nella definizione delle politiche di intervento non si dovrebbe trascurare un altro elemento già citato in precedenza, vale a dire la non linearità dei processi di formazione del particolato secondario, per cui non è detto che sia il precursore più abbondante a guidare le reazioni e determinare i prodotti finali. Spesso - al contrario - accade che più della sostanza predominante abbia effetto il "*fattore limitante*" che è quello che vincola le reazioni e influenza i prodotti finali (Cirillo, 2016).

¹ *Source apportionment* o ripartizione delle fonti, ossia la quantificazione dei contributi delle diverse fonti di emissione alle concentrazioni in aria degli inquinanti.

Mapa tematica 5.2.1 – Emissioni di PM10 primario nelle 120 aree urbane: emissioni totali 2015 e variazione percentuale rispetto al 2005



Fonte: ISPRA

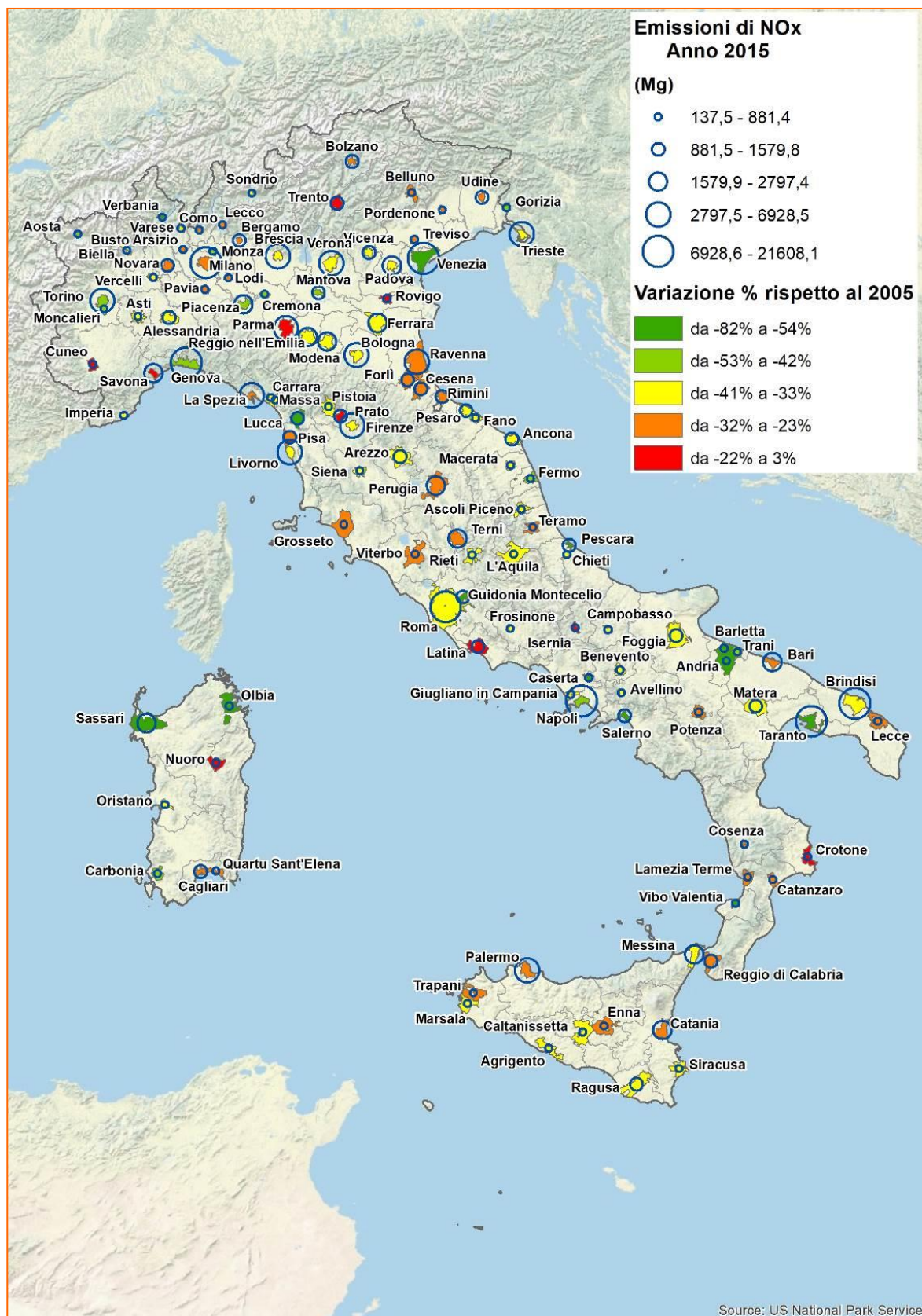
NO_x – OSSIDI DI AZOTO

Le emissioni di **NO_x – ossidi di azoto** a livello urbano sono stimate, come quelle di PM10 primario, a partire dalla disaggregazione provinciale dell'inventario nazionale assumendo come ipotesi di base che l'area urbana sia coincidente con il territorio comunale. I dati sono riferiti al periodo 2005 - 2015 in quanto la disaggregazione provinciale fino a oggi è stata realizzata con una cadenza quinquennale e l'ultima edizione è relativa al 2015. Maggiori dettagli sulla metodologia di disaggregazione, sia a livello provinciale che urbano, sono forniti nei precedenti contributi relativi alle emissioni in atmosfera, in particolare si veda il III Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, capitolo Energia, Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria, contributo "Le emissioni in atmosfera degli inquinanti nelle 24 principali città italiane" e il IV, il V e il VI Rapporto, contributo "Le emissioni in atmosfera". Gli NO_x sono anche precursori di altri inquinanti secondari come PM10 e ozono (O₃) e responsabili delle piogge acide insieme agli ossidi di zolfo.

La **Mappa tematica 5.2.2** rappresenta il valore assoluto delle emissioni di **NO_x** stimate per il 2015 e la variazione percentuale rispetto al 2005. In generale, vi è una riduzione delle emissioni complessive che, sommando i contributi delle 120 città, passano da un totale di 371.683 tonnellate (Mg) nel 2005 a 219.755 tonnellate (Mg) nel 2015 con una riduzione del 41%. È anche utile osservare che i 120 Comuni costituiscono nel 2015 il 29% delle emissioni nazionali rappresentando quindi una cospicua parte delle emissioni totali nazionali. Per quanto riguarda il valore assoluto delle emissioni di **NO_x**, essendo fortemente legate al traffico, le più alte risultano per le città di Roma, Napoli e Milano. Dal punto di vista della variazione nel tempo solo una città sembrerebbe mostrare un incremento delle emissioni di **NO_x** tra il 2005 e il 2015, Isernia con un +3% che, considerando il valore assoluto delle emissioni tra i più bassi, sta a significare un andamento costante piuttosto che in crescita.

Come può vedersi dalla **Tabella 5.2.2** nel file Excel allegato, la principale fonte di emissione per il 2015 - come per il 2005 - è costituita dai trasporti su strada che, sul totale delle 120 città, rappresentano il 55% del totale con 96 città su 120 in cui il contributo dei trasporti su strada alle emissioni di **NO_x** è superiore al 50%. La seconda fonte di emissione in ordine di importanza è l'industria che costituisce il 17% del totale delle 120 città ma in quelle caratterizzate dalla presenza di grandi impianti di combustione può rappresentare la fonte principale di emissione (in 8 città il contributo degli impianti industriali è superiore al 50% del totale comunale). Per le città costiere può assumere una notevole importanza l'attività portuale, infatti dalle procedure di stima risulta che il settore "Altri trasporti" equivale al 15% delle emissioni delle 120 città. In particolare, il contributo del porto in due casi risulta superiore al 50% del totale comunale (Livorno e Napoli) e in altri 9 è superiore al 30%.

Mapa tematica 5.2.2 – Emissioni di NO_x nelle 120 aree urbane: emissioni totali 2015 e variazione percentuale rispetto al 2005



Fonte: ISPRA

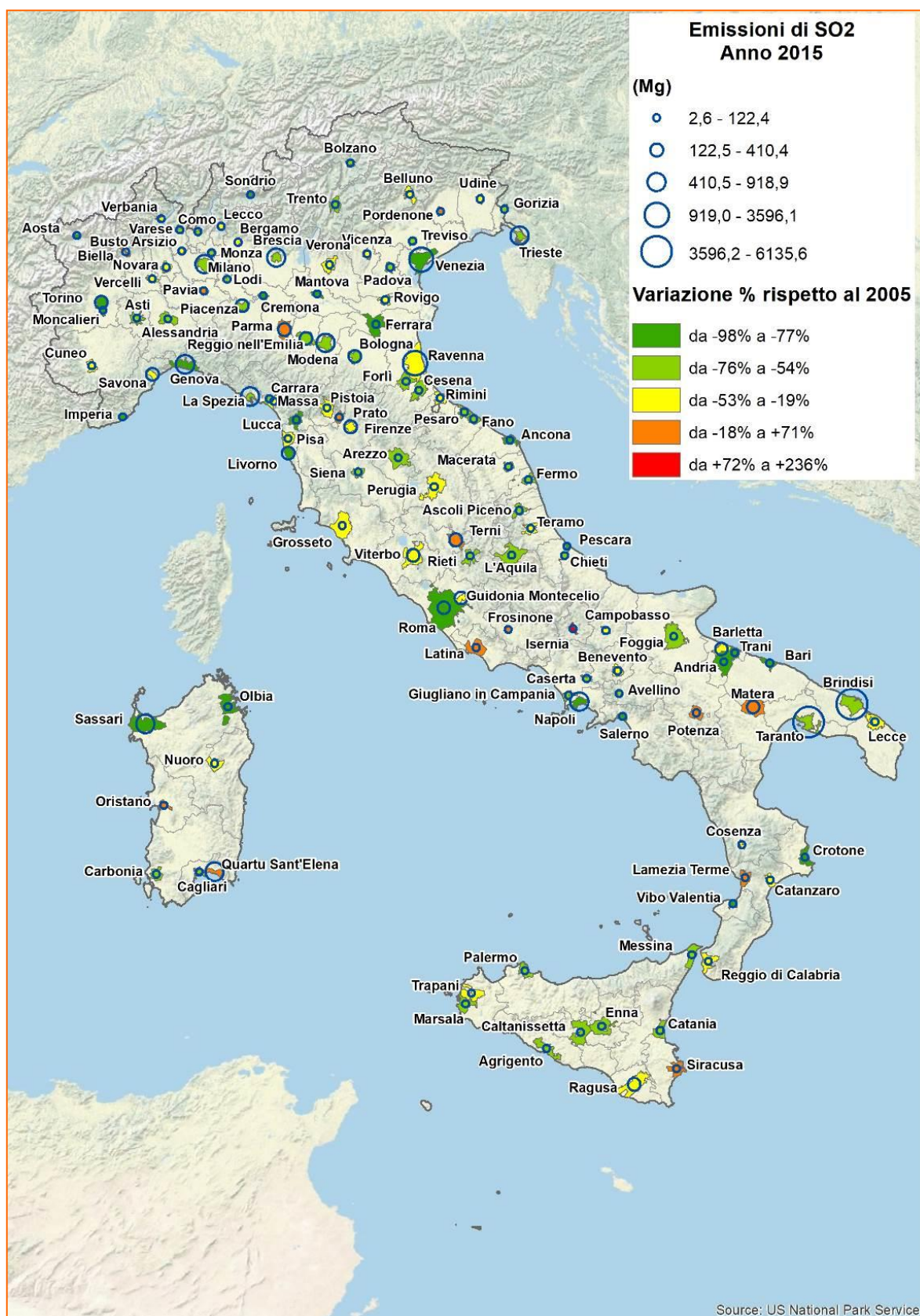
SO₂ – ANIDRIDE SOLFOROSA

Le emissioni di **SO₂ – anidride solforosa** a livello urbano sono stimate, come quelle di PM10 primario, a partire dalla disaggregazione provinciale dell'inventario nazionale assumendo come ipotesi di base che l'area urbana sia coincidente con il territorio comunale. I dati sono riferiti al periodo 2005 - 2015 in quanto la disaggregazione provinciale fino a oggi è stata realizzata con una cadenza quinquennale e l'ultima edizione è relativa al 2015. Maggiori dettagli sulla metodologia di disaggregazione, sia a livello provinciale che urbano, sono forniti nei precedenti contributi relativi alle emissioni in atmosfera, in particolare si veda il III Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, capitolo Energia, Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria, contributo "Le emissioni in atmosfera degli inquinanti nelle 24 principali città italiane" e il IV, il V e il VI Rapporto, contributo "Le emissioni in atmosfera". Gli ossidi di zolfo sono responsabili delle piogge acide insieme agli ossidi di azoto e, inoltre, sono precursori del PM10 secondario.

La **Mappa tematica 5.2.3** rappresenta il valore assoluto delle emissioni di **SO₂** stimate per il 2015 e la variazione percentuale rispetto al 2005. Le emissioni di anidride solforosa dipendono dal contenuto di zolfo nei combustibili per cui le emissioni mostrano a livello generalizzato un netto decremento principalmente a causa dell'uso del gas naturale in sostituzione del carbone nella produzione di energia e limiti più restrittivi sul tenore di zolfo nei combustibili liquidi. Tutto ciò si riflette ovviamente a livello locale, infatti vi è una riduzione delle emissioni complessive che, sommando i contributi delle 120 città, passano da un totale di 131.775 tonnellate (Mg) nel 2005 a 29.663 tonnellate (Mg) nel 2015 con una riduzione del 77%. L'insieme dei 120 Comuni costituisce nel 2015 il 24% delle emissioni nazionali. Per quanto riguarda il valore assoluto delle emissioni di **SO₂**, essendo strettamente dipendenti dalla presenza degli impianti industriali, quelle più alte sono stimate per le città di Taranto, Brindisi e Ravenna. Dal punto di vista della variazione nel tempo sono 7 le città per cui sono stimati degli incrementi delle emissioni di **SO₂** tra il 2005 e il 2015, ma risultano tra quelle con le emissioni più basse.

Come può vedersi dalla **Tabella 5.2.3** nel file Excel allegato, la principale – e quasi esclusiva - fonte di emissione per il 2015 - come per il 2005 - è costituita dal comparto industriale che, sul totale delle 120 città, rappresenta l'82% del totale con 71 città su 120 in cui il contributo di tale settore alle emissioni di **SO₂** è superiore al 50%. Il riscaldamento e gli Altri trasporti (che contengono le emissioni da porti e attività portuali) danno un contributo largamente inferiore a quello dell'industria ma comunque non trascurabile costituendo rispettivamente il 10% e il 7% delle emissioni delle 120 città. Nel dettaglio sono 34 le città, in genere quelle senza grandi impianti industriali, in cui il riscaldamento contribuisce per più del 50% mentre in 7 casi le emissioni preponderanti per la città sono legate alle attività portuali.

