



2° Rapporto sulla Qualità dell'Aria

- Comune di Cosenza -

Biennio 2011-2012





A.R.P.A.Cal. Dipartimento Provinciale di Cosenza

Direttore Ing. Emilio Rosignuolo

Realizzato a cura della Dr.ssa Claudia Tuoto

Dirigente Responsabile Servizio Tematico Aria

Dr.ssa Maria Anna Caravita (Collaboratore Tecnico Prof.le)

Con il contributo del Servizio Laboratorio Chimico

Dr.ssa Rosaria Chiappetta (Dirigente Responsabile)

Dr.ssa Sonia Serra (Dirigente)

Dr.ssa Aurora Mollo (Collaboratore Tecnico Prof.le Esperto)

Dr. Gianluca Manna (Collaboratore Tecnico Prof.le)

Sommario

PREMESSA.....	4
1. QUADRO NORMATIVO	5
2.LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA	10
2.1 Configurazione attuale della Rete	10
2.2 Efficienza della Rete di rilevamento	12
3.ELABORAZIONE DEI PARAMETRI METEOCLIMATICI	13
3.1 Indicatori meteorologici per lo studio della qualità dell'aria.....	13
3.1.1 Temperatura.....	13
3.1.2. Precipitazioni.....	16
3.1.3. Direzione e velocità del vento.....	18
3.1.4 Classi di Stabilità.....	20
3.1.5. Andamento annuale	22
4. INQUINANTI MONITORATI	24
4.1 Trend delle concentrazioni e confronto con i limiti normativi.....	24
4.1.1.Biossido di azoto.....	24
4.1.2. Particolato sospeso - PM ₁₀	27
4.1.3. Particolato sospeso - PM _{2.5}	28
4.1.4.Monossido di Carbonio	30
4.1.5.Ozono.....	31
4.1.6. Biossido di zolfo.....	33
4.1.7.Benzene.....	33
4.1.8.La caratterizzazione chimica del particolato	34
4.2. ANALISI DEI TREND DELLE CONCENTRAZIONI ANNUALI.....	36
5. CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE E FINALI	41
6. Campagne di Monitoraggio	43
Indice Tabelle.....	46

PREMESSA

Il presente rapporto è stato redatto sulla base dei dati registrati dalle centraline per il monitoraggio della qualità dell'aria dell'ARPACal presenti nel Comune di Cosenza.

Il monitoraggio ha permesso di disporre di valori orari misurati in continuo dei seguenti parametri inquinanti:

- Monossido di carbonio CO;
- Ossidi di azoto NO_x;
- Ozono O₃;
- Anidride solforosa SO₂;
- Benzene, Toluene, Xileni;

valori giornalieri di:

- PM₁₀ e PM_{2,5}.

Sono state condotte, inoltre, analisi relative alla caratterizzazione chimica del particolato PM₁₀ provvedendo alla determinazione dei seguenti composti:

- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) ed in particolare Benzo(a)Pirene (B(a)P);
- Metalli (Piombo, Cadmio, Nichel, Arsenio).

Il presente lavoro è organizzato in capitoli. Il capitolo 1 riporta una sintesi, in forma tabellare, dei valori limite di concentrazione in atmosfera fissati dalla normativa vigente per ciascuno degli inquinanti monitorati, nel capitolo 2 sono descritte le ubicazioni delle stazioni di monitoraggio presenti nel Comune di Cosenza, nel capitolo 3 sono presentate le condizioni meteorologiche di riferimento per gli anni 2011 e 2012, il capitolo 4 è dedicato alla presentazione dei risultati esposti in varie forme: in forma tabellare, per quanto riguarda il confronto diretto con i limiti imposti dalla normativa, in forma grafica per quanto riguarda invece gli andamenti delle concentrazioni rilevate nel corso dei due anni considerati e quindi su un intervallo temporale più ampio (sono presentati infatti i trend a partire dal 2009 ad oggi), nel capitolo 5 sono presentate le valutazioni sullo stato della qualità dell'aria ed infine nell'ultimo capitolo sono riportati i risultati delle campagne effettuate con le stazioni mobili di monitoraggio in alcuni punti della città di Cosenza.

Si ringrazia l'Amministrazione Comunale di Cosenza che, nello spirito di collaborazione tra Enti che lavorano nell'interesse della collettività, ha sempre mostrato disponibilità fattiva nella realizzazione dell'attività che riguarda il presente lavoro, mettendo a disposizione la logistica sui siti dove sono installate le stazioni fisse di monitoraggio della qualità dell'aria.

1. QUADRO NORMATIVO

La normativa di riferimento in merito alla gestione della qualità dell'aria è il D.Lgs.155/2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Tale decreto aggiorna la normativa in materia di gestione e tutela della qualità dell'aria per i seguenti inquinanti: biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), benzene (B), monossido di carbonio (CO), piombo (Pb), particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron (PM₁₀) e diametro inferiore a 2,5 micron (PM_{2,5}), ozono (O₃), arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e benzo(a)pirene (B(a)p); e prevede, per ciascuno di essi, dei limiti imposti per garantire la salubrità dell'aria. Questi limiti sono stati stabiliti in funzione dell'incidenza e/o della pericolosità relativa alla concentrazione dell'inquinante stesso.

In recepimento della direttiva 2008/50/CE, il suddetto decreto introduce anche il valore limite per il PM_{2,5}, che entrerà in vigore dal 2015, a cui è associato un margine di tolleranza (MDT) valido dal 2008 al 2015, e il valore obiettivo da raggiungere entro il 2010. Sempre in relazione ai livelli di PM_{2,5} nell'aria ambiente viene quindi introdotto l'Indice di Esposizione Media (IEM), espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che indica il livello medio da determinare sulla base di misurazioni effettuate da stazioni di fondo ubicate in siti fissi di campionamento urbani presso l'intero territorio nazionale e che riflette l'esposizione della popolazione.

Di seguito, per ogni inquinante, viene riportata una tabella riassuntiva dei relativi limiti normativi:

Tabella 1. Valori limite degli inquinanti

NO₂: Valore limite per la protezione della salute umana	
Valore limite (media oraria)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Superamenti consentiti: 18 volte in un anno civile
Valore limite (media annuale)	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Soglia di allarme (media oraria)	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (per 3 ore consecutive)
NO_x: Valore limite per la protezione degli ecosistemi	
Valore limite (media annuale)	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO: Valore limite per la protezione della salute umana	
Valore limite (massima media giornaliera calcolata su 8 ore)	10 mg/m^3

PM₁₀: Valore limite per la protezione della salute umana

Valore limite (media giornaliera)	50 µg/m ³ Superamenti consentiti: 35 volte in un anno civile
-----------------------------------	--

Valore limite (media annuale)	40 µg/m ³
-------------------------------	----------------------

PM_{2.5}: Valore limite per la protezione della salute umana

Valore limite (media annuale) <i>(Da raggiungere entro il 2015)</i>	25 µg/m ³
--	----------------------

Valore obiettivo (media annuale) <i>(Da raggiungere entro il 2015)</i>	25 µg/m ³
---	----------------------

Obbligo di concentrazione di esposizione per evitare effetti nocivi sulla salute umana (media annuale) <i>(Da raggiungere entro il 2015)</i>	20 µg/m ³
---	----------------------

C₆H₆: Valore limite per la protezione della salute umana

Valore limite (media annuale)	5 µg/m ³
-------------------------------	---------------------

SO₂: Valore limite per la protezione della salute umana

Valore limite (media oraria)	350 µg/m ³ Superamenti consentiti: 24 volte in un anno civile
------------------------------	---

Valore limite (media giornaliera)	125 µg/m ³ Superamenti consentiti: 3 volte in un anno
-----------------------------------	---

Soglia di allarme (media oraria)	500 µg/m ³ (per 3 ore consecutive)
----------------------------------	--

SO₂: Valore limite per la protezione della vegetazione

Valore limite (media annuale)	20 µg/m ³
-------------------------------	----------------------

Benzo(a)pirene

Valore obiettivo (media annuale)	1 ng/m ³
----------------------------------	---------------------

O₃: Valore limite per la protezione della salute umana

Soglia di informazione (media oraria)	180 µg/m ³
Soglia di allarme (media oraria)	240 µg/m ³ (per 3 ore consecutive)
Valore obiettivo (massima media giornaliera calcolata su 8 ore)	120µg/m ³ Superamenti consentiti: 25 giorni per anno civile come media su 3 anni
Obiettivo a lungo termine (massima media giornaliera calcolata su 8 ore) <i>(Non ancora definita la data entro cui deve essere raggiunto)</i>	120 µg/m ³

O₃: Valore limite per la protezione della vegetazione

Valore obiettivo AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio come media su 5 anni)	18.000 ug/m ³ h
Obiettivi a lungo termine AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio) <i>(Non ancora definita la data entro cui deve essere raggiunto)</i>	6000 ug/m ³ h

Arsenico

Valore obiettivo (media annuale)	6 ng/m ³
----------------------------------	---------------------

Cadmio

Valore obiettivo (media annuale)	5 ng/m ³
----------------------------------	---------------------

Nichel

Valore obiettivo (media annuale)	20 ng/m ³
----------------------------------	----------------------

Piombo

Valore obiettivo (media annuale)	0.5 ug/m ³
----------------------------------	-----------------------

Nel D.Lgs 155/10 sono riportate le seguenti definizioni:

- **valore limite:** *livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato;*
- **valore obiettivo:** *livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita;*
- **soglia di allarme:** *livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati;*
- **soglia di informazione:** *livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.*
- **margini di tolleranza:** *la percentuale del valore limite entro la quale il valore può essere superato alle condizioni stabilite dalla normativa; la legislazione stabilisce inoltre le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo;*
- **superamenti consentiti:** *numero di superamenti del valore limite consentiti dalla normativa per anno civile.*

Il D.Lgs 155/2010 rappresenta un quadro normativo aggiornato alla luce dello sviluppo delle conoscenze in campo scientifico e sanitario e delle esperienze maturate facilitando, in materia di inquinamento atmosferico, una migliore cooperazione tra gli Stati dell'Unione Europea. I principali obiettivi che propone sono rivolti a una razionalizzazione delle attività di valutazione e di gestione della qualità dell'aria secondo canoni di efficienza, efficacia ed economicità, ed a una responsabilizzazione di tutti i soggetti coinvolti sulla base di una precisa suddivisione delle competenze.

Questa normativa prevede inoltre la suddivisione dell'intero territorio nazionale e regionale in zone e agglomerati, qualora presenti, da classificare e da riesaminare almeno ogni cinque anni ai fini della valutazione della qualità dell'aria. A tale suddivisione in zone devono provvedere le Regioni o, su loro delega, le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente. In caso di individuazione di una o più aree di superamento all'interno delle zone, i piani e le misure da attuare devono agire sulle principali sorgenti di emissione, ovunque queste siano localizzate e che influenzano tali aree.

La valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente competono allo Stato, alle Regioni e agli Enti locali.

Il D.Lgs 155/2010 abroga e sostituisce le seguenti norme:

- D.lgs 351/1999 *"Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria"*;
- DM 2 aprile 2002, n. 60 *"Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle di piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio"*;
- Il D.Lgs 183/2004 *"Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria"*;
- Il D.Lgs 152/2007 *"Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente"*.
- DPR 24 maggio 1988, n. 203, sulle emissioni in atmosfera (già in parte abrogato dal D.Lgs. 152/2006)

oltre a numerosi decreti attuativi (tra cui il D.M. 261/2002).

Successivamente alla pubblicazione del D.Lgs. 155/2010 sono stati emanati i seguenti documenti normativi:

- D.Lgs. 250/2012 *"Modifiche e integrazioni al D. Lgs. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita"*
- Decreto Ministeriale del 29.11.2012 *"Individuazione delle stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria previste dall'articolo 6, comma 1, e dall'articolo 8 commi 6 e 7 del D.Lgs.155/2010."*

2.LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

2.1 Configurazione attuale della Rete

La qualità dell'aria nel Comune di Cosenza viene controllata attraverso un sistema di monitoraggio costituito dalla rete ARPACal composta da due stazioni che rilevano le concentrazioni di sostanze inquinanti e i parametri meteorologici.

Le due stazioni di rilevamento sono una da traffico e una di fondo urbano.

Le stazioni di misurazione di traffico sono stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta, mentre le stazioni di misurazione di fondo sono stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) bensì dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.

La raccolta, la validazione e l'elaborazione dei dati sono affidate al Servizio Tematico Aria del Dipartimento Provinciale di Cosenza dell'ARPACal mentre la speciazione chimica del particolato PM₁₀ è affidata al Laboratorio Chimico dello stesso Dipartimento.

Nella tabella seguente viene riportata la classificazione delle stazioni in termini di localizzazione e tipologia di destinazione.

Tabella 2. Individuazione delle stazioni di rilevamento della rete ARPACal

Stazione	Tipo di zona	Tipo di stazione	Coordinate geografiche
Svincolo A3 SA-RC	Urbana	Traffico	lat. 39°18'33" N long. 16°14'62" E
Città dei Ragazzi	Urbana	Background-Urbano	lat. 39°18'08" N long. 16°14'07" E

Secondo il D.M. del 29.11.2012, in cui sono state individuate le stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria, la stazione ubicata presso Città dei Ragazzi, è stata individuata come stazioni di misurazione per la verifica della costanza dei rapporti tra il benzo(a)pirene e gli altri IPA di rilevanza tossicologica e come stazione per la misurazione della concentrazione di massa totale e per la speciazione chimica del PM₁₀ e del PM_{2.5} su base annuale.

