

RELAZIONE TECNICA
PER IL
COMUNE DI PADOVA

RISULTATI DEL MONITORAGGIO
DI
QUALITÀ DELL'ARIA 2015

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. Dalla Fontana, 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	6
2	Normativa di riferimento	9
3	Risultati	11
3.1	Biossido di Azoto	12
3.2	Ozono	12
3.3	Monossido di Carbonio	13
3.4	Biossido di Zolfo	14
3.5	Particolato PM10	14
3.6	Particolato PM2.5	15
3.7	Benzene	15
3.8	Benzo(a)pirene	16
3.9	Piombo ed elementi in tracce (Arsenico, Cadmio, Nichel e Mercurio)	16
4	Commento meteorologico	19
4.1	Regime pluviometrico	19
4.2	Valutazione delle condizioni di dispersione	20
4.3	Episodi di marcata inversione termica nello strato limite (PBL) .	21
4.4	Valutazione delle condizioni che favoriscono elevate concentrazioni di Ozono	23
5	Effetti sulla salute	25
6	Sintesi conclusiva	29

Elenco delle figure

1.1	Ubicazione delle centraline aria a Padova	7
2.1	Limiti di legge a mediazione di breve periodo	10
3.1	Media annuale di NO_2 a confronto con il valore limite vigente (linea orizzontale tratteggiata)	12
3.2	Numero di superamenti della soglia di informazione di $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ dell'ozono	13
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	13
3.4	Numero di superamenti del limite giornaliero di $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ del PM_{10} ($VL = 35$)	14
3.5	Media annuale del PM_{10} a confronto con il limite annuale di $40\mu\text{g}/\text{m}^3$	14
3.6	Media annuale di $\text{PM}_{2.5}$ a confronto con valore limite ($25\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15
3.7	Media annuale del Benzene a Mandria	15
3.8	Media annuale del Benzo(a)pirene a confronto con il valore obiettivo	16
3.9	Media annuale del Piombo a confronto con il valore limite	17
3.10	Media annuale dell'Arsenico a confronto con il valore obiettivo	17
3.11	Media annuale del Nichel a confronto con il valore obiettivo	17
3.12	Media annuale del Cadmio a confronto con il valore obiettivo	18
4.1	Precipitazioni annuali a Legnaro (PD): confronto con la media annuale 2002-2014	19
4.2	Precipitazioni mensili a Legnaro (PD): confronto tra il 2015 e il periodo 2002-2014	20
4.3	Regime dispersivo a Legnaro (PD) nel biennio 2014-2015 in base alla precipitazione (sx) o al vento medio (dx)	21
4.4	Radiosondaggi alle 00 UTC dal 8 al 11 gennaio 2015 a S.Pietro Capofiume (BO)	22
4.5	Radiosondaggi alle 00 UTC dal 17 al 20 dicembre 2015 a Linate (MI)	23
4.6	Temperatura massima giornaliera favorevole alla concentrazione di Ozono a Legnaro (PD) nel periodo caldo del biennio 2014-2015	24
5.1	Profondità di penetrazione delle polveri sospese nel tratto respiratorio	26

Elenco delle tabelle

1.1	Centraline aria: caratteristiche e inquinanti monitorati	6
2.1	Limiti di legge a mediazione di lungo periodo	9
3.1	Indicatori statistici per NO ₂ , O ₃ , CO e SO ₂	11
3.2	Indicatori statistici per particolato, benzene e benzo(a)pirene . . .	11
3.3	Indicatori statistici dei metalli	12
4.1	Classificazione della dispersione in termini di vento o di precipi- tazione	20
4.2	Classificazione per la concentrazione di Ozono nel periodo estivo	23
6.1	Stato degli inquinanti monitorati nel 2015	30

Capitolo 1

Introduzione

Il rapporto presenta la valutazione dei livelli di inquinanti atmosferici nel Comune di Padova relativamente all'anno 2015 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, SO ₂ , O ₃ , PM10, PM2.5, Bap, C ₆ H ₆ , Metalli
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

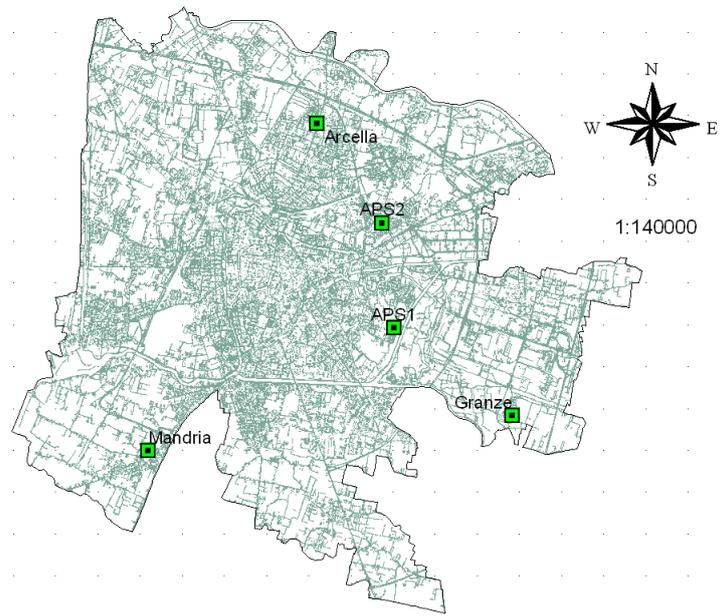


Figura 1.1: Ubicazione delle centraline aria a Padova

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. 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 APS-Acegas per il monitoraggio delle ricadute del termovalorizzatore e non fanno parte del programma di valutazione della qualità dell'aria regionale.