Mapa tematica 5.2.3 – Emissioni di SO₂ nelle 120 aree urbane: emissioni totali 2015 e variazione percentuale rispetto al 2005



Fonte: ISPRA

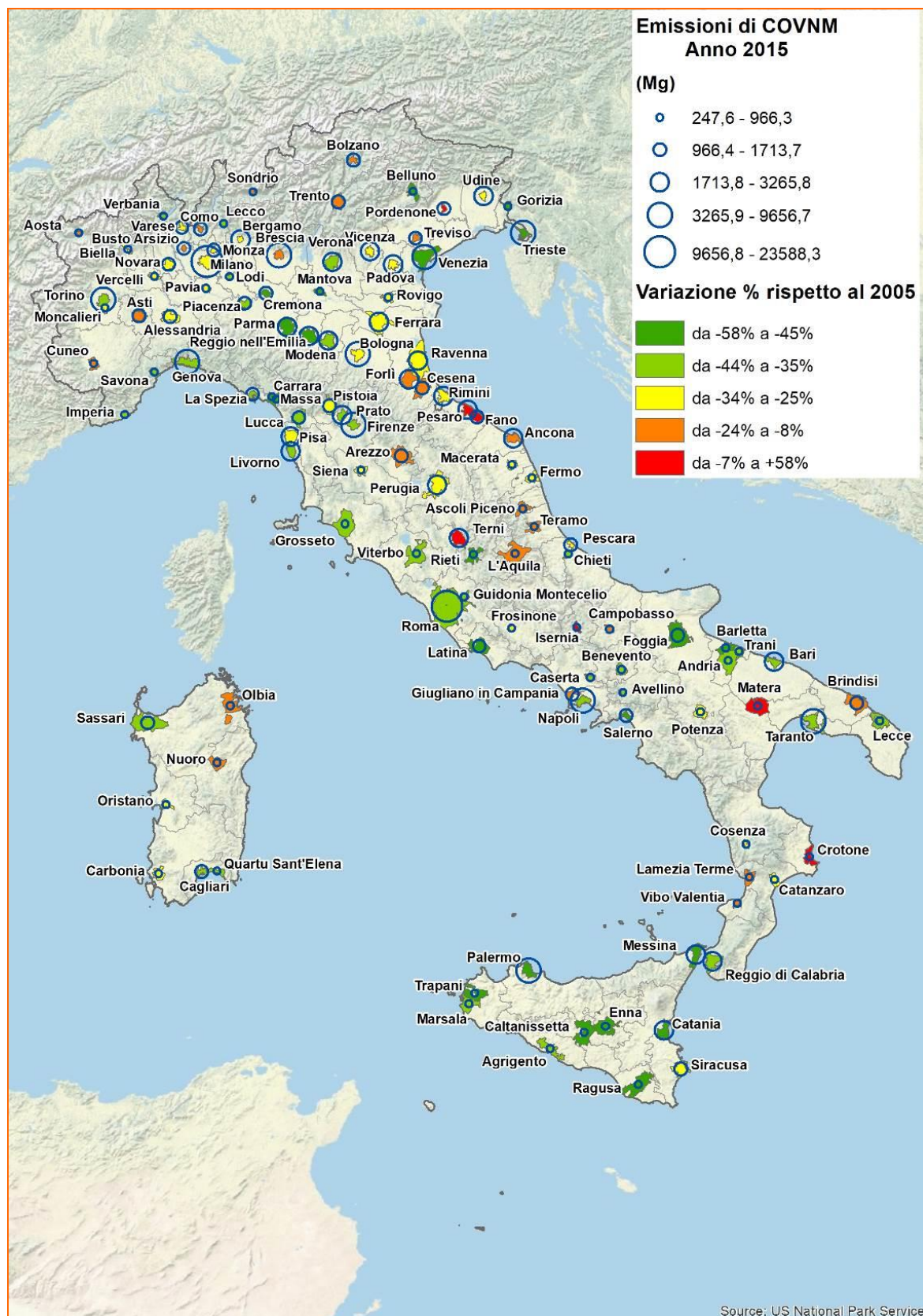
COVNM – COMPOSTI ORGANICI VOLATILI NON METANICI

Le emissioni di **COVNM – Composti Organici Volatili Non Metanici** a livello urbano sono stimate a partire dalla disaggregazione provinciale dell'inventario nazionale assumendo come ipotesi di base che l'area urbana sia coincidente con il territorio comunale. I dati sono riferiti al periodo 2005 - 2015 in quanto la disaggregazione provinciale fino a oggi è stata realizzata con una cadenza quinquennale e l'ultima edizione è relativa al 2015. Maggiori dettagli sulla metodologia di disaggregazione, sia a livello provinciale che urbano, sono forniti nei precedenti contributi relativi alle emissioni in atmosfera, in particolare si veda il III Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, capitolo Energia, Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria, contributo "Le emissioni in atmosfera degli inquinanti nelle 24 principali città italiane" e il IV, il V e il VI Rapporto, contributo "Le emissioni in atmosfera". I **COVNM** sono precursori del PM10 secondario e dell'ozono.

La **Mappa tematica 5.2.4** rappresenta il valore assoluto delle emissioni di **COVNM** stimate per il 2015 e la variazione percentuale rispetto al 2005. I **Composti Organici Volatili Non Metanici** sono una famiglia numerosissima di composti volatili che derivano da una serie di attività diffuse sul territorio come l'uso di solventi, vernici, detersivi e tante altre ancora molto diffuse sul territorio. Con la penetrazione nel mercato di prodotti a basso contenuto di solvente nelle vernici e la riduzione della quantità totale di solvente organico utilizzato per lo sgrassaggio dei metalli e nelle colle e adesivi si sono verificate delle significative riduzioni delle emissioni complessive che, considerando le emissioni delle 120 città nel complesso, passano da un totale di 352.862 tonnellate (Mg) nel 2005 a 225.277 tonnellate (Mg) nel 2015 con una riduzione del 36%. L'insieme dei 120 Comuni costituisce nel 2015 il 27% delle emissioni nazionali. Per quanto riguarda il valore assoluto delle emissioni di **COVNM**, essendo dipendenti dalla popolazione, le emissioni più alte sono state stimate per Roma, Milano, Torino e Napoli. Dal punto di vista della variazione nel tempo sono quattro le città per cui sono stimati degli incrementi delle emissioni di **COVNM** tra il 2005 e il 2015.

Come può vedersi dalla **Tabella 5.2.4** nel file Excel allegato, la principale fonte di emissione per il 2015 - come per il 2005 - è costituita dal settore indicato come "Altro" (in questo caso quasi esclusivamente rappresentato dall'uso di solventi) che, sul totale delle 120 città, rappresenta il 51% del totale con 59 città su 120 in cui il contributo di tale settore alle emissioni di **COVNM** è superiore al 50%. Le altre fonti di emissione principali risultano il riscaldamento e i trasporti su strada in maniera comparabile dal punto di vista quantitativo, rispettivamente con il 19% e il 20% rispetto le emissioni complessive delle 120 città.

Mapa tematica 5.2.4 – Emissioni di COVM nelle 120 aree urbane: emissioni totali 2015 e variazione percentuale rispetto al 2005



Fonte: ISPRA

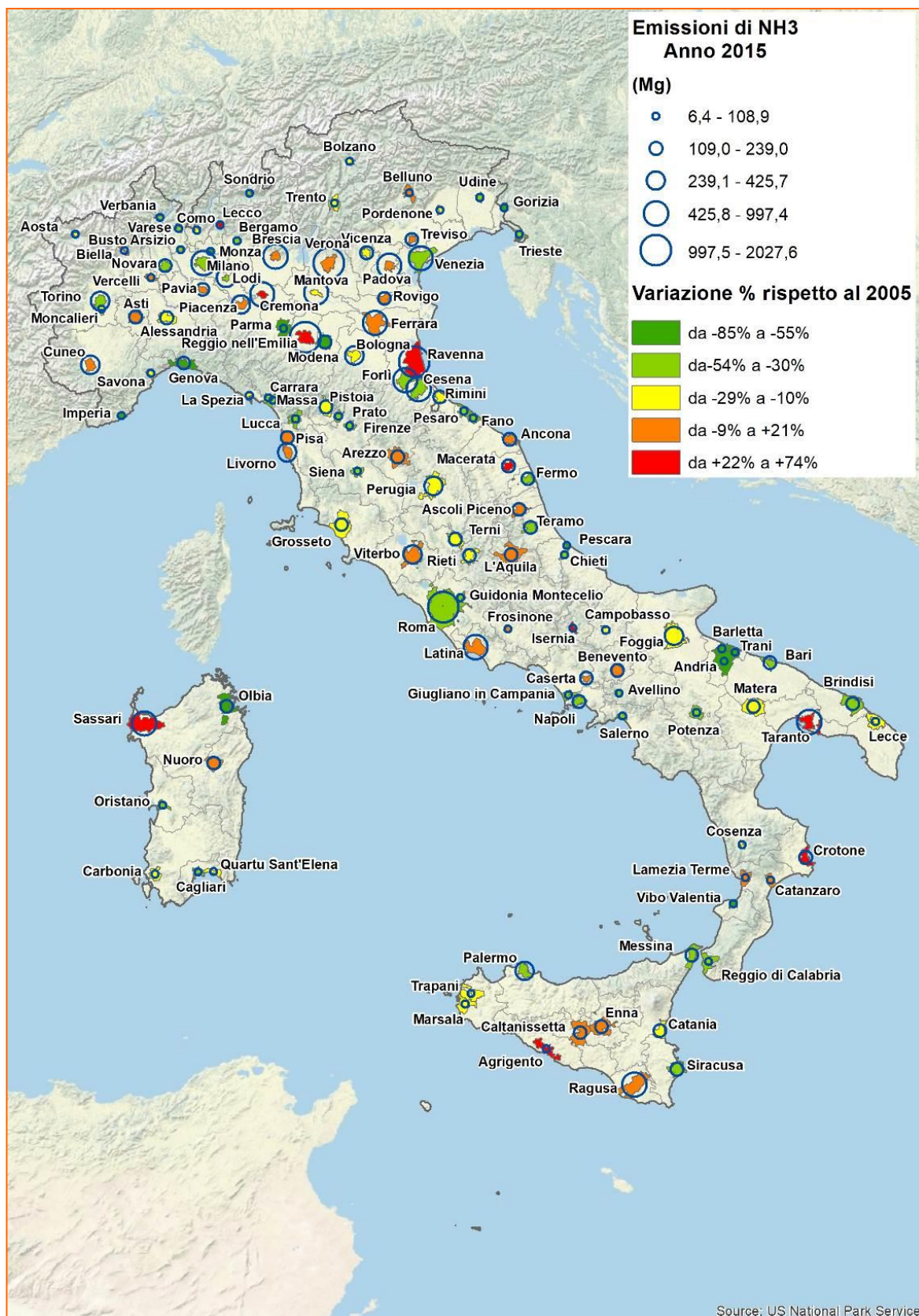
NH₃ - AMMONIACA

Le emissioni di **NH₃ - ammoniaca** a livello urbano sono stimate a partire dalla disaggregazione provinciale dell'inventario nazionale assumendo come ipotesi di base che l'area urbana sia coincidente con il territorio comunale. I dati sono riferiti al periodo 2005 - 2015 in quanto la disaggregazione provinciale fino a oggi è stata realizzata con una cadenza quinquennale e l'ultima edizione è relativa al 2015. Maggiori dettagli sulla metodologia di disaggregazione, sia a livello provinciale che urbano, sono forniti nei precedenti contributi relativi alle emissioni in atmosfera, in particolare si veda il III Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, capitolo Energia, Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria, contributo "Le emissioni in atmosfera degli inquinanti nelle 24 principali città italiane" e il IV, il V e il VI Rapporto, contributo "Le emissioni in atmosfera". L'ammoniaca è un precursore del PM10 secondario.

La **Mappa tematica 5.2.5** rappresenta il valore assoluto delle emissioni di **NH₃** stimate per il 2015 e la variazione percentuale rispetto al 2005. Le emissioni di ammoniaca dipendono quasi esclusivamente dalle attività legate all'agricoltura e all'allevamento per le quali è più difficile intervenire a livello tecnologico e capillare rispetto, per esempio, alle attività industriali. Conseguentemente le riduzioni delle emissioni di ammoniaca negli ultimi dieci anni sono le più contenute, rispetto agli altri inquinanti, attestandosi intorno al 17% passando da 33.669 tonnellate (Mg) a 27.836 tonnellate nel 2015. Analogamente, dipendendo dalle attività agricole, le emissioni di **NH₃** delle 120 città costituiscono solo il 7% rispetto al totale nazionale nel 2015. Dal punto di vista della variazione nel tempo sono 25 le città per cui sono stimati degli incrementi delle emissioni di **NH₃** tra il 2005 e il 2015.

Come già detto la principale fonte di emissione è costituita da agricoltura e allevamento (vedi **Tabella 5.2.5** nel file Excel allegato) che, sul totale delle 120 città, rappresenta l'84% del totale con 102 città in cui il contributo di tale settore alle emissioni è superiore al 50%. Le altre fonti di emissione principali risultano due settori, ambedue con un contributo di circa il 7% del totale delle 120 città: il primo è dato dai trasporti su strada a causa delle emissioni dalle marmitte catalitiche, il secondo è costituito dalla gestione dei rifiuti, in particolare le emissioni dalle discariche.

