

RELAZIONE TECNICA PER IL COMUNE DI PADOVA

RISULTATI DEL MONITORAGGIO DI QUALITÀ DELL'ARIA 2016

ARPAV

Direttore Generale: Dott. Nicola Dell'Acqua

Dipartimento Provinciale di Padova

Direttore: Ing. Vincenzo Restaino

Progetto e realizzazione

Servizio Stato dell'Ambiente

Responsabile: Ing. Ilario Beltramin

R. Millini, E. Cosma, A. Pagano, S. Rebeschini

La presente Relazione tecnica può essere riprodotta solo integralmente. L'utilizzo parziale richiede l'approvazione scritta del Dipartimento ARPAV Provinciale di Padova e la citazione della fonte stessa.

Indice

1	Introduzione	7
2	Normativa di riferimento	10
3	Risultati	12
3.1	Biossido di Azoto	12
3.2	Ozono	13
3.3	Monossido di Carbonio	14
3.4	Biossido di Zolfo	15
3.5	Particolato PM10	15
3.6	Particolato PM2.5	16
3.7	Benzene	16
3.8	Benzo(a)pirene	17
3.9	Piombo ed elementi in tracce (As,Cd,Ni,Hg)	17
4	Commento meteorologico	20
4.1	Regime pluviometrico	20
4.2	Valutazione delle condizioni di dispersione	21
4.3	Episodi di marcata inversione termica nello strato limite (PBL)	22
4.4	Valutazione delle condizioni che favoriscono elevate concentrazioni di Ozono	24
5	Effetti sulla salute	26
6	Sintesi conclusiva	30

Elenco delle figure

1.1	Ubicazione delle centraline aria a Padova	8
2.1	Limiti di legge a mediazione di breve periodo	11
3.1	Media annuale di NO_2 a confronto con il valore limite ($\text{VL} = 40\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13
3.2	Numero di superamenti della soglia di informazione di $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ dell'ozono	14
3.3	Superamenti del valore obiettivo $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ dell'ozono vs valore obiettivo di 25 superamenti/anno, come media mobile su 3 anni	14
3.4	Numero di superamenti del limite giornaliero di $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ del PM_{10} ($\text{VL} = 35$)	15
3.5	Media annuale del PM_{10} a confronto con il limite annuale di $40\mu\text{g}/\text{m}^3$	15
3.6	Media annuale di $\text{PM}_{2.5}$ a confronto con valore limite [$25\mu\text{g}/\text{m}^3$]	16
3.7	Media annuale del Benzene a Mandria [$\text{VL} = 5\mu\text{g}/\text{m}^3$]	16
3.8	Media annuale del Benzo(a)pirene vs con il valore obiettivo [$1\text{ng}/\text{m}^3$]	17
3.9	Media annuale del Piombo a confronto con il valore limite [$0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$]	17
3.10	Media annuale dell'Arsenico a confronto con il valore obiettivo [$6\text{ng}/\text{m}^3$]	18
3.11	Media annuale del Nichel a confronto con il valore obiettivo [$20\text{ng}/\text{m}^3$]	18
3.12	Media annuale del Cadmio a confronto con il valore obiettivo [$5\text{ng}/\text{m}^3$]	18
4.1	Precipitazioni annuali a Legnaro (PD): confronto con la media annuale 2002-2015	20
4.2	Precipitazioni mensili a Legnaro (PD): confronto tra il 2016 e il periodo 2002-2015	21
4.3	Regime dispersivo a Legnaro (PD) nel biennio 2015-2016 in base alla precipitazione (sx) o al vento medio (dx)	22
4.4	Radiosondaggi alle 00 UTC dal 23 al 31 gennaio 2016 a S.Pietro Capofiume (BO)	23
4.5	Radiosondaggi alle 00 UTC dal 25 al 28 dicembre 2016 a S.Pietro Capofiume (BO)	24
4.6	Temperatura massima giornaliera favorevole alla concentrazione di Ozono a Legnaro (PD) nel periodo caldo del biennio 2015-2016	25

5.1 Profondità di penetrazione delle polveri sospese nel tratto respi- ratorio	27
---	----

Elenco delle tabelle

1.1	Centraline aria: caratteristiche e inquinanti monitorati	7
3.1	Indicatori statistici per NO ₂ , O ₃ e CO	12
3.2	Indicatori statistici per SO ₂ , particolato, benzene e benzo(a)pirene	12
3.3	Indicatori statistici dei metalli	13
4.1	Classificazione della dispersione in termini di vento o di precipi- tazione	21
4.2	Classificazione per la concentrazione di Ozono nel periodo estivo	24
6.1	Stato degli inquinanti monitorati nel 2016	31

Capitolo 1

Introduzione

Il rapporto presenta la valutazione dei livelli di inquinanti atmosferici nel Comune di Padova relativamente all'anno 2016 inserendoli nell'andamento a partire dal 2002. L'analisi è condotta mediante l'elaborazione statistica delle misure di concentrazione delle centraline fisse di monitoraggio dislocate sul territorio comunale e gestite da ARPAV. La tabella 1.1 riporta le caratteristiche delle centraline con gli inquinanti monitorati:

Stazione	Tipologia	Inquinanti monitorati
Mandria	B.U.	NO _x , NO ₂ , CO, O ₃ , PM10, PM2.5, Bap, C ₆ H ₆
Arcella	T.U.	NO _x , NO ₂ , CO, SO ₂ , PM10, Bap, Metalli
Granze	I.U.	PM10, Bap, Metalli
APS1	I.U.	NO _x , NO ₂ , CO, SO ₂ , O ₃ , PM10, PM2.5, Bap, Metalli
APS2	I.U.	NO _x , NO ₂ , CO, SO ₂ , O ₃ , PM10, PM2.5, Bap, Metalli

Tabella 1.1: Centraline aria: caratteristiche e inquinanti monitorati

Legenda a TABELLA 1.1
NO _x : ossidi di azoto. Costituiti dalla somma di Biossido di azoto (NO ₂) e Monossido di azoto (NO)
NO ₂ : biossido di azoto
CO: monossido di carbonio
SO ₂ : biossido di zolfo
O ₃ : ozono
PM10: particolato con diametro inferiore a 10 μ m
PM2.5: particolato con diametro inferiore a 2.5 μ m
Bap: Benzo(a)pirene, fa parte degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)
C ₆ H ₆ : Benzene
Metalli: Pb (Piombo) + Hg (Mercurio) + Cd (Cadmio) + Ni (Nichel) + As (Arsenico)
T.U. : stazione di traffico urbano
B.U. : stazione di fondo urbano
I.U. : stazione industriale in ambito urbano

