

**ARPAE EMILIA ROMAGNA  
SEZIONE DI FERRARA**

**RAPPORTO METEO ANNUALE  
PER LA QUALITÀ DELL'ARIA  
PROVINCIA DI FERRARA - DATI 2017**  
Allegato A



**a cura di:**  
**Arpae Emilia Romagna - sez. di Ferrara** (dir. Pierluigi Trentini)

**Responsabilità scientifica:**  
Enrica Canossa - resp. Servizio Sistemi Ambientali  
Giovanna Rubini – resp. Area monitoraggio e valutazione aria e agenti fisici

**Gruppo di lavoro:**  
M.Rita Mingozzi – resp. prov. Rete qualità dell'aria  
Paola Leuci, Marco Tosi

**Elaborazioni e testi**  
Sabina Bellodi

*Per l'immagine di copertina si ringrazia G. Garasto*

# **RAPPORTO METEO ANNUALE PER LA QUALITÀ DELL'ARIA**

## **PROVINCIA DI FERRARA - DATI 2017**

### **Allegato A**

#### **SOMMARIO**

<b>1.L'INFLUENZA DELLA MICROMETEOROLOGIA.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANALISI DELLE GRANDEZZE METEOCLIMATICHE.....</b>	<b>3</b>
2.1. TEMPERATURA	
2.2. INTENSITÀ E DIREZIONE DEL VENTO	
2.3. PRECIPITAZIONI	
<b>3. CONFRONTO PM10 E METEO.....</b>	<b>13</b>
<b>4. GIORNI CRITICI.....</b>	<b>16</b>

## 1. L'INFLUENZA DELLA MICROMETEOROLOGIA

I parametri meteorologici svolgono un ruolo determinante nell'evoluzione dell'inquinamento atmosferico. Gli episodi di inquinamento, infatti, sono governati da processi meteorologici che avvengono all'interno dello strato di atmosfera direttamente soprastante la superficie terrestre (strato limite o boundary layer) sia a scala regionale che locale.

Per quanto riguarda i processi a scala regionale risultano particolarmente rilevanti i fenomeni di stagnazione della massa d'aria, che avvengono quando l'aria permane per un certo periodo su una determinata regione d'origine (oceano, mare, continente o bacino aerologico) e di conseguenza assume caratteristiche tipiche di quella regione (ad es. aria calda e umida oceanica, fredda e secca continentale). Così, ad esempio, l'aria che risiede per un certo periodo sull'area padana, ricca di industrie, ad intensa attività umana ed elevato traffico si arricchisce di sostanze inquinanti quali ossidi di azoto e composti organici volatili che, oltre a produrre direttamente inquinamento, rappresentano potenziali precursori dell'inquinamento da ozono e da particolato.

Relativamente ai processi meteorologici che avvengono a scala locale, questi sono governati dal vento in prossimità della superficie e dalla differenza di temperatura tra il suolo e l'aria sovrastante, grandezze che determinano la diluizione o il ristagno degli inquinanti in atmosfera.

I più importanti fattori meteorologici che interessano i fenomeni di inquinamento atmosferico sono:

- **Temperatura:** sono importanti la sua evoluzione annuale, quella diurna nonché il profilo verticale;
- **Vento orizzontale** (velocità e direzione): generato dalla componente geostrofica e modificato dal contributo delle forze d'attrito del terreno e da effetti meteorologici locali, come brezze (di monte-valle o marine) o, come nel caso di una città, da circolazioni urbano-rurali;
- **Altezza di rimescolamento:** è un indicatore della capacità che ha la troposfera di disperdere gli inquinanti; indica indirettamente il volume all'interno del quale gli inquinanti emessi si concentrano;
- **Stabilità atmosferica:** è un indicatore della turbolenza atmosferica alla quale si devono i rimescolamenti dell'aria e, quindi, il processo di diluizione degli inquinanti;
- **Precipitazioni:** è importante il numero di giorni caratterizzati da quantità di pioggia  $\geq 5$  mm nonché l'entità cumulata mensile e annuale;
- **Inversione termica:** quota alla quale si verifica che la temperatura, anziché diminuire, aumenta con l'aumento dell'altezza. Essa determina anche l'altezza del PBL (Planetary Boundary Layer), porzione più bassa dell'atmosfera che comprende la parte di troposfera nella quale la struttura del campo anemologico risente dell'influenza della superficie terrestre e si estende fino a pochi chilometri di altezza;
  - **Movimenti atmosferici verticali:** spostamenti di masse d'aria in senso verticale, che in ambiente urbano sono dovuti principalmente a moti termoconvettivi.

Nel 2017 le condizioni meteorologiche sfavorevoli - alta pressione, assenza di precipitazioni e scarsa ventilazione in inverno e temperature elevate e precipitazioni scarse in estate - hanno favorito sia la concentrazione degli inquinanti tipicamente invernali come le Polveri fini (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), sia dell'ozono, tipico inquinante estivo.

Nel capitolo che segue, si riportano alcune elaborazioni di dettaglio per il territorio ferrarese relative ai seguenti parametri meteorologici:

- temperatura (°C),
- velocità del vento (m/s) e direzione (gradi),
- precipitazioni (mm).

Le elaborazioni sono state ottenute a partire dai dati registrati presso alcune stazioni meteo dislocate sul territorio ferrarese e gestite dal Servizio Idro-Meteo-Clima, in particolare la stazione urbana di Ferrara, attiva da maggio 2004 (in via Paradiso n. 12).

## 2. ANALISI DELLE GRANDEZZE METEOCLIMATICHE

### 2.1. Temperatura

#### **Le anomalie termiche registrate nel 2017 in Emilia-Romagna<sup>1</sup>**

A livello globale si sta riscontrando un sensibile riscaldamento del nostro pianeta, e anche l'anno 2017 è risultato tra i più caldi mai registrati, in terza posizione dopo 2016 e 2015.

In Emilia-Romagna, le serie storiche di Arpae, elaborate e rese disponibili nell'Atlante climatico della nostra regione<sup>2</sup> (edizione 2017), testimoniano che, nel periodo recente 1991-2015, è stato registrato un aumento medio delle temperature annuali di 1,1 gradi (1,4 °C le massime e 0,8 °C le minime), rispetto al riferimento precedente 1961-90.

L'ultimo bollettino delle anomalie termiche<sup>3</sup>, aggiornato all'8 gennaio 2018, testimonia che in Emilia-Romagna, anche nel 2017, le anomalie termiche "calde" hanno prevalso su quelle "fredde" per quasi tutto l'anno, contribuendo a consolidare il riscaldamento climatico già in atto in regione da almeno venticinque anni.

Nel corso dell'anno 2017 vi sono stati, in particolare tra febbraio e agosto, numerosi ed intensi episodi anomali (rispetto agli anni di riferimento 1961-90), tra i quali spicca l'intensa ondata di calore di inizio agosto, quando le temperature hanno superato i 40 gradi in una trentina di siti di misura, con un record assoluto di 42,5 °C a Brisighella il 4 agosto 2017.

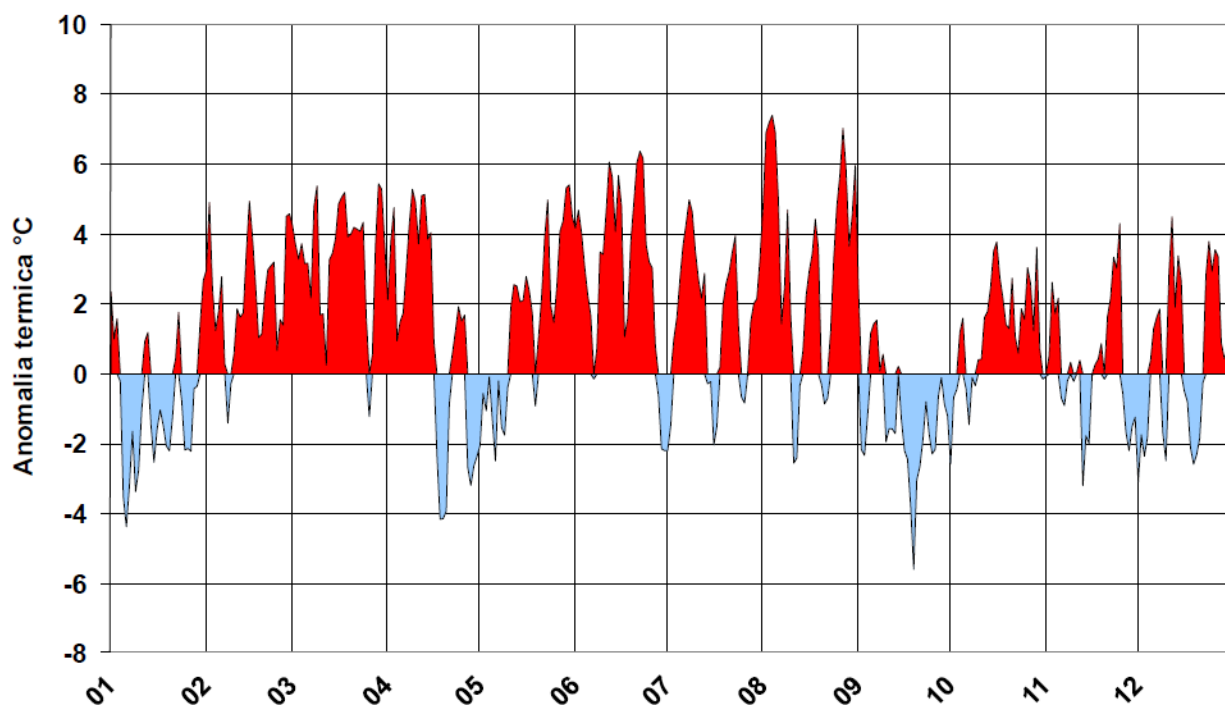
Si sono verificate anomalie negative nei mesi di gennaio e aprile in cui si sono registrate gelate diffuse e danni agricoli, e settembre, caratterizzato da una ripresa delle precipitazioni che si erano praticamente interrotte nei quattro mesi precedenti. Dopo un ottobre insolitamente caldo e asciutto, le precipitazioni sono riprese da novembre 2017 (il 13/11 si è addirittura verificata un'improvvisa e breve nevicata su Bologna e dintorni) così come le anomalie termiche "fredde".