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. In figura 1.1 è indicata l'ubicazione delle centraline fisse per il monitoraggio dell'aria nel Comune di Padova.

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 PM2.5, i cui livelli nell'aria ambiente sono stati per la prima volta regolamentati in Italia con detto decreto. Nelle Tabelle seguenti si riportano, per ciascun inquinante, i limiti di legge previsti dal D.Lgs. 155/2010, suddivisi in limiti di legge a mediazione di lungo e breve periodo.

Inquinante	Tipologia	Valore
NO ₂	Valore limite annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM10	Valore limite annuale	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM2.5	Valore limite annuale	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Piombo	Valore limite annuale	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Arsenico	Valore obiettivo (media su anno civile)	6 ng/m^3
Cadmio	Valore obiettivo (media su anno civile)	5.0 ng/m^3
Nichel	Valore obiettivo (media su anno civile)	20.0 ng/m^3
Benzene	Valore limite annuale	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo (media su anno civile)	1.0 ng/m^3

Tabella 2.1: Limiti di legge a mediazione di lungo periodo

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 <u>24</u> 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 <u>3</u> 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 <u>18</u> 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 <u>35</u> volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³
PM2.5	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 <u>25</u> 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 2015 [nd: dato non disponibile].

Sito	NO ₂	NO ₂	O ₃	O ₃	O ₃	CO	SO ₂
Nome stazione	Superamento limite/h [200µg/m ³]	Media anno (µg/m ³)	Superamento soglia info [180µg/m ³]	Superamento sog. allarme [240µg/m ³]	Superamento obiettivo lungo termine [120µg/m ³]	Superamento limite prot. salute umana (media mobile/8h)	Superamento limite giorno [125µg/m ³]
Mandria	0	36	26	0	53	nd	0
Arcella	0	44	nd	nd	nd	0	0
Granze	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
APS1	0	39	11	0	54	0	0
APS2	0	39	37	0	39	0	0

Tabella 3.1: Indicatori statistici per NO₂, O₃, CO e SO₂

Sito	PM10	PM10	PM2.5	C ₆ H ₆	BaP
Nome stazione	Superamento limite giorno	media anno (µg/m ³)	media anno (µg/m ³)	media anno (µg/m ³)	media anno (ng/m ³)
Mandria	88	40	31	1.5	1.4
Arcella	86	38	nd	nd	1.3
Granze	84	38	nd	nd	1.5
APS1	74	37	28	nd	1.5
APS2	78	36	28	nd	1.2

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

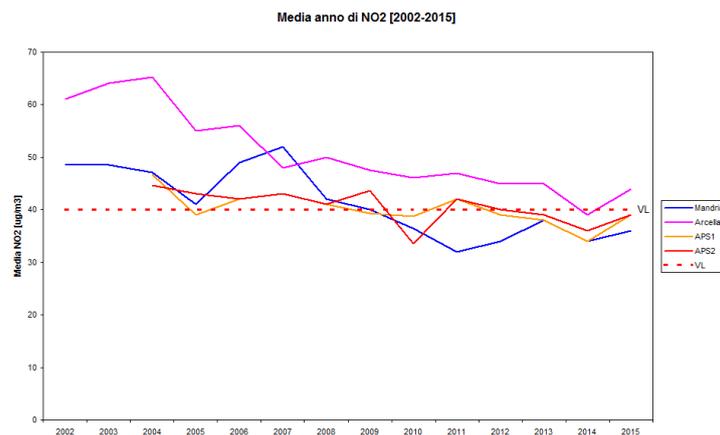
Nei paragrafi successivi si commentano per ogni inquinante i risultati del monitoraggio in relazione ai limiti di legge. I parametri statistici vengono inseriti nella tendenza rilevata a partire dall'anno 2002 in modo da visualizzare, oltre al dato aggiornato al 2015, anche l'evoluzione nel corso degli ultimi anni.

Sito	Pb	As	Ni	Cd	Hg
Nome stazione	media anno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	media anno (ng/m^3)			
Mandria	0.008	0.8	3.0	0.4	<1
Arcella	0.009	0.8	3.3	0.4	<1
Granze	0.018	1.1	3.6	0.6	<1
APS1	0.008	0.8	2.3	0.4	<1
APS2	0.007	0.8	2.6	0.4	<1

Tabella 3.3: Indicatori statistici dei metalli

3.1 Biossido di Azoto

Il valore limite annuale di $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato superato ad Arcella, mentre Mandria, APS1 e APS2, pur registrando valori superiori al 2014, hanno rilevato valori inferiori al limite (figura 3.1). Il valore limite orario di $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ non è stato superato. La stazione di traffico di Arcella si conferma la più critica per questo inquinante, pur evidenziando, come le altre stazioni, un trend in calo dal 2002.