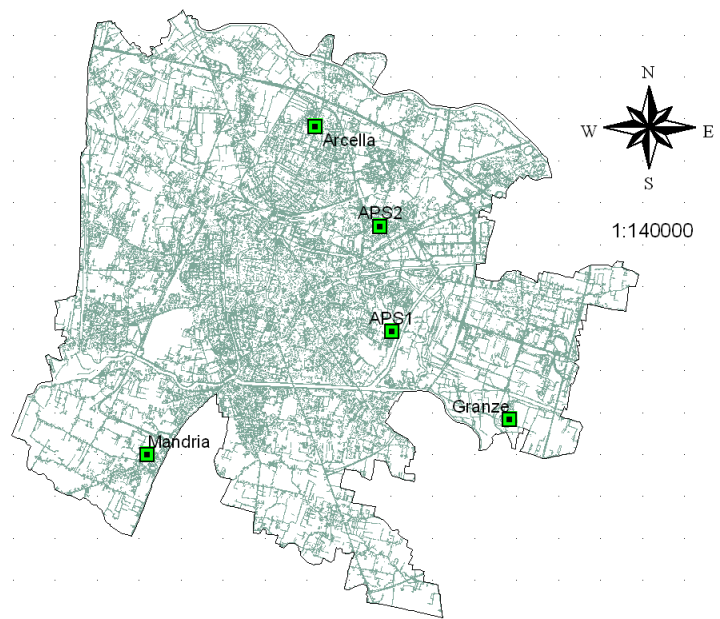


Figura 1.1: Ubicazione delle centraline aria a Padova

Arcella e Mandria sono le stazioni che rilevano gli inquinanti, gassosi e particolato, da più lunga data. In seguito alla riorganizzazione della rete regionale, a partire dal 2012 ad Arcella sono stati dismessi il monitoraggio dell'ozono e del benzene, mentre nella centralina di Mandria nel corso del 2016 sono stati dismessi il biossido di zolfo e l'analisi dei metalli. La stazione di Granze rileva, a partire dal 2006, le polveri fini e i microinquinanti veicolati dalle polveri. Le due stazioni APS, posizionate nella zona del termovalorizzatore San Lazzaro, rilevano le polveri fini e i microinquinanti dal 2009, mentre gli inquinanti gassosi sono monitorati fin dal 2002. Esse rientrano tra le attività previste da un accordo con Hestambiente per il monitoraggio delle ricadute del termovalorizzatore e non fanno parte del programma di valutazione della qualità dell'aria regionale. In figura 1.1 è indicata l'ubicazione delle centraline fisse per il monitoraggio dell'aria nel Comune di Padova.

Gli inquinanti gassosi sono misurati da analizzatori automatici in continuo, mentre per il particolato si utilizzano sia dei misuratori automatici, ad assorbimento di radiazione beta, che gravimetrici, per i quali è necessaria la pesata in laboratorio del campione. Il Benzo(a)pirene, rappresentante degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), e i metalli (Pb, As, Cd, Ni, Hg) sono determinati dalla caratterizzazione chimica in laboratorio del particolato PM10. Per il mercurio la norma prevede il monitoraggio, ma non stabilisce un valore obiettivo. Per gli altri inquinanti i valori di riferimento sono riportati nel capitolo 2.

Nel capitolo 2 è presentato il quadro di riferimento normativo per la qualità dell'aria con i limiti di legge previsti dal D.lgs. 155/2010, nel capitolo 3 sono illustrati i risultati delle elaborazioni statistiche delle misure; ad ogni inquinante è riservato un paragrafo in cui i risultati del monitoraggio sono commentati e inseriti nella serie storica a partire dal 2002. Il capitolo 4 descrive le condizioni

meteo-diffusive in base ai dati rilevati dalla stazione meteorologica di riferimento di Legnaro. Il capitolo 5 sintetizza le conclusioni dell'analisi effettuata.

Capitolo 2

Normativa di riferimento

Per tutti gli inquinanti considerati risultano in vigore i limiti individuati dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155. Gli inquinanti da monitorare e i limiti stabiliti sono rimasti invariati rispetto alla disciplina precedente, eccezion fatta per il particolato PM_{2.5}, i cui livelli nell'aria ambiente sono stati per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto. Nella Tabella seguente si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010. Per il mercurio il D. Lgs. 155/2010 prevede il monitoraggio, ma non stabilisce un valore obiettivo.

Inquinante	Nome limite	Indicatore statistico	Valore
SO₂	Limite per la protezione degli ecosistemi	Media annuale e Media invernale	20 µg/m ³
	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	500 µg/m ³
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile
	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
NO_x	Limite per la protezione della vegetazione	Media annuale	30 µg/m ³
NO₂	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	400 µg/m ³
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³
PM₁₀	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³
PM_{2.5}	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media annuale	25 µg/m ³
CO	Limite per la protezione della salute umana	Max giornaliero delle Media mobile 8h	10 mg/m ³
Pb	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	0.5 µg/m ³
BaP	Valore obiettivo	Media annuale	1.0 ng/m ³
C₆H₆	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	5.0 µg/m ³
O₃	Soglia di informazione	superamento del valore orario	180 µg/m ³
	Soglia di allarme	superamento del valore orario	240 µg/m ³
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	120 µg/m ³
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	AOT40, calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18000 µg/m ³ h da calcolare come media su 5 anni
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6000 µg/m ³ · h
Ni	Valore obiettivo	Media Annuale	20.0 ng/m ³
As	Valore obiettivo	Media Annuale	6.0 ng/m ³
Cd	Valore obiettivo	Media Annuale	5.0 ng/m ³

Figura 2.1: Limiti di legge a mediazione di breve periodo

Capitolo 3

Risultati

In questo capitolo si presentano le elaborazioni statistiche delle misure degli inquinanti atmosferici rilevati dalle stazioni ubicate nel Comune di Padova. Le tabelle seguenti riportano per ogni inquinante gli indicatori statistici rilevanti per l'anno 2016 [nd: dato non disponibile].

Sito	NO ₂	NO ₂	O ₃	O ₃	O ₃	CO
Nome stazione	Superamenti limite/h [200µg/m ³]	Media anno [40µg/m ³]	Superamenti soglia info [180µg/m ³]	Superamenti sog. allarme [240µg/m ³]	Superamenti obiettivo l.t. [120µg/m ³]	Superamenti l.p.s.u. [10mg/m ³]
Mandria	0	33	2	0	38	nd
Arcella	3	40	nd	nd	nd	0
Granze	nd	nd	nd	nd	nd	nd
APS1	0	36	0	0	11	0
APS2	0	36	0	0	20	0

Tabella 3.1: Indicatori statistici per NO₂, O₃ e CO

Sito	SO ₂	PM10	PM10	PM2.5	C ₆ H ₆	BaP
Nome stazione	Superamenti lim/giorno [125µg/m ³]	Superamento lim/giorno [50µg/m ³]	Media anno [40µg/m ³]	Media anno [25µg/m ³]	Media anno [5.0µg/m ³]	Media anno [1.0ng/m ³]
Mandria	nd	66	37	30	1.0	1.1
Arcella	0	68	36	nd	nd	1.4
Granze	nd	62	37	nd	nd	1.6
APS1	0	54	33	25	nd	1.4
APS2	0	57	33	24	nd	1.3

Tabella 3.2: Indicatori statistici per SO₂, particolato, benzene e benzo(a)pirene

Nei paragrafi successivi si commentano per ogni inquinante i risultati del monitoraggio in relazione ai limiti di legge. I parametri statistici vengono inseriti nella tendenza rilevata a partire dall'anno 2002 in modo da visualizzare, oltre al dato aggiornato al 2016, anche l'evoluzione nel corso degli ultimi anni.

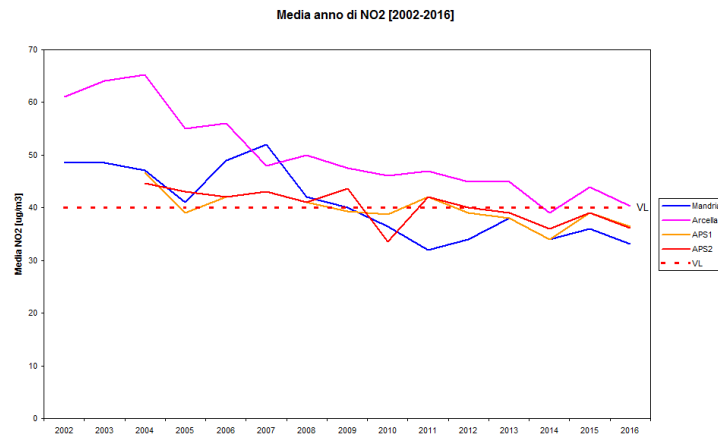
3.1 Biossido di Azoto

Il valore limite annuale di 40µg/m³ è stato raggiunto ad Arcella, mentre Mandria, APS1 e APS2, registrano valori inferiori al 2015 e al limite (figura 3.1). Il

Sito	Pb	As	Ni	Cd	Hg
Nome stazione	Media anno [$0.5\mu g/m^3$]	Media anno [$6.0ng/m^3$]	Media anno [$20ng/m^3$]	Media anno [$5ng/m^3$]	Media anno [ng/m^3]
Mandria	nd	nd	nd	nd	nd
Arcella	0.008	0.6	2.7	0.4	<1
Granze	0.016	0.7	5.9	0.5	<1
APS1	0.007	0.6	2.1	0.4	<1
APS2	0.007	0.6	2.1	0.4	<1

Tabella 3.3: Indicatori statistici dei metalli

valore limite orario di $200\mu g/m^3$ non è stato superato in nessuna stazione. La stazione di traffico di Arcella si conferma la più critica per questo inquinante, pur evidenziando, in accordo con le altre stazioni, un trend in calo nella serie dal 2002.