Il grafico sottostante rappresenta le anomalie termiche medie giornaliere del 2017 in Emilia-Romagna calcolate rispetto al periodo 1961-90 (positive in rosso e negative in azzurro). E' possibile osservare la prevalenza generale di numerose ed intense anomalie calde; le anomalie fredde, corrispondenti agli episodi di maltempo, appaiono rilevanti in gennaio, tra aprile e maggio, in settembre e a fine anno.

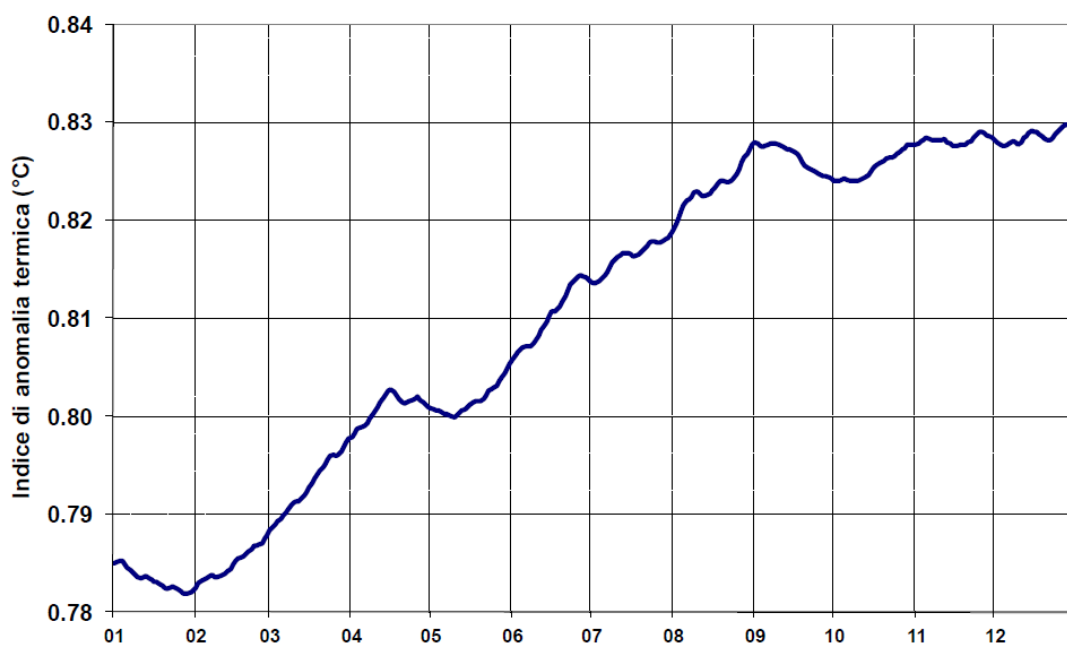
<sup>1</sup>Testo e grafici sono tratti dall' Atlante climatico dell' Emilia Romagna (edizione 2017), che è un prodotto dell'analisi climatica giornaliera 1961-2015 e presenta un confronto tra il clima attuale (anni 1991-2015) e quello del trentennio di riferimento 1961-1990. E' disponibile al sito: [https://www.arpae.it/cms3/documenti/\\_cerca\\_doc/meteo/clima/Atlante\\_climatico\\_1961-2015.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/clima/Atlante_climatico_1961-2015.pdf), e dal bollettino "2017: FORTE INCREMENTO DELL'INDICE TERMICO- n un anno il valore è cresciuto di cinque punti", scaricabile al sito: [https://www.arpae.it/siccita/dati/boll\\_term/boll\\_term.pdf](https://www.arpae.it/siccita/dati/boll_term/boll_term.pdf).

<sup>2</sup>[https://www.arpae.it/cms3/documenti/\\_cerca\\_doc/meteo/clima/Atlante\\_climatico\\_1961-2015.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/clima/Atlante_climatico_1961-2015.pdf)

<sup>3</sup>[https://www.arpae.it/siccita/dati/boll\\_term/boll\\_term.pdf](https://www.arpae.it/siccita/dati/boll_term/boll_term.pdf)

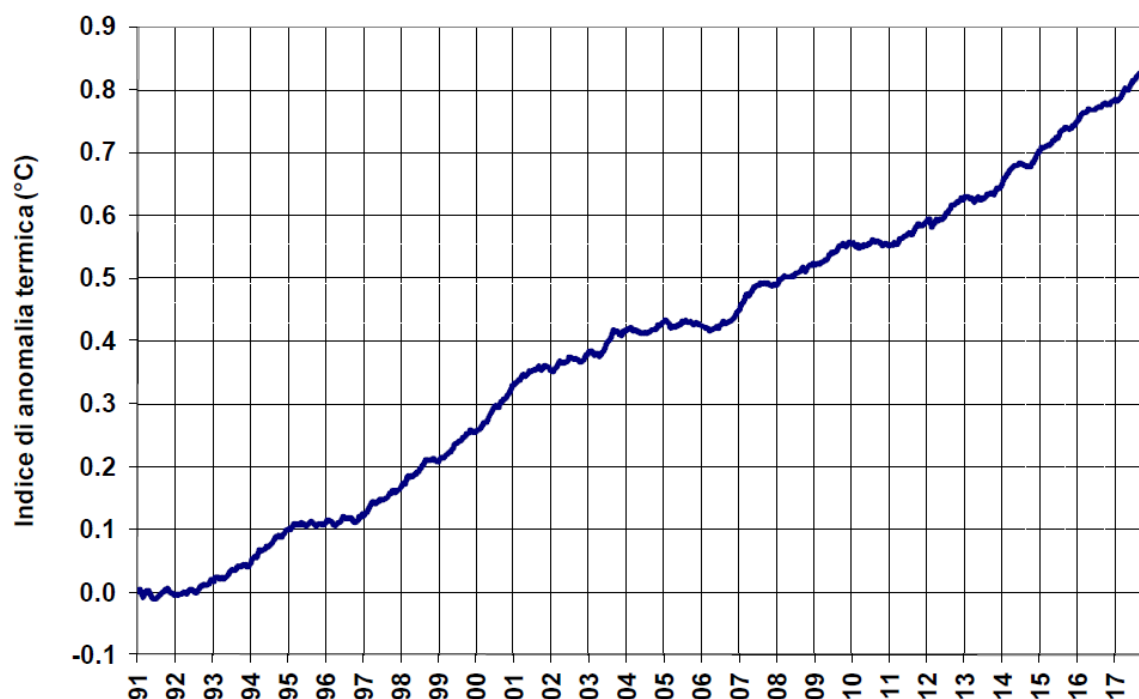


Di seguito è riportato l'andamento dell'indice TempER<sup>4</sup> nel 2017. La crescita appare molto intensa da febbraio ad agosto, con sostanziali pause in gennaio, tra aprile e maggio, e nell'ultimo quadrimestre. Nel 2017 l'indice Temper ha presentato un rilevante incremento di circa mezzo grado, raggiungendo a fine anno quota 0,83 °C.



<sup>4</sup>L'indice Temper rappresenta lo scarto termico tra il trentennio climatico attuale (1991-2020) e quello precedente (1961-1990). Viene stimato utilizzando tutti i dati di temperatura disponibili nell'archivio regionale dell'Emilia-Romagna ed è espresso in gradi centigradi o in punti (1 punto equivale a 0,01 °C).

Il grafico sottostante riporta l'andamento complessivo dell'indice Temper dal 1/1/1991 al 31/12/2017 in Emilia-Romagna: in questi 27 anni l'indice è aumentato quasi sempre, salvo alcuni periodi di stasi (es. gli anni 1991-92, 1995-96, 2003-06, 2010). Non sono praticamente visibili inversioni (ovvero lunghi periodi sostanzialmente più freddi rispetto al riferimento 1961-90).



Le temperature medie primaverili sono risultate più calde di oltre 1 °C in pianura e circa 2 sui rilievi rispetto alle attese. L'estate è risultata più calda del normale di circa 1,5 °C in pianura e addirittura 2 °C sui rilievi. Le temperature massime giornaliere estive in pianura sono state tra 1 e 2 °C sopra le attese (localmente anche oltre), mentre dalla pedecollina fino ai rilievi più elevati gli scostamenti sono risultati tra 2 e 3 °C, localmente superiori sui rilievi della Romagna: si fa notare che queste anomalie sono determinate rispetto agli anni più recenti (2001- 2015), già molto caldi rispetto al passato.

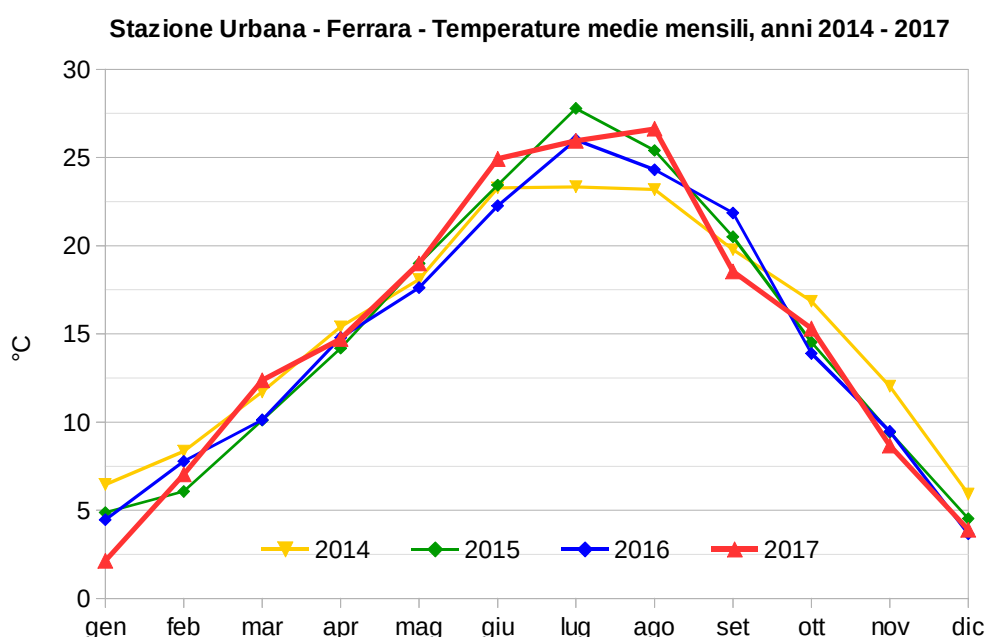
Con una nota diffusa lo scorso 4 dicembre il Consiglio nazionale delle ricerche ha fatto il punto sull'anomalia legata alle temperature registrate in Italia nel 2017: Il 2017 si chiude con un'anomalia di +1.3°C al di sopra della media del periodo di riferimento convenzionale (1971-2000), quarto anno più caldo dal 1800 a oggi, a pari merito agli anni 2001, 2007 e 2016. Più caldi del 2017 sono stati solo il 2003 (+1.36°C), il 2014 (+1.38°C) e il 2015 che resta l'anno più caldo di sempre con +1.43°C al di sopra della media del periodo di riferimento.(Fonte: Isac-Cnr).