Mapa tematica 5.2.5 – Emissioni di NH₃ nelle 120 aree urbane: emissioni totali 2015 e variazione percentuale rispetto al 2005



Fonte: ISPRA

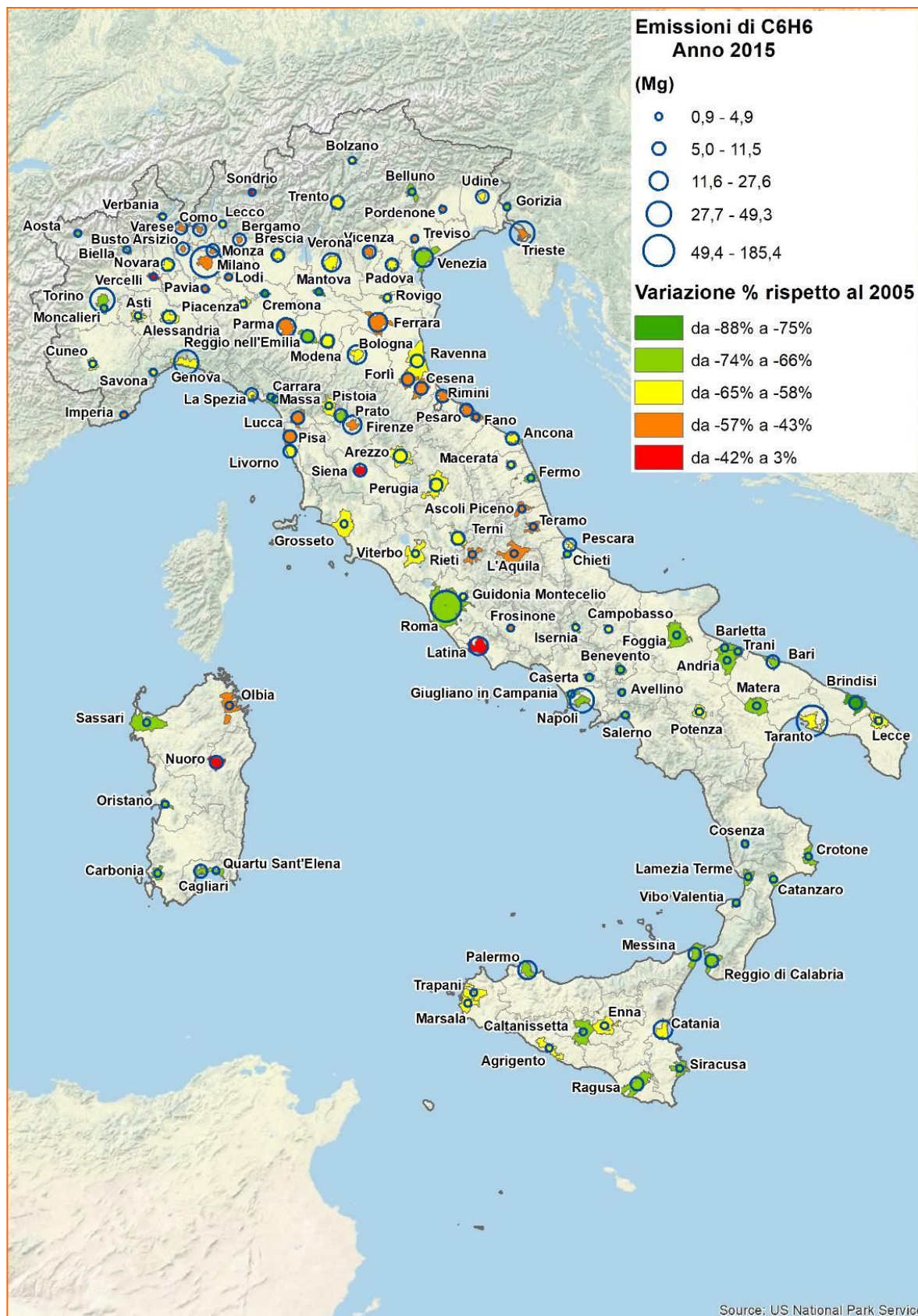
C₆H₆ - BENZENE

Le emissioni di **C₆H₆ - benzene** a livello urbano derivano dalla disaggregazione provinciale dell'inventario nazionale assumendo come ipotesi di base che l'area urbana sia coincidente con il territorio comunale. I dati sono riferiti al periodo 2005 - 2015 in quanto la disaggregazione provinciale fino a oggi è stata realizzata con una cadenza quinquennale e l'ultima edizione è relativa al 2015. Maggiori dettagli sulla metodologia di disaggregazione, sia a livello provinciale che urbano, sono forniti nei precedenti contributi relativi alle emissioni in atmosfera, in particolare si veda il III Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, capitolo Energia, Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria, contributo "Le emissioni in atmosfera degli inquinanti nelle 24 principali città italiane" e il IV, il V e il VI Rapporto, contributo "Le emissioni in atmosfera".

La **Mappa tematica 5.2.6** rappresenta il valore assoluto delle emissioni di **C₆H₆** stimate per il 2015 e la variazione percentuale rispetto al 2005. Le emissioni di benzene dipendono in maniera preponderante dai trasporti su strada in quanto tale composto è contenuto nella benzina. La Direttiva 98/70/Ce fin dal 1998 ha fissato il limite per il benzene nelle benzine a un massimo dell'1% in volume e ciò ha rappresentato un successo dell'applicazione delle politiche per la riduzione delle emissioni dai trasporti e, in questo caso, anche delle concentrazioni. Conseguentemente, le emissioni che già nel 2005 erano state fortemente ridotte rispetto agli anni precedenti, mostrano un ulteriore decremento negli ultimi 10 anni (da 3.248 tonnellate nel 2005 a 1.201 tonnellate nel 2015 con una riduzione del 63% per il complesso delle 120 città). L'insieme dei 120 Comuni costituisce nel 2015 il 31% delle emissioni nazionali.

Come già detto la principale fonte di emissione è costituita dai trasporti su strada (vedi **Tabella 5.2.6** nel file Excel allegato) che, sul totale delle 120 città, rappresenta il 45% del totale con 93 città in cui il contributo di tale settore alle emissioni è superiore al 50%. Le altre fonti di emissione principali risultano, rispettivamente con il 29% e il 21% del totale delle 120 città, il settore "Altro" a causa della presenza dell'uso dei solventi e l'industria.

Mapa tematica 5.2.6 – Emissioni di C₆H₆ nelle 120 aree urbane: emissioni totali 2015 e variazione percentuale rispetto al 2005



Fonte: ISPRA

DISCUSSIONE

Le stime delle emissioni nelle aree urbane derivano dalla disaggregazione dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera seguendo una metodologia *top-down*, dall'alto (nazionale) verso il basso (locale), e quindi permettono un'analisi di tipo strutturale dell'area urbana italiana individuando i settori che costituiscono i principali fattori di pressione per ogni inquinante e mostrando che la riduzione dell'inquinamento atmosferico è un processo che richiede strategie integrate di intervento con politiche e misure rivolte a tutti i settori emissivi. Ciò risulta evidente a proposito del PM10, in parte emesso come inquinante primario prevalentemente dal riscaldamento domestico (con un'importanza crescente del contributo delle biomasse negli ultimi anni), in parte derivante da precursori come gli NO_x, originati in maggioranza dai trasporti su strada, l'SO₂, per la maggior parte dall'industria, l'NH₃, quasi esclusivamente dall'agricoltura e i COVNM, provenienti soprattutto dall'uso di solventi. Inoltre, la non linearità delle relazioni tra emissioni e concentrazioni degli inquinanti in parte o totalmente secondari, impedisce la ripetizione dei successi ottenuti per gli inquinanti interamente primari negli scorsi anni e che hanno dato buoni risultati anche a livello di concentrazioni in atmosfera. Esempio caratteristico è quello degli ossidi di zolfo la cui riduzione delle emissioni, ottenuta tramite l'abbassamento dei limiti del contenuto di zolfo nei combustibili e la sostituzione del carbone con il gas naturale, ha portato a una sensibile riduzione delle concentrazioni. Anche se la riduzione in questo caso è stata ottenuta in modo apparentemente "semplice" è fondamentale notare che è stata resa possibile solo attraverso cambiamenti strutturali a livello nazionale e internazionale. Nel caso di inquinanti come PM e ozono le politiche necessarie per ottenere risultati comparabili devono essere ancora più trasversali e integrate e strettamente legate allo stile di vita dei cittadini.

Ovviamente particolari situazioni locali hanno bisogno di analisi più specifiche sia dal punto di vista delle emissioni, rendendo quindi più adeguata la consultazione di inventari locali *bottom-up*, cioè dal basso verso l'alto, sia per quanto riguarda le caratteristiche ambientali e meteorologiche del territorio in esame. Gli inventari *bottom-up*, realizzati da diverse agenzie regionali per l'ambiente (ARPA), possono portare a risultati differenti dalla stima *top-down* poiché realizzati con metodologie e obiettivi differenti. Da qui la necessità di una costante opera di armonizzazione tra gli inventari locali così ottenuti e la disaggregazione dell'inventario nazionale.

Politiche e strategie devono inoltre sviluppare delle sinergie con altri aspetti ambientali. Non si può prescindere, per esempio, da una strategia integrata di lotta ai cambiamenti climatici e all'inquinamento atmosferico poiché si rischia di ridurre le emissioni di alcune sostanze a scapito di altre che invece andranno a crescere. È, ancora una volta, il caso della combustione della biomassa legnosa in ambito residenziale: negli ultimi anni i consumi di legna per riscaldamento sono notevolmente aumentati anche in considerazione delle politiche di riduzione dei gas serra in quanto la combustione delle biomasse legnose non comporta emissioni aggiuntive di CO₂ in atmosfera poiché la legna è un combustibile biogenico. Al contrario, come descritto nel relativo indicatore, la combustione di legna si è rivelata negli ultimi anni una delle fonti principali di materiale particolato quindi occorre pianificare azioni in maniera integrata per mettere a punto delle strategie di intervento *win-win* che consentano vantaggi sia nell'ottica dei cambiamenti climatici che dell'inquinamento atmosferico. In questo caso occorre implementare una strategia di intervento che favorisca lo sviluppo tecnologico dei moderni sistemi di combustione (per esempio le stufe automatiche a pellet che già adesso producono emissioni molto inferiori a quelle del camino aperto) andando a sostituire quelli obsoleti, la diffusione di combustibili legnosi certificati e diffonda delle buone pratiche di manutenzione e gestione delle apparecchiature.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il collega Roberto Visentin di ISPRA per le elaborazioni GIS.

BIBLIOGRAFIA

Bultrini M., M. Colaiezzi, M. Faticanti, M. Pantaleoni, E. Taurino, C. Serafini, A. Leonardi, M.C. Cirillo, 2006. *Le emissioni in atmosfera degli inquinanti nelle 24 principali città italiane*. In III Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, APAT, 2006.

Cirillo M. C., 2016. *Perché è difficile la riduzione degli inquinanti secondari*. In: “Focus su inquinamento atmosferico nelle aree urbane ed effetti sulla salute”, pagg. 224 – 231.

Direttiva 2016/2284: *Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2016 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC*.

IAASA, 2014. TSAP Report #15 Version 1.0. *A Flexibility Mechanism for Complying with National Emission Ceilings for Air Pollutants*. <http://www.iaasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/policy/TSAP-reports.html>.

Consultazione del 13 novembre 2018.

Gianelle V., Cuccia E., Colombi C., Poluzzi V., Bacco D., Ricciardelli I., Andreini B. P., Bini G., Udisti R., Lucarelli F., 2016. *Il particolato atmosferico: composizione e problematiche emergenti alla luce dei risultati dei progetti di supersito*. In: “Focus su inquinamento atmosferico nelle aree urbane ed effetti sulla salute”, pagg. 16 – 24.

Gruppo di Lavoro ISPRA/ARPA/APPA, 2011. *Inventari locali delle emissioni in atmosfera - Relazione del quadro conoscitivo*. Prodotto del Sistema Agenziale nell'ambito dei gruppi di lavoro interagenziali (delibera Consiglio federale Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente 5 aprile 2012).

Taurino E., Bultrini M., Caputo A., De Lauretis R., Faticanti M., Lena F., 2007. *Le emissioni in atmosfera*. In IV Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, APAT, 2007.

Taurino E., Caputo A., De Lauretis R., 2009. *Le emissioni in atmosfera*. In V Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA, 2009.

Taurino E., Caputo A., De Lauretis R., 2010. *Le emissioni in atmosfera*. In VI Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA, 2010.

5.3 POLLINI AERODISPERSI

Vincenzo De Gironimo

ISPRA – Dipartimento per la valutazione, i controlli e la sostenibilità ambientale

Alessandro Di Menno di Bucchianico

ISPRA – Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità

Riassunto

L'aria in Italia è ricca di pollini aerodispersi a causa della notevole biodiversità vegetale che caratterizza il suo territorio. In ogni stagione riscontriamo fioriture di specie anemofile i cui pollini, spesso allergenici, vengono rilasciati in grandi quantità e si disperdono in atmosfera. Rimangono esclusi da questo fenomeno solo i periodi invernali più freddi. Le pollinosi, ovvero le allergie da polline, sono in continuo aumento e risultano in crescita maggiore nelle aree urbane anche a causa dell'effetto sinergico, sulla salute umana, tra gli allergeni presenti nei granuli pollinici e l'inquinamento atmosferico (D'Amato *et al.*, 2007; Di Menno di Bucchianico *et al.*, 2018). In conseguenza di ciò è quindi indispensabile, per gran parte dell'anno, tener conto anche della componente aerobiologica nelle valutazioni della qualità dell'aria.

Per la descrizione generale della presenza di pollini allergenici aerodispersi nelle aree urbane, sono stati identificati due indicatori: uno di concentrazione in numero (indice pollinico allergenico, IPA) e uno temporale (durata della stagione pollinica allergenica, SPA). Anche se non è sufficientemente coperto dal monitoraggio tutto il territorio nazionale e i valori disponibili dei due indicatori riguardano solo gli ultimi anni, sono possibili alcune prime valutazioni sulla presenza e persistenza di pollini allergenici nell'aria delle nostre città.

Parole chiave

Polline, allergene, pollinosi, aerobiologico

Abstract – Airborne pollen quality

Italy is rich of airborne pollen because of the remarkable plant diversity that characterizes its territory. In fact, in each season the pollen, often allergenic, of anemophilous species in bloom disperses into the atmosphere. Only the coldest winter months are excluded from this phenomenon. Consequently, pollinosis (pollen allergies) are continuously increasing, indicating an higher growth in urban areas as a result of the synergistic effect on human health of the allergens present in pollen grains and air pollution (D'Amato *et al.*, 2007; Di Menno di Bucchianico *et al.*, 2018). Therefore, it is essential to consider, for most time of the year, also the aerobiological component in the assessments of air quality.

For a general description of the airborne allergenic pollen presence in urban areas, two indicators have been identified, a number concentration indicator for the revealed amount of allergenic pollen (IPA) and a temporal one representing the allergenic pollen season (SPA). Despite the insufficient monitoring coverage throughout the country and the fact that the indicator values are available only for recent years, some initial assessments on the presence and persistence of allergenic pollen in the air of our cities are possible.

Keywords

Pollen, allergen, pollinosis, aerobiological

IPA – INDICE POLLINICO ALLERGENICO

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) ha una propria rete di monitoraggio aerobiologico denominata POLLnet (<http://www.pollnet.it>). Ad essa partecipano attualmente 18 delle 21 Agenzie costituenti il Sistema per 58 stazioni di monitoraggio (lo scorso anno erano rispettivamente 18 e 59). Per ciascuna stazione, per tutto l'anno solare, vengono emessi bollettini settimanali sulle concentrazioni in atmosfera di pollini (e spore fungine di *Alternaria*) e le previsioni sui loro andamenti per la settimana. Contribuiscono all'elaborazione degli indicatori riferibili alle aree urbane oggetto del presente Rapporto anche i dati relativi a Roma, messi a disposizione dal Centro di monitoraggio aerobiologico dell'Università di Roma Tor Vergata (<http://polline.uniroma2.it/>).

L'**Indice Pollinico Allergenico (IPA)** è la somma annuale delle concentrazioni giornaliere dei pollini aerodispersi delle seguenti otto famiglie botaniche che rappresentano la quasi totalità dei pollini allergenici monitorati sul territorio italiano: *Betulaceae* (*Betula*, *Alnus*), *Corylaceae* (*Corylus*, *Carpinus*, *Ostrya*), *Oleaceae* (soprattutto *Olea*, *Fraxinus spp.*), *Cupressaceae-Taxaceae*, *Graminaceae*, *Compositae* (soprattutto *Artemisia* e *Ambrosia*), *Urticaceae* (*Parietaria*, *Urtica*).

L'Indice Pollinico Allergenico (IPA) è un numero che dipende dalla quantità di pollini allergenici aerodispersi nella zona di monitoraggio. Maggiore è l'indice pollinico allergenico, maggiori sono le quantità medie di pollini aerodispersi, maggiore è l'attenzione da prestare a questo fenomeno. Si tratta comunque di un indicatore molto sintetico che dà una dimensione complessiva del fenomeno senza evidenziare il contributo che a esso danno i pollini di ciascuna famiglia botanica (variabile secondo l'andamento stagionale e la località considerata).