Figura 1. Vista aerea della stazione di Cosenza Svincolo A3 SA-RC



Figura 2. Vista aerea della stazione di Città dei Ragazzi



2.2 Efficienza della Rete di rilevamento

Il rendimento di un analizzatore viene definito come il rapporto percentuale dei dati generati e validati rispetto al totale teorico, diminuito dei dati non generati o non validati a causa di tarature, calibrazioni, attività di manutenzione ordinaria e check automatico giornaliero.

Cause di perdita dei dati possono essere i guasti accidentali o le operazioni di manutenzione straordinaria.

Nella tabella seguente vengono riportati i dati dei rendimenti annuali registrati nelle stazioni di monitoraggio per i due anni considerati.

Tabella 3. Stazione Città dei Ragazzi :rendimenti relativi agli anni 2011 e 2012

Anno	(Efficienza %) Parametro: dati orari								
	NO	NO_x	NO₂	CO	O₃	SO₂	PM₁₀	PM_{2,5}	Benzene
2011	89	89	89	78	81	80	72	78	73
2012	90	90	90	90	84	82	88	85	35

Tabella 4. Stazione Ingresso Sud A3 SA-RC: rendimenti relativi agli anni 2011 e 2012

Anno	(Efficienza %) Parametro: dati orari			
	NO	NO_x	NO₂	PM₁₀
2011	76	76	76	73
2012	84	84	84	80

Il rendimento registrato è stato tale da rendere possibile la valutazione della qualità dell'aria, tranne per il Benzene che nell'anno 2012, per cause strumentali, il rendimento è stato molto basso da non permettere di fare alcuna stima.

3. ELABORAZIONE DEI PARAMETRI METEOCLIMATICI

3.1 Indicatori meteorologici per lo studio della qualità dell'aria

L'atmosfera rappresenta l'ambiente attraverso il quale gli inquinanti immessi da varie sorgenti si diffondono, vengono dispersi e subiscono trasformazioni del loro stato fisico e chimico.

Le condizioni meteorologiche rivestono una fondamentale importanza nella valutazione della qualità dell'aria, in quanto interagiscono in diversi modi con i processi di formazione, dispersione, trasporto e deposizione degli inquinanti.

In questo capitolo si vuole fare una descrizione sintetica dei parametri meteo climatici, che possono essere posti in relazione con i processi di diffusione, trasporto e rimozione dell'inquinamento, e che permettono di comprendere meglio i dati di qualità dell'aria.

Tra gli indicatori meteorologici che possono influenzare localmente la qualità dell'aria vanno ricordati la temperatura, le precipitazioni, la direzione e l'intensità del vento e le condizioni di stabilità dell'atmosfera.

Generalmente, durante il periodo estivo, le temperature elevate sono associate ad elevati valori di ozono, mentre, durante il periodo invernale, le basse temperature sono associate, a condizioni di inversione termica che tendono a confinare gli inquinanti in prossimità della superficie.

Le precipitazioni influenzano la deposizione e la rimozione umida degli inquinanti, infatti l'assenza di precipitazioni e di nubi riduce la capacità dell'atmosfera di rimuovere, attraverso i processi di deposizione umida e di dilavamento, gli inquinanti e in particolare le particelle fini.

L'intensità del vento influenza il trasporto e la diffusione degli inquinanti; velocità del vento elevate tendono a favorire la dispersione degli inquinanti immessi vicino alla superficie. La direzione di provenienza del vento influenza in modo diretto la dispersione degli inquinanti.

La classe di stabilità è un indicatore qualitativo dell'intensità della turbolenza atmosferica e quindi della capacità dell'atmosfera di disperdere gli inquinanti.

Le condizioni meteorologiche vengono descritte utilizzando sia grandezze osservate, direttamente (temperatura, vento, precipitazioni), che grandezze più direttamente legate alla capacità dispersiva dell'atmosfera ed ottenute come grandezze calcolate a partire dai dati osservati (classi di stabilità).

I dati utilizzati per le seguenti elaborazioni sono quelli registrati presso la stazione fissa ubicata a Città dei Ragazzi.

3.1.1 Temperatura

In Tabella 3 sono riportati, per gli anni 2011 e 2012, i valori medi annuali ed alcuni indicatori di tipo climatico, come il numero di giorni di gelo, con temperatura minima inferiore

a 0 °C, il numero di giorni estivi, con temperatura massima superiore a 25 °C, e il numero di giorni con notti tropicali, con temperatura minima superiore a 20 °C.

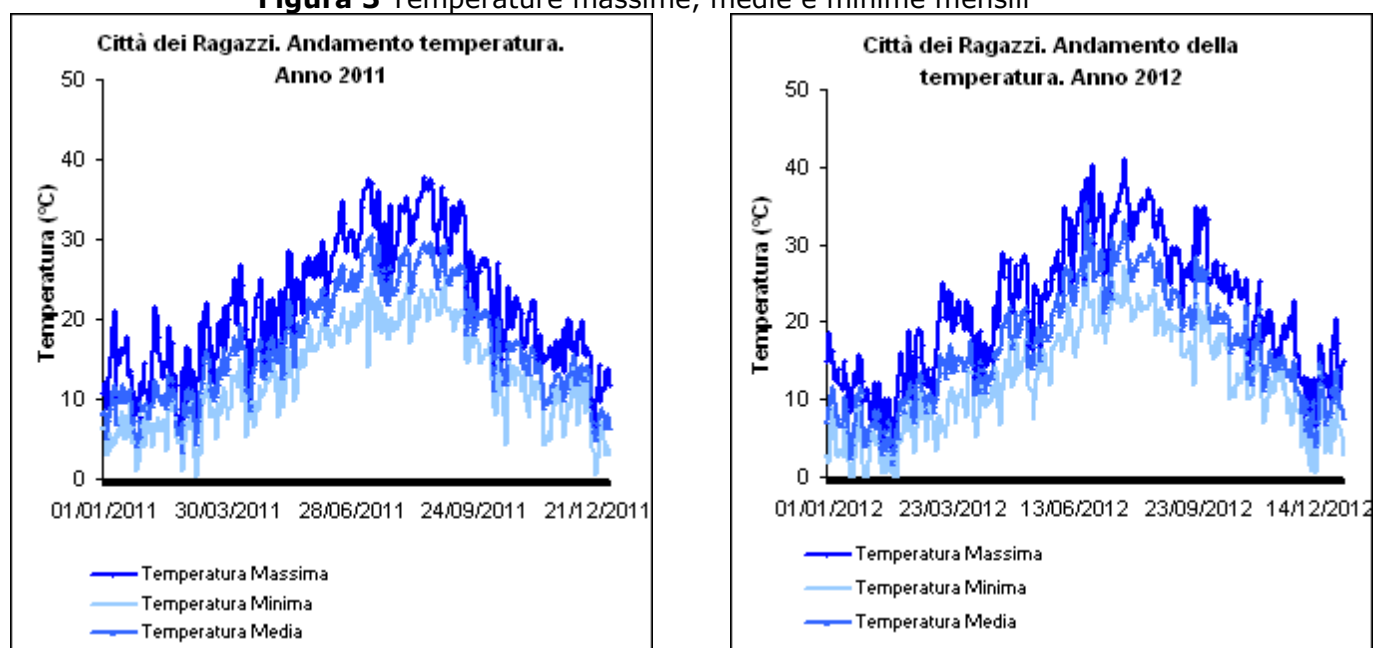
Tabella 5. Indicatori per la temperatura

Indicatore	Anno 2011	Anno 2012
N° di dati orari validi	8678	8236
Temperatura media (°C)	16.94	16.75
Temperatura minima assoluta (°C)	0.2	-1.7
T massima assoluta (°C)	37.7	40.9
N° giorni con $T_{\min} < 0$ °C (giorni di gelo)	0	6
N° giorni con $T_{\max} > 25$ °C (giorni estivi)	131	129
N° giorni con $T_{\min} > 20$ °C (notti tropicali)	58	54

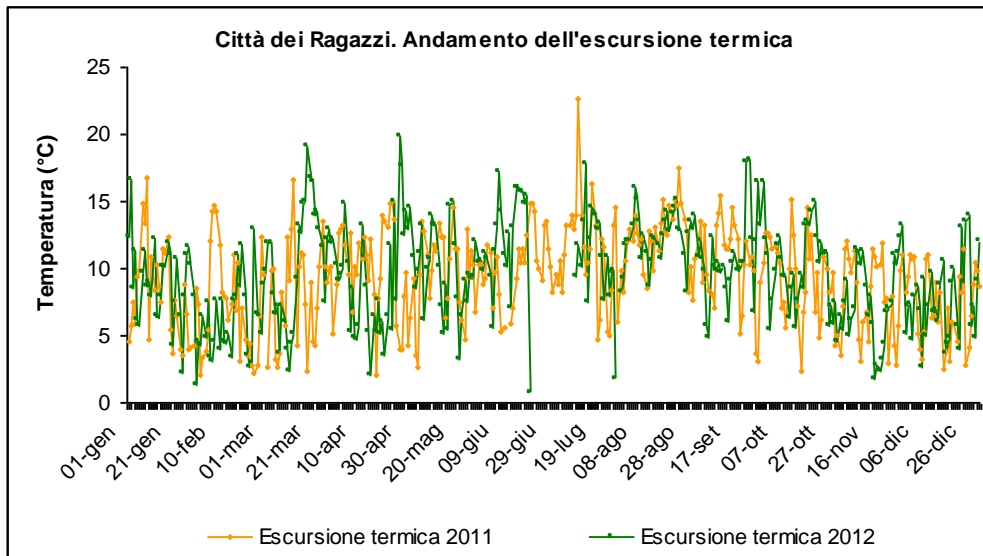
I dati ottenuti mostrano come i dati dei due anni sono piuttosto confrontabili, anche se l'anno 2012 è stato caratterizzato da una temperatura minima assoluta più bassa di quella dell'anno 2011 e dalla presenza di un numero superiore di giorni di gelo.

Le figure seguenti riportano l'andamento delle temperature giornaliere medie, minime e massime per gli anni considerati.

Figura 3 Temperature massime, medie e minime mensili

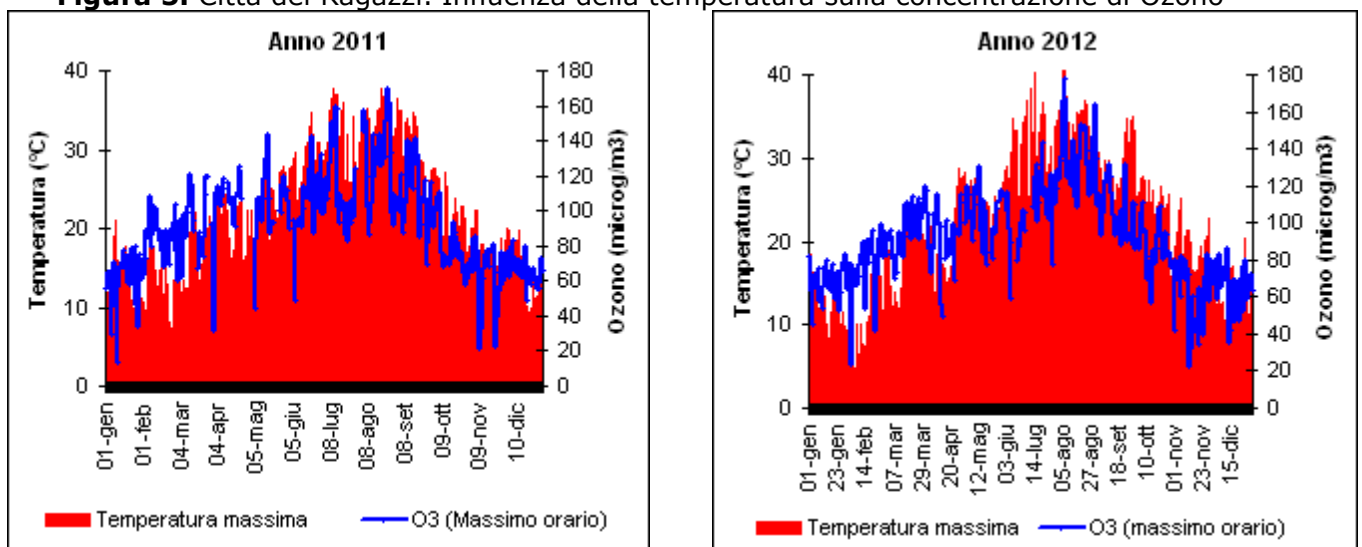


Nel grafico della figura 4 viene riportato l'andamento dell'escursione termica. Nell'anno 2011 l'escursione termica giornaliera, è variata da un minimo di 2°C, registrato il 1 febbraio, ad un massimo di 22,7°C, registrato il 12 luglio (differenze 20.7°C) mentre nell'anno 2012 è variata da un minimo di 0.7°C, registrato il 21 giugno, ad un massimo di 19.8°C, registrato il 26 aprile (differenze 19.1°C).

Figura 4. Andamento dell'escursione termica

L'andamento della temperatura è di notevole interesse per descrivere soprattutto i fenomeni di inquinamento estivo legati alla formazione di ozono, infatti, la temperatura massima giornaliera è un indicatore fondamentale da mettere in relazione con la formazione di ozono poiché favorisce le reazioni fotochimiche tra l'ossigeno e gli ossidi di azoto (precursori) che portano appunto alla formazione del suddetto inquinante.