### Andamento delle temperature a Ferrara

Analogamente all'andamento dell'indice termico calcolato a scala regionale, se si osservano i dati delle temperature medie mensili registrate presso la stazione urbana di Ferrara nel periodo da marzo ad agosto, si nota un delta positivo per quanto riguarda le temperature del 2017 rispetto alla media delle temperature mensili degli ultimi 3 anni (2014-2016). Per quanto riguarda i due mesi invernali di gennaio e dicembre, le medie mensili del 2017 risultano inferiori rispetto a quelle registrate negli ultimi tre anni.

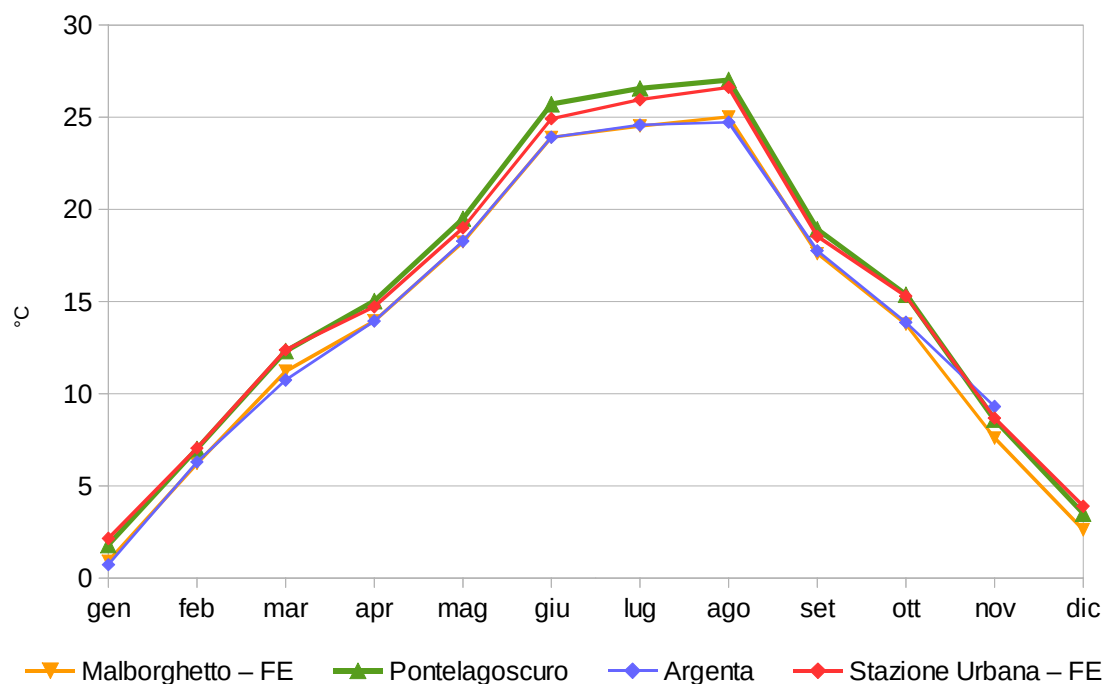
L'intensa ondata di calore di inizio agosto che ha comportato il superamento di 40 gradi in una trentina di siti di misura nella Regione, anche a Ferrara ha avuto come esito il superamento di 30 gradi: nella giornata del 4 agosto sia presso la stazione urbana di Ferrara che a Pontelagoscuro si è registrata una temperatura media giornaliera di 32 gradi.



Nel seguente grafico sono riportate le temperature medie mensili registrate in quattro diverse postazioni: le temperature nel centro urbano di Ferrara e quelle misurate presso la stazione di Pontelagoscuro, sono costantemente leggermente superiori a quelle rilevate nelle stazioni extraurbane di Malborghetto di Boara e di Argenta. Per quanto riguarda Ferrara, tale comportamento è dovuto all'effetto dell'isola di calore<sup>5</sup> che si sviluppa nei centri urbani. La temperatura media annua del 2017 calcolata presso la stazione urbana di via Paradiso è stata di circa 15°C contro i circa 14°C di Malborghetto di Boara. Per la stazione di Argenta non è possibile fornire il dato medio annuale causa il non funzionamento della centralina nel mese di dicembre 2017.

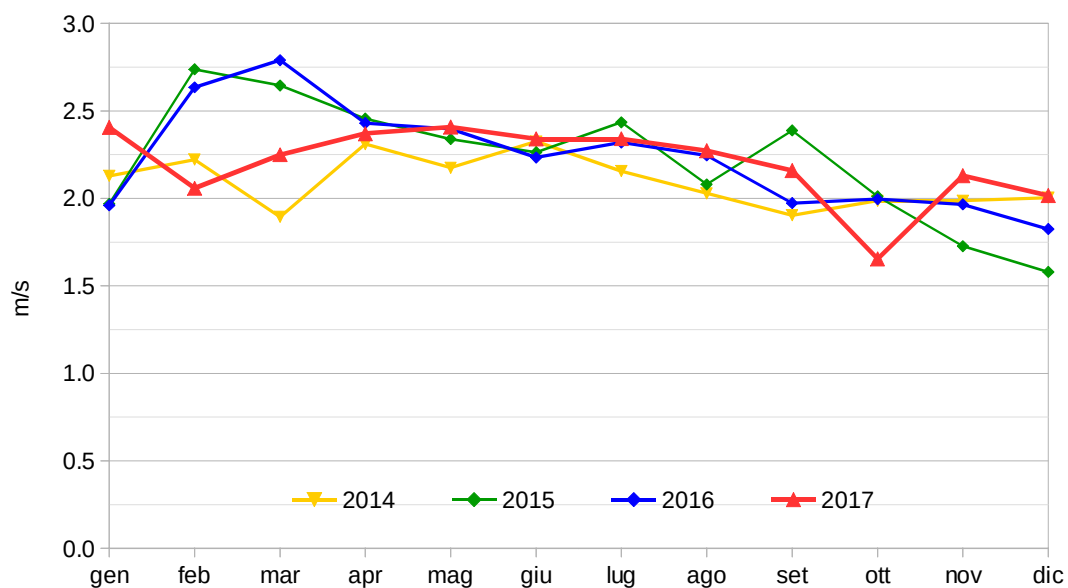
<sup>5</sup> **Isola di calore:** progressivo surriscaldamento della bolla di aria calda che grava in continuazione al di sopra dei centri urbani. La cappa d'aria surriscaldata, di non più di 200-300 metri di spessore, costituisce una vera e propria isola più calda rispetto al circostante ambiente rurale. Tale surplus di calore attenua i rigori invernali ma nelle soleggiate e calde giornate estive trasforma le città delle medio-basse latitudini in una sorta di fornace. L'isola di calore trae origine dal particolare tessuto urbano, costituito in prevalenza da asfalto, calcestruzzo, mattoni e cemento, ovvero materiali che, rispetto alla copertura vegetale della campagna, assorbono in media il 10% in più di energia solare. Il surplus di calore solare immagazzinato dai manufatti cittadini viene poi riemesso per irraggiamento, ovvero sotto forma di energia nell'infrarosso, con conseguente surriscaldamento dell'aria che sovrasta la città. All'isola di calore dà un rilevante contributo anche il tipico assetto geometrico delle città, con strade relativamente strette rispetto alle dimensioni verticali degli edifici.

**Stazioni a confronto- Temperature medie mensili, anno 2017**



## 2.2. Intensità e direzione del vento

**Stazione Urbana - Ferrara - Intensità del vento - medie mensili, anni 2014 - 2017**



La rappresentazione delle intensità medie mensili del vento per il comune di Ferrara registrate dalla stazione urbana evidenzia valori molto bassi, pressoché quasi sempre inferiori a 2.5 m/s.

L'analisi dei dati registrati dalla stazione urbana per l'anno 2017 evidenzia che si sono verificate solo tre giornate con velocità media superiore ai 5 m/s (16, 17 e 18 gennaio), 37 giorni con velocità media compresa fra 3 e 5 m/s. Nel contempo sono stati registrati ben 218 giorni con velocità superiore ai 2 m/s e 147 giorni (40%) con velocità inferiore o uguale ai 2 m/s.

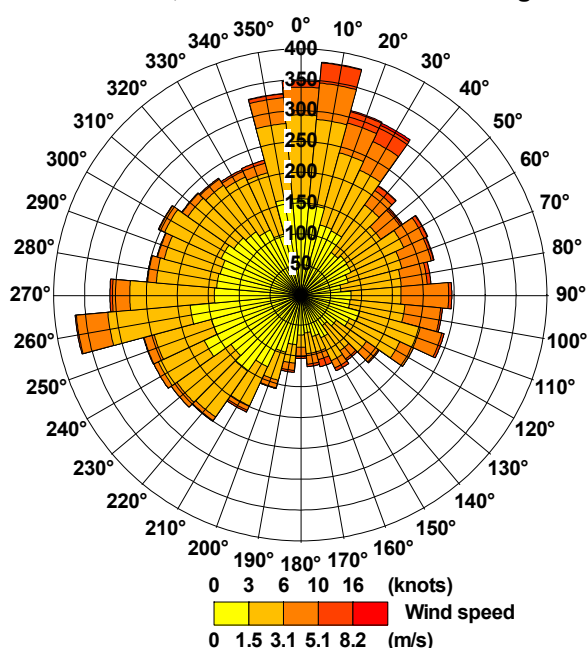
Nei grafici riportati al paragrafo delle precipitazioni è possibile osservare come in corrispondenza delle giornate caratterizzate da vento più intenso (5 febbraio, 6-7 novembre), il vento abbia contribuito a “spazzare via” le polveri accumulate nell'atmosfera, determinando una riduzione della concentrazione di PM10.