Figura 3.1: Media annuale di NO_2 a confronto con il valore limite ($VL = 40\mu g/m^3$)

In ambito urbano questo inquinante, fortemente connesso con le emissioni dei processi di combustione, permane comunque su livelli critici.

3.2 Ozono

La soglia di allarme ($240\mu g/m^3$), definita come livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata, non è stata superata nel 2016. La soglia di informazione ($180\mu g/m^3$), definita come livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana, in caso di esposizione di breve durata e limitatamente ad alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione, è stata superata due volte a Mandria (figura 3.2).

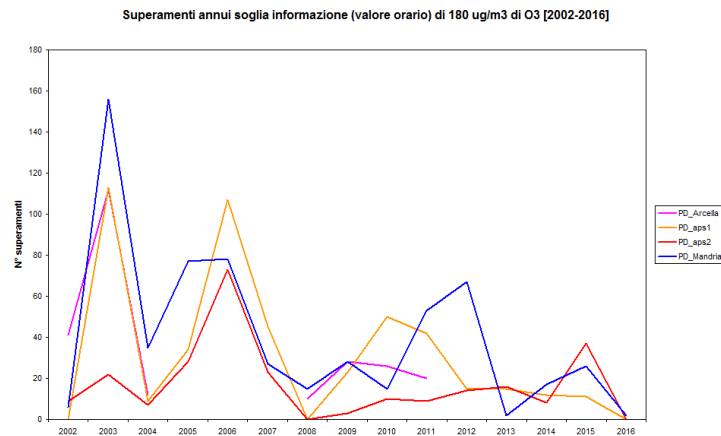


Figura 3.2: Numero di superamenti della soglia di informazione di $180\mu g/m^3$ dell'ozono

Il DLgs n.155/2010 fissa anche gli obiettivi a lungo termine per la protezione di salute umana e vegetazione, in termini di concentrazione di ozono. L'obiettivo in tal caso è che il numero di volte in cui il massimo della media mobile giornaliera (su 8 ore) in un anno supera $120\mu g/m^3$ sia inferiore (come media triennale) a 25 volte (figura 3.3).

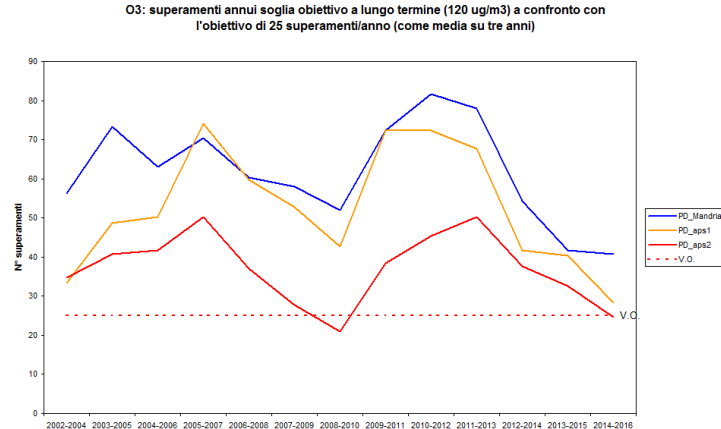


Figura 3.3: Superamenti del valore obiettivo $120\mu g/m^3$ dell'ozono vs valore obiettivo di 25 superamenti/anno, come media mobile su 3 anni

La figura 3.3 evidenzia un trend in diminuzione dal 2011/2012.

3.3 Monossido di Carbonio

Le concentrazioni di monossido di carbonio (CO) rilevate nel 2016 non destano preoccupazione: nei punti di campionamento non ci son stati superamenti del limite di $10mg/m^3$ (valore massimo giornaliero su medie mobili di 8 ore).

3.4 Biossido di Zolfo

Per il biossido di zolfo (SO_2) non vi sono superamenti né della soglia di allarme ($500\mu g/m^3$), né del valore limite orario ($350\mu g/m^3$) o giornaliero ($125\mu g/m^3$). Si conferma pertanto un inquinante primario non critico, anche grazie alle sostanziali modifiche dei combustibili avvenute negli ultimi decenni.

3.5 Particolato PM10

Nel 2016 si sono registrati in tutte le stazioni più di 35 superamenti del limite giornaliero di $50\mu g/m^3$, con massimo di 68 a Arcella (figura 3.4).

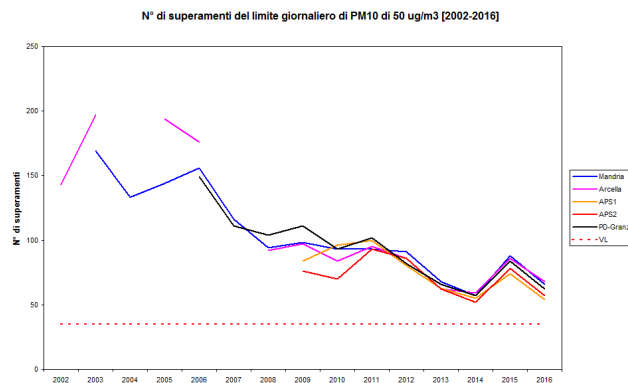


Figura 3.4: Numero di superamenti del limite giornaliero di $50\mu g/m^3$ del PM10 ($VL = 35$)

In termini di superamenti del valore limite annuale, il 2016 segue la tendenza degli ultimi anni, eccettuato il 2015. La concentrazione media annua del 2016 risulta inferiore al limite di $40\mu g/m^3$ (figura 3.5) in tutte le stazioni.

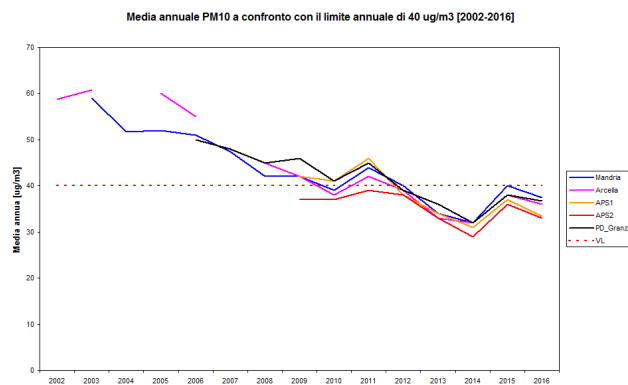


Figura 3.5: Media annuale del PM10 a confronto con il limite annuale di $40\mu g/m^3$

3.6 Particolato PM2.5

E' la frazione di polveri di diametro aerodinamico inferiore a $2.5\mu m$, in grado di giungere fino al tratto inferiore dell'apparato respiratorio. Il D.Lgs.155/2010 inserisce il PM2.5 tra gli inquinanti per i quali è previsto un valore limite ($25\mu g/m^3$), inteso come media annua (figura 3.6). I valori medi registrati nel 2016 sono leggermente inferiori alla media 2007-2015, ma restano su valori critici, in particolare a Mandria con un valore medio di $30\mu g/m^3$ e in APS1 e APS2 rispettivamente di $25\mu g/m^3$ e $24\mu g/m^3$.