L'illustrazione cartografica dei dati dell'IPA 2017 (**Mappa tematica 5.3.1** e **Tabella 5.3.1** nel file Excel allegato) conferma, in primo luogo, la distribuzione non uniforme, sul territorio italiano, delle stazioni di monitoraggio aerobiologico attive che risultano quasi tutte concentrate nel Centro-Nord.

La distribuzione dei valori dell'IPA mostrati nella Mappa ci permette di vedere quanto poco il fenomeno pollini aerodispersi sia uniforme sul territorio nazionale e quanto sia ampia la forbice tra i valori massimi e i valori minimi. Si possono individuare comunque alcune zone circoscritte, spesso accomunate dalle medesime caratteristiche geografiche (latitudine, altitudine, posizione rispetto ai rilievi e al mare, ecc.), in cui troviamo, nell'anno, un analogo andamento della quantità di granuli pollinici aerodispersi.

Dall'analisi comparata dei dati degli anni dal 2013-2017, si riscontra poi che il valore dell'indicatore può essere soggetto a variabilità stagionali anche molto pronunciate, ma che le aree caratterizzate da una relativamente alta (o bassa) presenza di pollini aerodispersi mantengono in ogni caso questa loro caratteristica. Troviamo così, ad esempio, che città come Perugia, Firenze, e Verona, registrano valori tra i più alti di IPA mentre quelli più bassi li troviamo, con la stessa frequenza, a Genova, Ravenna o Pescara.

I dati del 2017 registrano in molte località una diminuzione dell'IPA rispetto agli anni precedenti.

Su 18 delle 44 città monitorate (prevalentemente in Emilia Romagna, Trentino Alto Adige e Veneto), registriamo nel 2017 per questo indicatore il dato più basso dell'ultimo quinquennio mentre soltanto in 6 quello più alto (La Spezia, Trieste, Firenze, Perugia, Potenza e Sassari).

Mapa tematica 5.3.1 – Indice Pollinico Allergenico (IPA), Anno 2017



Fonte: elaborazione SNPA

Nota: i dati di Roma sono forniti dal Centro di Monitoraggio Aerobiologico dell'Università di Roma Tor Vergata

SPA – STAGIONE POLLINICA ALLERGENICA

Ciascuna famiglia botanica ha una sua stagione pollinica ovvero un periodo di tempo in cui disperde in atmosfera quantità significative di polline anemofilo. Se consideriamo le otto famiglie che rappresentano la quasi totalità dei pollini allergenici monitorati sul territorio italiano (*Betulaceae*, *Corylaceae*, *Oleaceae*, *Cupressaceae-Taxaceae*, *Graminaceae*, *Compositae*, *Urticaceae*) avremo diverse stagioni polliniche che si susseguono e sovrappongono l'una all'altra senza soluzione di continuità (esistono diversi metodi di calcolo della stagione pollinica, in questo caso si segue il metodo pubblicato da Jäger et al. nel 1996 richiamato in bibliografia). Per ciascuna stazione di monitoraggio, il periodo di tempo compreso tra l'inizio della stagione pollinica della famiglia più precoce e la fine di quella più tardiva, è caratterizzato, quindi, dalla presenza di pollini allergenici aerodispersi appartenenti ad almeno una delle famiglie in esame. Tale periodo, che serve a dare una dimensione temporale complessiva del fenomeno, lo definiamo **Stagione Pollinica Allergenica (SPA)**. Come per quanto annotato in merito all'IPA, anche la stagione pollinica allergenica è un indicatore molto sintetico che serve a dare una dimensione generale, in questo caso temporale, del fenomeno pollini allergenici aerodispersi ma non ci indica i contributi che ad esso dà ciascuna famiglia botanica. La rappresentazione cartografica dei dati dell'anno 2017 (**Mappa tematica 5.3.2** e **Tabella 5.3.2** nel file Excel allegato), mette in evidenza in particolare la durata della "stagione pollinica allergenica" ed è significativo vedere quali sono le città in cui la presenza di pollini allergenici aerodispersi dura più a lungo.

A proposito di quest'ultimo aspetto, confrontando a livello nazionale i dati del 2017 con quelli dell'anno precedente, si riscontra una generale diminuzione della durata della SPA, in media di circa 15 giorni ma con casi di riduzione superiore ai 60 giorni nell'ultimo anno rispetto al 2016 (Imperia e Savona).

Le città con SPA più lunga nel 2017 sono state Caserta (322 giorni), La Spezia e Reggio Calabria (entrambe 297 giorni). Quelle con SPA più breve Belluno (210 giorni), Pesaro Urbino e Savona (rispettivamente 196 e 190 giorni).

Mappa tematica 5.3.2 – Durata Stagione Pollinica Allergenica (SPA), Anno 2017



Fonte: elaborazione SNPA

Nota: i dati di Roma sono forniti dal Centro di Monitoraggio Aerobiologico dell'Università di Roma Tor Vergata

DISCUSSIONE

L'IPA e la SPA dipendono dalle famiglie botaniche presenti sul territorio, dal periodo della loro fioritura (SPA), dalla quantità di polline prodotto ed emesso (IPA). Variano entrambi con il variare delle condizioni meteorologiche (essenzialmente temperatura e precipitazioni) ma la loro risposta è diversa perché sensibile a differenti aspetti di queste variazioni: per la SPA sono importanti principalmente le temperature e le precipitazioni nel periodo autunnale e invernale, per l'IPA quelle primaverili ed estive. La SPA, inoltre, a differenza dell'IPA, è indipendente dal numero di piante allergizzanti presenti sul territorio.

Si tratta perciò di due indicatori indipendenti necessari entrambi per descrivere macroscopicamente il fenomeno pollini aerodispersi, utili a individuare i luoghi sul territorio nazionale dove esso è più intenso o più duraturo nel tempo.

Per il 2017, in un quadro di generale diminuzione dell'Indice pollinico Allergenico, spiccano i dati in controtendenza di Perugia e Firenze.

Significativa, ancorché al momento riconducibile alle naturali variazioni climatiche interannuali, la diffusa riduzione, nel 2017 rispetto al 2016, della Stagione Pollinica Allergenica (superiore ai due mesi nei casi più rilevanti).

Se si volesse entrare più nel dettaglio (e questo è necessario, per esempio, per studiare analiticamente gli effetti dei pollini sulla salute), questi due indicatori non sarebbero più utilizzabili, ma si dovrebbero analizzare i pollini famiglia per famiglia ricavando per ciascuna di esse stagione pollinica e indice pollinico (dati ed elaborazioni disponibili nell'Annuario dei dati ambientali: <http://annuario.isprambiente.it/>) di ISPRA, qui si è preferito effettuare un'analisi città per città).

Dalla distribuzione geografica delle stazioni di monitoraggio attive, risulta ancora evidente la carenza di dati disponibili al Sud e sulle Isole per cui restano escluse dal rilevamento dei pollini aerodispersi aree urbane anche molto importanti. La situazione è comunque in evoluzione positiva con la recente attivazione di stazioni di monitoraggio a Caserta e a Bari.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano tutti i colleghi del SNPA aderenti a POLLnet, l'Associazione Italiana di Aerobiologia e il Centro di Monitoraggio Aerobiologico dell'Università di Roma Tor Vergata.

BIBLIOGRAFIA

D'Amato G., Cecchi L., Bonini S., Nunes C., Annesi Maesano I., Behrendt H., Liccardi G., Popov T., van Cauwenberge P., 2007. *Allergenic pollen and pollen allergy in Europe*. *Allergy* 62, 976–990.

Di Menno di Bucchianico A., Brighetti M.A., Cattani G., Costa C., Cusano M, De Gironimo V., Froio F., Gaddi R., Pelosi S., Sfika I., Travaglini A., Tripodi S., 2018, *Combined effects of air pollution and allergens in the city of Rome*, *Urban Forestry & Urban Greening*, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.04.001>

García-Mozo H., Galán C., Jato V., Belmonte J., Díaz de la Guardia C., Fernández D., Gutiérrez M., Aira M.J., Roure J.M., Ruiz L., Mar Trigo M. e Domínguez-Vilches E., 2006. *Quercus pollen season dynamics in the Iberian peninsula: response to meteorological parameters and possible consequences of climate change*. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 13 (2): 209-224.

Jäger S., Nilsson S., Berggren B., Pessi A.M., Helander M. e Ramfjord H., 1996. *Trends of some airborne tree pollen in the Nordic countries and Austria, 1980-1993. A comparison between Stockholm, Trondheim, Turku and Vienna*. *Grana*, 35: 171-178.

Legge 28 giugno 2016, n. 132 “Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale”. Pubblicata in GU Serie Generale n.166 del 18/07/2016.

Pérez-Badía R., Rapp A., Morales C., Sardinero S., Galán C. e García-Mozo H., 2006. *Pollen spectrum and risk of pollen allergy in central Spain*. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 17 (1): 139-151.

Tormo-Molina R., Gonzalo-Carijo M.A., Silva-Palacios I. e Muñoz-Rodríguez A.F., 2010. *General Trends in Airborne Pollen Production and Pollination Periods at a Mediterranean Site (Badajoz, Southwest Spain)*. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 20 (7): 567-574.

5.4 ESPOSIZIONE AL GAS RADON *INDOOR*

Francesco Salvi, Giancarlo Torri

ISIN – Ispettorato Nazionale per la Sicurezza Nucleare e la Radioprotezione

Gennaro Venoso, Francesco Bochicchio

ISS – Centro Nazionale per la Protezione dalle Radiazioni e Fisica Computazionale

Riassunto

Il radon è un gas radioattivo prodotto dal decadimento dell'uranio presente in natura, in particolare nel suolo, nelle rocce e in alcuni materiali da costruzione. Può accumularsi negli ambienti chiusi (abitazioni, scuole, luoghi di lavoro) raggiungendo in taluni casi concentrazioni molto elevate. L'esposizione al radon è considerata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità il secondo fattore di rischio per il tumore polmonare dopo il fumo di tabacco. Per questo motivo, molti Stati hanno avviato da tempo programmi per diminuirne l'impatto sanitario e l'Italia, in particolare, è impegnata nel recepimento della Direttiva europea 2013/59/*Euratom* in materia di radioprotezione che include anche disposizioni relative al radon.

Nel presente Rapporto sono riportate, per diversi Comuni italiani, le stime dei valori medi annuali di concentrazione di radon ottenute tramite campagne di misura condotte in abitazioni. Tali valori medi comunali sono utili per scopi di pianificazione territoriale ma non possono essere usati in alcun modo per prevedere il valore di concentrazione di radon in una specifica abitazione a causa della sua notevole variabilità, che si riscontra tra un'abitazione e l'altra, anche nello stesso Comune. Per conoscere il valore di concentrazione di radon presente in una specifica abitazione è necessario effettuare una misurazione diretta al suo interno usando semplici ed economici dispositivi di misura.

Parole chiave

Radioattività, Esposizione al radon, Normative, Qualità dell'aria *indoor*, Peso sanitario

Abstract – Exposure to indoor radon

Radon is a radioactive gas produced by the decay of naturally occurring uranium, mainly in soil and building materials. It can accumulate in enclosed spaces (dwellings, schools, workplaces) reaching, in some cases, very high concentrations. According to WHO, radon is the second leading cause of lung cancer after smoking. Worldwide, many Countries have initiated programs to reduce the health impact from exposure to radon. Italy is committed to implementing the Council directive 2013/59/*Euratom* on radiation protection including radon. Arithmetic means of annual radon concentrations in dwellings of several municipalities are shown in this Report. These values are useful for purposes of territorial planning but not indicative of the concentration of radon in a specific dwelling, due to the high spatial variability of radon concentration among dwellings, also within the same municipality. In order to know the indoor radon concentration of any specific dwelling, it is necessary to perform a direct measurement using simple and inexpensive devices.

Keywords

Radioactivity, Radon exposure, Regulations, Indoor air quality, Health burden

ESPOSIZIONE AL GAS RADON INDOOR

Il **radon** è un gas radioattivo di origine naturale proveniente principalmente dal suolo e, in misura minore, dai materiali da costruzione e dall'acqua, il quale si accumula negli ambienti chiusi (abitazioni, scuole, ambienti di lavoro). Il radon è considerato essere la seconda causa di tumore polmonare dopo il fumo di tabacco. Fin dal 1988 l'Organizzazione Mondiale della Sanità, attraverso l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro, lo ha dichiarato agente in grado di indurre il tumore polmonare (IARC 1988, IARC 2011). In Italia, l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) ha stimato che circa 3.400 casi annui di tumore polmonare (su un totale di oltre 30.000) siano attribuibili al radon (Bochicchio *et al.*, 2013); in Europa, l'esposizione al radon è stimata essere responsabile di circa il 9% dei decessi per tumore polmonare (Darby *et al.*, 2005). Per tali motivi molti Paesi hanno attivato programmi finalizzati a diminuirne l'impatto sanitario.

In questo quadro si inserisce la Direttiva 2013/59/Euratom in materia di radioprotezione, che l'Italia dovrà recepire aggiornando l'attuale D.lgs. 230/95 e s.m.i., e che contiene per la prima volta disposizioni finalizzate a ridurre la presenza del radon anche nelle abitazioni. La direttiva prevede che ciascuno Stato Membro dell'Unione Europea stabilisca dei livelli di riferimento per la concentrazione media annua di radon non superiori a 300 Bq m⁻³, sia per le abitazioni che per i luoghi di lavoro. La direttiva stabilisce, inoltre, che gli Stati Membri definiscano un piano di azione nazionale che affronti tutti gli aspetti connessi ai rischi di lungo termine dovuti alle esposizioni al radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro.

I dati riportati per ciascun Comune inserito in **Tabella 5.5.1** (a seguire) riguardano:

- i) il numero di indagini di misura della concentrazione di radon (media annuale) effettuate all'interno del Comune;
- ii) il numero complessivo di abitazioni in cui sono state effettuate le misure nell'ambito di tali indagini;
- iii) la media aritmetica delle concentrazioni di radon misurate.

I dati mostrati sono stati ottenuti nell'ambito dell'indagine nazionale (1989-1998) – promossa dall'ISIN, allora ENEA-DISP Direzione centrale per la sicurezza nucleare e la protezione sanitaria, e ISS e condotta con la collaborazione degli assessorati alla sanità e dei Centri di Riferimento Regionali per il Controllo della Radioattività Ambientale, ora confluiti nel Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, SNPA (Bochicchio *et al.*, 2005) – e delle successive indagini regionali sull'esposizione al radon nelle abitazioni, svolte dal SNPA. I valori medi annui a livello comunale (o anche per altre aggregazioni, regioni ecc.) sono ritenuti essere approssimativamente stabili nel tempo rendendo generalmente affidabili le stime ottenute anche in tempi non recenti.

La metodologia di elaborazione dei dati è la stessa utilizzata nel “Rapporto sulla Qualità dell'Ambiente Urbano 2015” (Salvi *et al.*, 2015) con l'eventuale aggiornamento dei dati comunali già presenti in edizioni passate e l'inserimento di nuovi Comuni.