Di seguito si rappresenta la rosa del vento calcolata a partire dai dati della stazione di Malborghetto.

La rosa dei venti qui rappresentata è stata realizzata con il modello ADMS-URBAN<sup>6</sup> a partire da dati orari di velocità e direzione del vento. Il modello ADMS usato per l'elaborazione della rosa dei venti considera come calme i valori di velocità del vento minori o uguali a 0.75 m/s.

Osservando la rosa dei venti, si nota una preponderanza delle componenti da NE, caratterizzate da un'intensità maggiore e da O.

**Rosa dei venti, anno 2017 – stazione Malborghetto**



<sup>6</sup> ADMS URBAN (versione 4.0.3 sviluppato dalla Cambridge Environmental Research Consultants - UK) è un modello analitico stazionario, eseguibile su PC, della dispersione in atmosfera di sostanze inquinanti rilasciate nelle aree urbane da differenti tipologie di sorgenti (puntuali, lineari, di aree e di volumi).

## 2.3. Precipitazioni

Il 2017 è stato un anno davvero singolare sul piano meteo-climatico: come già anticipato ha registrato un lungo periodo caratterizzato da scarse precipitazioni, siccità persistente nel bacino del Po e caldo eccezionale, culminato i primi giorni di agosto con temperature di oltre 42°C nelle aree interne della pianura padana. L'estate 2017, a livello nazionale è risultata la seconda estate più calda dal 1800, dopo il 2003 (fonte Cnr-Isac)<sup>7</sup>.

A livello regionale, le condizioni di siccità prolungata più severe si sono verificate nella zona occidentale dell'Emilia-Romagna, dove le precipitazioni tra ottobre 2016 e maggio 2017 sono state le minime degli ultimi 60 anni; durante l'estate vaste aree centroorientali della regione hanno avuto precipitazioni estive tra le più basse o in assoluto le più basse degli ultimi decenni<sup>8</sup>. Le precipitazioni più importanti per la ricarica delle riserve idriche nei terreni e nelle falde, quelle comprese tra ottobre e maggio, nel 2017 in gran parte della pianura sono risultate tra 300 e 400 mm, e addirittura inferiori a 300 mm in gran parte della pianura centrale, dal modenese al piacentino. Rispetto alle attese (calcolate sui primi 15 anni del nuovo secolo) sono quindi mancati tra 0 e 100 mm nel ferrarese, gran parte della pianura bolognese, romagnola e fascia costiera; 100-200 mm nelle province di Reggio Emilia, Modena e rilievi della Romagna; fino a deficit di 200-400 mm nelle province di Parma e Piacenza.

In estate poi le piogge, che in media sono comprese tra 100 e 125 mm in pianura, tra 125 e 150 mm sui rilievi, quest'anno non sono andate oltre i 25 mm sui rilievi della Romagna e nel riminese, e nel resto del territorio hanno superato i 100 mm solo nel parmense.

Lo scorso 4 dicembre il Consiglio nazionale delle ricerche ha fatto il punto sulle anomalie meteorologiche che hanno caratterizzato il 2017, anno che sarà sicuramente ricordato in particolar modo per la pesante siccità: a partire dal mese di dicembre del 2016 si sono susseguiti mesi quasi sempre con segno negativo, fatta eccezione per i mesi di gennaio, settembre e novembre, con deficit di oltre il 30% e, per sei mesi, di oltre il 50%. Complessivamente, gli accumuli annuali a fine 2017 sono risultati essere di oltre il 30% inferiori alla media del periodo di riferimento (1971-2000), caratterizzando quest'anno come il più secco dal 1800 a oggi. Per trovare un anno simile bisogna andare indietro al 1945, anche in quell'anno ci furono 9 mesi su 12 pesantemente sotto media, il deficit fu -29%, quindi leggermente inferiore (Fonte: Isac-Cnr).

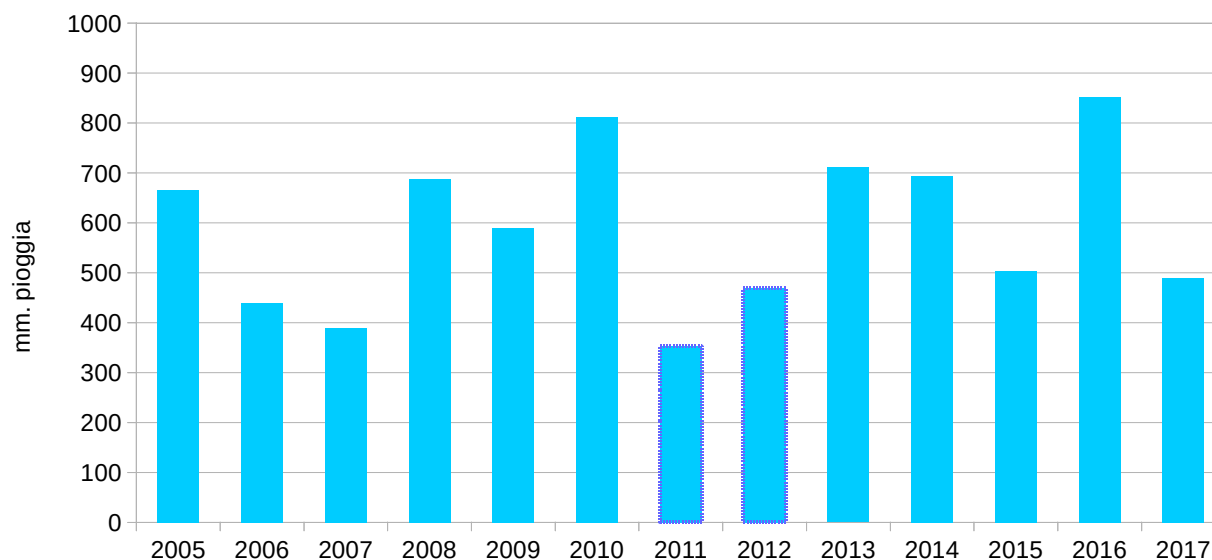
La grave situazione di siccità in cui si trova l'Italia durante questa estate trae origine soprattutto dal notevole deficit accumulato nelle stagioni precedenti, in particolare in primavera quando sono venuti a mancare circa 20 miliardi di metri cubi d'acqua sull'intero territorio italiano (corrispondente al -39% di anomalia nella Tabella 2). Anche gli altri periodi hanno, comunque, fatto registrare forti anomalie negative: in inverno, nonostante diversi episodi contrassegnati da abbondanti precipitazioni e inconsuete nevicate sul versante adriatico e al Sud, sono mancati all'appello 13 miliardi di metri cubi d'acqua (corrispondente al -26% di anomalia nella Tabella 1) a cui si sommano i 6 miliardi di metri cubi di deficit osservati nella prima parte di questa estate (corrispondente al -27% di anomalia nella Tabella 3) che si sta confermando decisamente più asciutta di quanto già dovrebbe essere.

<sup>7</sup> Arpae - ECOSCIENZA Numero 5 • Anno 2017, "ESTATE 2017, ANDAMENTO METEO IN EMILIA-ROMAGNA"

<sup>8</sup> Arpae - ECOSCIENZA Numero 5 • Anno 2017, "UN'ANNATA DA DIMENTICARE PER L'AGRICOLTURA?"

L'analisi dei dati registrati presso la stazione urbana di Ferrara ha evidenziato per l'anno 2017 un totale annuo di precipitazioni inferiore ai 500 mm, valore in linea con l'anno 2015<sup>9</sup>.

**Trend precipitazioni totali annue (mm) – Ferrara**



Per una valutazione più completa si riportano nel grafico che segue le precipitazioni cumulate<sup>10</sup> mensili della stazione urbana di Ferrara a confronto con quelle delle stazioni di Pontelagoscuro e Argenta<sup>11</sup>.

Dal grafico risulta evidente come le precipitazioni si siano maggiormente concentrate nei mesi di febbraio, maggio, settembre e novembre con precipitazioni cumulate superiori ai 60 mm. Nei mesi primaverili di marzo e aprile e ottobre si sono registrate precipitazioni cumulate mensili inferiori ai 50 mm.

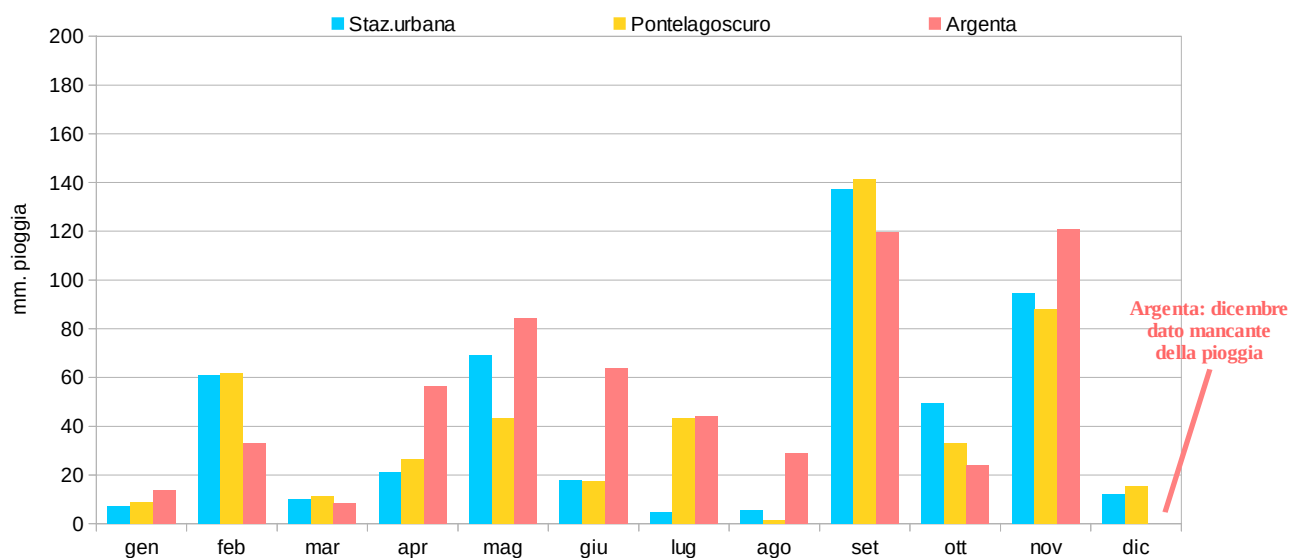
I mesi più siccitosi, in particolare per la stazione urbana, sono stati gennaio, marzo, luglio, agosto e dicembre.