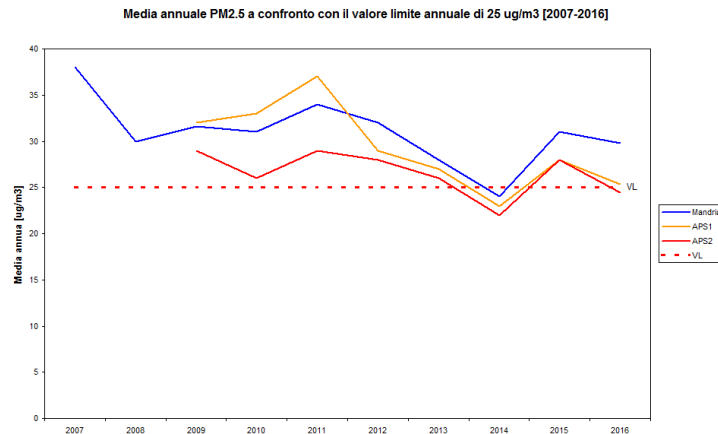


Figura 3.6: Media annuale di PM2.5 a confronto con valore limite [$25\mu g/m^3$]

3.7 Benzene

Mandria registra una media annua di $1.1\mu g/m^3$, inferiore al valore limite di $5.0\mu g/m^3$, confermando un trend in calo, con valori medi annui inferiori a $2\mu g/m^3$ (figura 3.7) dal 2012.

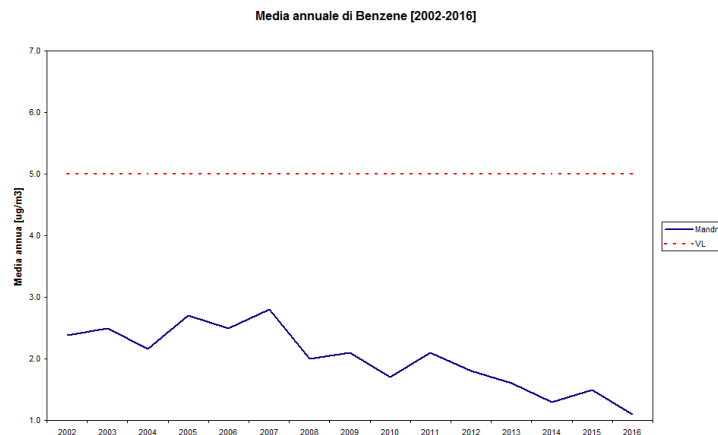


Figura 3.7: Media annuale del Benzene a Mandria [$VL = 5\mu g/m^3$]

3.8 Benzo(a)pirene

La figura 3.8 riporta le medie annuali di benzo(a)pirene determinate in laboratorio sul PM10. Nel 2016 si registrano superamenti del valore obiettivo $1.0\text{ng}/\text{m}^3$, e in generale in linea con l'andamento medio storico.

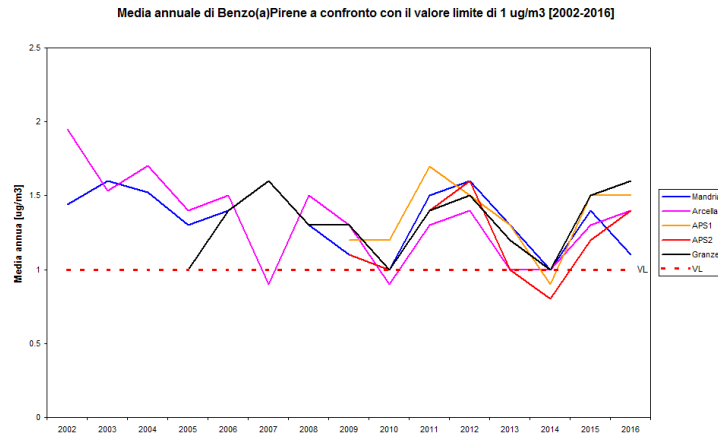


Figura 3.8: Media annuale del Benzo(a)pirene vs con il valore obiettivo [$1\text{ng}/\text{m}^3$]

3.9 Piombo ed elementi in tracce (As,Cd,Ni,Hg)

Si rilevano concentrazioni medie in linea con il trend degli ultimi anni, cioè molto inferiori al valore limite di $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il Piombo (figura 3.9) e ai valori obiettivo di $6\text{ng}/\text{m}^3$ per l'Arsenico (figura 3.10), $20\text{ng}/\text{m}^3$ per il Nichel (figura 3.11) e $5\text{ng}/\text{m}^3$ per il Cadmio (figura 3.12).

Per il mercurio il D.Lgs. 155/2010 prevede il monitoraggio, ma non un valore obiettivo da rispettare. Le concentrazioni medie annuali rilevate nel 2016 risultano comunque sempre inferiori al limite di rilevabilità di $1.0\text{ng}/\text{m}^3$.

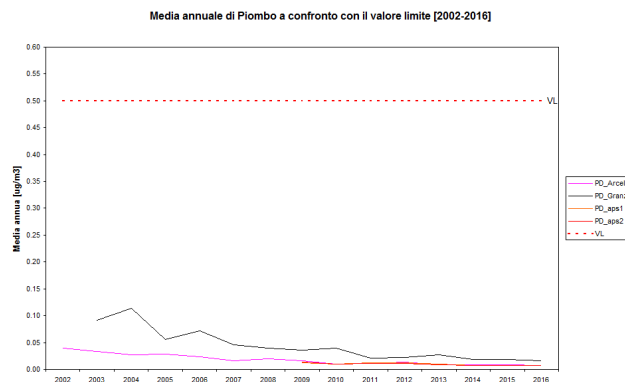
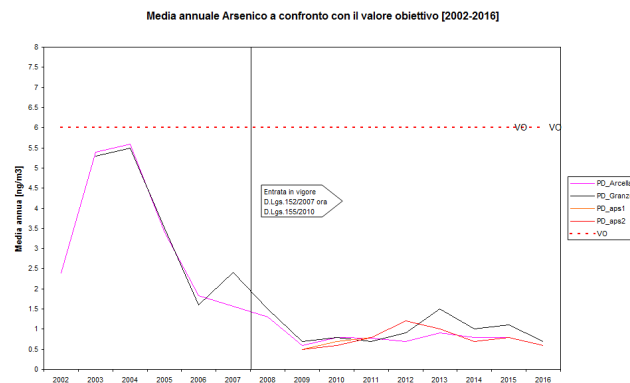
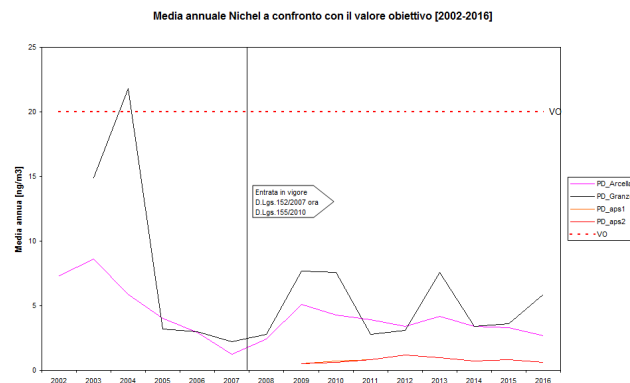
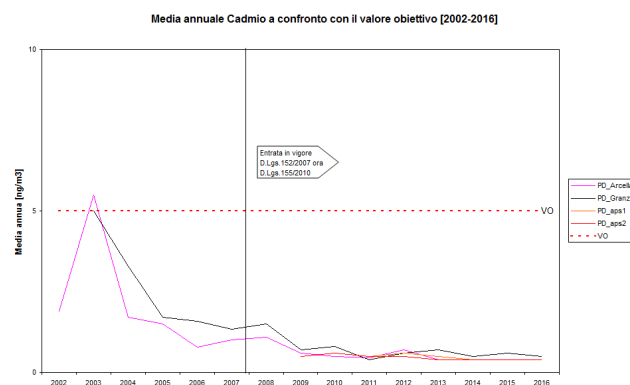


Figura 3.9: Media annuale del Piombo a confronto con il valore limite [$0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Figura 3.10: Media annuale dell'Arsenico a confronto con il valore obiettivo [$6ng/m^3$]Figura 3.11: Media annuale del Nichel a confronto con il valore obiettivo [$20ng/m^3$]Figura 3.12: Media annuale del Cadmio a confronto con il valore obiettivo [$5ng/m^3$]

Dagli andamenti di questi parametri si nota come per alcuni siti e in anni anteriori al 2005, i valori siano piuttosto elevati, anche superiori al valore limite.