Tabella 5.4.1 - Concentrazioni medie annuali di radon nei 75 Comuni

Comuni	N. Indagini	N. Abitazioni	Media (Bq m ⁻³)	Comuni	N. Indagini	N. Abitazioni	Media (Bq m ⁻³)
Torino	1	100	42	Prato	2	28	27
Novara	1	10	52	Livorno	2	25	23
Cuneo	1	8	67	Pisa	1	18	22
Verbania	1	26	84 (2)	Arezzo	1	14	39
Aosta	1	80	40 (1)	Siena	1	13	21
Genova	1	76	27	Grosseto	2	168	46
La Spezia	1	12	33	Perugia	1	14	29
Milano	1	156	75	Terni	1	10	59
Monza	1	11	59	Ancona	1	19	23
Bergamo	1	11	92	Viterbo	1	89	145
Brescia	1	20	94	Rieti	1	50	81
Bolzano	1	10	49	Guidonia Montecelio	1	18	86
Trento	1	17	50	Roma	2	325	87
Verona	2	74	50	Latina	1	57	105
Vicenza	2	20	87	Frosinone	1	23	128
Belluno	2	51	96	L'Aquila	1	30	67 (1)
Treviso	1	10	63	Teramo	1	23	29 (1)
Venezia	1	33	46	Pescara	2	21	25
Padova	1	23	56	Chieti	1	15	27
Rovigo	1	10	38	Napoli	1	36	124
Pordenone	1	23	107 (2)	Salerno	1	30	54
Udine	1	21	136	Foggia	1	11	58
Gorizia	1	29	51 (2)	Bari	1	26	29
Trieste	1	57	67	Taranto	1	19	41
Piacenza	1	11	31	Lecce	1	9	127
Parma	1	16	34	Cosenza	1	9	10
Reggio Emilia	1	13	25	Crotone	1	35	143
Modena	1	17	24	Lamezia Terme	1	25	103
Bologna	1	47	42	Catanzaro	1	8	18
Ferrara	1	14	37	Reggio Calabria	1	14	15
Ravenna	1	13	39	Palermo	1	51	27
Forlì	1	11	45	Messina	1	21	30
Rimini	1	11	50	Catania	1	27	30
Carrara	1	10	29	Ragusa	1	112	45
Massa	1	11	36	Siracusa	1	10	25
Lucca	1	12	31	Sassari	1	8	45
Pistoia	1	9	33	Cagliari	1	17	57
Firenze	2	48	24				

Fonte: Elaborazione ISIN-ISS su dati ISIN/ISS/ARPA/APPA

(1) Abitazioni campionate in gran parte tra quelle al piano terra ed al primo piano, quindi la media è probabilmente sovrastimata.

(2) Abitazioni campionate esclusivamente tra quelle al piano terra o piano rialzato, quindi la media è probabilmente sovrastimata.

DISCUSSIONE

L'indicatore riportato per ciascuno dei Comuni presenti in Tabella 5.4.1 rappresenta una stima della media aritmetica delle concentrazioni di radon presenti nelle abitazioni del Comune. Nel caso di indagini rappresentative dell'esposizione della popolazione, la media aritmetica è un indicatore importante in quanto consente di stimare l'impatto sanitario complessivo attribuibile al radon presente nel territorio in esame (Bochicchio *et al.*, 2013). Le differenze tra i valori medi tra un Comune e l'altro dipendono da diversi fattori tra i quali la diversa tipologia dei suoli, le differenti caratteristiche costruttive, inclusi i materiali da costruzione utilizzati e le differenti condizioni climatiche.

Indagini effettuate campionando una maggiore frazione di abitazioni ai piani più bassi degli edifici (ad esempio al piano rialzato ed al piano terra) rispetto alla reale distribuzione tendono a sovrastimare la concentrazione media a cui è esposta la popolazione del Comune, in quanto i valori di concentrazione di radon ai piani più bassi sono generalmente più elevati di quelli ai piani superiori. Si è comunque deciso di riportare i risultati di queste indagini, con una nota esplicativa, in quanto forniscono comunque un contributo informativo di tipo cautelativo.

Occorre inoltre ricordare che l'elevata variabilità della concentrazione di radon tra le diverse abitazioni, anche di uno stesso Comune, non consente di utilizzare il valore della media comunale come indicatore affidabile del valore della concentrazione di radon in una specifica abitazione situata nello stesso Comune. L'unico modo per avere una stima affidabile della concentrazione di radon in una specifica abitazione è quello di effettuare una misura diretta, che costa indicativamente, esclusi eventuali sopralluoghi, alcune decine di euro.

Va segnalato, infine, che la Direttiva del Consiglio 2013/59 richiede che gli Stati Membri individuino le zone in cui si prevede che la concentrazione di radon superi il livello di riferimento nazionale in un numero significativo di edifici. Tale individuazione è utile ai fini di attuare interventi diversificati, anche in termini di priorità, sul territorio nelle zone ove il fenomeno può avere un impatto maggiore. A questo scopo si sottolinea che la concentrazione media aritmetica non è l'unico parametro da considerare per rappresentare lo "stato" di un comune o di una zona. Ad esempio può essere utile stimare, sulla base dei dati presenti, la percentuale di abitazioni che superano un determinato livello di concentrazione.

BIBLIOGRAFIA

Bochicchio F., Campos Venuti G., Piermattei S., Nuccetelli C., Risica S., Tommasino L., Torri G., Magnoni M., Agnesod G., Sgorbati G., Bonomi M., Minach L., Trotti F., Malisan M.R., Maggiolo S., Gaidolfi L., Giannardi C., Rongoni A., Lombardi M., Cherubini G., D'Ostilio S., Cristofaro C., Pugliese M.G., Martucci V., Crispino A., Cuzzocrea P., Sansone Santamaria A., Cappai M., 2005. *Annual average and seasonal variations of residential radon concentration for all the Italian regions. Radiation measurements*, 40(2-6): 686–694.

Bochicchio F., Antignani S., Venoso G., Forastiere F., 2013. *Quantitative evaluation of the lung cancer deaths attributable to residential radon: a simple method and results for all the 21 Italian Regions. Radiation measurements*, 50: 121-126.

Darby S., Hill D., Auvinen A., Barros-Dios J.M., Baysson H., Bochicchio F., Deo H., Falk R., Forastiere F., Hakama M., Heid I., Kreienbrock L., Kreuzer M., Lagarde F., Mäkeläinen I., Muirhead C., Oberaigner W., Pershagen G., Ruano-Ravina A., Ruosteenoja E., Schaffrath Rosario A., Tirmarche M., Tomáček L., Whitley E., Wichmann H.E., Doll R., 2005. *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*, *BMJ* 330: 223.

DLgs 230/95. Decreto Legislativo del Governo 17 marzo 1995 n. 230. Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti.

Euratom, 2013. Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio, del 5 dicembre 2013, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti. *Gazzetta Ufficiale europea*, L 13 del 17 gennaio 2014.

IARC, International Agency for Research on Cancer, 1988. *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Man-made mineral fibres and radon*, Volume 43.

IARC, International Agency for Research on Cancer, 2011. *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, A review of human carcinogens*, Volume 100D.

Salvi F., Torri G., Venoso G, Bochicchio, F, 2015. *Radon*. In XI Rapporto Qualità dell'ambiente urbano. ISPRA Stato dell'Ambiente 63/15: 578-583.

BOX: L'INQUINAMENTO DELL'ARIA INDOOR IN ITALIA

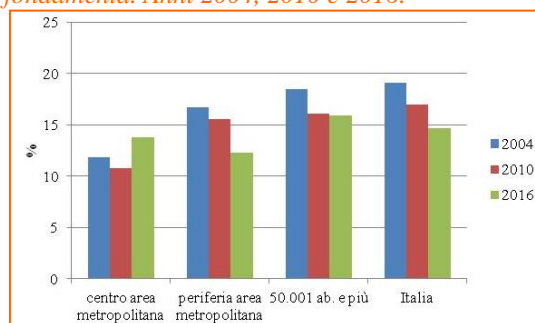
Arianna Lepore, Giuliana Giardi, Silvia Brini

ISPRA – Dipartimento per la valutazione, i controlli e la sostenibilità ambientale

L'inquinamento dell'aria *indoor* coinvolge la popolazione tutta - e in particolar modo le categorie suscettibili - poiché trascorriamo la maggior parte del nostro tempo in ambienti chiusi; ben comprendiamo, quindi, come la salubrità degli ambienti *indoor* sia determinante per il nostro benessere e la nostra salute. La conoscenza della problematica, se pur documentata dalla presenza di numerosi studi e ricerche, risente ancora delle difficoltà di una base comune di confronto di dati e di risultati. Evidenze sperimentali rilevano situazioni di significativo inquinamento *indoor* in Italia, specialmente nelle grandi aree urbanizzate (ISPRA, 2010). L'assenza di veri e propri riferimenti normativi nel campo, le differenti abitudini e attività svolte internamente e la complessità delle fonti di inquinamento non rendono possibile un monitoraggio standardizzato delle diverse realtà confinate. In tale contesto è difficile individuare degli indicatori popolabili per l'inquinamento *indoor*; come già nelle precedenti edizioni del Rapporto, si propone un set di indicatori basati su informazioni di tipo socio-economico e sanitario, su base territoriale aggregata, che possono essere di indirizzo rispetto al rischio di insorgenza di problemi relativi alla qualità dell'aria *indoor*.

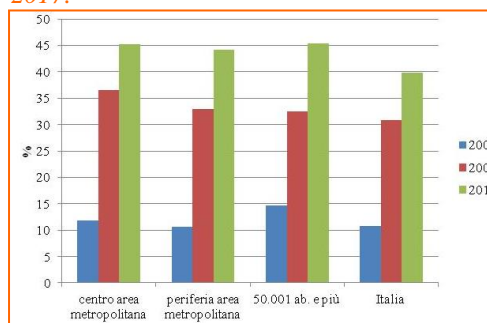
Una fonte di inquinamento interno di tipo biologico è costituita dall'**umidità**: questa, insieme ad una ventilazione inadeguata può favorire la crescita di muffe, funghi e batteri, che in seguito rilasciano spore, cellule, frammenti e composti organici volatili. A livello nazionale, informazioni relative alla presenza di umidità all'interno delle abitazioni sono fornite dall'ISTAT¹. La presenza di umidità risulta essere un problema rilevato da una quota considerevole della popolazione, affliggendo in Italia, nel 2016, il 14,7% delle famiglie. Negli anni 2004-2016 si assiste ad una diminuzione di percentuale di famiglie che dichiara di avere problemi di umidità, partendo da 19,1% nel 2004, per arrivare al 14,7% nel 2016. Un *trend* in diminuzione si osserva anche a livello di periferia dell'area metropolitana² e di città con più di 50.000 abitanti, mentre nei Comuni centrali dell'area metropolitana³ l'andamento del fenomeno è più altalenante (Grafico 1).

Grafico 1 - Percentuale di famiglie con presenza di umidità nei muri, nei pavimenti, nei soffitti o nelle fondamenta. Anni 2004, 2010 e 2016.



Fonte: ISTAT, 2018

Grafico 2 - Percentuale di famiglie dotate di condizionatori, climatizzatori. Anni 2001, 2009, 2017.



Fonte: ISTAT, 2018

Indagare le cause della presenza di umidità rilevata nelle abitazioni è piuttosto complesso, concorrono infatti diversi fattori: le differenti condizioni climatiche non bastano a spiegare il panorama disomogeneo dei dati rilevati perché le condizioni per la comparsa di umidità sono strettamente correlate alle caratteristiche architettoniche dell'abitazione, alla tipologia e destinazione d'uso degli ambienti, ai materiali da costruzione nonché alle attività espletate dagli occupanti e alle pratiche di ventilazione. Altra fonte di inquinamento dell'aria *indoor* può essere l'uso di **impianti di condizionamento**. I rischi legati all'uso di queste apparecchiature sono dovuti ad un uso improprio e ad una scarsa pulizia e manutenzione. I filtri e i condotti degli impianti, infatti, possono rappresentare sito di crescita e proliferazione di contaminanti biologici come acari, polveri, muffe, allergeni batterici o di origine animale, oppure possono fungere da trasporto e diffusione degli stessi inquinanti.

¹ ISTAT, Indagine sulle condizioni di vita (EU-SILC), <http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=24121>, che restituisce le informazioni a livello regionale, nazionale e per vari raggruppamenti di Comuni (vedi note successive).

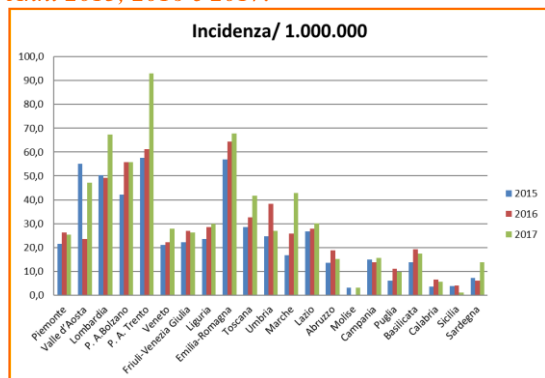
² La periferia dell'area metropolitana è costituita dai Comuni delle cinture urbane (ISTAT, 2011, <https://www.istat.it/it/files/2012/07/glossario.pdf>).

³ Per Comuni centro dell'area metropolitana si intendono: Torino, Milano, Venezia, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Bari, Palermo, Catania, Cagliari (ISTAT, 2011, <https://www.istat.it/it/files/2012/07/glossario.pdf>).

Informazioni puntuali circa la corretta gestione dei condizionatori da parte della popolazione negli ambienti confinati non possono essere facilmente reperite. Come misura indiretta di potenziale esposizione all'aria *indoor* di scadente qualità a causa di impianti di climatizzazione non opportunamente gestiti, si può ricorrere alla percentuale di famiglie che dichiarano di possedere un condizionatore. Nel 2017, la percentuale nazionale si attesta al 39,9% (Grafico 2)⁴. Nel caso dei centri dell'area metropolitana e delle città con più di 50.000 abitanti la quota è ancora più consistente, arrivando rispettivamente ad una media del 45,2 e 45,4% delle famiglie. Esaminando l'arco temporale 2001-2017, il *trend* è in netta crescita, se si considera che nel 2001 solo il 10,7% delle famiglie italiane dichiarava di possedere un condizionatore. Lo stesso andamento crescente si rileva per i centri e le relative periferie dell'area metropolitana così come per i Comuni con più di 50.000 abitanti. Alla diffusione degli impianti di condizionamento concorrono sicuramente le condizioni climatiche (ondate di calore), ma anche la maggiore accessibilità in termini di costo degli impianti.