Il grafico seguente, in cui viene messa in relazione la temperatura massima giornaliera con la concentrazione massima oraria di ozono registrati nella stazione di fondo urbana di Città dei Ragazzi, mostra chiaramente come la formazione di Ozono si è registrata principalmente nei mesi di giugno, luglio e agosto proprio a causa dell'elevata radiazione solare e delle alte temperature.

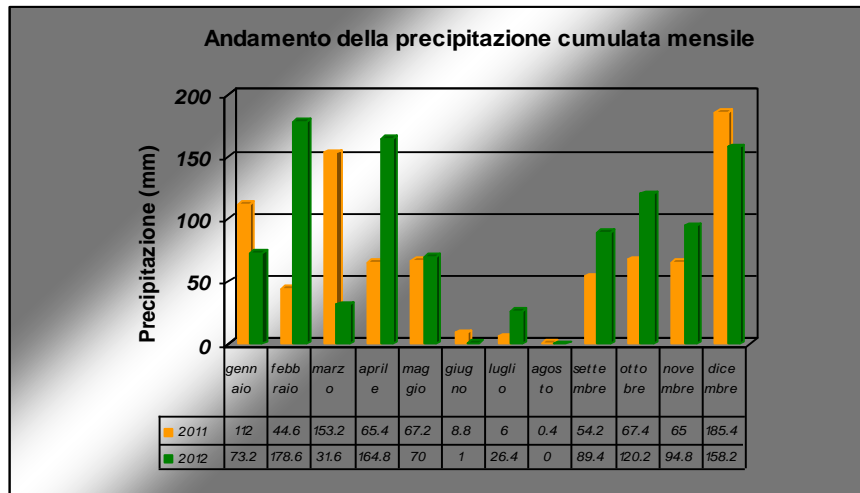
Figura 5. Città dei Ragazzi. Influenza della temperatura sulla concentrazione di Ozono

3.1.2. Precipitazioni

In base alle elaborazioni dei dati registrati le precipitazioni avvenute a Cosenza nell'anno 2011 ammontano a 830 mm mentre quelle avvenute nel 2012 ammontano a 1008 mm.

La distribuzione mensile delle precipitazioni, riportata in Figura 6, mostra importanti precipitazioni oltre che nella stagione invernale anche nelle stagioni primaverili e autunnali e tre mesi estivi abbastanza siccitosi.

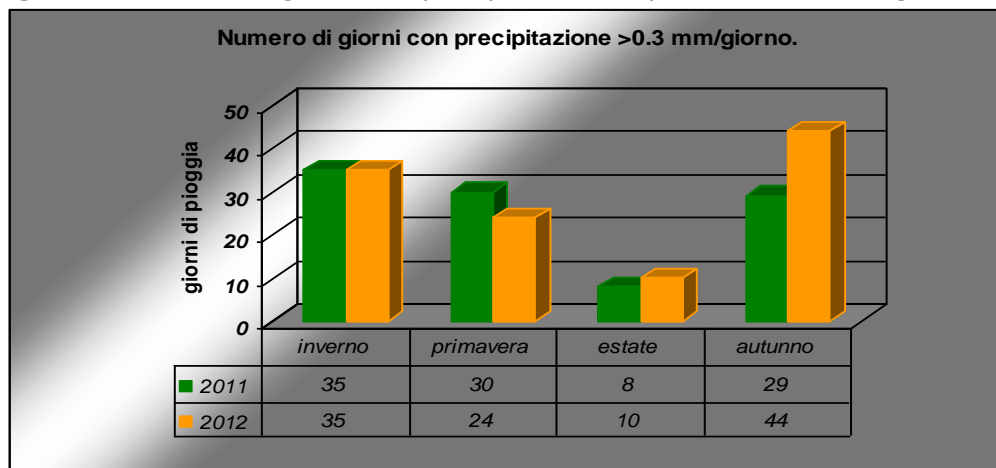
Figura 6. Precipitazione cumulata mensile registrata a Cosenza



Nelle figure seguenti viene mostrato il numero di giorni di pioggia con precipitazione superiore a 0.3 mm verificatosi nei due anni considerati suddivisi per stagione.

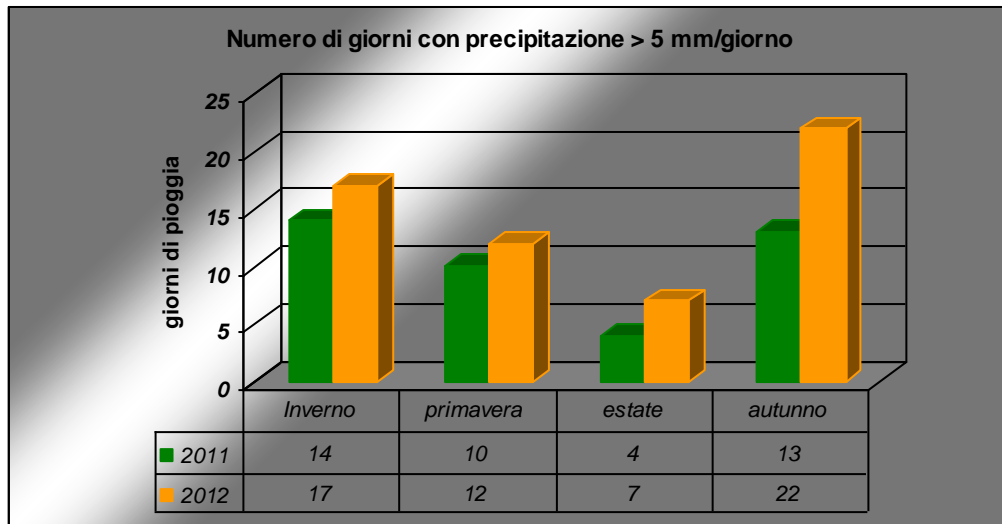
La scelta di fissare come soglia di significatività la precipitazione cumulata giornaliera di 0.3 mm è stata determinata dalla definizione di "giorno critico per l'accumulo di PM₁₀" elaborata dal SIMC. Sono state infatti stabilite come "favorevoli all'accumulo di PM₁₀" le giornate con precipitazione inferiore a 0.3 mm e con indice di ventilazione (prodotto dell'altezza di rimescolamento media giornaliera e dell'intensità media giornaliera del vento) inferiore a 800 m²/sec.

Figura 7. Numero di giorni con precipitazione superiore a 0.3 mm/giorno



La variazione del regime delle precipitazioni appare più evidente analizzando il numero di giorni con una precipitazione cumulata giornaliera superiore a 5 mm: in tal caso nel 2012 si contano 58 giorni di pioggia mentre nel 2011 se ne contano 41.

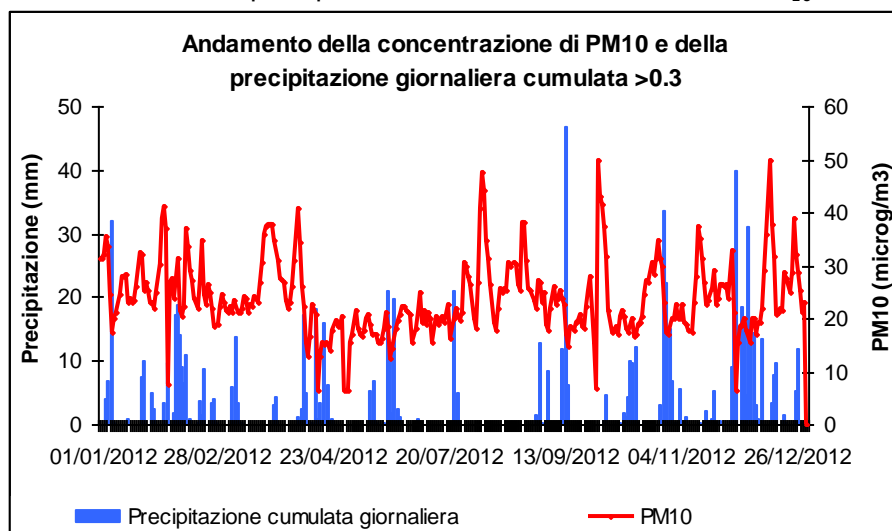
Figura 8. Numero di giorni con precipitazione superiore a 5 mm/giorno



Dal punto di vista della qualità dell'aria un maggior numero di giorni piovosi, soprattutto nel periodo invernale, significa ovviamente un maggior numero di episodi di pulizia dell'atmosfera in un periodo caratterizzato da condizioni di fisica dell'atmosfera che portano all'accumulo degli inquinanti.

Nel grafico seguente è rappresentato l'andamento della concentrazione di PM₁₀, rilevata nella stazione di Città dei Ragazzi, messo in relazione con gli eventi piovosi nell'anno 2012, in particolare con i giorni in cui si sono registrati precipitazioni superiori a 0.3 mm/giorno.

Figura 9. Influenza delle precipitazioni sulla concentrazione di PM₁₀ Anno 2012



Dall'analisi del grafico si evince come le precipitazioni possano produrre una certa pulizia dell'aria e come in loro assenza si assiste alla presenza di concentrazioni più elevate di PM₁₀.

3.1.3. Direzione e velocità del vento

L'intensità e la direzione di provenienza del vento influenzano il trasporto e la diffusione degli inquinanti, generalmente la dispersione degli inquinanti immessi vicino alla superficie è favorita da velocità elevate mentre la direzione di provenienza del vento influenza in modo diretto la loro dispersione.

Nella tabella seguente vengono riportati alcuni indicatori statistici riferiti alla velocità del vento registrata presso le due stazioni di monitoraggio.

Tabella 6. Indicatori relativi alla velocità del vento

Indicatore	Anno 2011	Anno 2012
N° di dati validi	8680	8239
Velocità media annuale (m/s)	1.28	1.41
Massima velocità media giornaliera (m/s)	2.58 (17-12-2011)	2.82 (10-03-2012)
Massima velocità media oraria (m/s)	5.63 (16-03-2011 ore 19-20)	5.41 (06-01-2012 ore 04-05)
N° gg con velocità media >2 m/s	16	38
N° gg con velocità media <1 m/s	102	67

Anche se la velocità del vento registrata risulta essere molto bassa si può constatare che l'anno 2012 è stato caratterizzato da una maggiore ventosità rispetto all'anno 2011, infatti i giorni con una velocità media del vento inferiore a 1 m/s sono diminuiti da 102 a 67 mentre i giorni con velocità media del vento superiore a 2 m/s sono aumentati da 16 a 38.

Il grafico della rosa dei venti, riportato nella figura 10, che mostra le frequenze relative della direzione di provenienza del vento riferite a 16 settori, evidenzia che le direzioni prevalenti dei venti sono state quelle di Est-Sud-Est (E-SE).

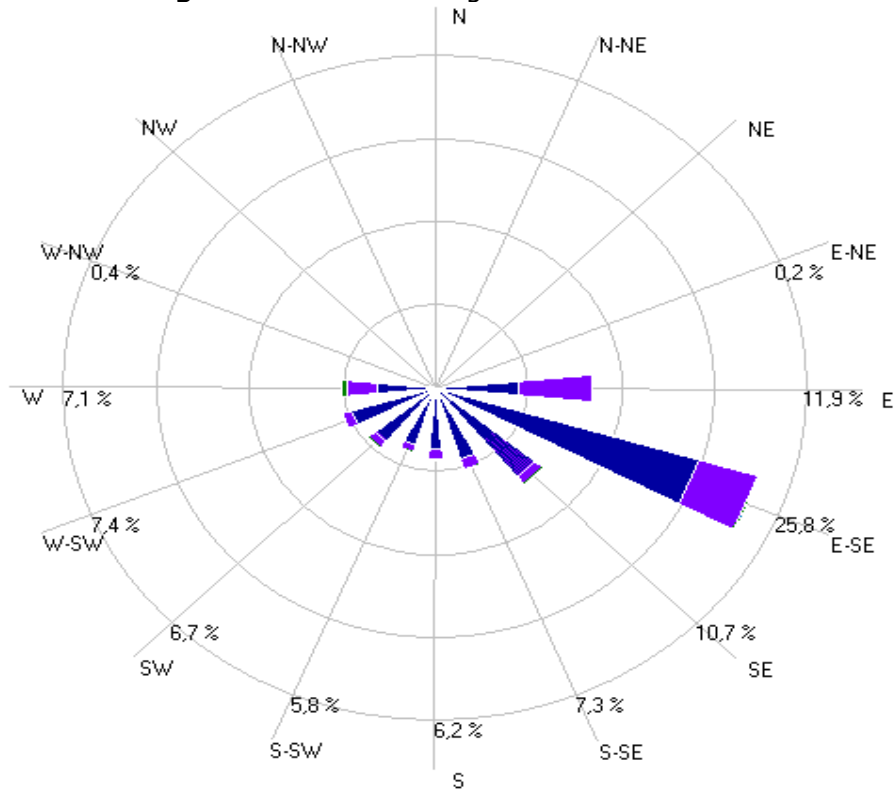
La tabella seguente mostra come i valori di velocità più frequentemente registrati, per entrambi gli anni considerati, sono stati quelli compresi tra 0.3 e 2 m/s, sia nel settore prevalente di provenienza del vento che negli altri casi.