Al riguardo si precisa che i dati antecedenti al 2007 sono tuttavia da considerarsi come misurazioni indicative, basate su obiettivi di qualità meno severi di quelli attuali, poiché l'obbligo di monitorarli, e i rispettivi valori limite, sono stati introdotti dal D.Lgs. 152/2007, abrogato e sostituito dal D.Lgs. 155/2010.

Capitolo 4

Commento meteorologico

La concentrazione di inquinanti in atmosfera è influenzata dalle condizioni meteorologiche: alta pressione e assenza di vento favoriscono il ristagno e l'aumento delle concentrazioni, mentre bassa pressione, ventilazione e precipitazioni, ne favoriscono la dispersione e rimozione, con conseguente diminuzione delle stesse. Per una disamina completa di tutti gli aspetti connessi si rimanda alla Relazione regionale della qualità dell'aria 2016 pubblicata sul sito arpav.¹

4.1 Regime pluviometrico

Considerando i dati registrati dalla stazione meteorologica di Legnaro (Servizio Meteorologico di Teolo, Arpav), il 2016 è stato un anno piuttosto piovoso, con cumulata annuale superiore alla media 2002-2015 (fig 4.1).

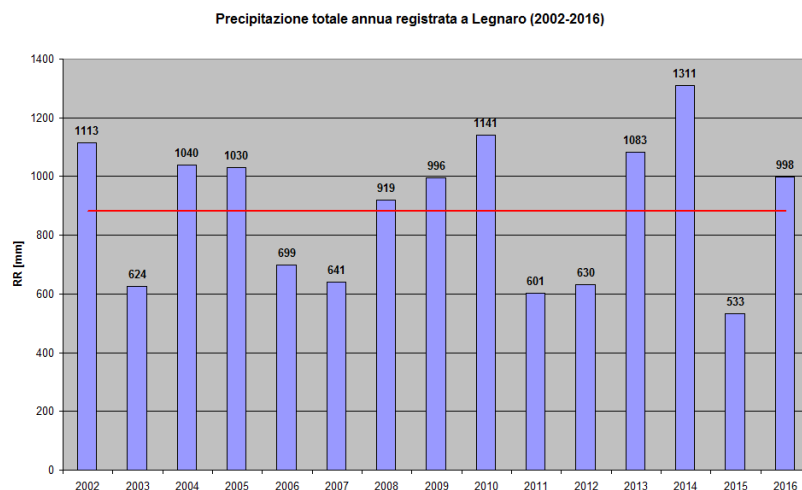


Figura 4.1: Precipitazioni annuali a Legnaro (PD): confronto con la media annuale 2002-2015

¹Consulta il documento [Relazione regionale QA 2016](#)

La media mensile di precipitazione del 2016 è di $83mm$, contro una media di $74mm$ dal 2002, con precipitazione nulla nel mese di dicembre ma valori decisamente superiori alla media nei mesi di febbraio, maggio-giugno e ottobre-novembre. In figura 4.2 si riporta il confronto tra la precipitazione mensile del 2016 (barre) e la media mensile di precipitazione 2002-2015 (linea continua).

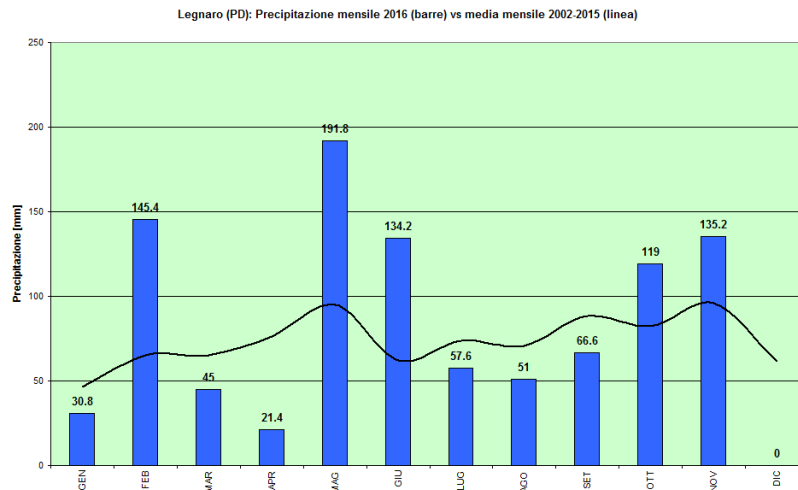


Figura 4.2: Precipitazioni mensili a Legnaro (PD): confronto tra il 2016 e il periodo 2002-2015

L'abbondanza di precipitazioni ha influito indubbiamente sul numero di superamenti del limite giornaliero di PM_{10} , in tutte le stazioni in evidente diminuzione rispetto al più siccitoso 2015.

4.2 Valutazione delle condizioni di dispersione

In analogia a quanto fatto nella Relazione Regionale della Qualità dell'Aria, di seguito si valutano le condizioni di dispersione negli anni 2015 e 2016, tramite diagrammi che riportano la percentuale di giornate più o meno favorevoli in funzione dei valori riportati in tabella 4.1 e ispirati a quelli della succitata relazione regionale. I due parametri, vento medio giornaliero e precipitazione giornaliera, sono da intendersi come separati in quanto l'informazione deducibile dall'analisi congiunta dei due, dà risultati simili all'analisi solo del vento (la percentuale di giorni con precipitazione in un anno è molto ridotta alle nostre latitudini, per cui il parametro vento risulta essere preponderante in un'analisi incrociata di vento e precipitazione), mascherando quindi l'influenza della precipitazione.

Classe	Valore di vento [V]	Valore di precipitazione [RR]
Poco dispersiva	$V \leq 1.5m/s$	$RR \leq 1mm$
Abbastanza dispersiva	$1.5 < V \leq 3m/s$	$1 < RR \leq 6mm$
Molto dispersiva	$V > 3m/s$	$RR > 6mm$

Tabella 4.1: Classificazione della dispersione in termini di vento o di precipitazione

Figura 4.3 riporta i diagrammi del periodo più critico ai fini dell'inquinamento di PM10, cioè il periodo di sei mesi - non consecutivi - formato dal primo trimestre dell'anno (gennaio-marzo) e dall'ultimo trimestre (ottobre-dicembre).