Figura 3.1: Media annuale di NO_2 a confronto con il valore limite vigente (linea orizzontale tratteggiata)

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 ($240\mu\text{g}/\text{m}^3$), 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 2015. La soglia di informazione ($180\mu\text{g}/\text{m}^3$), 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 più volte rispetto al 2014 presso APS2 e Mandria (figura 3.2). APS2 registra il maggior numero di superamenti, cioè 37.

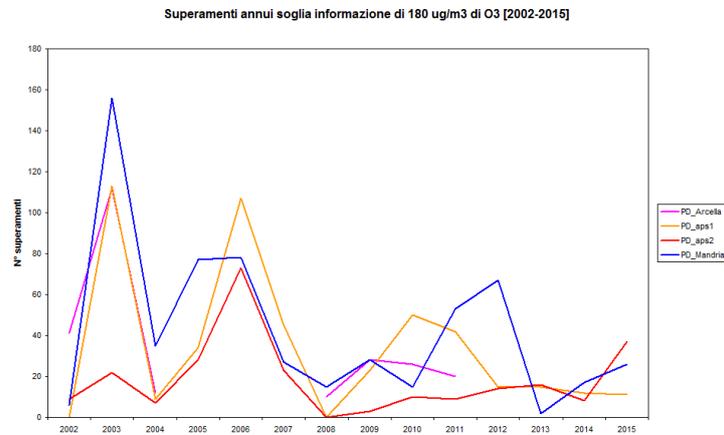


Figura 3.2: Numero di superamenti della soglia di informazione di $180\mu g/m^3$ dell'ozono

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).

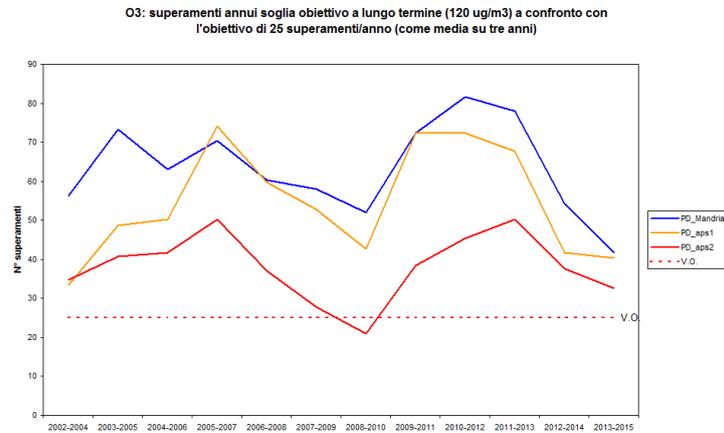


Figura 3.3: Superamenti del valore obiettivo $120\mu g/m^3$ dell'ozono vs valore obiettivo di 25 superamenti/anno, come media mobile su 3 anni

La figura 3.3 evidenzia una sostanziale assenza di trend nel numero di superamenti in tutto il periodo analizzato.

3.3 Monossido di Carbonio

Le concentrazioni di monossido di carbonio (CO) rilevate nel 2015 non destano preoccupazione: nei punti di campionamento non ci son stati superamenti del

limite di $10\text{mg}/\text{m}^3$ (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 ($500\mu\text{g}/\text{m}^3$), né del valore limite orario ($350\mu\text{g}/\text{m}^3$) o giornaliero ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$). Si conferma pertanto un inquinante primario non critico, anche grazie alle sostanziali modifiche dei combustibili avvenute negli ultimi decenni.

3.5 Particolato PM10

Nel 2015 si sono registrati in tutte le stazioni più di 35 superamenti del limite giornaliero di $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, con massimo di 88 a Mandria (figura 3.4).

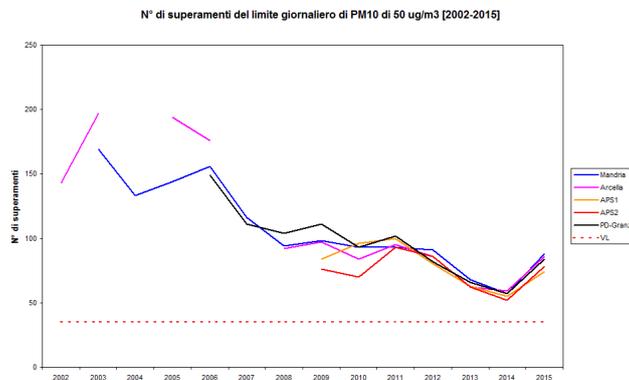


Figura 3.4: Numero di superamenti del limite giornaliero di $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ del PM10 ($VL = 35$)

In termini di superamenti il 2015 è in controtendenza rispetto agli ultimi anni, tuttavia la concentrazione media annua è risultata per lo più inferiore, al più uguale nel caso di Mandria, al limite di $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ (figura 3.5).