<sup>9</sup>Si sottolinea che i dati del 2011 e 2012 sono probabilmente sottostimati, a causa di malfunzionamenti tecnici e delle intense precipitazioni nevose.

<sup>10</sup> Per un approfondimento sulle precipitazioni si rimanda al sito [https://www.arpae.it/documenti.asp?parolachiave=sim\\_annali&cerca=si&idlivello=64](https://www.arpae.it/documenti.asp?parolachiave=sim_annali&cerca=si&idlivello=64) in cui sono reperibili gli annali idrologici contenenti misure e osservazioni a livello di bacino della Regione Emilia Romagna.

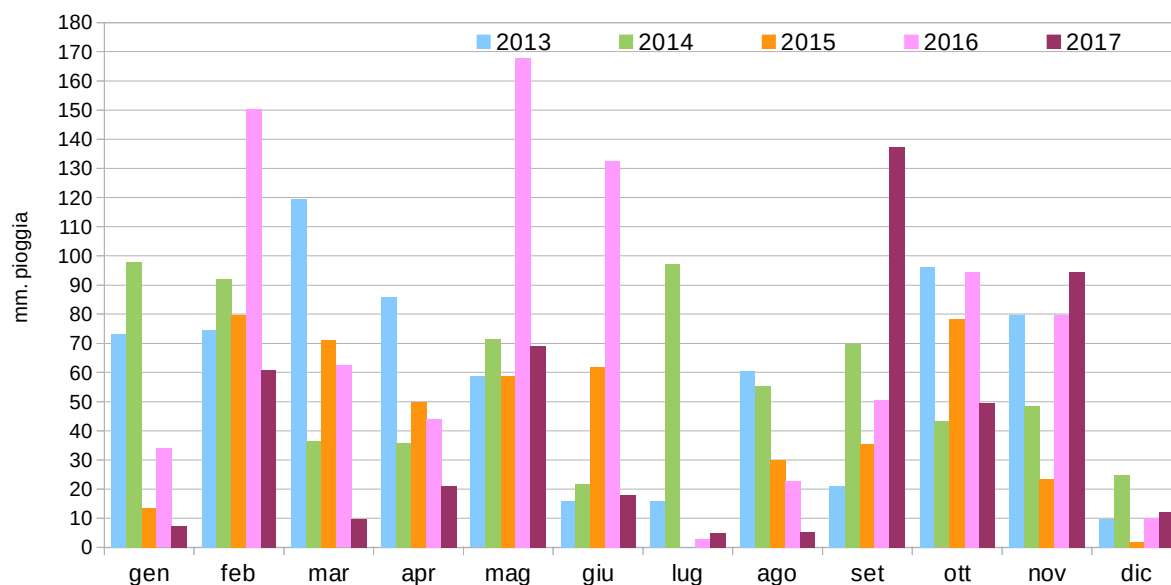
<sup>11</sup>Nel grafico non è presente la precipitazione cumulata registrata nella stazione di Malborghetto in quanto in alcuni mesi il dato risulta anomalo.

### Andamento delle precipitazioni cumulate mensili (mm) in quattro stazioni pluviometriche



Il seguente grafico mette a confronto la precipitazione cumulata mensile negli ultimi cinque anni: si osserva come i mesi da gennaio ad aprile, giugno, agosto e ottobre 2017 siano stati i più siccitosi in assoluto rispetto agli stessi mesi degli anni precedenti. Le precipitazioni di settembre e novembre 2017 sono state le più abbondanti rispetto alle cumulate mensili degli anni precedenti.

### Precipitazione cumulata mensile - stazione urbana di Ferrara



Per quanto riguarda il dato cumulato mensile delle precipitazioni registrate presso la stazione urbana di Ferrara, si osserva:

- a settembre 2017 dei circa 140 mm di pioggia caduti, circa 45 mm sono caduti il giorno 7/9 e circa 30 mm sono caduti il giorno 10/9: l'evento del 7 settembre ha avuto inizio dalla presenza di una estesa saccatura che si protendeva dalla Groenlandia fino alla Gran Bretagna, con un esteso minimo depressionario in area baltica. L'evoluzione dello scenario, ha portato alla formazione di fenomeni temporaleschi nel corso del pomeriggio-sera con conseguenti precipitazioni anche intense, che hanno provocato allagamenti nel reggiano, modenese e ferrarese a edifici e sedi stradali, in particolare in alcuni sottopassi<sup>12</sup>. L'evento del 10 settembre si è originato a partire da una pronunciata saccatura di origine atlantica con asse inclinato verso nord-est che si è spostato nell'area mediterranea allungandosi sul settore tirrenico. Si sono registrate nella Regione Emilia-Romagna nei giorni 9 e 10 settembre diffuse precipitazioni, accompagnate anche da forti raffiche di vento; nella prima parte del giorno 10, i fenomeni hanno interessato maggiormente la costa e il ferrarese<sup>13</sup>.
- a novembre 2017 dei circa 100 mm di pioggia caduti, oltre 30 mm sono caduti il giorno 7/11 e oltre 30 mm sono caduti il giorno 13/11: tra domenica 5 e martedì 7 novembre il territorio regionale è stato interessato da precipitazioni localmente intense anche a carattere nevoso sull'Appennino<sup>14</sup> che hanno avuto origine dalla presenza di una profonda saccatura, in ingresso sull'Europa occidentale, con asse sulle Isole Britanniche; tra il 12 e il 14 novembre un'ondata di maltempo ha interessato diffusamente la Regione portando copiose nevicate, anche a quote molto basse, come a Bologna città e Imola. Nel Ferrarese e sulla costa si sono verificate, inoltre, fortissime raffiche di vento che hanno causato la caduta di alberi<sup>15</sup>.

Considerando sempre le precipitazioni registrate presso la stazione urbana di Ferrara, complessivamente nel 2017, si sono registrate 29 giornate con precipitazione cumulata superiore ai 5 mm<sup>16</sup>, dato decisamente inferiore rispetto a quanto rilevato negli anni precedenti: 2016 - 46 giornate, 2015 - 34 giornate, 2014 - 44 giornate, 2013 - 42 giornate. Le giornate con precipitazioni cumulate superiori ai 10 mm, da associarsi a fenomeni temporaleschi e di perturbazioni atmosferiche a larga scala che possono avere efficacia certa nella rimozione degli inquinanti atmosferici, sono state 14 (nel 2016 erano state 30 giornate): 3 a febbraio, 4 a maggio, 3 a settembre e 2 ad ottobre e 2 a novembre.

<sup>12</sup>Per l'evento meteorologico del 7 settembre 2017 è possibile consultare il relativo rapporto disponibile al seguente sito web: [https://www.arpae.it/cms3/documenti/ cerca doc/meteo/radar/rapporti/rapporto\\_meteo\\_20170907.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/ cerca doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20170907.pdf)

<sup>13</sup>Per l'evento meteorologico del 10 settembre 2017 è possibile consultare il relativo rapporto disponibile al seguente sito web: [https://www.arpae.it/cms3/documenti/ cerca doc/meteo/radar/rapporti/rapporto\\_meteo\\_20170909-10.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/ cerca doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20170909-10.pdf)

<sup>14</sup>Per l'evento meteorologico del 7 settembre 2017 è possibile consultare il relativo rapporto disponibile al seguente sito web: [https://www.arpae.it/cms3/documenti/ cerca doc/meteo/radar/rapporti/rapporto\\_meteo\\_20171105-07.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/ cerca doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20171105-07.pdf)

<sup>15</sup>Per l'evento meteorologico del 7 settembre 2017 è possibile consultare il relativo rapporto disponibile al seguente sito web: [https://www.arpae.it/cms3/documenti/ cerca doc/meteo/radar/rapporti/rapporto\\_meteo\\_20171112-14.pdf](https://www.arpae.it/cms3/documenti/ cerca doc/meteo/radar/rapporti/rapporto_meteo_20171112-14.pdf)

<sup>16</sup> Alcune indagini, ancora preliminari, suggeriscono che le precipitazioni inizino ad operare una qualche rimozione degli inquinanti atmosferici al di sopra dei 5 mm al giorno. Tale rimozione dipende però fortemente sia dal tipo di inquinante che dalla intensità del fenomeno meteorologico (pioggia prolungata o meno, intensa o meno). Le precipitazioni superiori ai 5 mm al giorno si possono quindi considerare di una qualche efficacia nella rimozione degli inquinanti atmosferici.