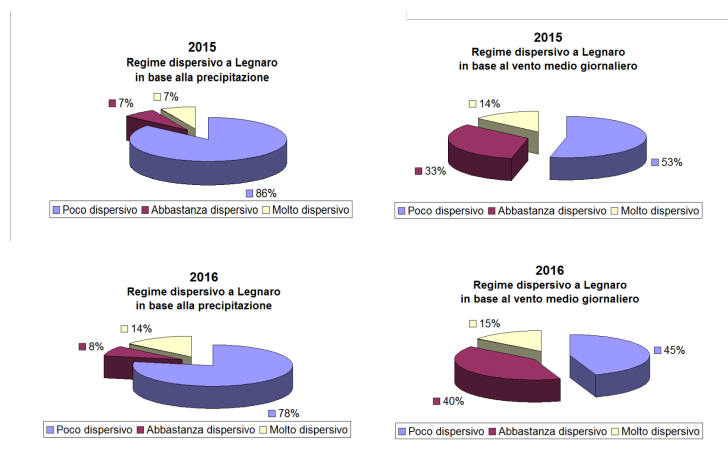


Figura 4.3: Regime dispersivo a Legnaro (PD) nel biennio 2015-2016 in base alla precipitazione (sx) o al vento medio (dx)

Dal confronto fra i due anni considerati si nota per il 2016 sia un aumento considerevole della percentuale di situazioni abbastanza favorevoli alla dispersione in termini di vento medio giornaliero che un aumento delle situazioni molto favorevoli alla dispersione in termini di precipitazione. In altri termini, il 2016 ha registrato, relativamente al vento e alle precipitazioni, condizioni molto più favorevoli alla dispersione degli inquinanti rispetto al 2015.

4.3 Episodi di marcata inversione termica nello strato limite (PBL)

Un ulteriore fattore a sfavore della dispersione degli inquinanti è la presenza nei bassi strati dell'atmosfera, all'interno dello strato limite planetario, di condizioni di inversione termica, specie se marcata e per periodi prolungati.

Pur risultando, rispetto al 2015, un anno meno caratterizzato da situazioni di ristagno degli inquinanti nei bassi strati, anche il 2016 registra alcuni episodi particolarmente critici in termini di persistenza di valori di concentrazioni di particolato atmosferico. In particolare, si individuano due episodi, uno dal 23 al 31 gennaio e l'altro tra il 24 e il 31 dicembre 2016. Si tratta di episodi che hanno riguardato estesamente tutta la provincia di Padova con valori molto superiori al valore limite giornaliero, pari a $50\mu\text{g}/\text{m}^3$. Inoltre, essendo le polveri sottili inquinanti prevalentemente secondari valutabili in termini di bacino padano, non riconducibili ad un'unica fonte o sottoarea di inquinamento potenziale, si riportano alcuni esempi di inversione in corrispondenza ai due episodi sopra citati, come deducibili dai radiosondaggi di San Pietro Capofiume (BO)².

²Consulta il sito [RS](#)

Evento 23-31 gennaio 2016

Nel periodo indicato la serie dei profili termici di San Pietro Capofiume (fig 4.4) mostra la presenza costante di un esteso strato di inversione nei primi 300m di atmosfera. In corrispondenza, i valori di concentrazione di PM10 registrati a Padova si sono mantenuti mediamente tra $90 - 210 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con valori di picco tra $175 - 209 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati il 26 gennaio.

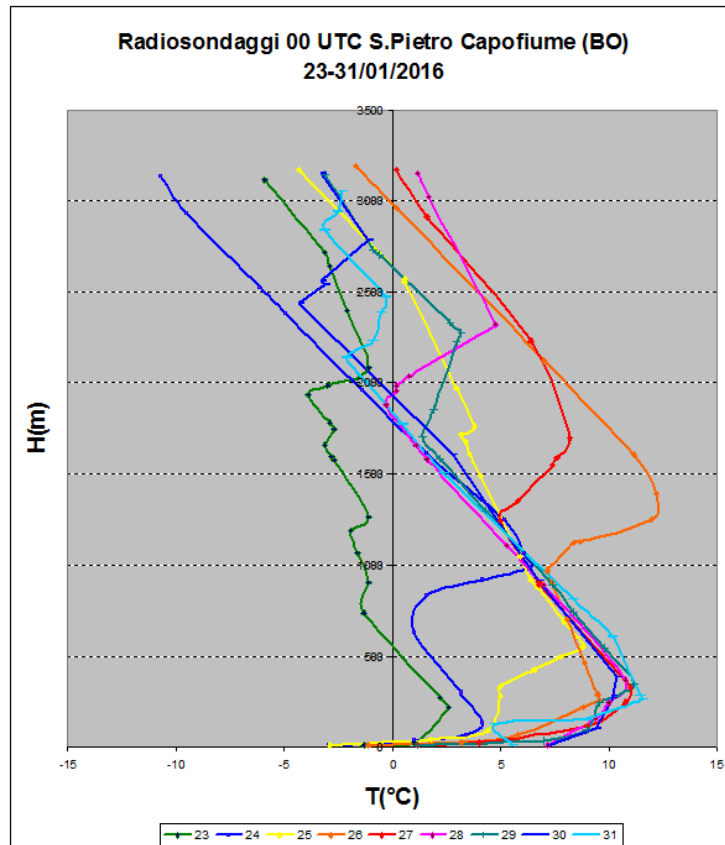


Figura 4.4: Radiosondaggi alle 00 UTC dal 23 al 31 gennaio 2016 a S. Pietro Capofiume (BO)

Evento 24-31 dicembre 2016

Nella sequenza giornaliera di fig 4.5, relativa a dicembre 2016, si nota la presenza costante di uno strato di inversione entro i primi 300m di atmosfera. In corrispondenza, i valori di concentrazione di PM10 registrati a Padova si sono mantenuti mediamente tra $74 - 125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con picchi di $91 - 125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il 27 dicembre.

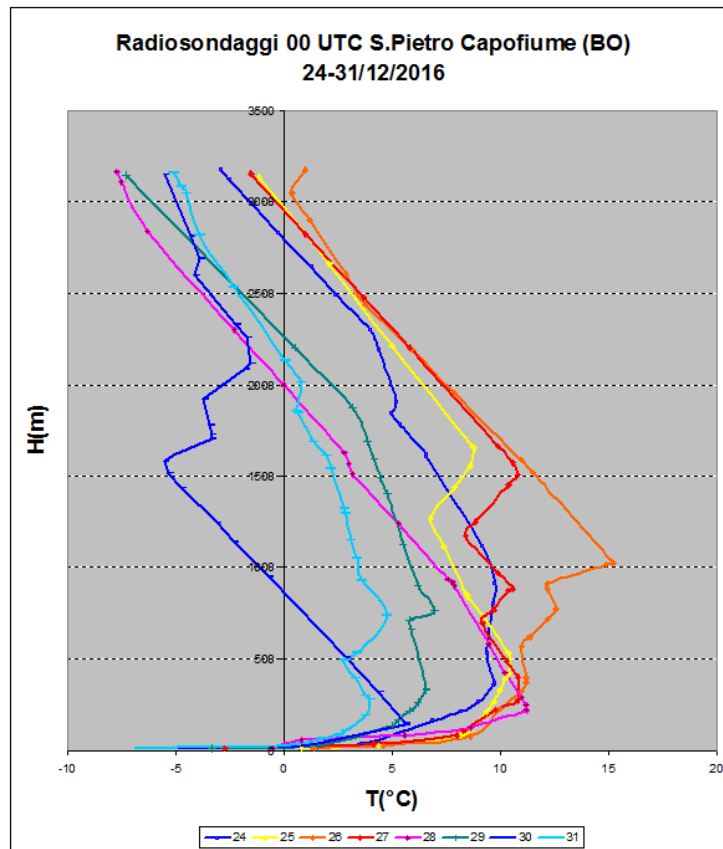


Figura 4.5: Radiosondaggi alle 00 UTC dal 25 al 28 dicembre 2016 a S.Pietro Capofiume (BO)

Entrambe le sequenze, in sintesi, evidenziano la presenza di un marcato e duraturo strato di inversione entro il PBL e in particolare al di sotto dei 500m di altitudine, esteso alla pianura Padana, in corrispondenza al quale le concentrazioni delle polveri sono salite a valori molto superiori ai limiti di legge.