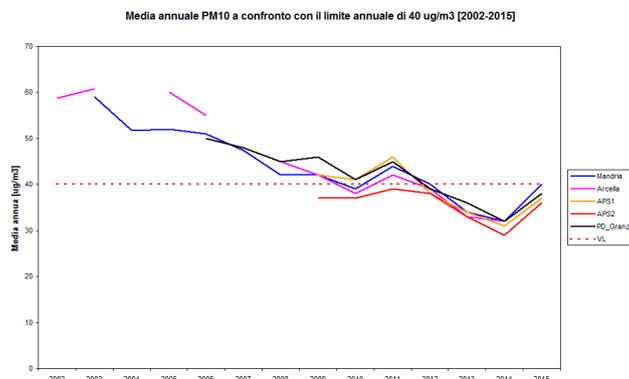


Figura 3.5: Media annuale del PM10 a confronto con il limite annuale di $40\mu\text{g}/\text{m}^3$

3.6 Particolato PM2.5

Il particolato PM2.5 è quella frazione delle 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 annuale (figura 3.6). Per il 2015 non si osservano sostanziali variazioni rispetto alla media 2007-2014).

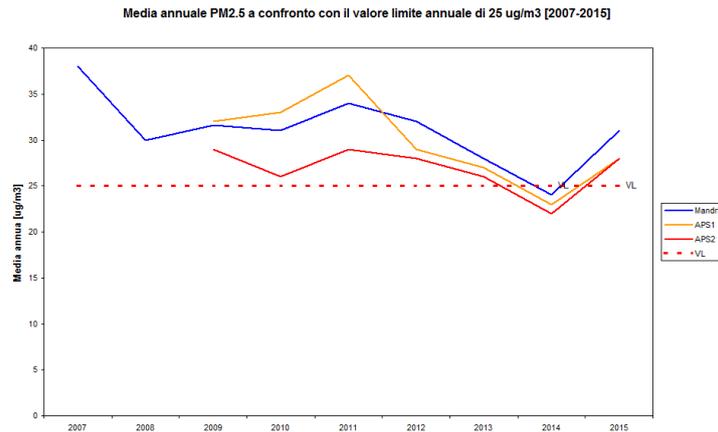


Figura 3.6: Media annuale di PM2.5 a confronto con valore limite ($25\mu g/m^3$)

3.7 Benzene

La stazione di Mandria rileva una media annuale di $1.5\mu g/m^3$, sensibilmente inferiore al valore limite di $5.0\mu g/m^3$. Negli ultimi anni il livello di questo inquinante si è stabilizzato su valori intorno a $1 \div 2\mu g/m^3$ (figura 3.7).

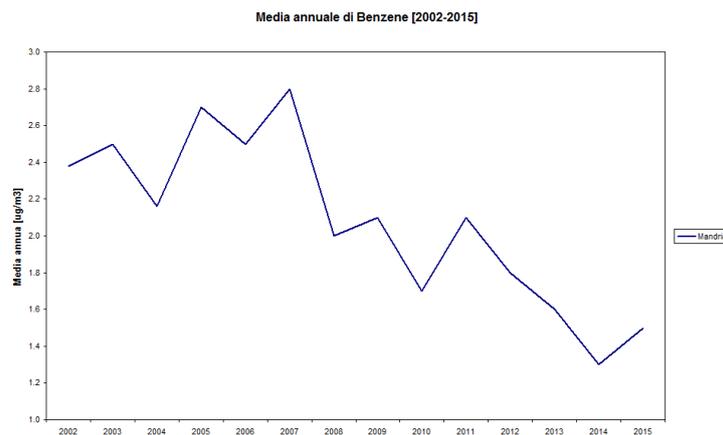


Figura 3.7: Media annuale del Benzene a Mandria

3.8 Benzo(a)pirene

Figura 3.8 riporta le medie annuali di benzo(a)pirene determinate in laboratorio sul PM10. Nel 2015 si registrano superamenti del valore obiettivo $1.0\text{ng}/\text{m}^3$, e in generale valori superiori a quelli del 2014, in accordo con l'aumento osservato del particolato.

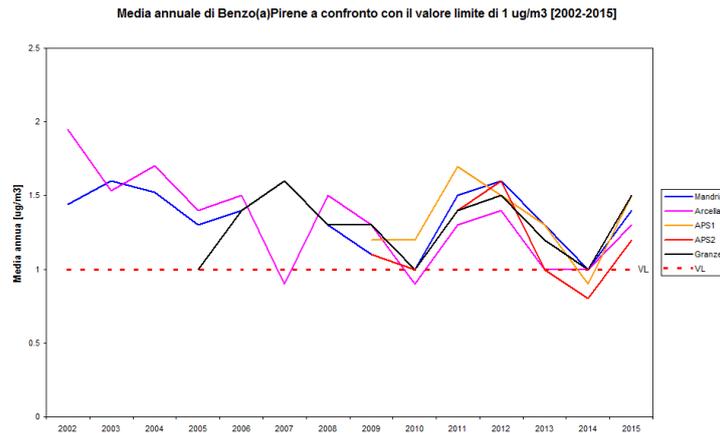


Figura 3.8: Media annuale del Benzo(a)pirene a confronto con il valore obiettivo

Come osservato per le polveri, anche il benzo(a)pirene non mostra nel 2015 sostanziali variazioni rispetto alla media 2002-2014.