Tabella 7. Città dei Ragazzi. Frequenze e velocità del vento

ANALISI Città dei ragazzi-Velocità Vento CON ORIENTAZIONE Città dei ragazzi-Direzione Vento																	
<i>periodo di osservazione dal 01/01/2011 al 01/01/2012 dalle ore 00.00.00 alle ore 23.59.59</i>																	
m/s	N	N-NE	NE	E-NE	E	E-SE	SE	S-SE	S	S-SW	SW	W-SW	W	W-NW	NW	N-NW	Tot. %
> 0,3 - < 2	0,068	0,0	0,023	0,899	6,626	24,718	10,258	4,554	4,224	4,133	4,475	4,361	6,467	6,069	0,638	0,102	77,615
2-3	0,0	0,0	0,0	0,250	3,177	3,564	0,467	0,808	1,059	0,547	0,490	0,592	1,731	1,844	0,0	0,0	14,529
3-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,046	0,205	0,023	0,057	0,0	0,068	0,023	0,0	0,159	0,114	0,0	0,0	0,695
4-6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,057	0,0	0,011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,068
> 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
Tot. %	0,068	0,000	0,023	1,149	9,849	28,544	10,748	5,430	5,283	4,748	4,988	4,953	8,357	8,027	0,638	0,102	92,907

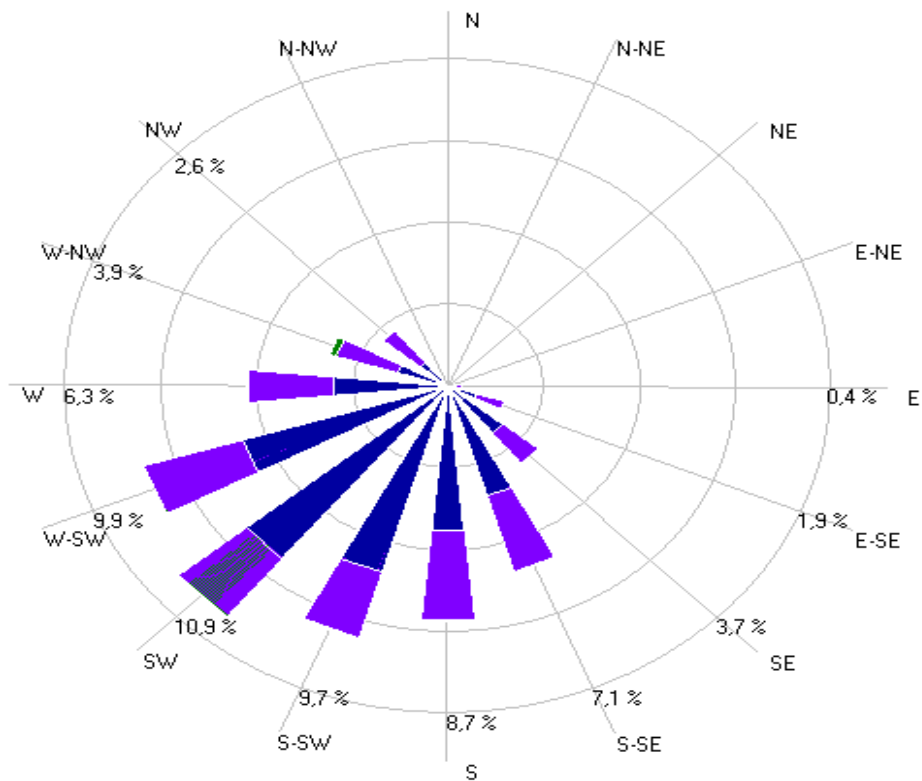
ANALISI Città dei ragazzi-Velocità Vento CON ORIENTAZIONE Città dei ragazzi-Direzione Vento																	
<i>periodo di osservazione dal 01/01/2012 al 01/01/2013 dalle ore 00.00.00 alle ore 23.59.59</i>																	
m/s	N	N-NE	NE	E-NE	E	E-SE	SE	S-SE	S	S-SW	SW	W-SW	W	W-NW	NW	N-NW	Tot. %
> 0,3 - < 2	0,0	0,0	0,0	0,023	6,325	21,006	9,810	6,325	5,223	5,144	5,870	6,677	4,372	0,227	0,0	0,0	71,002
2-3	0,0	0,0	0,0	0,148	5,598	4,655	0,806	0,942	0,852	0,511	0,738	0,727	2,350	0,216	0,0	0,0	17,543
3-4	0,0	0,0	0,0	0,011	0,023	0,148	0,068	0,079	0,125	0,079	0,045	0,0	0,409	0,0	0,0	0,0	0,987
4-6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,011	0,0	0,0	0,023	0,023	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,057
> 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
Tot. %	0,000	0,000	0,000	0,182	11,946	25,820	10,684	7,346	6,223	5,757	6,853	7,404	7,131	0,443	0,000	0,000	89,589

Figura 10. Città dei Ragazzi. Rosa dei Venti



Presso la stazione dello Svincolo A3 -SA-RC il grafico della rosa dei venti evidenzia che le direzioni prevalenti dei venti sono state quelle di WW, W-SW, SW, S.

Figura 11. Ingresso Sud A3 SA-RC. Rosa dei Venti



La tabella seguente mostra come, anche in questo caso, i valori di velocità più frequentemente registrati, per entrambi gli anni considerati, sono stati quelli compresi tra 0.3 e 2 m/s, sia nel settore prevalente di provenienza del vento che negli altri casi.

Tabella 8. Ingresso Sud A3 SA-RC. Frequenze e velocità del vento

ANALISI Autostrada (CS)-Velocità Vento CON ORIENTAZIONE Autostrada (CS)-Direzione Vento																	
periodo di osservazione dal 01/01/2011 al 01/01/2012 dalle ore 00.00.00 alle ore 23.59.59																	
m/s	N	N-NE	NE	E-NE	E	E-SE	SE	S-SE	S	S-SW	SW	W-SW	W	W-NW	NW	N-NW	Tot. %
> 0.3 - < 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.444	2.676	5.625	8.038	7.890	7.765	7.515	3.996	2.106	1.617	0.011	47.683
2-3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.011	0.011	0.046	0.057	0.046	0.057	0.0	0.0	0.228
3-4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
4-6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
> 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
Tot. %	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,444	2,676	5,625	8,049	7,901	7,811	7,572	4,042	2,163	1,617	0,011	47,911

ANALISI Autostrada (CS)-Velocità Vento CON ORIENTAZIONE Autostrada (CS)-Direzione Vento																	
periodo di osservazione dal 01/01/2012 al 01/01/2013 dalle ore 00.00.00 alle ore 23.59.59																	
m/s	N	N-NE	NE	E-NE	E	E-SE	SE	S-SE	S	S-SW	SW	W-SW	W	W-NW	NW	N-NW	Tot. %
> 0.3 - < 2	0.0	0.011	0.0	0.011	0.341	0.931	2.214	4.190	5.303	7.119	8.153	6.699	3.588	1.624	1.113	0.0	41.297
2-3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.102	0.942	1.453	2.895	3.281	2.509	2.725	3.225	2.691	2.021	1.522	0.0	23.366
3-4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.023	0.079	0.057	0.023	0.011	0.023	0.227	0.011	0.0	0.454
4-6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
> 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
Tot. %	0,000	0,011	0,000	0,011	0,443	1,873	3,667	7,108	8,663	9,685	10,901	9,935	6,302	3,872	2,646	0,000	65,117

3.1.4 Classi di Stabilità

L'indice di stabilità atmosferica, congiuntamente all'analisi della ventosità, rappresenta un importante indicatore utilizzato per definire il potenziale di rigenerazione della qualità dell'aria, in quanto connesso alla turbolenza dei bassi strati dell'atmosfera, vale a dire alla capacità di disperdere gli inquinanti aeriformi.

Il metodo di analisi utilizzato è quello di Pasquill secondo il quale le categorie di stabilità classificano la stabilità atmosferica in funzione della velocità del vento a 10 m dal suolo, della radiazione solare, della copertura del cielo e del momento della giornata in cui ci si trova (giorno o notte), secondo quanto riportato nello schema successivo:

Tabella 9. Corrispondenze tra le categorie di Pasquill, e intensità della velocità del vento a 10m, radiazione solare globale e radiazione solare netta

Velocità del vento al suolo (m/s)	Radiazione globale (W/m ²)				Radiazione netta (W/m ²)		
	≥ 582	582÷291	291÷145	<145	> -21	-21 ÷ 42	< -42
< 2	A	A/B	B	D	D	E	F
2 - 3	A/B	B	C	D	D	E	F
3 - 4	B	B/C	C	D	D	D	E
4 - 6	C	C/D	D	D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D	D	D

Le categorie di stabilità rappresentano condizioni di dispersione e di rimescolamento verticale dell'atmosfera, man mano decrescente a partire dalla classe A fino alla classe F+G.

Da un punto di vista generale, tali classi possono essere così individuate:

Tabella 10. Classi di stabilità atmosferica di Pasquill

Classe di Stabilità secondo Pasquill	Condizioni Atmosferiche
A	Condizioni estremamente instabili
B	Condizioni moderatamente instabili
C	Condizioni leggermente instabili
D	Condizioni di neutralità
E	Condizioni leggermente stabili
F	Condizioni moderatamente stabili

In condizioni di stabilità (classi F e G) le sostanze inquinanti permangono più a lungo allo stesso livello, tali condizioni influenzano la dispersione verticale degli inquinanti nelle immediate vicinanze della fonte, in quanto ad una maggiore stabilità si associa un minore trasporto verticale. In condizioni di instabilità (classe A forte instabilità, B instabilità, C debole instabilità), i vortici di turbolenza raggiungono dimensioni notevoli e di conseguenza la dispersione degli inquinanti risulta velocissima. La classe D rappresenta la neutralità e in tale condizione la turbolenza atmosferica risulta bassa e la dispersione e la salita della nuvola dell'inquinante risultano inibite.

I seguenti grafici, elaborati sulla base dei dati meteorologici registrati dalla stazione meteo di Città dei Ragazzi, sono esemplificativi delle condizioni di stabilità atmosferica e del loro verificarsi nella realtà negli anni 2011 e 2012. La percentuale relativa al numero di casi di ogni singola classe di stabilità è stata calcolata sul numero totale dei dati validi per l'anno corrente. Nelle figure seguenti vengono riportate le distribuzioni in termini di frequenze annuali e mensili delle diverse classi di stabilità di Pasquill per l'area in esame.

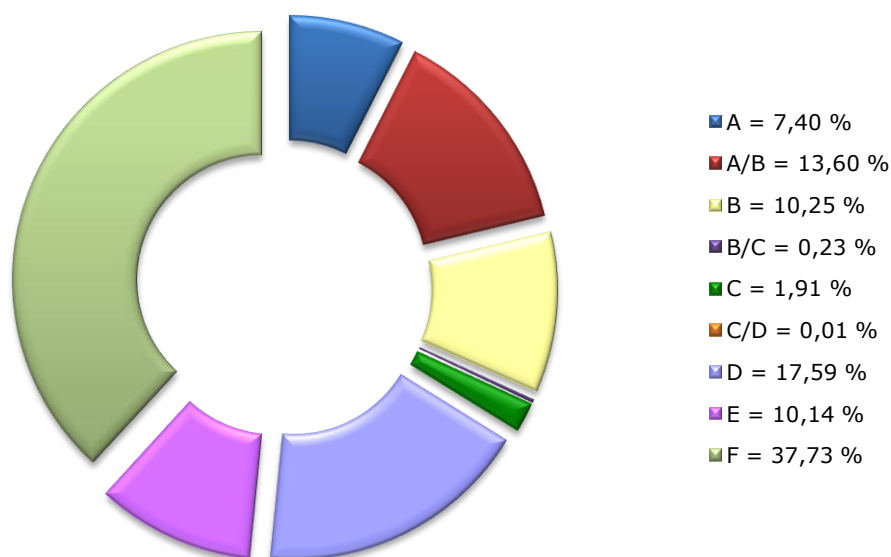
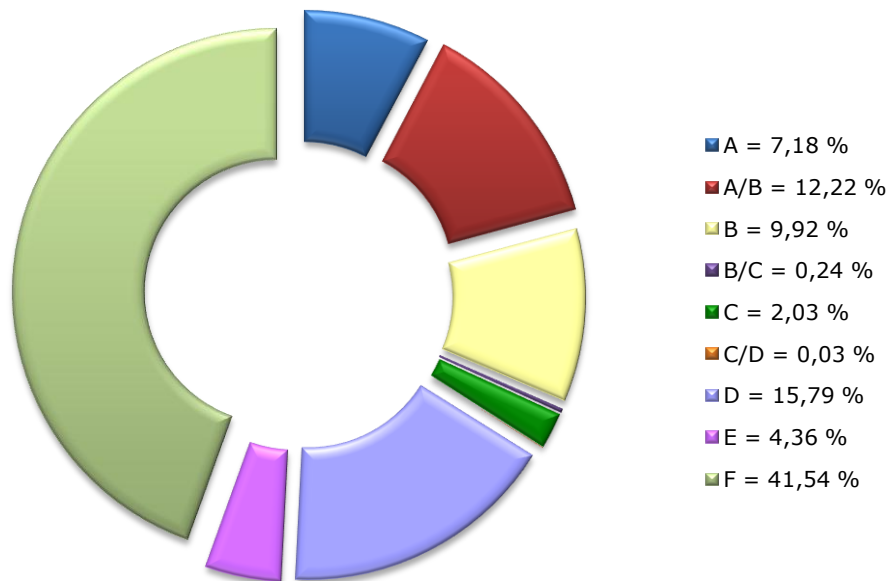
Figura 12. Anno 2011. Classi di stabilità: frequenza annuale

Figura 13. Anno 2012. Classi di stabilità: frequenza annuale

Complessivamente su base annuale la classe di stabilità che si presenta con maggiore frequenza è la F (stabilità) con circa il 40%, seguita dalla classe D (neutra), mentre risultano poco presenti le classi C, C/D e B/C (instabilità) che si presentano con una frequenza annuale di accadimento rispettivamente tra 2% e 0.2%.