### **3. Confronto PM10 e METEO**

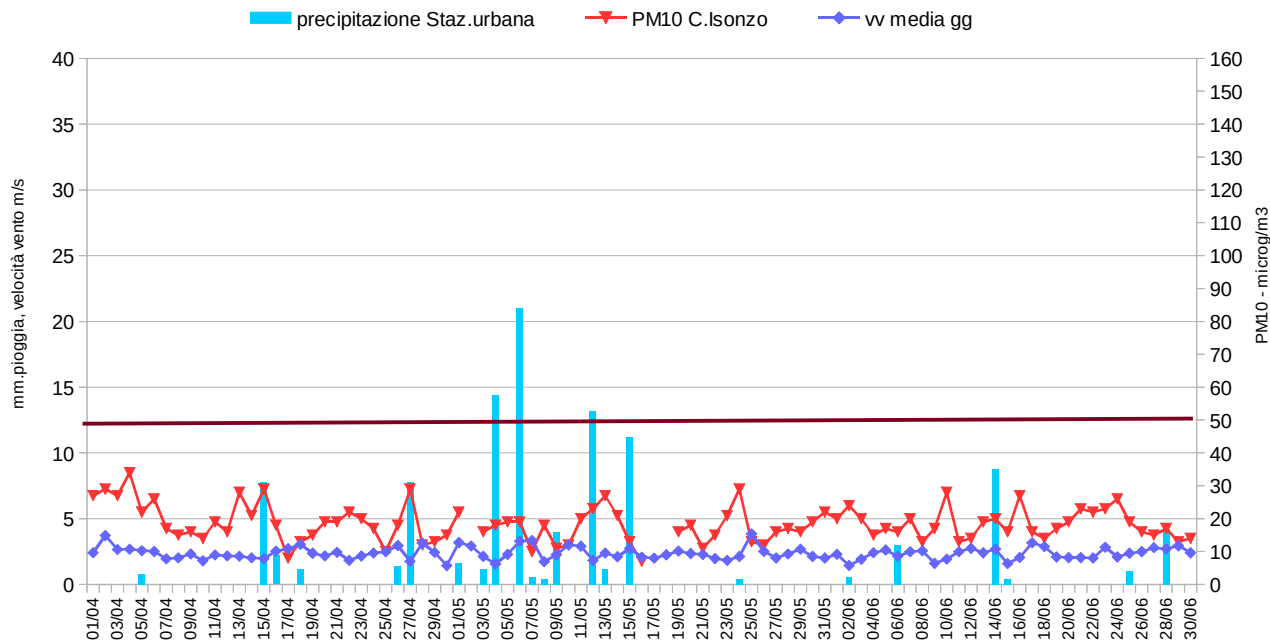
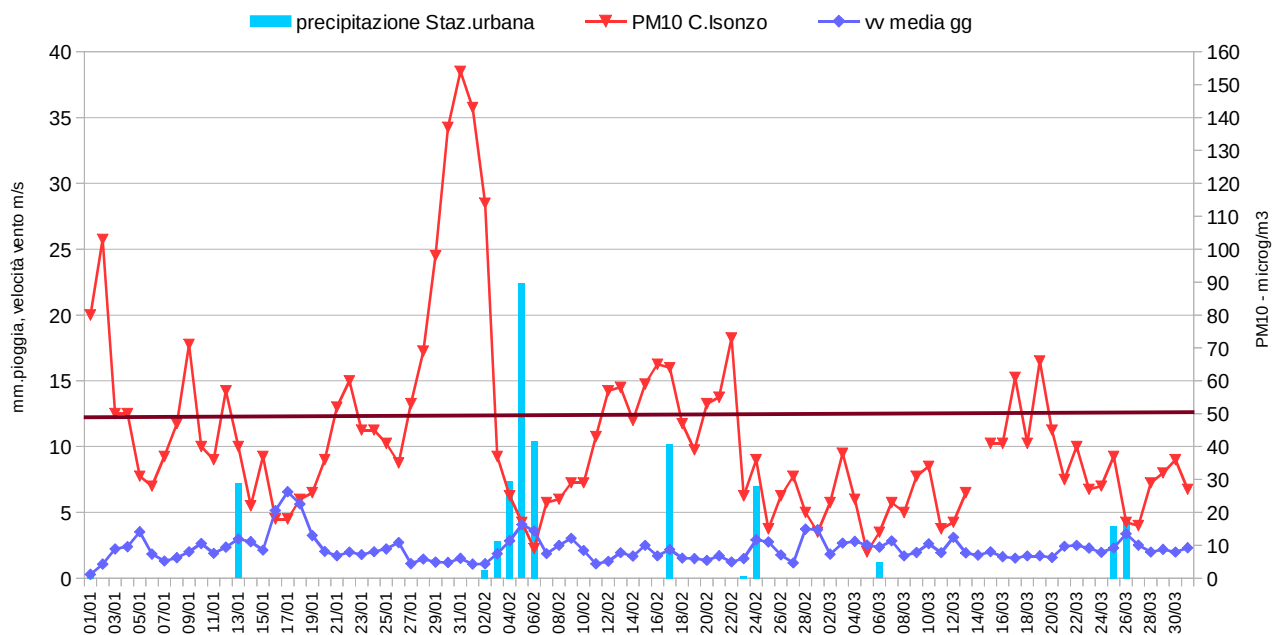
Nei grafici seguenti, relativi ai quattro trimestri dell'anno 2017, è riportato l'andamento della concentrazione giornaliera di PM10 misurata a Corso Isonzo, a confronto con due grandezze meteo potenzialmente influenti sulla concentrazione dell'inquinante: precipitazioni e ventosità.

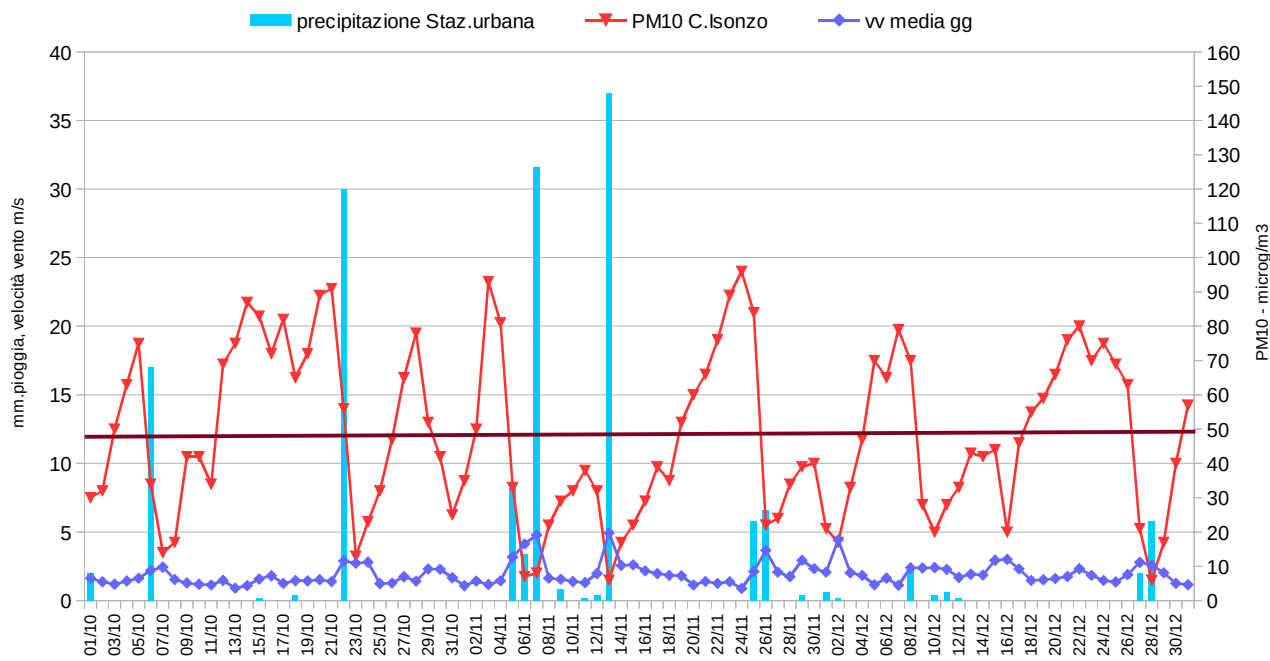
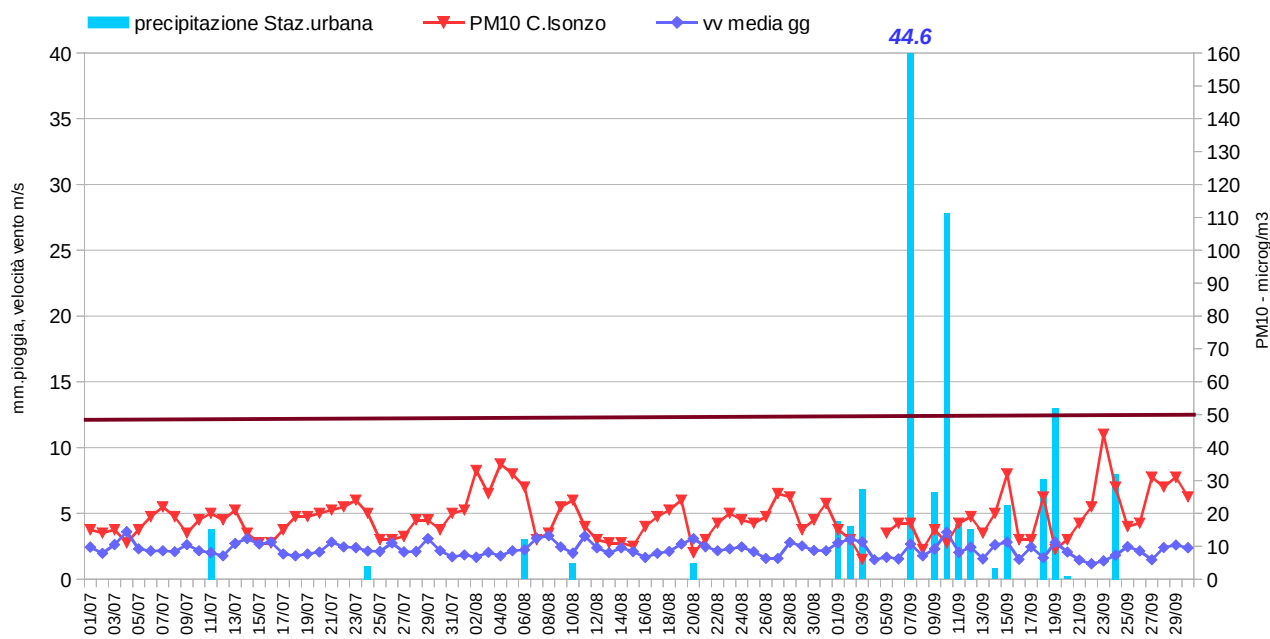
La ventosità, come già detto in precedenza è stata bassa in tutti i mesi, per un totale di 328 giorni caratterizzati da una velocità media giornaliera inferiore o uguale ai 3 m/s, di cui 147 giorni caratterizzati da una velocità media giornaliera inferiore o uguale ai 2 m/s.