3.9 Piombo ed elementi in tracce (Arsenico, Cadmio, Nichel e Mercurio)

Le concentrazioni medie rilevate presso le stazioni sono ampiamente inferiori al valore limite di $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il Piombo (figura 3.9) e ai valori obiettivo di $6, 20, 5\text{ng}/\text{m}^3$ rispettivamente per Arsenico (figura 3.10), Nichel (figura 3.11) e Cadmio (figura 3.12).

Ormai da diversi anni questi inquinanti si mantengono su livelli sensibilmente inferiori ai rispettivi limiti/valori obiettivo.

Si precisa che per il mercurio il D.Lgs. 155/2010 prevede il monitoraggio, ma non stabilisce un valore obiettivo da rispettare; le concentrazioni medie annuali rilevate sono comunque state sempre inferiori al limite di rilevabilità di $1.0\text{ng}/\text{m}^3$.

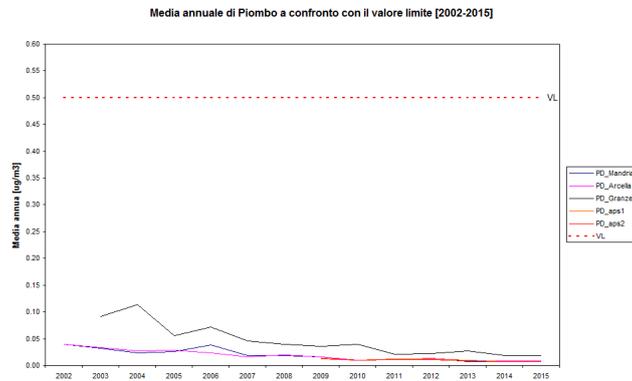


Figura 3.9: Media annuale del Piombo a confronto con il valore limite

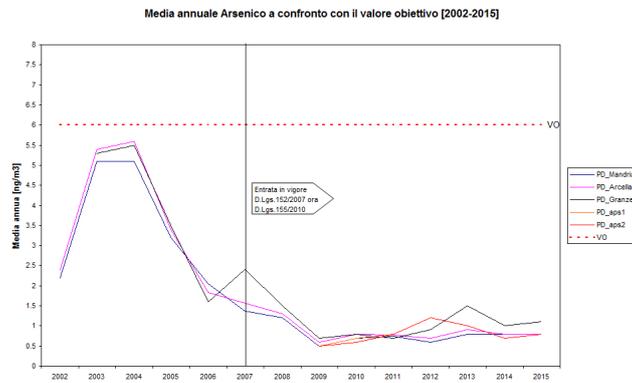


Figura 3.10: Media annuale dell'Arsenico a confronto con il valore obiettivo

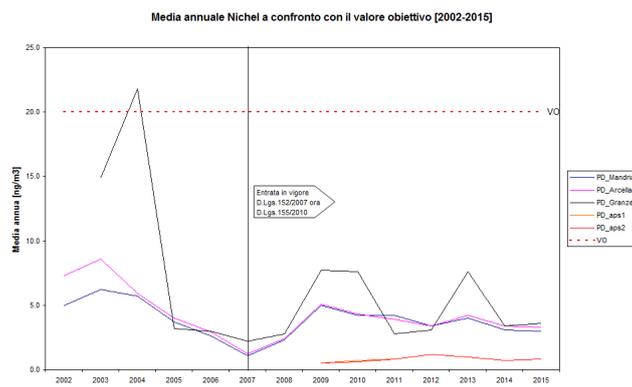


Figura 3.11: Media annuale del Nichel a confronto con il valore obiettivo

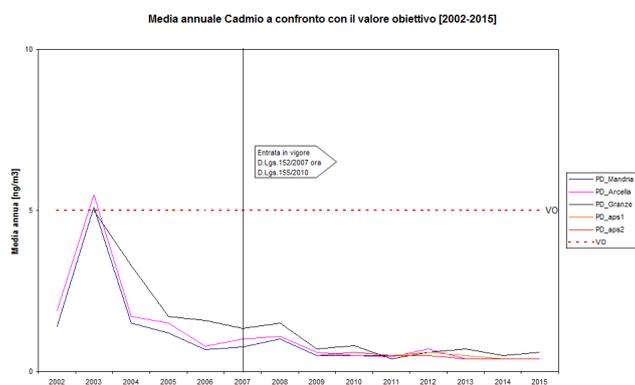


Figura 3.12: Media annuale del Cadmio a confronto con il valore obiettivo

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 2015 pubblicata sul sito arpav.¹

4.1 Regime pluviometrico

Considerando i dati registrati dalla stazione meteorologica di Legnaro (Centro Meteo Teolo, Arpav), il 2015 è stato l'anno meno piovoso in assoluto dal 2002, con precipitazioni annuali circa dimezzate rispetto al valor medio (fig 4.1).