3.1.5. Andamento annuale

L'analisi della stabilità atmosferica riferita ai due anni indica la classe F (atmosfera stabile) come quella largamente dominante rispetto alle altre classi. Essa risulta seguita, ma con un netto distacco in termini di frequenza, rispettivamente dalla classe D (atmosfera neutra) e dalla classe A/B (atmosfera instabile). Le classi rimanenti evidenziano percentuali di frequenza o relativamente molto inferiori (classi B,A,E) o sostanzialmente trascurabili (classi C,B/C,C/D).

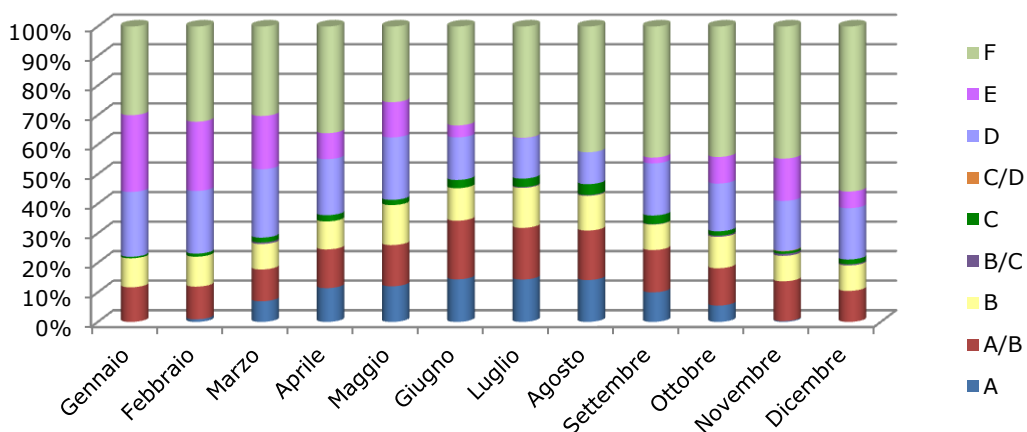
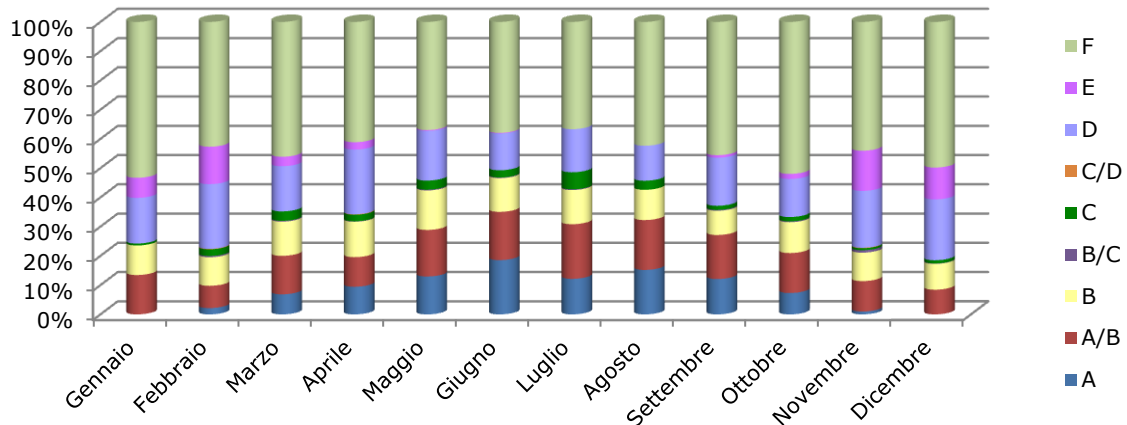
Figura 14. Anno 2011. Classi di stabilità: frequenza mensile

Figura 15. Anno 2012. Classi di stabilità: frequenza mensile

Periodo invernale (dicembre, gennaio, febbraio)

Nell'anno 2012 spicca la classe F (atmosfera stabile) seguita da quella D (atmosfera neutra), la stessa situazione si verifica nel mese di dicembre 2011 mentre nei mesi di gennaio e febbraio 2011 prevale la classe F (atmosfera stabile) seguita dalle classi E (atmosfera leggermente stabile) e D (atmosfera neutra). Le altre classi evidenziano percentuali di frequenza sostanzialmente trascurabili.

Periodo primaverile (marzo, aprile, maggio)

Per entrambi gli anni la situazione rimane in parte simile alla stagione precedente, con dominanza della classe F, seguita dalla classe D, e l'incremento della classe A/B (atmosfera instabile), che indica l'arrivo di situazioni tendenti all'instabilità tipiche dell'inizio della primavera.

Periodo estivo (giugno, luglio, agosto)

Anche durante il periodo estivo è dominante la classe F (atmosfera stabile), ma è interessante notare come le classi A e A/B risultano ulteriormente aumentate e mostrano percentuali di frequenza sostanzialmente equivalenti, seguite dalle classi B e D; si evidenzia, in sostanza, un'aumentata tendenza stagionale all'instabilità degli strati verticali. Tale aspetto è sottolineato anche dall'incremento dell'incidenza della classe A (atmosfera fortemente instabile) che raggiunge in questo periodo la sua massima espressione annuale, in conseguenza del riscaldamento al suolo dell'aria tipico di questa stagione.

Periodo autunnale (settembre, ottobre, novembre)

Nel periodo autunnale la classe F (atmosfera stabile) torna a dominare largamente rispetto alle altre classi seguita dalla classe D. Inoltre, la presenza della classe A, mentre è ancora apprezzabile nei mesi di settembre e ottobre è sostanzialmente trascurabile nel mese di novembre quando diventa significativa la presenza della classe E. Tutte le altre classi tornano a manifestare percentuali di frequenza scarsamente rappresentative.

4. INQUINANTI MONITORATI

4.1 Trend delle concentrazioni e confronto con i limiti normativi

Nei seguenti paragrafi vengono mostrati i valori registrati negli anni 2011-2012 per ciascuno inquinante con i relativi limiti previsti dalla normativa.

L'organizzazione è per inquinante.

I trend presentati e commentati in questo paragrafo sono stati elaborati utilizzando come indicatori la concentrazione media oraria per gli ossidi di azoto, ossidi di zolfo, e ozono, la media mobile di 8 ore per il monossido di carbonio e ozono, la media sulle 24 ore per il PM₁₀, e ossidi di zolfo, la media annuale per benzene, PM_{2,5}, metalli pesanti (cadmio, nichel, piombo, arsenico) e benzo(a)pirene.

4.1.1. Biossido di azoto

Tabella 11. Confronto della concentrazione di NO₂ con i valori limite. Anno 2011

Stazione	Valore limite (media oraria)	Massimo valore registrato	N° medie orarie > 200 µg/m ³	Valore limite (media annuale)	Media annuale registrata
Città dei Ragazzi	200 µg/m ³ <i>(da non superare più di 18 volte per anno civile)</i>	137.51 µg/m ³ <i>(08.02 ore 17-18)</i>	0	40 µg/m ³	25.51 µg/m ³
Ingresso Sud A3 SA-RC		350.7 µg/m ³ <i>(19.10 ore 08-09)</i>	90		55.72 µg/m ³

Tabella 12. Andamento della concentrazione di NO₂ con i valori limite. Anno 2012

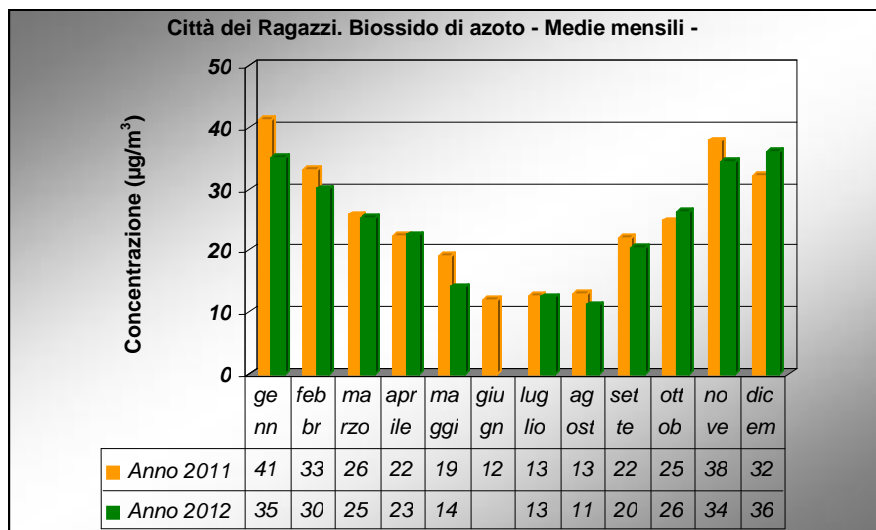
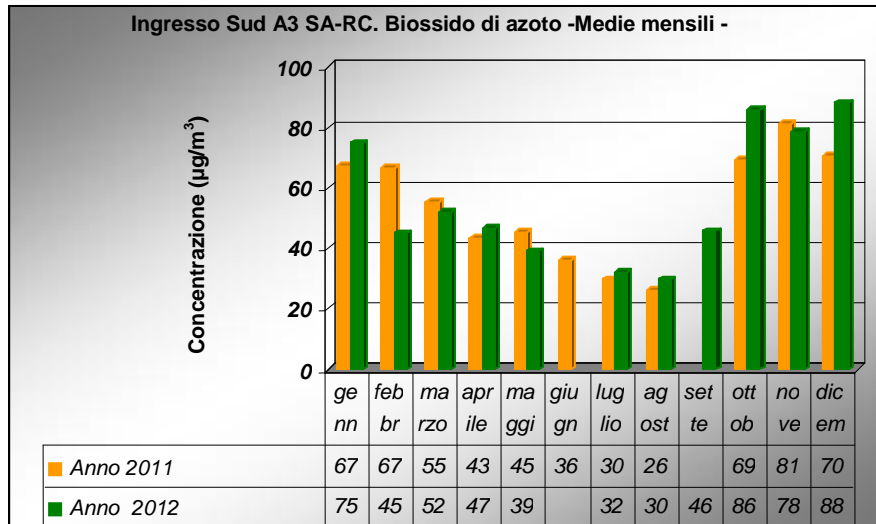
Stazione	Valore limite (media oraria)	Massimo valore registrato	N° medie orarie > 200 µg/m ³	Valore limite (media annuale)	Media annuale registrata
Città dei Ragazzi	200 µg/m ³ <i>(da non superare più di 18 volte per anno civile)</i>	134.15 µg/m ³ <i>(27.11 ore 18-19)</i>	0	40 µg/m ³	24.44 µg/m ³
Ingresso Sud A3 SA-RC		584.9 µg/m ³ <i>(13.12 ore 08-09)</i>	145		55.39 µg/m ³

I dati registrati mostrano come i valori limite previsti dalla normativa sono stati superati presso la stazione da traffico ubicata nel sito di ingresso Sud A3 SA-RC mentre è stato abbondantemente rispettato presso la stazione di fondo urbano di Città dei Ragazzi.

Nelle figure seguenti vengono mostrati gli andamenti delle concentrazioni medie mensili di NO₂ rilevate nelle stazioni della rete per gli anni considerati.