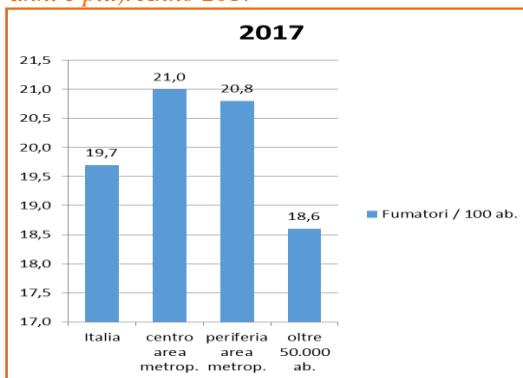
La Malattia del Legionario, più comunemente definita **legionellosi**, è un'infezione polmonare causata dal batterio *Legionella pneumophila*. L'infezione avviene principalmente per via respiratoria mediante inalazione di goccioline o particelle contenenti il microorganismo (Rota et al., 2017) che riconosce come serbatoio naturale gli ambienti acquatici sia naturali (come acqua dolce di laghi e fiumi) sia artificiali (come gli impianti idrici di strutture pubbliche e private). Trattandosi di una malattia grave, è soggetta a notifica obbligatoria in Italia e in Europa. Nel 2017 in Italia sono stati notificati all'ISS complessivamente 2.014 casi di legionellosi, corrispondenti a un'incidenza pari a 33,2 casi per milione di abitanti; si tratta di un dato che continua ad aumentare: nel 2015 e nel 2016, infatti, i casi sono stati pari a 1.569 e 1.710, con un'incidenza rispettivamente di 25,8 e 28,2 casi per milione di abitanti. Si osserva un'incidenza e un aumento dei casi notificati maggiori nelle Regioni del Nord rispetto a quelle del Centro/Sud (Grafico 3). L'andamento in crescita non necessariamente indica un aumento dei casi di contagio, perché può essere dovuto al miglioramento delle metodologie di indagine e delle capacità di diagnosticare la malattia e all'accresciuta efficienza nel documentare e notificare gli effettivi casi. Inoltre possono concorrere nel medio/lungo periodo altri fattori concomitanti ma con peso differente quali l'aumento dell'età media della popolazione ed i cambiamenti climatici con l'incremento delle temperature responsabile del riscaldamento delle acque⁵.

Grafico 3 – Incidenza di casi notificati per Regione. Anni 2015, 2016 e 2017.



Fonte: ISS, 2018

Grafico 4 - Percentuale di fumatori (persone di 14 anni e più). Anno 2017



Fonte: ISTAT, 2018

Il **fumo passivo** rappresenta una delle fonti d'inquinamento *indoor* maggiormente diffuse ma difficilmente monitorabile visto che l'esposizione può aver luogo in tutti gli ambienti privati. Si può, invece, seguire l'andamento della percentuale dei fumatori attivi che può costituire una misura, anche se di tipo indiretto, di potenziale esposizione al fumo. In Italia, all'interno del *trend* temporale 2001-2017, l'anno 2005 - in cui è entrato in vigore il divieto di fumo nei luoghi pubblici - si verifica una netta diminuzione dei fumatori, seguita poi da un andamento altalenante, fino a tornare a diminuire dopo il 2009 e ad assestarsi nel 2017 ad una percentuale di fumatori pari al 19,7% (ISTAT, 2018)⁴. Sempre nel 2017, la percentuale di fumatori è lievemente superiore alla media nazionale nei centri e periferia dell'area metropolitana (circa il 21%), mentre nei Comuni con più di 50.000 abitanti è pari a 18,6% e nei Comuni fino a 50.000 abitanti la percentuale è pari a 19,3% di fumatori (Grafico 4).

⁴ ISTAT, Indagine multiscope sulle famiglie: aspetti della vita quotidiana, <http://dati.istat.it/>

⁵ <http://www.epicentro.iss.it/territorio/piemonte/pdf/Report%20legionellosi%20Piemonte%202017%20ed.%202018.pdf>

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano le colleghe Maria Cristina Rota, Maria Luisa Ricci e Maria Grazia Caporali dell'Istituto Superiore di Sanità per la trasmissione dei dati di dettaglio regionale sulla legionellosi.

BIBLIOGRAFIA

- ISPRA, 2010. *Inquinamento indoor: aspetti generali e casi studio in Italia*. Rapporto 117/2010.
- M. C. Rota, M. G. Caporali, A. Bella, M. Scaturro, S. Giannitelli e M. L. Ricci, 2017. *La legionellosi in Italia nel 2016*. ISS.
- ISTAT, www.istat.it, consultazione a settembre 2018.
- ISTAT, 2011. Aspetti della vita quotidiana – Glossario, https://www.istat.it/it/files//2012/07/glossario_.pdf

5.5 INDICI DI CALORE NELLE CITTÀ METROPOLITANE ITALIANE

Francesca Lena, Emanuela Piervitali

ISPRA – Dipartimento monitoraggio e tutela ambiente e conservazione biodiversità

Riassunto

Tra i numerosi indici climatici, quelli relativi agli estremi di temperatura sono di grande rilievo per gli impatti dei cambiamenti climatici, potenziali e già in corso, su diversi settori socio-economici e ambientali. In particolare, gli indici rappresentativi degli eventi di calore assumono maggiore importanza nelle aree urbane, dove l'effetto "isola di calore" accentua gli episodi di caldo intenso e, conseguentemente, gli impatti sulla salute della popolazione che vi risiede.

Qui si riportano le stime relative allo stato e alla variazione di alcuni indici di temperatura nelle 14 Città metropolitane italiane, dal 1971 al 2017. Gli indici, definiti dai gruppi di esperti della Commissione per la Climatologia dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale, sono calcolati a partire dalle serie della temperatura minima e massima giornaliera. I risultati mettono in evidenza, nella maggior parte delle stazioni presenti nelle città in esame, un aumento dei valori degli indici (anomalie positive) per l'anno 2017 rispetto ai valori medi calcolati nel periodo climatologico di riferimento 1971-2000.

Nel lungo periodo (dal 1971 al 2017), in quasi tutte le città, si osserva un trend positivo dei valori degli indici, che denota un aumento dell'occorrenza di episodi di caldo intenso, in coerenza con l'aumento della temperatura minima e massima registrato in Italia negli ultimi 50 anni.

In particolare è crescente in tutte le 14 Città metropolitane il numero di giorni nei quali la temperatura massima giornaliera si trova al di sopra della soglia di 25 °C; mentre in 13 delle Città metropolitane aumenta il numero di giorni nei quali la temperatura minima giornaliera si trova al di sopra della soglia di 20 °C. Infine, anche l'indice che rappresenta il numero di episodi di caldo prolungato è ovunque in aumento nel periodo considerato.

Parole chiave

Clima, estremi di temperatura, riscaldamento globale, ambiente urbano

Abstract - Heat indexes in the Italian metropolitan areas

Among the large number of climate indexes, those relating to temperature extremes are of great importance for the ongoing and potential impacts on different socio-economic and environmental sectors.

In particular, the representative indexes of warm events have considerable importance in urban areas, where the "heat island" effect enhances episodes of intense heat and, consequently, impacts on health of the resident population.

Here we report the estimates of state and variation of some temperature indexes in the 14 Italian metropolitan areas, during the period 1971 – 2017. The indexes, defined by an expert team of the Commission for Climatology of the World Meteorological Organization, are computed from daily minimum and maximum temperatures. The results highlight positive anomalies of indexes for 2017, compared to the climatological period 1971 – 2000, in most stations in the cities under review.

In the long term (from 1971 to 2017), in the whole set of stations, there are positive trends in index values, which point out an increase in the occurrence of intense warm episodes, in coherence with the increase in minimum and maximum temperature registered in Italy in the last 50 years.

In particular, for every metropolitan area, there is an increase of the number of days when daily maximum temperature is above 25 °C, while in 13 metropolitan areas, the number of days with daily minimum temperature is above 20 °C are increasing. Moreover also warm spells is increasing with time.

Keywords

Climate, temperature extremes, global warming, urban environment

INDICI ESTREMI DI TEMPERATURA – VALORI NEL 2017

Per analizzare le variazioni degli estremi di temperatura nelle Città metropolitane, sono stati utilizzati alcuni indici selezionati dal set degli indici definiti a livello internazionale dall'*Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)* del “*CCL/CLIVAR Working Group on Climate Change Detection*” della Commissione per la Climatologia dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale - OMM (Peterson et al., 2001). Gli indici ETCCDI sono stati sviluppati con l'obiettivo di definire una metodologia comune per la valutazione delle variazioni degli estremi climatici e di rendere confrontabili i risultati ottenuti in diverse regioni del mondo. In particolare sono stati esaminati tre indici idonei a descrivere gli eventi estremi di temperatura in Italia: il **numero di notti tropicali** (*Tropical Nights – TR20*), il **numero di giorni estivi** (*Summer Days – SU25*) e l'**indice WSDI** (*Warm Spell Duration Index*).

Il numero di notti tropicali e di giorni estivi rientrano nella categoria degli indici definiti da un valore di soglia fisso. Il TR20 rappresenta il numero di giorni nell'anno con temperatura minima superiore a 20°C, mentre l'indice SU25 è definito dal numero di giorni nell'anno con temperatura massima superiore a 25°C. Gli indici di questa categoria non sono significativi per descrivere il clima di tutte le località, ma sono particolarmente rilevanti, se applicabili, come nel caso delle aree urbane italiane, poiché una loro variazione può avere un impatto significativo sulla società e sull'ambiente.

Il WSDI identifica periodi prolungati e intensi di caldo nel corso dell'anno. Questo indice rappresenta il numero di giorni nell'anno in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile della distribuzione nel periodo climatologico di riferimento (es. 1971-2000), per almeno sei giorni consecutivi. I valori dei percentili sono calcolati su una finestra di 5 giorni centrata su ogni giorno dell'anno. A differenza degli indici basati su un valore soglia prefissato, questo indice, conteggiando le eccedenze rispetto ad una soglia definita dal percentile, è rappresentativo delle variazioni del clima locale.

Va evidenziato che il WSDI, calcolato su tutti i giorni dell'anno, individua i periodi di caldo in senso relativo, che possono verificarsi in qualunque periodo, anche in pieno inverno; le onde di calore identificano invece periodi di caldo intenso in senso assoluto, concentrati quindi nei mesi estivi.

Per il calcolo degli indici estremi nelle Città metropolitane, sono state estratte le serie giornaliere di temperatura massima e minima dal Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA, www.scia.isprambiente.it), che assicura la disponibilità di dati, statistiche e indici climatici di qualità controllata, provenienti dalle principali reti osservative nazionali e regionali, con passo temporale giornaliero, decadale, mensile e annuale (Desiato et al., 2006; 2007; 2011). Queste serie sono state integrate con quelle fornite dalle ARPA. Però, poiché l'obiettivo dell'analisi è la stima delle variazioni degli estremi di temperatura, sono state selezionate solo le serie più lunghe, con disponibilità di dati dal 1971 al 2017, utili al calcolo dei trend. Considerando che gli estremi sono molto sensibili ai dati mancanti, sono stati inoltre applicati rigorosi criteri di qualità, completezza e continuità nella fase di selezione delle serie, in accordo con quanto effettuato da altri studi (Alexander et al., 2006; Donat et al., 2013; Fioravanti et al., 2016). In particolare un mese è stato considerato valido se contiene al massimo tre dati mancanti, mentre un anno valido richiede la presenza di tutti i mesi validi e al massimo 15 giorni mancanti. Per quanto riguarda la completezza della serie, è stato applicato il criterio della presenza dell'80% di anni validi sull'intero periodo 1971-2017.

Quindi, la selezione finale delle serie, riportata in **Tabella 5.5.1**, consiste in un set di 17 stazioni che coprono le 14 Città metropolitane. Quasi tutte le stazioni, ad eccezione della stazione di Milano Brera che è stata fornita dall'ARPA Lombardia, appartengono alla rete sinottica del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e sono quindi localizzate presso gli aeroporti. La serie di Reggio Calabria, pur non rispondendo al requisito della presenza dell'80% di anni validi sull'intero periodo, è stata inclusa nell'analisi (con il 66% di anni validi) per dare indicazioni relative anche a questa Città metropolitana.

Tabella 5.5.1 - Stazioni selezionate per il calcolo degli indici estremi nelle Città metropolitane

Nome stazione	Lon	Lat	Quota
Torino/Caselle	7.7	45.2	287
Torino/Bric della Croce	7.7	45.0	710
Genova/Sestri	8.9	44.4	3
Milano/Linate	9.3	45.4	103
Milano Brera	9.2	45.5	n.d.
Venezia/Tessera	12.3	45.5	6
Bologna/Borgo Panigale	11.3	44.5	49
Firenze/Peretola	11.2	43.8	38
Roma/Ciampino	12.6	41.8	105
Roma/Fiumicino	12.2	41.8	3
Napoli/Capodichino	14.3	40.9	72
Bari/Palese Macchie	16.8	41.1	49
Reggio Calabria	15.7	38.1	21
Palermo/Punta Raisi	13.1	38.2	21
Messina	15.6	38.2	51
Catania/Fontanarossa	15.1	37.5	17
Cagliari/Elmas	9.1	39.3	5

Fonte: elaborazione ISPRA su dati Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare/ARPA Lombardia

Le anomalie, cioè le differenze del valore di ciascun indice rispetto al valore normale 1971-2000 (valore medio nel periodo climatologico di riferimento) delle notti tropicali, dei giorni estivi e dell'indice WSDI, sono state calcolate per il 2017 e riportate rispettivamente sulla [Mappa tematica 5.5.1](#) (TR20), sulla [Mappa tematica 5.6.2](#) (SU25) e sulla [Mappa tematica 5.5.3](#) (WSDI) per le 17 stazioni delle 14 Città metropolitane.

In questo modo è possibile osservare per l'anno 2017 in quali stazioni si riscontra un'anomalia positiva (in rosso), vale a dire un valore maggiore rispetto al valore medio nel periodo climatologico, e in quali invece un'anomalia negativa (in blu),

Tutte le mappe evidenziano valori di anomalie superiori alla media climatologica per quasi tutte le stazioni, con aumenti che vanno da circa 3 a 46 giorni per le notti tropicali, da 3 a 37 giorni per i giorni estivi e da 2 a 72 giorni per l'indice WSDI. Fanno eccezione alcune stazioni dell'Italia meridionale che mostrano deboli anomalie negative.