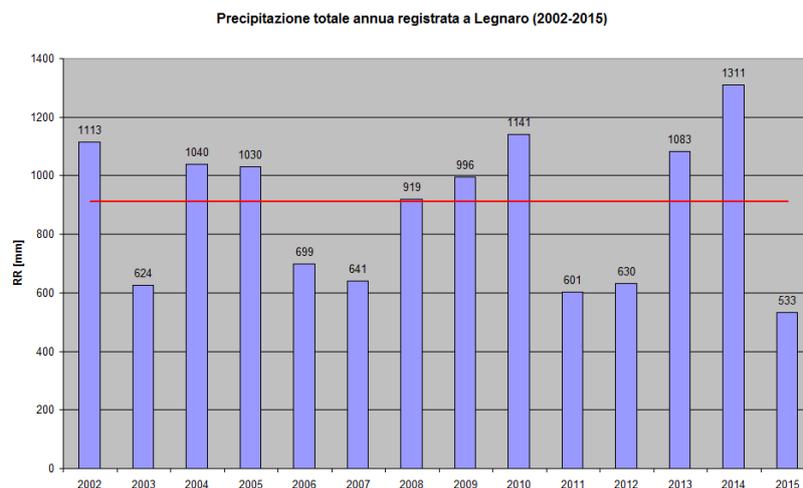


Figura 4.1: Precipitazioni annuali a Legnaro (PD): confronto con la media annuale 2002-2014

¹Consulta il documento [Relazione regionale QA 2015](#)

La media mensile di precipitazione del 2015 è di 44mm , contro una media di 76mm dal 2002, con precipitazione nulla nel mese di dicembre e valori molto bassi nei mesi di gennaio, luglio e novembre. In figura 4.2 si riporta il confronto tra la precipitazione mensile del 2015 (barre) e la media mensile di precipitazione 2002-2014 (linea continua).

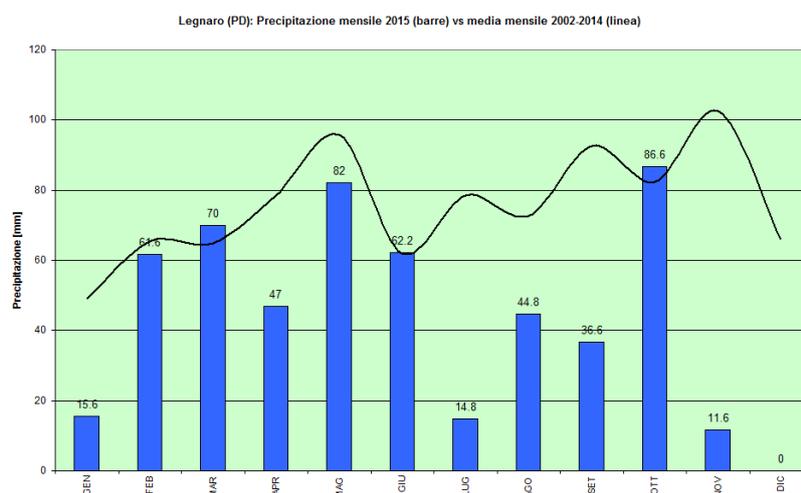


Figura 4.2: Precipitazioni mensili a Legnaro (PD): confronto tra il 2015 e il periodo 2002-2014

L'andamento delle precipitazioni è correlato al numero di superamenti del limite giornaliero di PM10, che in tutte le stazioni risulta in crescita rispetto agli anni precedenti.

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 2014 e 2015, 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	$V \leq 1.5\text{m/s}$	$RR \leq 1\text{mm}$
Abbastanza dispersiva	$1.5 < V \leq 3\text{m/s}$	$1 < RR \leq 6\text{mm}$
Molto dispersiva	$V > 3\text{m/s}$	$RR > 6\text{mm}$

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).

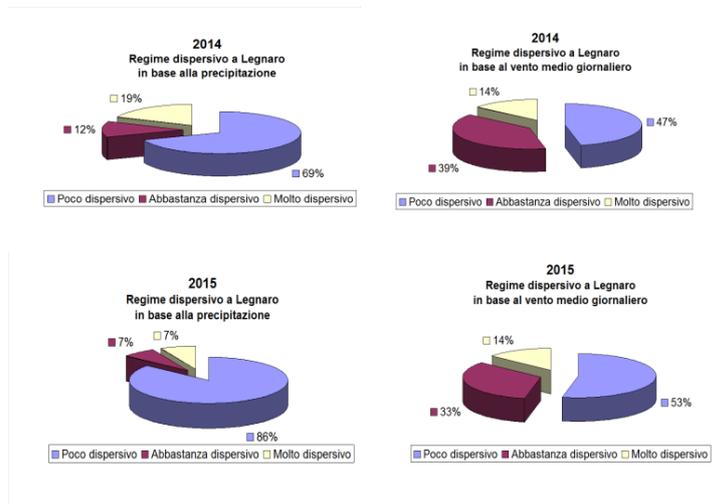


Figura 4.3: Regime dispersivo a Legnaro (PD) nel biennio 2014-2015 in base alla precipitazione (sx) o al vento medio (dx)

Il confronto fra l'andamento dei periodi critici dei due anni considerati, evidenzia due comportamenti sostanzialmente differenti in termini di regime dispersivo in base alla precipitazione. Nel 2015, anno poco piovoso, il regime poco dispersivo, specie in termini di precipitazione, ma anche di vento, è percentualmente molto più consistente che nel 2014.