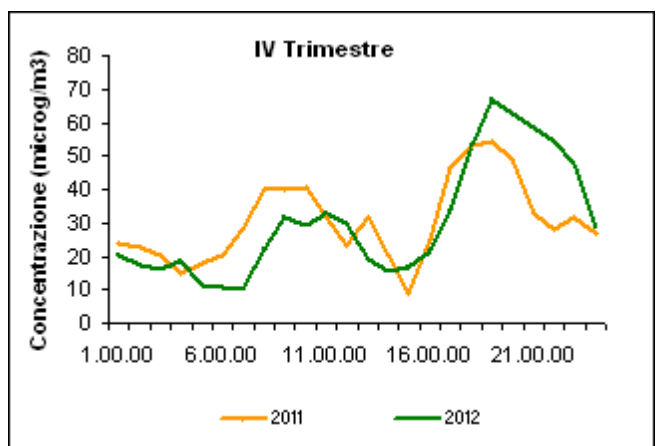
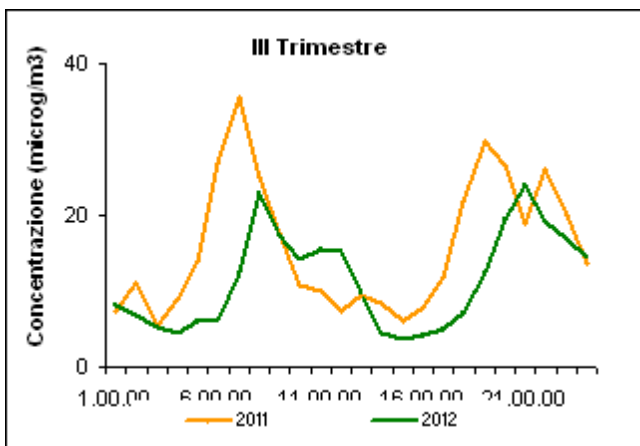
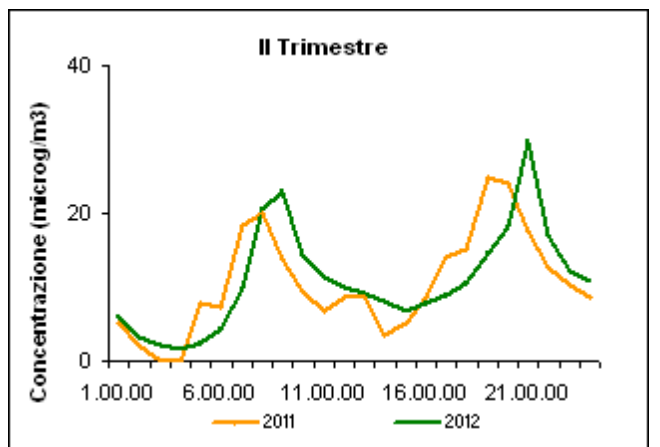
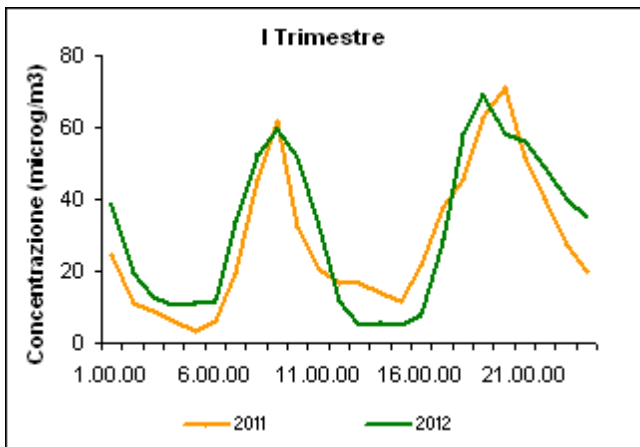
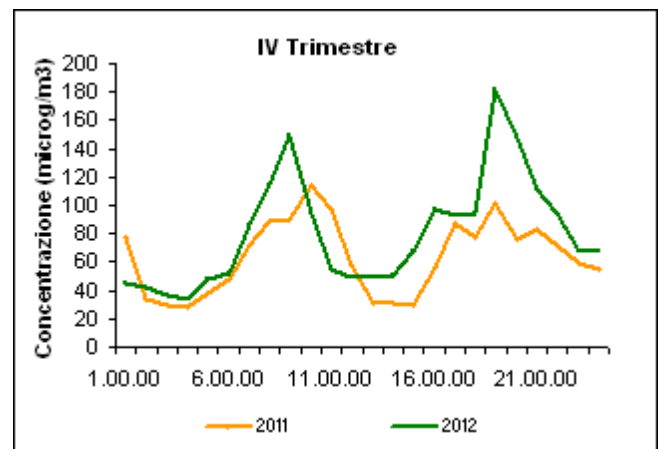
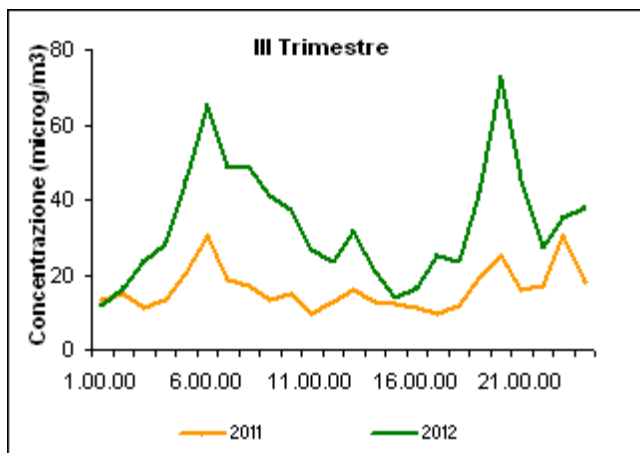
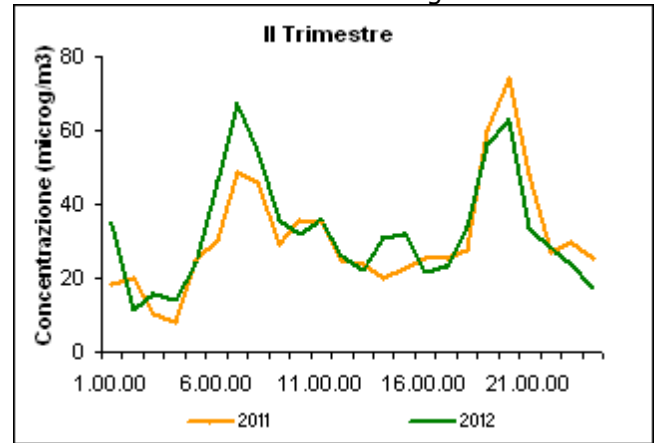
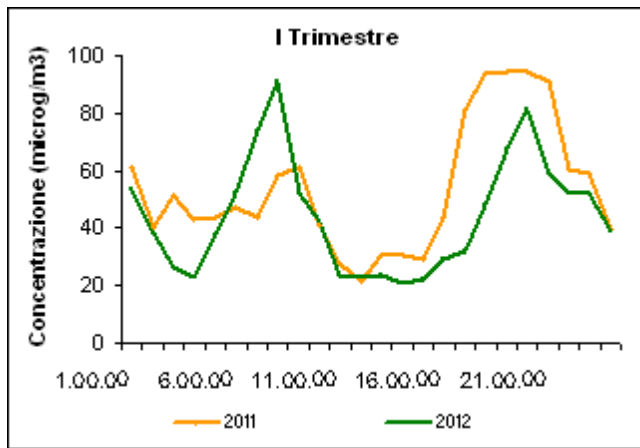
L'andamento dei valori relativi alla stazione da traffico mostra, per tutto l'anno, concentrazioni tendenzialmente superiori rispetto ai valori della stazione di fondo, e in entrambi i siti si evidenziano diminuzioni marcate durante i mesi estivi.

Figura 16. Andamento della concentrazione del Biossido di azoto



Per visualizzare l'andamento giornaliero della concentrazione di NO₂ si è fatto ricorso al grafico del "giorno tipo". Il giorno tipo si calcola effettuando la media dei dati rilevati alla stessa ora del giorno, per tutte le 24 ore che costituiscono la giornata; e rappresenta, pertanto, un ipotetico giorno dove si evidenziano i comportamenti ricorrenti. Questa elaborazione serve per mostrare l'andamento dell'inquinante nel corso della giornata. I grafici che seguono sono relativi al giorno tipo (GT) di NO₂ calcolato su base trimestrale.

Figura 17. Giorno Tipo NO₂ - Stazione Ingresso Sud A3 SA-RC e Città dei Ragazzi



In entrambe le stazioni, i grafici mostrano la presenza di una doppia campana (la prima tra le 7,00 e le 10,00 e la seconda tra le 18,00 e le 20,00) dovute sia ai picchi di traffico che, nei mesi invernali, al riscaldamento domestico. E' inoltre evidente che, a parità di trimestre, la concentrazione registrata presso la stazioni da traffico è notevolmente più alta di quella registrata nella stazione di fondo urbana.

4.1.2. Particolato sospeso - PM₁₀

Tabella 13. Confronto della concentrazione di PM₁₀ con i valori limite. Anno 2011

Stazione	Valori limite (media giornaliera)	Massimo valore registrato	N° medie su 24 ore > 50 µg/m³	Valore limite annuale	Media annuale registrata
Città dei Ragazzi	50 µg/m ³ (Da non superare più di 35 volte nell'anno)	78.0 µg/m ³ (05.02)	5	40 µg/m ³	25.0 µg/m ³
Ingresso Sud A3 SA-RC		78.47 µg/m ³ (19.11)	55		38.20 µg/m ³

Tabella 14. Confronto della concentrazione di PM₁₀ con i valori limite. Anno 2012

Stazione	Valori limite (media giornaliera)	Massimo valore registrato	N° medie su 24 ore > 50 µg/m³	Valore limite annuale	Media annuale registrata
Città dei Ragazzi	50 µg/m ³ (Da non superare più di 35 volte nell'anno)	49.8 µg/m ³ (29.09)	0	40 µg/m ³	23.8 µg/m ³
Ingresso Sud A3 SA-RC		78.01 µg/m ³ (27.08)	32		35.32 µg/m ³

Relativamente all'anno 2011 il limite espresso come media giornaliera è stato abbondantemente superato nella stazione da traffico dove si sono contati 55 superamenti del valore limite di 50 µg/m³ (il numero massimo di superamenti è fissato a 35), mentre è stato largamente rispettato nella stazione di fondo urbano di Città dei Ragazzi.

Il limite espresso come media annuale è stato rispettato in entrambi le stazioni.

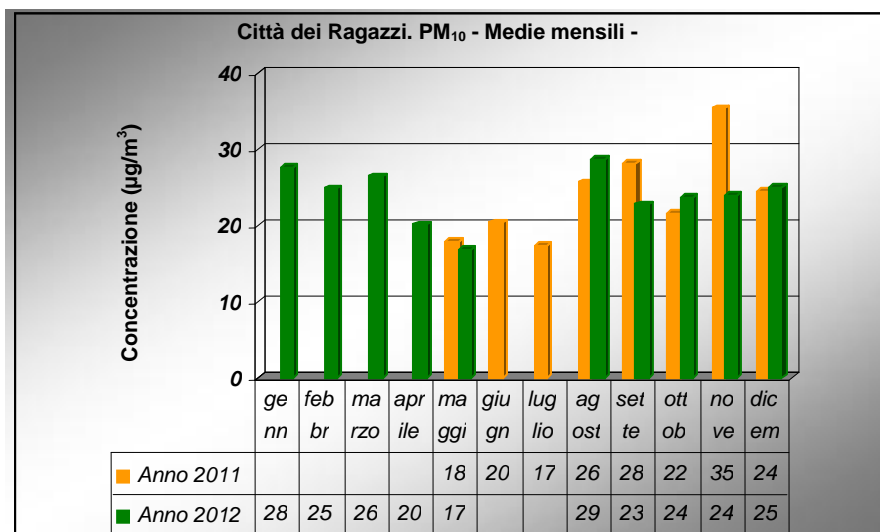
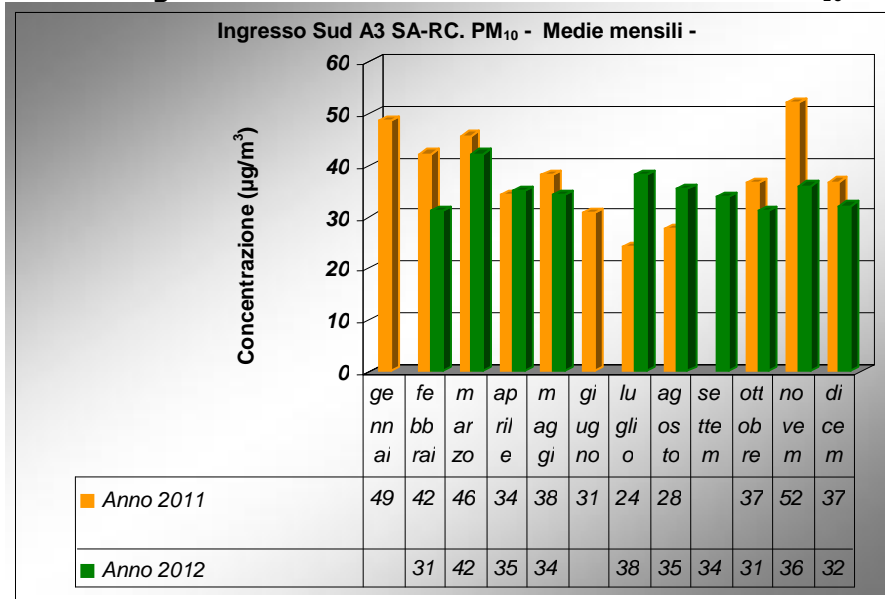
Relativamente all'anno 2012 si è riscontrato un miglioramento in quanto in entrambi i siti sono stati rispettati i limiti normativi.

In figura 19 viene mostrato il trend delle concentrazioni medie mensili registrate nelle due stazioni della rete.

Dalle elaborazioni mostrate si osserva come il superamento del valore limite giornaliero si verifichi prevalentemente nei mesi autunnali e invernali, infatti l'andamento delle medie mensili mostra un considerevole abbassamento nei mesi estivi con un valore che si attesta

intorno a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presso la stazioni da traffico e inferiore a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presso la stazione di fondo urbano.