L'effetto di dilavamento dell'atmosfera (e del PM10) da parte della pioggia, si può osservare nei grafici in particolare nelle giornate 4 -6 febbraio, 24 febbraio, 22 ottobre, 5-7 novembre, 25 e 26 novembre.



# PM10 a confronto con precipitazione cumulata giornaliera e vento medio - Ferrara, anno 2017





#### 4. GIORNI CRITICI

Di seguito sono riportati alcuni dati meteorologici utili a valutare il numero di giorni critici, ovvero favorevoli all'accumulo del PM10 d'inverno e alla formazione di Ozono d'estate, per ogni mese dell'anno per la città urbana di Ferrara.

Per “**giornate favorevoli all'accumulo di PM10**” si intendono quei giorni in cui l'indebolirsi della turbolenza nei bassi strati dell'atmosfera determina condizioni di stagnazione. Segnatamente si tratta di giorni in cui si verificano contemporaneamente due condizioni:

- l'indice di ventilazione (definito come il prodotto fra altezza media dello strato rimescolato e intensità media del vento) è inferiore a  $800 \text{ m}^2/\text{s}$ ;
- le precipitazioni sono assenti ( $< 0.3 \text{ mm}$ ).

L'indice è stato messo a punto dal Servizio Idro-Meteo-Clima di ARPAE<sup>17</sup>, che ha selezionato le soglie applicando il metodo statistico degli alberi di classificazione, calibrato con i valori di PM10 misurati. Si noti che l'indicatore non tiene conto della direzione del vento e potrebbe perciò rivelarsi poco significativo sulla fascia costiera o in presenza di fonti emissive puntuali, condizioni in cui la direzione del vento incide particolarmente sull'accumulo o la dispersione degli inquinanti.

I mesi invernali sono i più critici per l'accumulo di particolato atmosferico, in particolare a causa delle condizioni meteorologiche (stagnazione negli strati bassi dell'atmosfera) e dell'elevato utilizzo di riscaldamento e automobili.

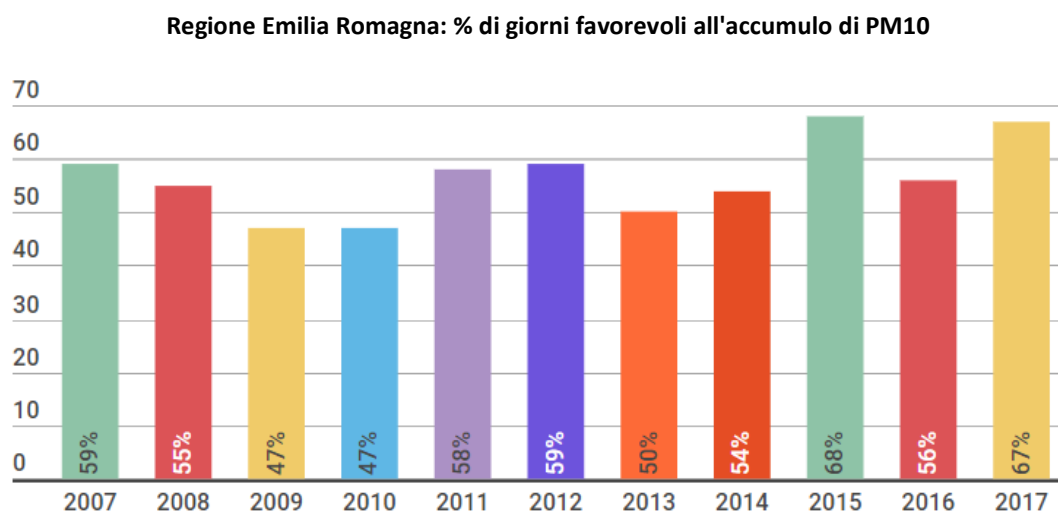
A scala regionale, nel 2017 le condizioni meteorologiche sono state particolarmente sfavorevoli alla qualità dell'aria. Sia nella prima parte dell'anno (gennaio e febbraio), sia nella stagione autunnale (ottobre e novembre), si sono verificati lunghi periodi con condizioni di alta pressione, assenza di precipitazioni e scarsa ventilazione: questo ha determinato un numero particolarmente elevato di giornate con condizioni favorevoli all'accumulo degli inquinanti, con valori simili a quello registrati nel 2015 e tra i più alti della serie storica.

In particolare, negli ultimi giorni di gennaio, la Pianura Padana è stata interessata da un episodio di inquinamento eccezionalmente intenso, con valori di PM10 prossimi a  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nelle stazioni urbane e fino a  $175 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in quelle di fondo rurale. L'episodio è stato dovuto alla concomitanza di una serie di fattori meteorologici, e ha fatto sì che in diverse stazioni siano stati superati i valori massimi della serie storica.

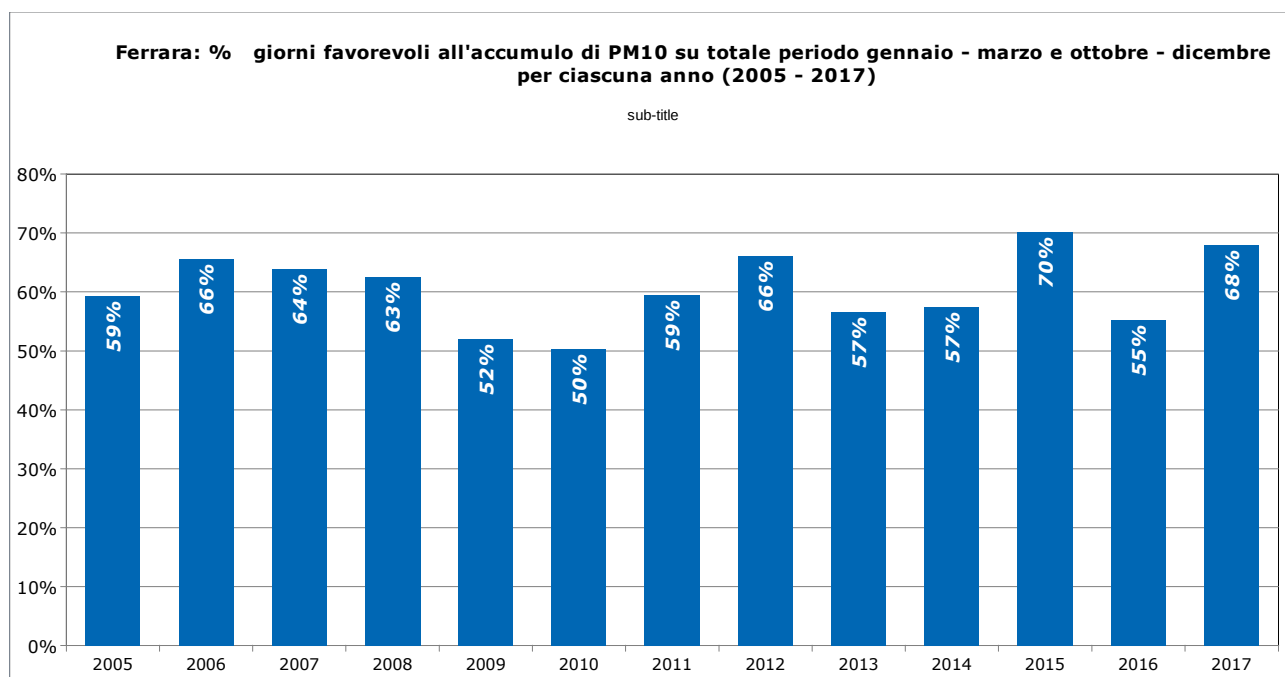
Anche la stagione estiva è stata caratterizzata da temperature particolarmente elevate e precipitazioni molto scarse: il numero di giorni favorevoli alla formazione di ozono è stato tra i più alti dal 2003 e in linea con quello registrato nel 2012 (vedi grafico 3), anno nel quale 28 stazioni superarono la soglia per la protezione della salute.

<sup>17</sup> L'indice è stato calcolato utilizzando il dataset meteorologico LAMA (Limited Area Meteorological Analysis) che viene implementato a partire da simulazioni operative del modello meteorologico COSMO e da osservazioni della rete meteorologica internazionale (dati GTS). COSMO è un modello meteorologico ad area limitata (dominio  $2000 \times 2000 \text{ km}^2$ ), non idrostatico, attualmente sviluppato dai servizi meteorologici di Germania, Svizzera, Italia, Grecia e Polonia, raggruppati nel consorzio COSMO. E' il modello di riferimento italiano per le previsioni del tempo a breve termine. Il dataset LAMA copre un'area di  $1200 \times 1200 \text{ km}^2$ , corrispondente alla parte centrale del dominio di COSMO.

Nella figura che segue è riportata per la Regione Emilia Romagna la % di giorni favorevoli (per le condizioni meteo) all'accumulo di PM10; % calcolata sul totale dei giorni del periodo gennaio-marzo e ottobre-dicembre per ciascun anno (2007-2017).



Il grafico relativo alla percentuale di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 sul totale dei giorni del periodo invernale da gennaio a marzo e da ottobre a dicembre per il comune di Ferrara, è coerente con quello riportato per la Regione.