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.

Nei periodi invernali del 2015 si sono presentati svariati episodi di inversione termica, in particolar modo nella prima metà di gennaio e nella seconda metà di dicembre. Si tratta di episodi che hanno riguardato estesamente la pianura padana, ed essendo in particolar modo le polveri sottili inquinanti 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 a picchi in tali parametri, come registrati dalle stazioni di Padova.

Di seguito si riportano, a titolo esemplificativo, due sequenze di profili termici registrati in due dei periodi di inversione termica più significativi dell'inverno 2015. I punti di riferimento sinottici per i profili termici, e rappresentativi delle

situazioni di inversione per il bacino padano, sono quelli di San Pietro Capofiume (BO) e Linate (MI)².

I periodi esaminati sono il 8-11 gennaio 2015 (fig 4.4) e il 17-20 dicembre 2015 (fig 4.5). L'andamento nei due siti è sostanzialmente analogo, ad indicare una situazione che ha interessato in modo diffuso la pianura padana, legata a condizioni meteorologiche a scala sinottica e non solo locale.

In particolare, per il periodo di riferimento gennaio 2015 si è riportata la serie dei profili termici di San Pietro Capofiume (fig 4.4), mentre per il periodo di riferimento di dicembre 2015 si son riportate le serie di Linate (fig 4.5).

Nella sequenza giornaliera di fig 4.4, relativa al gennaio 2015, si nota la progressiva intensificazione dello strato di inversione nei primi 500m di atmosfera. In corrispondenza, nel periodo 7-12 gennaio 2015 i valori di concentrazione di PM10 registrati a Padova si sono mantenuti mediamente tra $85 - 91 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con picchi di $110 - 125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre i PM2.5 tra $67 - 76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con picchi attorno ai $90 - 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

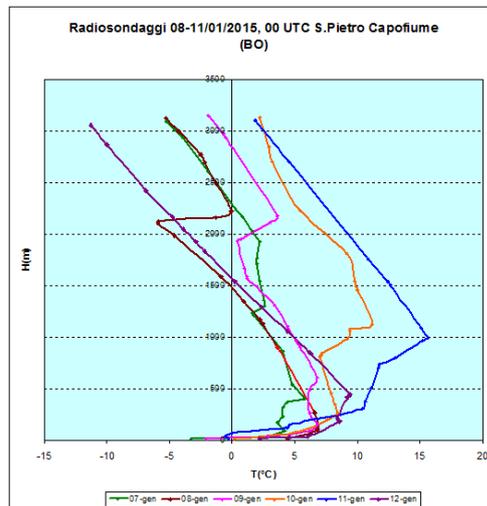


Figura 4.4: Radiosondaggi alle 00 UTC dal 8 al 11 gennaio 2015 a S.Pietro Capofiume (BO)

Nella sequenza giornaliera di fig 4.5, relativa al dicembre 2015, si nota la presenza costante di uno strato di inversione entro i primi 500m di atmosfera. In corrispondenza, nel periodo 17-20 dicembre 2015, i valori di concentrazione di PM10 registrati a Padova si sono mantenuti mediamente tra $100 - 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con picchi di $110 - 125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre i PM2.5 tra $85 - 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con picchi attorno ai $90 - 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

²Consulta il sito [RS](#)

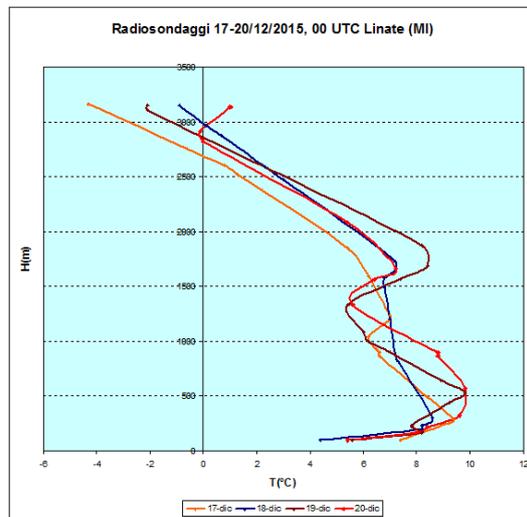


Figura 4.5: Radiosondaggi alle 00 UTC dal 17 al 20 dicembre 2015 a Linate (MI)

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

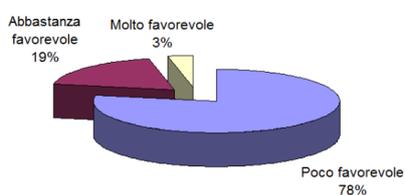
Una valutazione analoga alla precedente, in termini di diagrammi circolari, può essere effettuata per le concentrazioni di ozono in funzione della temperatura; in generale più la temperatura è elevata più è probabile la formazione di ozono. La figura seguente (fig 4.6) illustra i diagrammi relativi al periodo estivo degli anni 2014 e 2015 con la percentuale di giorni più o meno favorevoli alla formazione di ozono. Le classi utilizzate sono (come nella relazione sulla qualità dell'aria regionale) quelle riportate in tabella 4.2.