4.4 Valutazione delle condizioni che favoriscono elevate concentrazioni di Ozono

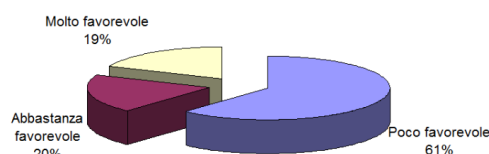
Poiché più la temperatura è elevata più è probabile la formazione di ozono, si può effettuare una valutazione delle condizioni ad essa favorevoli in funzione della temperatura. Le classi utilizzate sono quelle riportate in tabella 4.2.

Classe	Valore di temperatura massima giornaliera [Tx]
Poco favorevole	$T \leq 28^{\circ}C$
Abbastanza favorevole	$28 < T \leq 32^{\circ}C$
Molto favorevole	$T > 32^{\circ}C$

Tabella 4.2: Classificazione per la concentrazione di Ozono nel periodo estivo

La figura seguente (fig 4.6) illustra i diagrammi relativi al periodo estivo degli anni 2015 e 2016 con la percentuale di giorni più o meno favorevoli alla formazione di ozono.

Temperatura massima giornaliera favorevole alla concentrazione di Ozono
a Legnaro nel semestre caldo 2015



Temperatura massima giornaliera favorevole alla concentrazione di Ozono
a Legnaro nel semestre caldo 2016

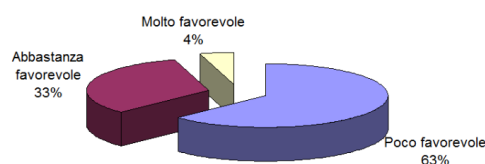


Figura 4.6: Temperatura massima giornaliera favorevole alla concentrazione di Ozono a Legnaro (PD) nel periodo caldo del biennio 2015-2016

Dal confronto tra il 2015 e il 2016 la differenza più marcata è nella percentuale di giorni con condizioni molto favorevoli alla formazione di Ozono, praticamente ridotta ad un quinto nel 2016. Occorre tuttavia sottolineare che nel processo di formazione dell'ozono intervengono numerose sostanze chimiche che interagiscono in modo complesso con la radiazione solare. L'aspetto legato alla temperatura è quindi solo uno tra quelli coinvolti nel processo.

Capitolo 5

Effetti sulla salute

Questo capitolo ha lo scopo di offrire una sintesi delle principali conoscenze riguardanti gli effetti sulla salute degli inquinanti atmosferici. Per maggiori approfondimenti si segnala il Quaderno edito dalla rivista Epidemiologia e Prevenzione: “Inquinamento Atmosferico e Salute Umana” che descrive in dettaglio l’esperienza del progetto EpiAir2.

Le emissioni di **biossido di zolfo** (SO_2) di origine antropica, dovute prevalentemente all’utilizzo di combustibili solidi e liquidi, sono strettamente correlate al contenuto di zolfo, sia come impurezze, sia come costituenti nella formulazione molecolare del combustibile (oli). A causa dell’elevata solubilità in acqua, SO_2 viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e dal tratto superiore dell’apparato respiratorio (solo piccolissime quantità riescono a raggiungere la parte più profonda dei polmoni). Fra gli effetti acuti sono compresi un aumento delle secrezioni mucose, bronchite, tracheite, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratoria negli asmatici. Fra gli effetti a lungo termine sono da ricordare le alterazioni della funzionalità polmonare e l’aggravamento delle bronchiti croniche, dell’asma e dell’enfisema. I gruppi più sensibili sono costituiti dagli asmatici e dai bronchitici.

Gas incolore e inodore, il **monossido di carbonio** (CO), viene prodotto dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio. Le fonti antropiche sono costituite dagli scarichi delle automobili, dal trattamento e dallo smaltimento dei rifiuti, dalle industrie e dalle raffinerie di petrolio, dalle fonderie. CO raggiunge facilmente gli alveoli polmonari e il sangue dove compete con l’ossigeno per il legame con l’emoglobina (riducendo notevolmente la capacità di trasporto dell’ossigeno ai tessuti). Gli effetti sanitari sono essenzialmente riconducibili ai danni causati dall’ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. I gruppi più sensibili sono gli individui con malattie cardiache e polmonari, gli anemici e le donne in stato di gravidanza.

L’**ozono** (O_3) è un inquinante ‘secondario’ che si forma in seguito alle reazioni fotochimiche che coinvolgono inquinanti precursori prodotti dai processi di combustione (NO_x , idrocarburi, aldeidi). Le concentrazioni ambientali di O_3 tendono pertanto ad aumentare durante i periodi caldi e soleggiati dell’anno. Nell’arco della giornata, i livelli di ozono risultano tipicamente bassi al mattino, raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare. Il bersaglio principale dell’ozono è l’apparato respiratorio.

Il **biossido di azoto** (NO_2) è un gas caratterizzato ad alte concentrazioni da un odore pungente. Le fonti antropiche, rappresentate da tutte le reazioni di combustione, riguardano principalmente gli autoveicoli, le centrali termoelettriche e il riscaldamento domestico. Gli effetti acuti comprendono infiammazione delle mucose e diminuzione della funzionalità polmonare. Gli effetti a lungo termine includono l'aumento dell'incidenza delle malattie respiratorie e la maggiore suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali. I gruppi a maggior rischio sono costituiti dagli asmatici e dai bambini.

Le **polveri sospese** in atmosfera sono costituite da un insieme estremamente eterogeneo di sostanze la cui origine può essere primaria (emesse come tali) o secondaria (derivata da reazioni chimico-fisiche successive alla fase di emissione). Una caratterizzazione esauriente del particolato atmosferico si basa oltre che sulla misura della concentrazione e l'identificazione delle specie chimiche coinvolte anche sulla valutazione della dimensione media delle particelle. Quelle di dimensioni inferiori a $10\mu m$ hanno un tempo medio di vita (permanenza in aria) che varia da pochi giorni fino a diverse settimane e possono essere veicolate dalle correnti atmosferiche anche per lunghe distanze. La dimensione media delle particelle determina il grado di penetrazione nell'apparato respiratorio e la conseguente pericolosità per la salute umana, come illustra la seguente figura (¹):

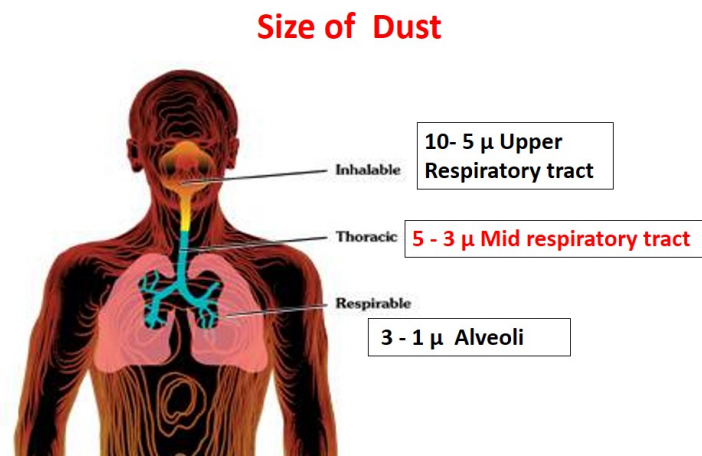


Figura 5.1: Profondità di penetrazione delle polveri sospese nel tratto respiratorio

Il monitoraggio ambientale del particolato con diametro inferiore a $10\mu m$ (PM10) può essere considerato un indice della concentrazione di particelle in grado di penetrare nel torace (frazione inalabile). A sua volta il PM2.5 (con diametro inferiore a $2.5\mu m$) rappresenta la frazione in grado di raggiungere la parte più profonda dei polmoni (frazione respirabile). Per valutare gli effetti sulla salute è, quindi, molto importante la determinazione delle dimensioni e della composizione chimica del particolato atmosferico. Le dimensioni determinano il

¹Consulta l' [articolo](#)

grado di penetrazione all'interno del tratto respiratorio mentre le caratteristiche chimiche influenzano la capacità di reagire con altre sostanze inquinanti (quali ad esempio IPA, metalli pesanti, SO_2).