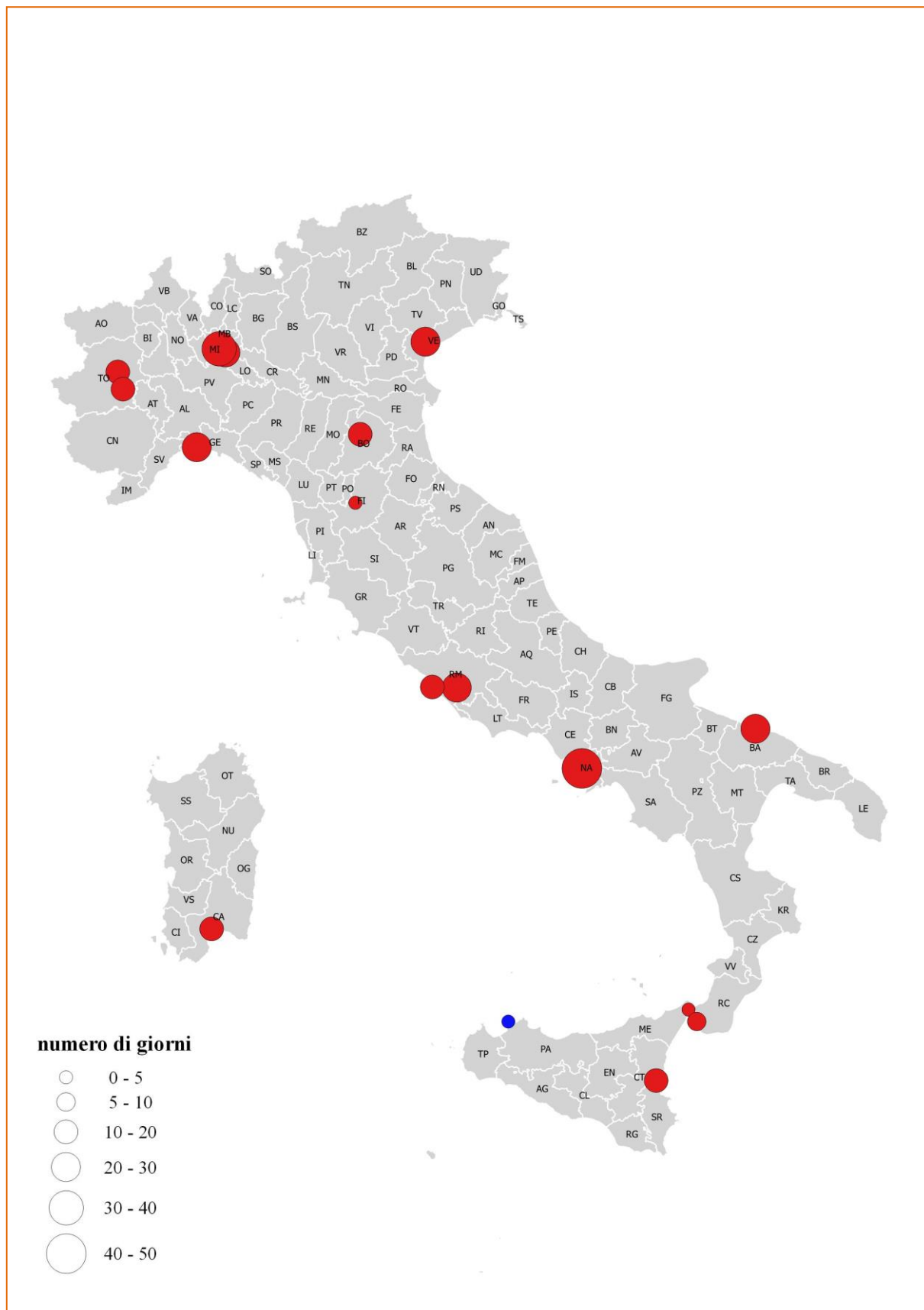
Per avere invece un'idea dell'ordine di grandezza dei valori assoluti dei tre indici nelle diverse stazioni, nella [Tabella 5.5.2](#) sono riportati i valori medi calcolati sull'intero periodo 1971-2017 accanto ai rispettivi valori normali 1971-2000. Le medie calcolate sull'intero periodo 1971-2017 indicano valori superiori a quelli normali per tutti gli indici e per tutte le stazioni (solo il TR20 a Palermo mostra una media 1971-2017 leggermente inferiore al valore normale) ed evidenziano quindi un aumento medio degli estremi di caldo negli anni più recenti.

Tabella 5.5.2 - Valori medi 1971-2000 e 1971-2017 delle notti tropicali, dei giorni estivi e dell'indice WSDI per ogni stazione

Stazione	TR20		SU25		WSDI	
	1971-2000	1971-2017	1971-2000	1971-2017	1971-2000	1971-2017
Torino/Caselle	5.5	7.8	79.6	85.2	2.9	8.9
Torino/Bric della Croce	6.9	9.5	37.3	40.0	5.3	7.3
Genova/Sestri	49.8	54.6	77.8	81.2	1.3	3.9
Milano/Linate	13.0	19.2	99.5	106.9	5.3	13.1
Milano Brera	35.5	42.9	96.5	100.4	5.4	11.9
Venezia/Tessera	11.0	17.4	76.9	83.9	3.9	13.1
Bologna/Borgo Panigale	18.4	21.9	107.0	111.2	4.8	11.9
Firenze/Peretola	11.9	14.8	118.4	123.5	3.6	9.9
Roma/Ciampino	12.9	19.2	113.1	116.7	3.5	11.7
Roma/Fiumicino	14.9	15.8	108.4	111.2	2.0	7.0
Napoli/Capodichino	21.1	31.5	116.9	121.2	2.9	6.0
Bari/Palese Macchie	23.4	28.0	107.7	110.0	2.3	3.9
Reggio Calabria	82.7	88.8	121.9	131.5	2.4	8.1
Palermo/Punta Raisi	95.1	93.4	114.7	117.7	2.0	2.8
Messina	104.0	104.1	121.1	126.5	1.2	12.1
Catania/Fontanarossa	22.8	25.4	145.8	146.3	2.1	3.3
Cagliari/Elmas	26.6	31.7	120.4	126.9	1.8	5.8

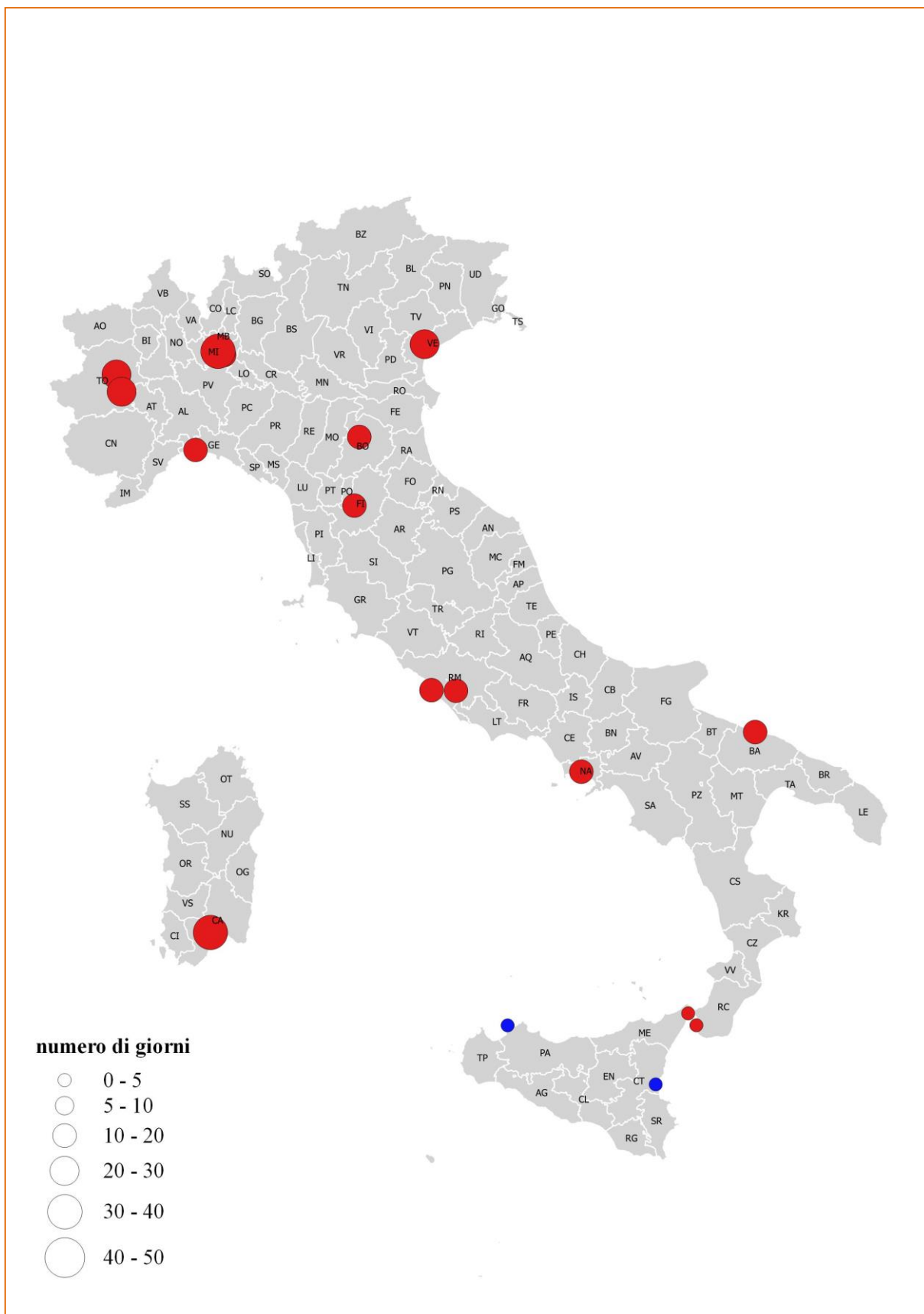
Fonte: elaborazione ISPRA su dati Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare/ARPA Lombardia

Mappa tematica 5.5.1 – IndiceTR20. Anomalie, rispetto al valore normale 1971 – 2000 (anno 2017)⁽¹⁾. Rosso: valori positivi; blu: valori negativi



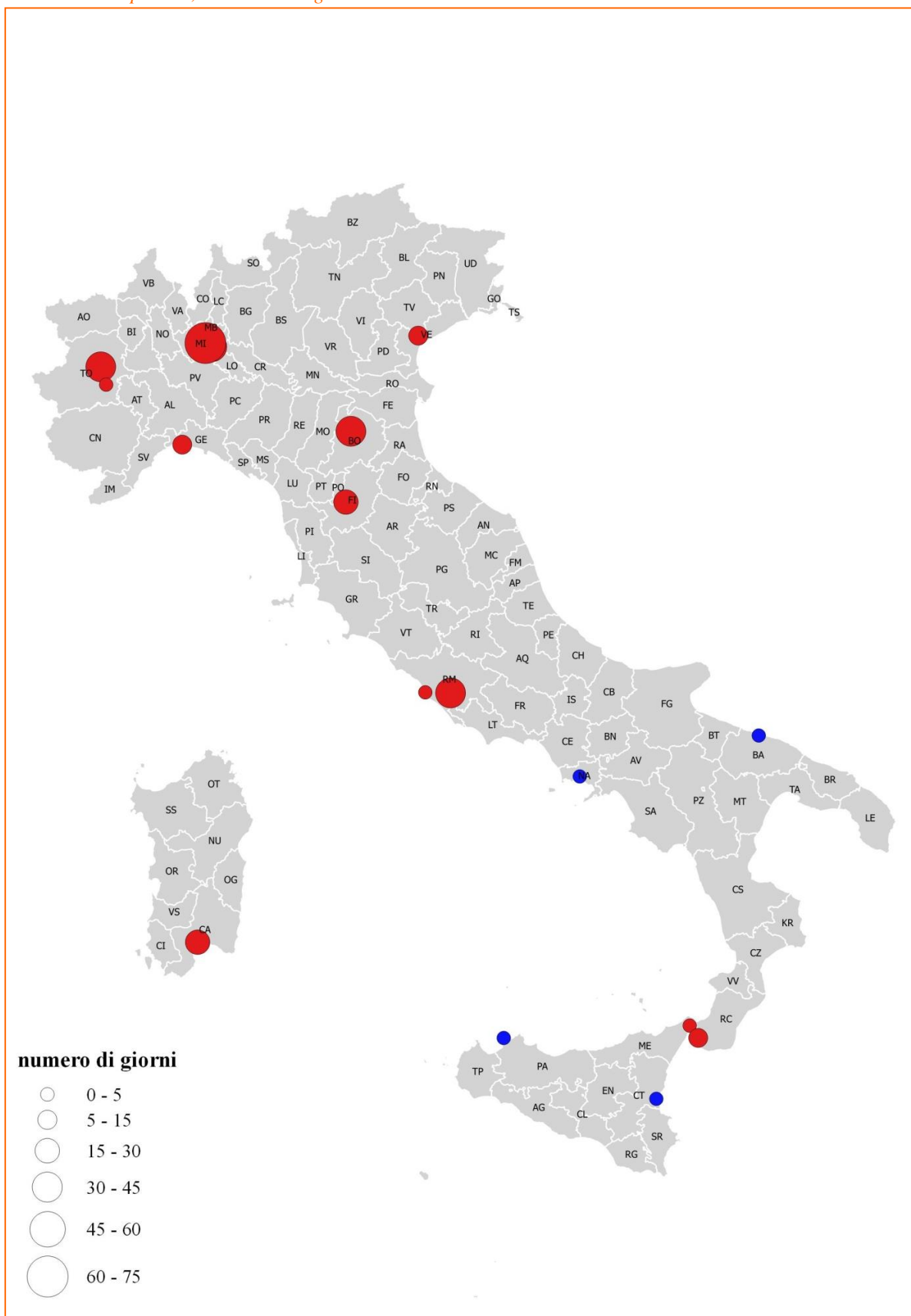
Fonte: elaborazione ISPRA su dati Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare/ARPA Lombardia
 1) Ciascuna classe comprende l'estremo superiore dell'intervallo, ma non quello inferiore.

Mapa tematica 5.5.2 – Indice SU25. Anomalie, rispetto al valore normale 1971 – 2000 (anno 2017)¹⁾. Rosso: valori positivi; blu: valori negativi



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare/ARPA Lombardia
 1) Ciascuna classe comprende l'estremo superiore dell'intervallo, ma non quello inferiore.

Mappa tematica 5.5.3 – Indice WSDI. Anomalie, rispetto al valore normale 1971 – 2000 (anno 2017) ⁽¹⁾.
Rosso: valori positivi; blu: valori negativi



Fonte: elaborazione ISPRA su dati Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare/ARPA Lombardia

1) Ciascuna classe comprende l'estremo superiore dell'intervallo, ma non quello inferiore.

INDICI ESTREMI DI TEMPERATURA – VARIAZIONE

Per valutare il rateo di variazione degli estremi di temperatura, per ogni stazione sono stati stimati i trend dal 1971 al 2017 degli indici TR20, SU25 e WSDI, applicando un modello di regressione lineare. I risultati sono mostrati nelle mappe tematiche seguenti e riassunti nella **Tabella 5.5.3**.

I trend delle notti tropicali (**Mappa tematica 5.5.4**) sono quasi tutti positivi e statisticamente significativi (in rosso); gli aumenti più consistenti si osservano nella stazione di Napoli, dove si è registrato un trend di circa 15 giorni in 10 anni. Trend positivi non significativi (in arancione) sono stati stimati nelle stazioni di Roma Fiumicino e Messina, mentre un debole trend negativo non significativo (azzurro) si è ottenuto per la stazione di Palermo.

La **Mappa tematica 5.5.5** illustra i trend dei giorni estivi. In tutte le Città metropolitane sono stati stimati trend in crescita dal 1971, statisticamente significativi per 14 stazioni su 17. I ratei di variazione più marcati si evidenziano nelle stazioni di Milano Linate, con un aumento di oltre 9 giorni in 10 anni, e a Venezia e Cagliari dove l'indice SU25 è aumentato al ritmo di quasi 10 giorni in 10 anni.

Anche l'indice WSDI (**Mappa tematica 5.5.6**) indica una tendenza al riscaldamento in tutte le stazioni analizzate, con trend positivi statisticamente significativi per tutte le serie, ad eccezione di Catania, Palermo e Reggio Calabria, che mostrano deboli trend positivi, ma non significativi. Gli aumenti in 10 anni statisticamente significativi variano da un minimo di circa 2 giorni per le stazioni di Torino, Genova e Bari a un massimo di quasi 8 giorni.