Figura 18. Andamento della concentrazione del PM_{10}



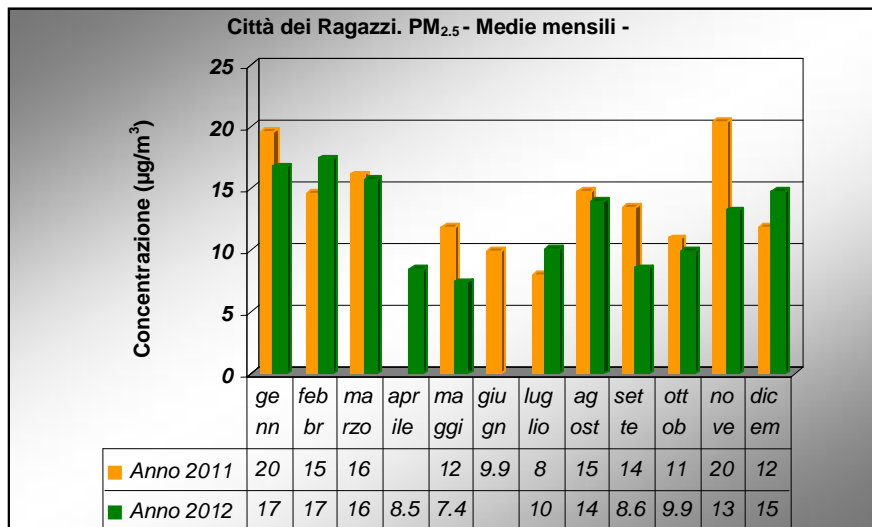
4.1.3. Particolato sospeso - $\text{PM}_{2.5}$

Tabella 15. Confronto della concentrazione di $\text{PM}_{2.5}$ con i valori limite

Stazione	Anno	Valore limite annuale	Media annuale registrata
Città dei Ragazzi	2011	$25.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$13.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	2012		$12.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

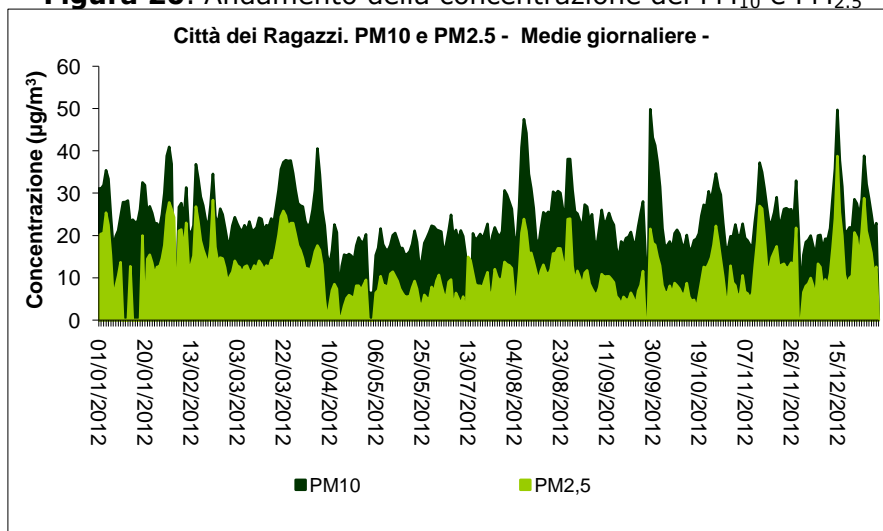
Il valore misurato nella postazione di fondo è risultato essere nettamente inferiore al valore limite, per entrambi gli anni di osservazione, in cui sono stati registrati valori piuttosto confrontabili.

Di seguito si riporta il grafico relativo alle medie mensili.

Figura 19. Andamento della concentrazione del PM_{2.5}

In generale si osserva una certa stagionalità, con valori maggiori nei mesi invernali, ad indicare una maggiore quota di particelle più fini nel particolato in questo periodo dell'anno. Le particelle con un diametro aerodinamico attorno ai 10 µm vengono generate, in maggior parte, per azione meccanica, mentre quelle più fini sono prodotte prevalentemente dalla combustione o sono di origine secondaria, cioè prodotte in atmosfera a partire da precursori gassosi. La maggior quota di particelle più fini durante i mesi invernali può essere probabilmente messa in relazione all'aumento della componente secondaria e a quella derivante dai processi di combustione (traffico, riscaldamento,...), quantitativamente più rilevanti in questo periodo dell'anno.

Nelle figure seguenti viene rappresentato l'andamento giornaliero del particolato PM_{2.5} e il suo rapporto rispetto al PM₁₀.

Figura 20. Andamento della concentrazione del PM₁₀ e PM_{2.5}

Si nota come nel periodo invernale il PM_{2.5} costituisca la grande maggioranza in peso del PM₁₀ costituendone mediamente il 70%, mentre nel periodo primaverile-estivo si attesta mediamente intorno al 45%.

4.1.4. Monossido di Carbonio

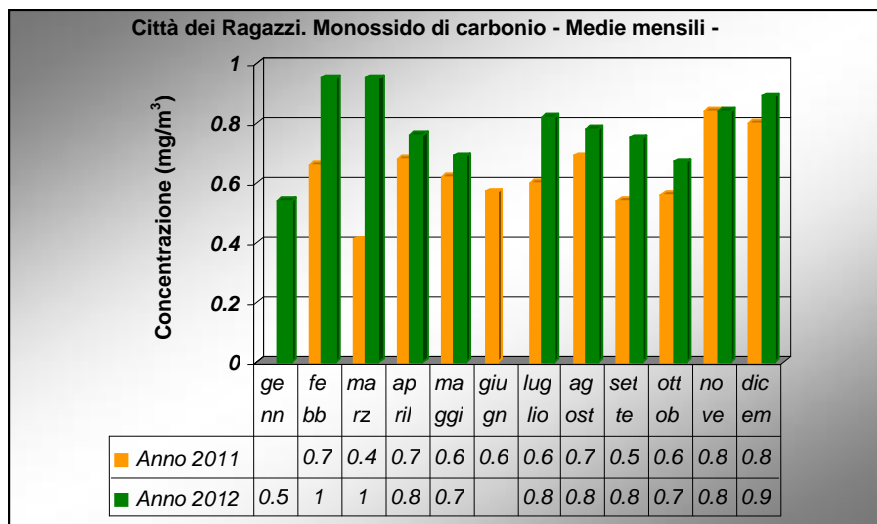
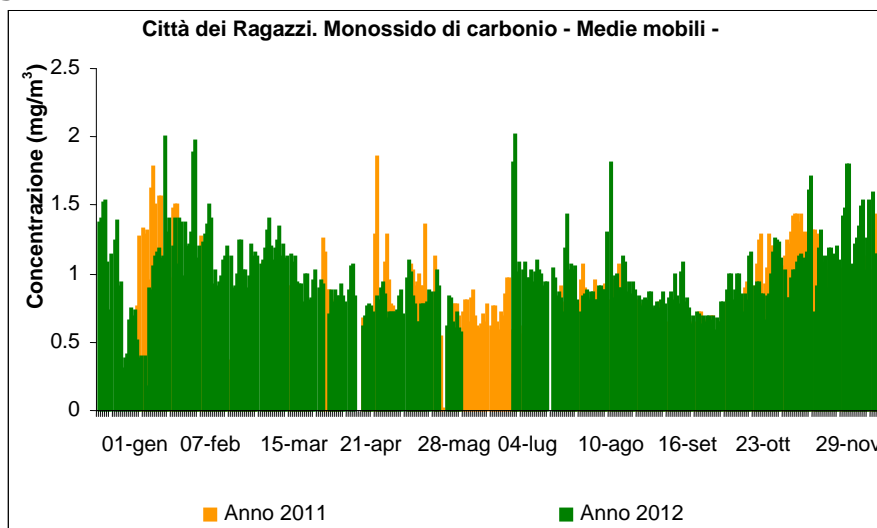
Tabella 16. Confronto della concentrazione di CO con i valori limite

Stazione	Anno	Valore limite	Massimo valore registrato	N° Media massima giornaliera su 8 ore > 10 mg/m ³
Città dei Ragazzi	2011	10 mg/m ³	1.85 mg/m ³ (10.05 ore 01-09)	0
	2012	(media massima giornaliera su 8 ore)	1.43 mg/m ³ (06.08 ore 10-18)	0

Il valore limite per la protezione della salute umana indicato dal D.Lgs 155/2010 non è mai stato superato ed il parametro calcolato non è mai risultato superiore a 2.0 mg/m³.

Di seguito si riporta il grafico relativo alle medie mobili e alle medie mensili.

Figura 21. Andamento della concentrazione del Monossido di carbonio



4.1.5. Ozono

Tabella 17. Confronto della concentrazione di Ozono con i valori limite

Stazione	Anno	Valori limite orario		Massimo valore registrato	N° medie orarie	
		Soglia di informazione	Soglia di allarme		> 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	> 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Città dei Ragazzi	2011	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	170.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (25-08 ore 11-12)	0	0
	2012			167.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (27.08 ore 12-13)	0	0

Stazione	Anno	Valore obiettivo (Media massima giornaliera su 8 ore)	Massimo valore registrato	N° Medie massime giornaliera su 8 ore > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Città dei Ragazzi	2011	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni)	149.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (25.8 ore 09-17)	22 giorno
	2012		143.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (06.08 ore 19-18)	21 giorni

Il Decreto Legislativo 155/2010, oltre al valore obiettivo e l'obiettivo a lungo termine ripropone:

- la *soglia di informazione*: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive. La soglia di informazione si raggiunge quando la media oraria è maggiore o uguale a 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- la *soglia di allarme*: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati. La soglia si raggiunge quando si verifica il superamento della media oraria di 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per tre ore consecutive.

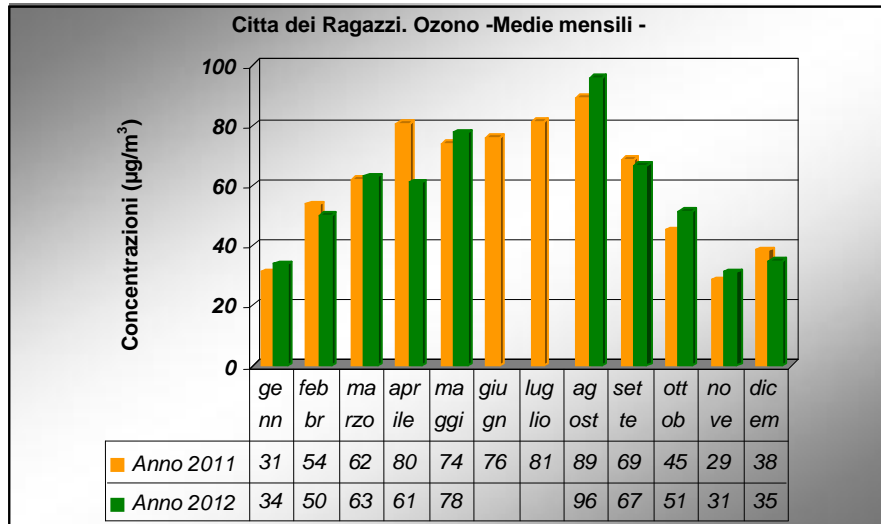
Per quanto riguarda gli episodi acuti la soglia di informazione (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) non è stata mai raggiunta per entrambi gli anni considerati.

Ai fini della valutazione del rispetto del valore obiettivo, lo stesso è stato rispettato in quanto il superamento del valore limite di 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, espresso come media massima giornaliera su 8 ore, si è verificato 7 volte nell'anno 2010, 22 volte nell'anno 2011 e 21 volte nell'anno 2012, pertanto la media sui tre anni risulta essere pari a 16.

L'ozono essendo un inquinante "secondario" che si forma a seguito di complesse reazioni fotochimiche, favorite cioè dalla radiazione solare in cui sono coinvolti inquinanti

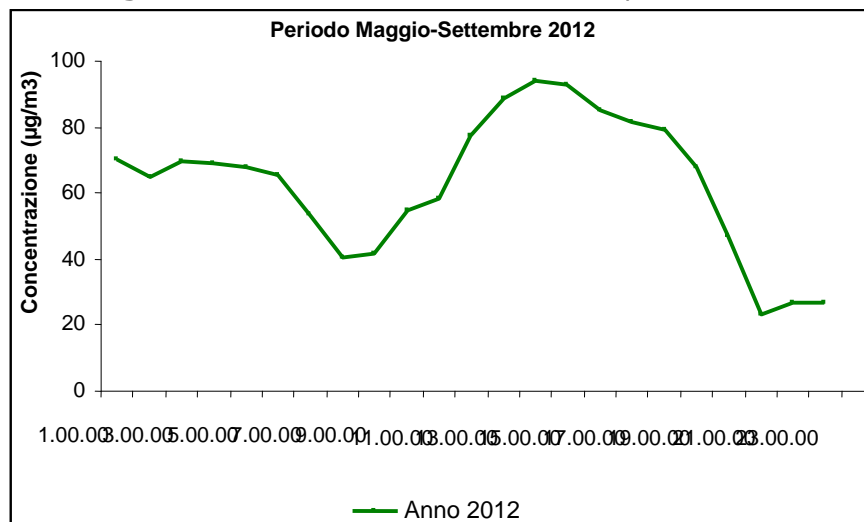
primari immessi direttamente in atmosfera, mostra una spiccata stagionalità, infatti le concentrazioni più significative sono state rilevate nel periodo primavera-estate (figura 22).

Figura 22. Andamento delle medie mensili della concentrazione di Ozono



La figura seguente mostra l'andamento del giorno tipo dell'ozono riferito ai soli mesi estivi.

Figura 23. Stazione Città del Giorno Tipo O₃



L'andamento del giorno tipo per questo inquinante mostra un caratteristico andamento giornaliero, con un picco di concentrazione nelle ore centrali del giorno, quando maggiore è l'insolazione e quindi più intensa la formazione dell'inquinante.

4.1.6. Biossido di zolfo

Tabella 18. Confronto della concentrazione di SO₂ con i valori limite

Stazione	Anno	Valori limite (media oraria)	Massimo valore registrato	N° medie orarie > 350 µg/m ³
Autostazione	2011	350 µg/m ³ (da non superare più di 24 volte per anno civile)	49.28 µg/m ³ (15.01 ore 13-14)	0
	2012		38.68 µg/m ³ (19.03 ore 06-07)	0

Stazione	Anno	Valori limite (media giornaliera)	Massimo valore registrato	N° medie giornaliere > 125 µg/m ³
Città dei Ragazzi	2011	125 µg/m ³ (da non superare più di 3 volte per anno civile)	19.95 µg/m ³ (30.04)	0
	2012		35.23 µg/m ³ (19.03)	0

I valori di biossido di zolfo rilevati sono contenuti e notevolmente inferiori ai livelli previsti dalla normativa: il rispetto dei limiti non rappresenta pertanto un problema.