Le polveri PM10 che si depositano nel tratto superiore o extratoracico (cavità nasali, faringe, laringe) possono causare effetti irritativi locali quali secchezza e infiammazione. Le polveri PM2.5 che riescono a raggiungere la parte più profonda del polmone (bronchi e bronchioli) possono causare un aggravamento delle malattie respiratorie croniche (asma, bronchite ed enfisema). Le fonti antropiche di polveri atmosferiche sono rappresentate essenzialmente dalle attività industriali, dagli impianti di riscaldamento e dal traffico veicolare.

Gli **idrocarburi policiclici aromatici (IPA)** sono una classe di idrocarburi la cui composizione è data da due o più anelli benzenici condensati. La classe degli IPA è perciò costituita da un insieme piuttosto eterogeneo di sostanze, caratterizzate da differenti proprietà tossicologiche. Gli IPA sono composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico; derivano principalmente dai processi di combustione incompleta dei combustibili fossili, e si ritrovano quindi nei gas di scarico degli autoveicoli e nelle emissioni degli impianti termici, delle centrali termoelettriche, degli inceneritori, ma non solo. Gli idrocarburi policiclici aromatici sono molto spesso associati alle polveri sospese. In questo caso la dimensione delle particelle del particolato aerodisperso rappresenta il parametro principale che condiziona l'ingresso e la deposizione nell'apparato respiratorio e quindi la relativa tossicità. E' accertato il potere cancerogeno di tutti gli IPA e tra questi anche del **benzo(a)pirene (BaP)** a carico delle cellule del polmone (il BaP è inserito nel gruppo 1 della classificazione IARC -International Association of Research on Cancer, cioè tra le sostanze con accertato potere cancerogeno sull'uomo). Poiché è stato evidenziato che la relazione tra B(a)P e gli altri IPA, detto profilo IPA, è relativamente stabile nell'aria delle diverse città, la concentrazione di B(a)P viene spesso utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali.

Il **benzene** (C_6H_6) è un idrocarburo liquido, incolore e dotato di un odore caratteristico. In ambito urbano gli autoveicoli rappresentano la principale fonte di emissione: in particolare, circa l'85% è immesso nell'aria per combustione nei gas di scarico mentre il restante 15% per evaporazione del combustibile dal serbatoio e dal motore e durante le operazioni di rifornimento. L'intossicazione di tipo acuto dovuta a concentrazioni molto elevate è causa di effetti sul sistema nervoso centrale. Fra gli effetti a lungo termine sono note le interferenze sul processo emopoietico (produzione del sangue) e l'induzione della leucemia nei lavoratori maggiormente esposti. Il benzene è stato inserito da International Agency for Research on Cancer (IARC) nel gruppo 1, cioè tra le sostanze che hanno un accertato potere cancerogeno sull'uomo.

Alla categoria dei **metalli pesanti** appartengono circa 70 elementi. Tra i più rilevanti da un punto di vista sanitario-ambientale quelli 'regolamentati' da una specifica normativa sono: il **Piombo (Pb)**, l'**Arsenico (As)**, il **Cadmio (Cd)**, il **Nichel (Ni)** e il **Mercurio (Hg)**. Le fonti antropiche responsabili dell'incremento della quantità naturale di metalli sono l'attività mineraria, le fonderie e le raffinerie, la produzione energetica, l'incenerimento dei rifiuti e l'attività agricola. I metalli pesanti sono diffusi in atmosfera con le polveri (le cui dimensioni e composizione chimica dipendono fortemente dalla tipologia della sorgente). La principale fonte di inquinamento atmosferico da piombo nelle aree

urbane era un tempo costituita dagli scarichi dei veicoli alimentati con benzina ‘rossa super’ (il piombo tetraetile veniva usato come additivo antidetonante). Le altre fonti antropiche sono rappresentate dai processi di combustione, di estrazione e lavorazione dei minerali che contengono Pb, dalle fonderie, dalle industrie ceramiche e dagli inceneritori di rifiuti. I gruppi sensibili maggiormente a rischio sono i bambini e le donne in gravidanza.

Capitolo 6

Sintesi conclusiva

Il 2016 risulta caratterizzato da livelli di inquinamento complessivamente inferiori al 2015, molto probabilmente grazie a condizioni meteorologiche favorevoli ad un maggior dilavamento dell'atmosfera rispetto all'anno immediatamente precedente. Di seguito si richiamano sinteticamente i risultati delle analisi effettuate.

Biossido di zolfo e monossido di carbonio non hanno evidenziato nessun superamento dei valori limite previsti dal Dlgs. 155/2010, confermandosi inquinanti non critici.

Il particolato **PM10**, pur in diminuzione rispetto all'anno precedente, permane su livelli critici con superamento in tutte le stazioni della soglia obiettivo di 35 superamenti annui del valore limite giornaliero. La media di concentrazione annua nel 2016 si mantiene al di sotto del valore limite.

Il **PM2.5**, pur registrando nel 2016 valori medi inferiori rispetto al 2015, si mantiene su livelli critici con una media a Mandria decisamente superiore al valore limite previsto e valori medi ad APS1 e APS2 sostanzialmente coincidenti con il valore limite.

Il **biossido di azoto** risulta in linea con l'andamento medio degli ultimi anni, permanendo un inquinante su livelli critici in ambito urbano.

Per quanto riguarda l'**ozono**, per il 2016 si son registrati due superamenti della soglia d'informazione a Mandria. Inoltre, in termini di numero di superamenti del valore obiettivo di 25 superamenti all'anno (come media mobile su tre anni), si conferma un trend in calo negli ultimi anni.

Nel 2016 la stazione di Mandria rileva una media annuale di **benzene** sensibilmente inferiore al valore limite e in progressivo calo negli ultimi anni.

Per il **benzo(a)pirene** non si osservano variazioni sostanziali rispetto agli ultimi anni, rimanendo un inquinante critico, con superamenti del valore obiettivo in tutte le stazioni.

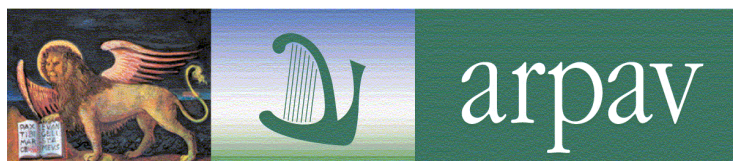
I **Metalli** confermano per il 2016 il trend degli ultimi anni, con livelli ampiamente inferiori ai rispettivi valori limite o obiettivo.

La tabella seguente sintetizza graficamente lo stato al 2016 per ogni inquinante monitorato, indipendentemente dalla stazione di misura. Rappresenta quindi una valutazione complessiva dell'inquinamento sul territorio comunale.

INDICATORE DI QUALITA' DELL'ARIA	STATO 2016
Biossido di Zolfo (SO ₂)	
Monossido di Carbonio (CO)	
Ozono (O ₃)	
Biossido di Azoto (NO ₂)	
Polveri fini (PM ₁₀)	
Polveri fini (PM _{2.5})	
Benzo(a)pirene (IPA)	
Benzene (C ₆ H ₆)	
Piombo (Pb)	
Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni), Mercurio (Hg)	

Tabella 6.1: Stato degli inquinanti monitorati nel 2016

SIMBOLO	GIUDIZIO
	Positivo
	Intermedio
	Negativo



DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PADOVA

Via Ospedale 24, 35121 Padova

tel.: 049 8227801 - fax: 049 8227810

e-mail: dappd@arpa.veneto.it