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

Nel 2015 le condizioni molto favorevoli alla formazione di Ozono, sono oltre sei volte superiori rispetto al medesimo periodo del 2014. 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.

Temperatura massima giornaliera favorevole alla concentrazione di Ozono a Legnaro nel semestre caldo 2014



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

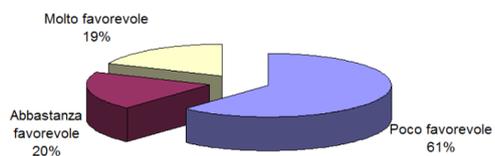


Figura 4.6: Temperatura massima giornaliera favorevole alla concentrazione di Ozono a Legnaro (PD) nel periodo caldo del biennio 2014-2015

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⁾:

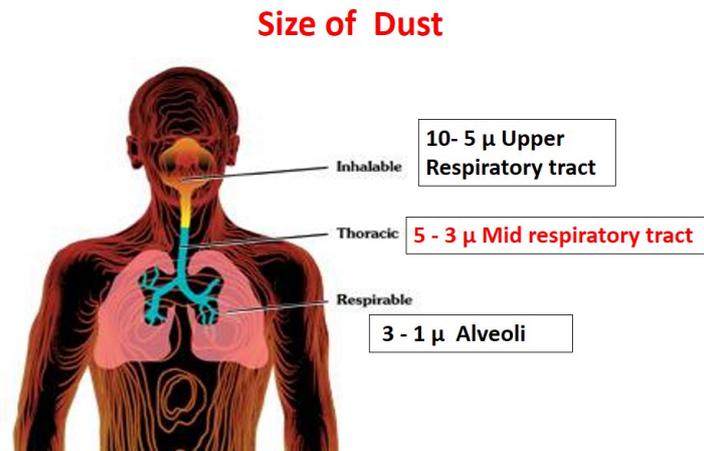


Figura 5.1: Profondità di penetrazione delle polveri sospese nel tratto respiratorio

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

L'anno 2015 è caratterizzato da livelli di inquinamento complessivamente superiori rispetto al 2014, per effetto anche delle condizioni meteorologiche sfavorevoli per buona parte dell'anno (scarse precipitazioni).

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** è aumentato rispetto al precedente biennio, e così anche il numero di superamenti, che si mantiene superiore al limite di legge. A differenza, inoltre, dal biennio 2013-2014, le medie annuali si sono riportate su valori molto prossimi o uguali al valore limite di legge.

Analogamente per il **PM2.5**, in aumento rispetto agli ultimi anni e con media annuale superiore al valore limite previsto dal 2015 di $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutte e tre le stazioni ove presente il monitor.

Il **biossido di azoto**, in aumento rispetto al 2014, risulta generalmente inferiore al limite annuale, salvo ad Arcella.

Per quanto riguarda l'**ozono**, per il 2015 non si sono registrati superamenti della soglia d'allarme, mentre la soglia di informazione è stata superata più volte del 2014, in particolar modo a Mandria e APS2. In termini di numero di superamenti del valore obiettivo di 25 all'anno (come media mobile su tre anni), si evidenzia la tendenza ad un calo del numero di superamenti negli ultimi anni.

Nel 2015 la stazione di Mandria rileva una media annuale di **benzene** pari a $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$, sensibilmente inferiore al valore limite di $5.0\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per il **benzo(a)pirene** nel 2015 tutte le stazioni registrano superamenti del valore obiettivo $1.0\text{ng}/\text{m}^3$.

I **Metalli** confermano anche per il 2015 livelli ampiamente inferiori ai rispettivi valori limite.

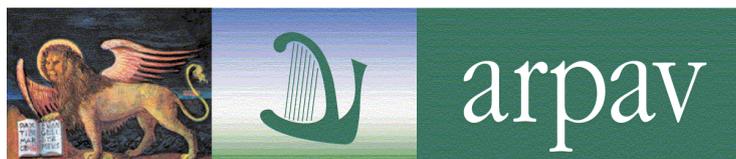
I valori registrati nel 2015 per i vari parametri analizzati, sono anche effetto della situazione meteorologica dell'anno in oggetto, caratterizzato da un regime pluviometrico modesto, dalla presenza di forti inversioni termiche sia nel mese di gennaio che in quello di dicembre, che assieme a scarsa ventilazione e a temperature elevate nel semestre caldo han favorito elevate concentrazioni di inquinanti nel semestre freddo e la formazione di Ozono nel semestre caldo. La tabella seguente sintetizza graficamente lo stato al 2015 e la tendenza valutata sugli ultimi anni 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 2015
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 2015

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