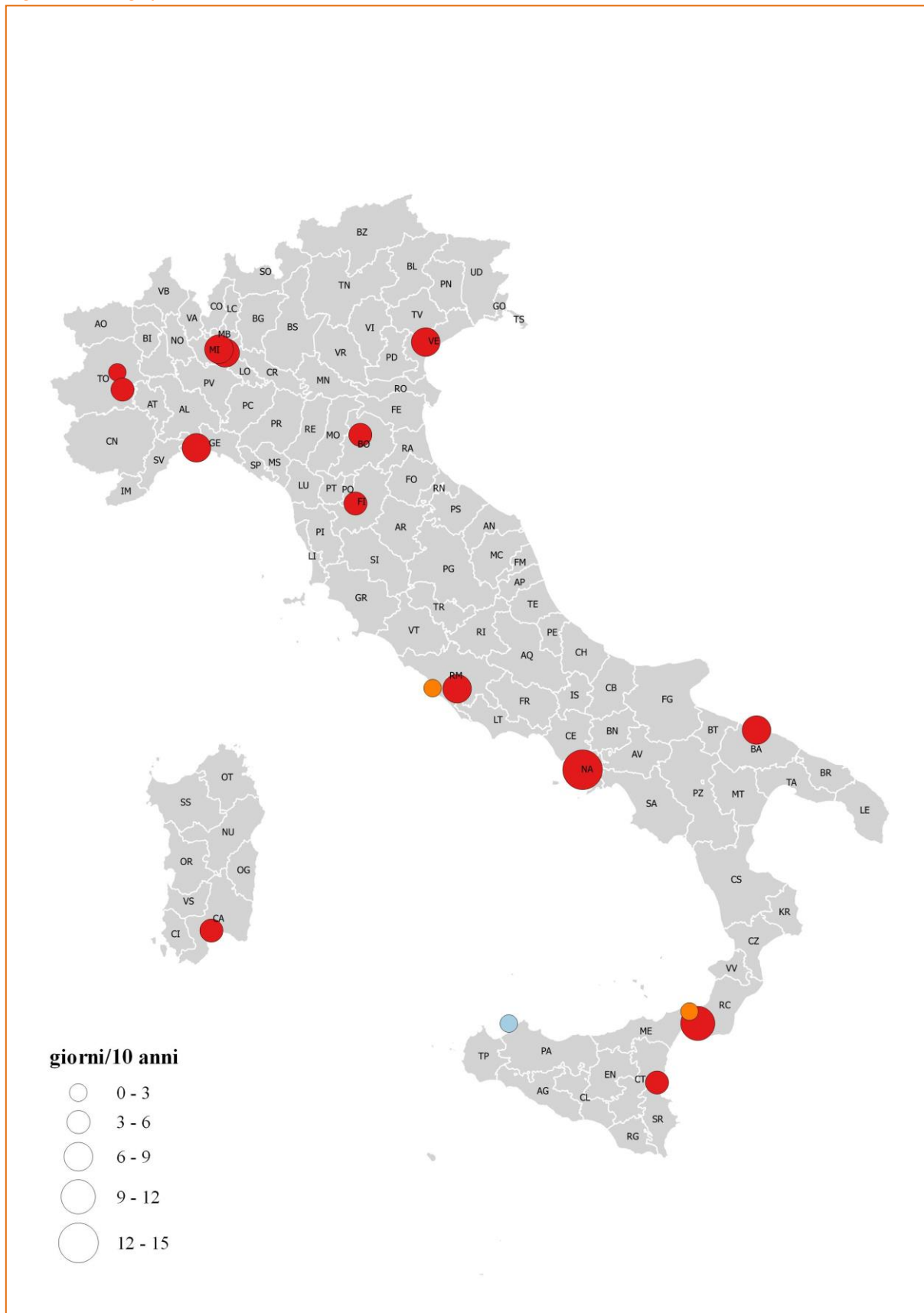
Tabella 5.6.3 - Trend 1971-2017 stimati (e relativa deviazione standard) delle notti tropicali, dei giorni estivi e dell'indice WSDI per ogni stazione. Tra parentesi sono riportati i trend statisticamente non significativi al livello del 5%

Nome stazione	TR20 (giorni/10 anni)	SU25 (giorni/10 anni)	WSDI (giorni/10 anni)
Torino/Caselle	2.7±0.7	6.6±1.5	6.0±1.3
Torino/Bric della Croce	3.1±0.7	4.2±1.5	2.3±0.9
Genova/Sestri	8.4±1.6	5.3±1.7	2.0±0.8
Milano/Linate	7.3±1.1	9.4±1.7	7.9±1.5
Milano Brera	8.3±1.3	5.5±1.5	7.6±1.7
Venezia/Tessera	7.0±1.1	8.8±1.7	8.0±1.5
Bologna/Borgo Panigale	5.1±1.2	7.1±1.5	7.5±1.2
Firenze/Peretola	3.5±1.2	6.3±1.7	5.7±1.1
Roma/Ciampino	6.9±1.2	(2.5±1.4)	7.0±1.1
Roma/Fiumicino	(2.0±1.0)	4.4±1.5	4.4±1.0
Napoli/Capodichino	15.0±1.2	7.8±1.7	3.4±0.9
Bari/Palese Macchie	6.3±1.4	6.2±1.5	2.1±0.6
Reggio Calabria	9.3±1.8	7.4±2.1	(3.0±1.7)
Palermo/Punta Raisi	(-1.9±1.4)	7.1±1.9	(0.9±0.6)
Messina	(2.9±1.4)	(4.7±1.3)	7.7±1.6
Catania/Fontanarossa	3.5±1.6	(0.8±1.6)	(0.8±0.7)
Cagliari/Elmas	5.6±1.3	8.7±1.3	3.6±0.7

Fonte: elaborazione ISPRA su dati Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare/ARPA Lombardia

Mappa tematica 5.5.4 –Trend dal 1971 al 2017 dell'indice TR20⁽¹⁾.

Rosso: trend positivi statisticamente significativi; arancione: trend positivi non significativi; azzurro: trend negativo non significativo



Fonte: elaborazione ISPRA su dati Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare/ARPA Lombardia

1) Ciascuna classe comprende l'estremo superiore dell'intervallo, ma non quello inferiore.

Mappa tematica 5.5.5 –Trend dal 1971 al 2017 dell'indice SU25⁽¹⁾.

Rosso: trend positivi statisticamente significativi; arancione: trend positivi non significativi

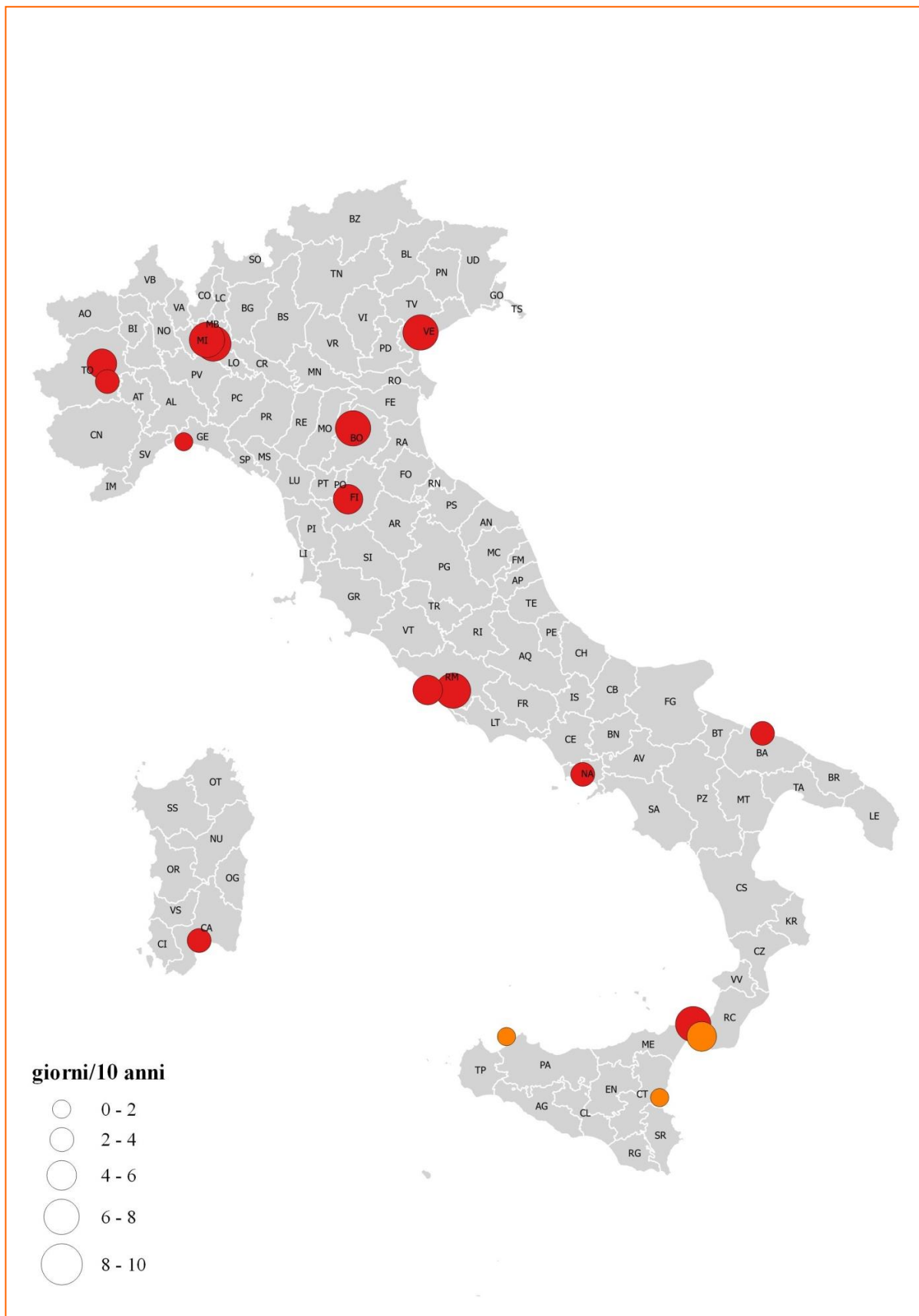


Fonte: elaborazione ISPRA su dati Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare/ARPA Lombardia

1) Ciascuna classe comprende l'estremo superiore dell'intervallo, ma non quello inferiore.

Mappa tematica 5.5.6 – Trend dal 1971 al 2017 dell'indice WSDI¹⁾.

Rosso: trend positivi statisticamente significativi; arancione: trend positivi non significativi



Fonte: elaborazione ISPRA su dati Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare/ARPA Lombardia

1) Ciascuna classe comprende l'estremo superiore dell'intervallo, ma non quello inferiore.

DISCUSSIONE

Come evidenziato nel rapporto EEA (2017), i principali impatti sull'ambiente e sulla salute dell'uomo sono causati dagli estremi climatici. In particolare, le onde di calore, oltre a un notevole impatto dal punto di vista economico, hanno causato in Europa decine di migliaia di morti premature dal 2000 ad oggi. Nello scenario ad alte emissioni si prevedono, nella seconda metà del ventunesimo secolo, episodi di caldo di intensità uguale o superiore a quella delle onde di calore degli ultimi anni, con frequenza biennale.

Le aree urbane sono particolarmente vulnerabili agli eventi estremi di caldo, a causa dell'effetto dell'isola di calore urbana (*urban heat island*), che può determinare nelle città temperature superiori a 10° rispetto a quella alle aree rurali circostanti (Oke, 1982).

In questo contesto, nelle 14 aree urbane selezionate sono stati esaminati alcuni indici definiti dai gruppi di esperti della Commissione per la Climatologia dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale, in particolare il numero di giorni estivi e di notti tropicali e l'indice WSDI, rappresentativo della durata dei periodi di caldo.

L'analisi è stata effettuata utilizzando serie di temperatura minima e massima estratte dal sistema SCIA (provenienti dalla rete del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare) e una serie fornita dall'ARPA Lombardia per la stazione di Milano Brera. Gli indici di temperatura per il 2017, calcolati in termini di anomalie rispetto alla media climatologica 1971-2000, indicano valori superiori alla norma per tutti e tre gli indici in quasi tutte le stazioni, con anomalie che variano da 3 a 46 giorni per le notti tropicali, da 3 a 37 giorni per i giorni estivi e da 2 a 72 giorni per l'indice WSDI. Sono state inoltre stimate le variazioni degli indici sull'intero periodo 1971-2017 per ogni stazione, tramite l'analisi dei trend. In coerenza con l'aumento della temperatura massima e minima registrato in Italia negli ultimi 50 anni, trend in crescita statisticamente significativi si sono evidenziati in quasi tutte le stazioni, con aumenti in 10 anni fino a +15 giorni per le notti tropicali, circa +8 e +9 giorni rispettivamente per l'indice WSDI e per i giorni estivi. Un ulteriore aumento di questi trend, ma anche il mantenimento del ritmo medio di variazione degli estremi stimato sui dati attuali, può determinare notevoli impatti sull'ambiente e sulla salute della popolazione, di cui, nella maggior parte delle aree urbane dell'Europa occidentale, si prevede un aumento di oltre il 90% nel corso del ventunesimo secolo (EEA, 2017).

BIBLIOGRAFIA

Alexander L. V., Zhang X., Peterson T. C., Caesar J., Gleason B., Klein Tank A.M.G., Haylock M., Collins D., Trewin B., Rahimzadeh F., Tagipour A., Rupa Kumar K., Revadekar J., Griffiths G., Vincent L., Stephenson D.B., Burn J., Aguilar E., Brunet M., Taylor M., New M., Zhai P., Rusticucci M., Vazquez-Aguirre J.L., 2006. *Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation*, J. Geophys. Res., 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.

Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2006. *Un sistema per tutti – climatologia: i dati italiani*. Sapere, Anno 72, n. 2: 62-69.

Desiato F., Lena F. e Toreti A., 2007. *SCIA: a system for a better knowledge of the Italian climate*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 48, n. 3: 351-358.

Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W. e Toreti A., 2011. *Climate indicators for Italy: calculation and dissemination*. Adv. Sci. Res., 6: 147-150. doi:10.5194/asr-6-147-2011.

Donat M.G., Alexander L.V., Yang H., Durre I., Vose R., Dunn R., Willett K., Aguilar E., Brunet M., Caesar J., Hewitson B., Jack C., Klein Tank A.M.G., Kruger A.C., Marengo J., Peterson T.C., Renom M., Oria Rojas C., Rusticucci M., Salinger J., Sekele S.S., Srivastava A.K., Trewin B., Villarreal C., Vincent L.A., Zhai P., Zhang X., Kitching S., 2013. *Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset*. J. Geophys. Res. 118: 2098-2118. doi: 10.1002/jgrd.50150.

EEA, 2017. *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*. An indicator-based report. EEA Report No. 1/2017.

Fioravanti, G., Piervitali, E. and Desiato, F., 2016. *Recent changes of temperature extremes over Italy: an index-based analysis*. Theor Appl Climatol., 123: 473-486. doi:10.1007/s00704-014-1362-1.

Oke T. R., 1982. The energetic basis of the urban heat island. Q. J. Roy. Meteor. Soc., 108: 1-24.

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