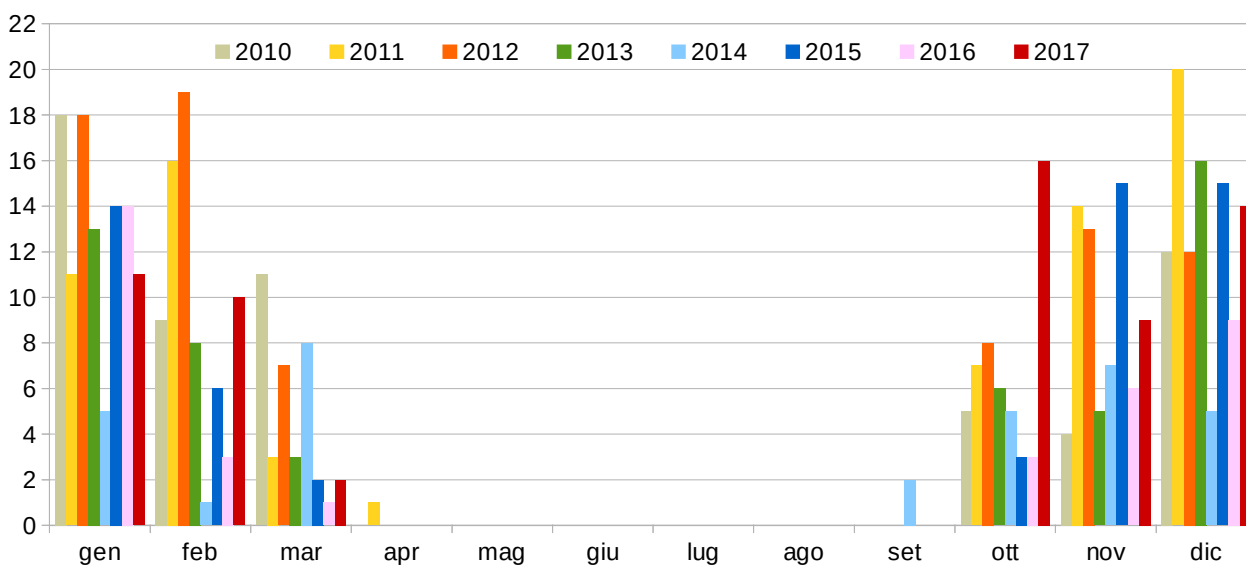
Dai grafici del numero dei superamenti mensili e delle medie di PM10 mensili calcolate per la stazione di Corso Isonzo, si osserva:

- un rilevante aumento del numero dei superamenti del limite giornaliero di PM10 rispetto al 2016 e nel complesso rispetto agli ultimi 4 anni: il maggior numero dei superamenti si è concentrato nei mesi di ottobre, dicembre, gennaio, febbraio e novembre;
- una media mensile di ottobre 2017 superiore rispetto alle medie registrate negli ultimi sette anni: è nel mese di ottobre che si è riscontrato il maggior numero di superamenti del limite giornaliero, con concentrazioni giornaliere misurate superiori a 70 µg/m3;
- medie mensili di febbraio, marzo e ottobre, novembre e dicembre 2017 superiori rispetto al 2016.

Nel 2017 si sono registrati a Corso Isonzo:

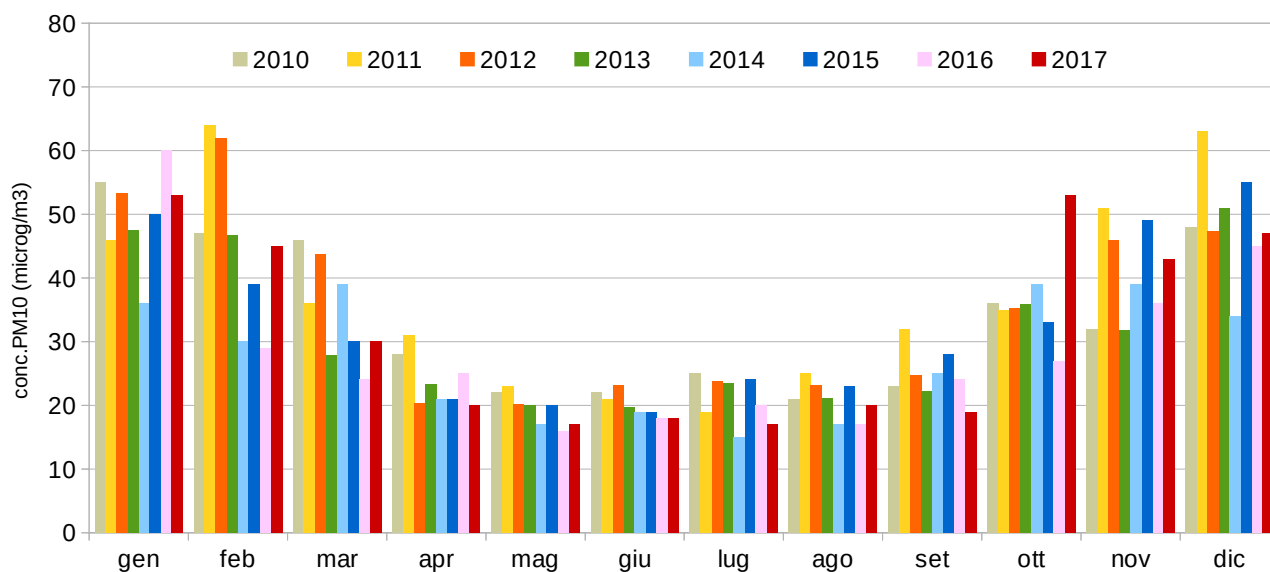
- 32 giorni con valori di concentrazione di PM10 superiore ai 70 µg/m3 (nel 2016 erano solamente 12, mentre nel 2015 erano 24);
- 5 giorni con valori di concentrazione di PM10 superiore ai 100 µg/m3: 2 nel mese di gennaio e 3 in febbraio (nel 2016, i giorni in cui si sono registrate concentrazioni medie giornaliere superiori ai 100 µg/m3 sono stati 6, di cui 5 in gennaio 2016).

#### PM10 - Corso Isonzo - Numero di superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m3 per anno



	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
num.sup/anno	74	85	97	74	66	59	72	77	51	33	55	36	62

### PM10 - Corso Isonzo - concentrazione media mensile di PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 2010-2017



Considerando l'indicatore del numero dei giorni favorevoli all'accumulo di PM10, si osserva un numero consistente nei mesi di gennaio (23), ottobre (23) e dicembre (25) seguiti, in ordine decrescente di numero, da novembre (19), febbraio (18), marzo (15).

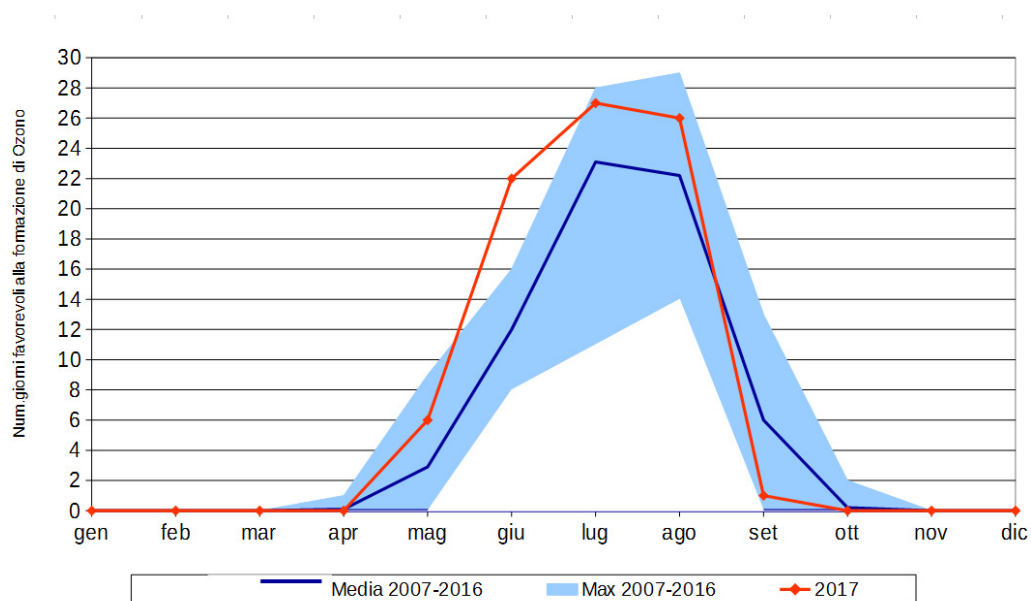
Anche per il periodo estivo è stato messo a punto l'indicatore **“giornate favorevoli alla formazione di ozono”**, ovvero giornate in cui la temperatura massima è maggiore di 29°C: in tal caso i mesi estivi di giugno, luglio e agosto sono da considerarsi mesi critici per l'inquinante in esame in quanto caratterizzati da una radiazione solare globale più intensa, da un numero maggiore di ore di insolazione diurna e da temperature elevate.

E' un indicatore molto semplice, elaborato dal Servizio Idro Meteo Clima di ARPAE, che non esaurisce certo la complessità delle interazioni tra meteorologia, chimica e trasporto dell'ozono, ma che si pone l'obiettivo di valutare la criticità del semestre estivo dal punto di vista meteorologico rispetto alla formazione di ozono nei bassi strati dell'atmosfera.

L'estate del 2017 ha presentato un maggior numero di giornate favorevoli alla formazione di ozono rispetto agli ultimi 12 anni: come illustrato nel capitolo meteo l'estate 2017 è stata un'estate estremamente calda e seccata: i mesi più critici in termini di giornate favorevoli alla formazione di ozono sono stati giugno, luglio e agosto.

Tale situazione trova riscontro nel numero dei superamenti del valore obiettivo per la salute umana ( $120 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) come evidenziato nella tabella che segue.

### Numero di giorni favorevoli alla formazione di ozono - confronto 2017 con anni precedenti - Ferrara



### Numero di giorni critici per la formazione di Ozono suddivisi per anno - Ferrara

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
num.giorni critici/anno	43	58	67	79	73	54	77	79	63	37	72	64	82

### O3 - Numero di superamenti del valore obiettivo per la salute umana (120 µg/m3) per anno

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Villa Fulvia					36	27	69	60	43	19	41	45	49
Cento						41	88	65	46	46	77	44	69
Ostellato					68	23	71	58	43	23	46	51	64
Gherardi	49	91	58	35	71	36	63	76	59		80	53	52