4.1.7. Benzene

Tabella 19. Confronto della concentrazione di Benzene con i valori limite

Stazione	Anno	Valore limite annuale	Media annuale registrata
Città dei Ragazzi	2011	5.0 µg/m ³	0.9 µg/m ³

Il valore limite è stato rispettato.

Insieme al benzene sono stati monitorati anche altri inquinanti come il toluene, e gli xileni, anche se la normativa non impone alcun limite sulla loro presenza in aria.

Nella tabella seguente si riportano le medie annuali registrate per ciascuno di questi inquinanti.

Tabella 20. Medie annuali registrate per i composti aromatici monitorati

Inquinante	Media annuale registrata Anno 2011	Media annuale registrata Anno 2012
M-P-Xilene	1,21 µg/m ³	0,61 µg/m ³
O-Xilene	0,32 µg/m ³	0,14 µg/m ³
Toluene	1,83 µg/m ³	1,09 µg/m ³

4.1.8. La caratterizzazione chimica del particolato

Il D.Lgs 155/2010, nell'allegato XIII, fissa i limiti di riferimento, definiti come "valori obiettivo", relativi al benzo(a)pirene e ad alcuni metalli come il piombo, il cadmio, l'arsenico e il nichel nell'aria ambiente. Pertanto, presso la stazione di Città dei Ragazzi, oltre al monitoraggio in continuo degli inquinanti precedentemente illustrati, è stato effettuato anche il campionamento su filtro del particolato atmosferico PM₁₀ e la successiva determinazione in laboratorio del contenuto dei suddetti microinquinanti.

IPA [benzo(a)pirene]

Fra tutti gli IPA, la normativa fissa un limite solamente per il benzo(a)pirene (BaP), sostanza che risulta essere presente in atmosfera secondo un rapporto piuttosto costante rispetto alla somma degli altri IPA.

Per questo motivo la sua concentrazione viene considerata come un indicatore attendibile della presenza degli IPA nell'area monitorata e viene quindi utilizzato come un marker per il rischio cancerogeno degli IPA.

Per questo inquinante l'attuale normativa italiana prevede un valore obiettivo, espresso come media annuale, pari a 1.0 ng/m³ riferito al tenore totale presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato. Inoltre per il raggiungimento degli obiettivi di qualità il D.Lgs. 155/2010 prevede un periodo minimo di copertura pari al 33% uniformemente distribuito nell'anno civile.

Nella tabella seguente viene riportato il periodo di misurazione, espresso in percentuale, e il confronto tra il valore obiettivo e i valori delle medie annuali di Benzo(a)pirene riscontrati.

Tabella 21. Confronto della concentrazione di Benzo(a)pirene con i valori limite

Anno	Valore obiettivo	Media annuale	Periodo di misurazione
2011	1.0 ng/m ³	0.23 ng/m ³	42%
2012		0.33 ng/m ³	49%

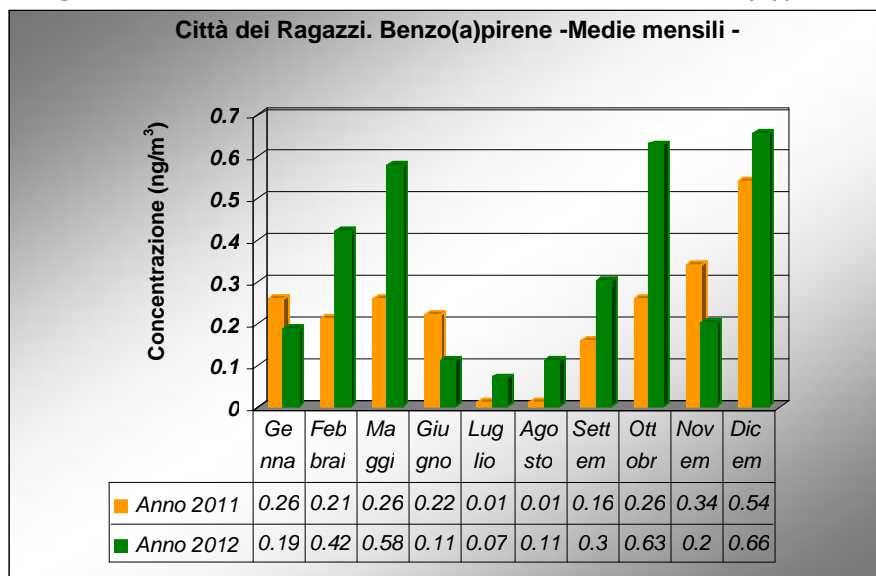
I dati evidenziano come il valore limite sia stato abbondantemente rispettato nei due anni di monitoraggio.

Come mostrato nella figura 24, le concentrazioni di IPA presentano un marcato andamento stagionale, e nei mesi estivi si hanno, in genere, concentrazioni molto basse probabilmente riconducibili alla concomitanza di diversi fattori: la diminuzione delle sorgenti presenti (uso meno intensivo dell'auto, riscaldamento spento,...) e condizioni meteorologiche che favoriscono la diffusione degli inquinanti, come venti più intensi, acquazzoni che dilavano l'atmosfera ed una maggiore insolazione in grado di attivare reazioni di degradazione degli IPA.

Le concentrazioni maggiori sono state rilevate nel mese di dicembre sebbene le medie mensili calcolate non hanno mai superato il valore di 1 ng/m³.

In Figura sono riportate le concentrazioni medie mensili di benzo(a)pirene (in ng/m³) rilevate durante i due anni di osservazione.

Figura 24. Andamento della concentrazione di Benzo(a)pirene



Metalli Pesanti (Arsenico-Cadmio-Nichel-Piombo)

Sul particolato PM₁₀, oltre agli IPA, viene effettuata anche la determinazione di alcuni metalli e tra questi da un punto di vista sanitario, l'attenzione si è posta particolarmente su Piombo, Cadmio, Nichel e Arsenico in quanto, il piombo è ritenuto dannoso per il sistema nervoso perché può causare malattie al cervello e al sangue, il Cadmio, il Nichel e l'Arsenico sono ritenuti agenti cancerogeni umani genotossici.

Anche per questi inquinanti il D.Lgs.155/10 prevede, per il raggiungimento degli obiettivi di qualità, un periodo di copertura del 50% distribuito nell'anno civile.

Nella tabella seguente viene riportato il periodo di misurazione, espresso in percentuale, e il confronto tra il valore obiettivo e i valori di media annua dei metalli monitorati.

Tabella 22. Confronto della concentrazione dei metalli con i valori limite

Inquinante	Valore obiettivo	Media annuale		Periodo di misurazione (%)	
		Anno 2011	Anno 2012	Anno 2011	Anno 2012
As	6.0 ng/m ³	0.12 ng/m ³	0.15 ng/m ³		
Cd	5.0 ng/m ³	0.11 ng/m ³	0.10 ng/m ³		
Ni	20 ng/m ³	1.4 ng/m ³	3.2 ng/m ³	56.0	45
Pb	0.5 µg/m ³	0.0035 µg/m ³	0.0043µg/m ³		

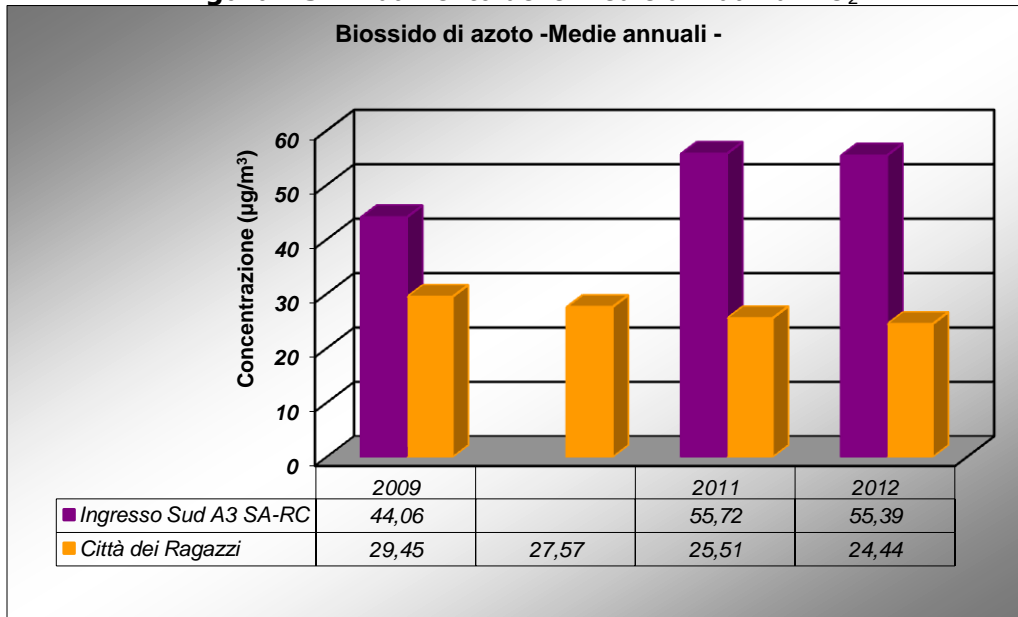
Si noti come i valori misurati appaiono sempre ampiamente al di sotto dei limiti di riferimento.

4.2. ANALISI DEI TREND DELLE CONCENTRAZIONI ANNUALI

Al fine di capire in maniera immediata l'evoluzione della qualità dell'aria nella città di Cosenza, vengono presentati, per ogni inquinante, i trend elaborati utilizzando come indicatore la concentrazione media annuale relativi al periodo compreso dal 2009 al 2012.

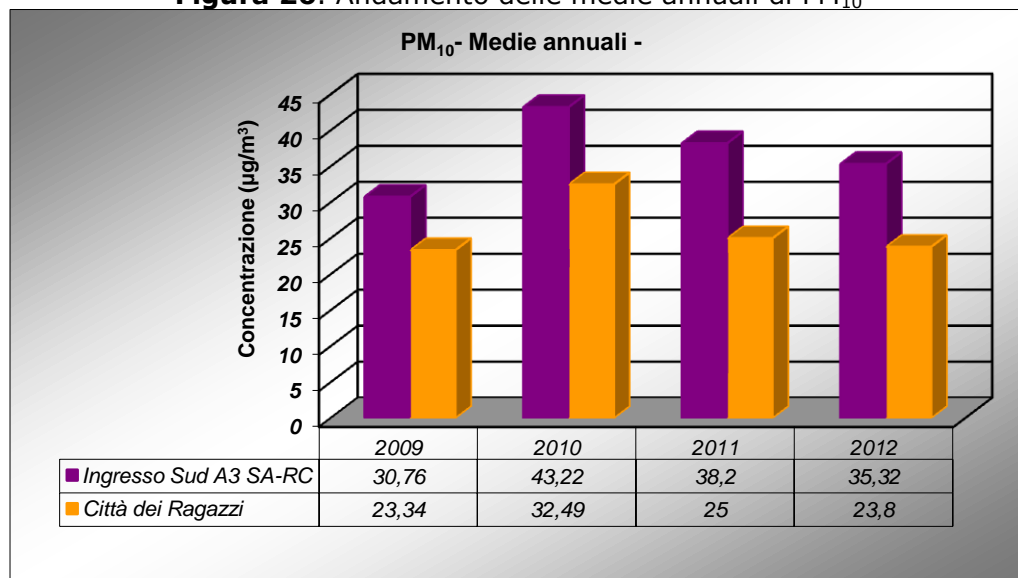
Biossido di azoto

Figura 25. Andamento delle medie annuali di NO₂



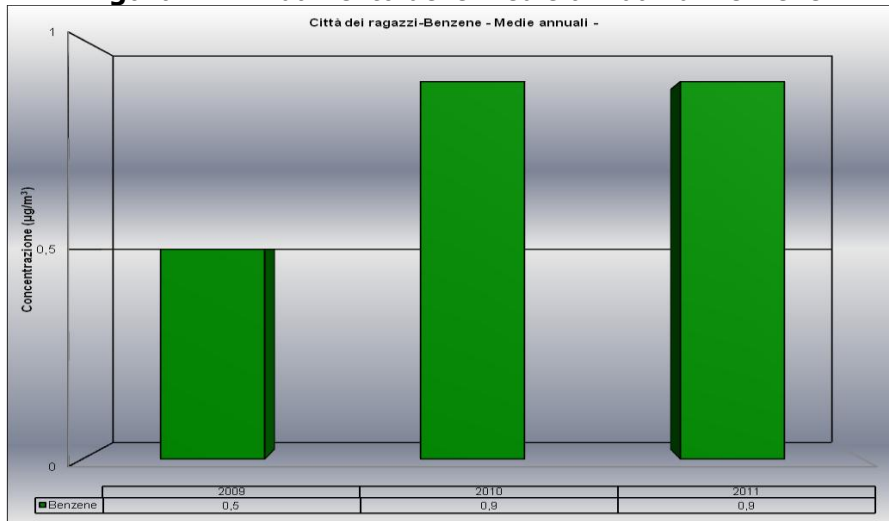
Particolato sospeso - PM₁₀

Figura 26. Andamento delle medie annuali di PM₁₀



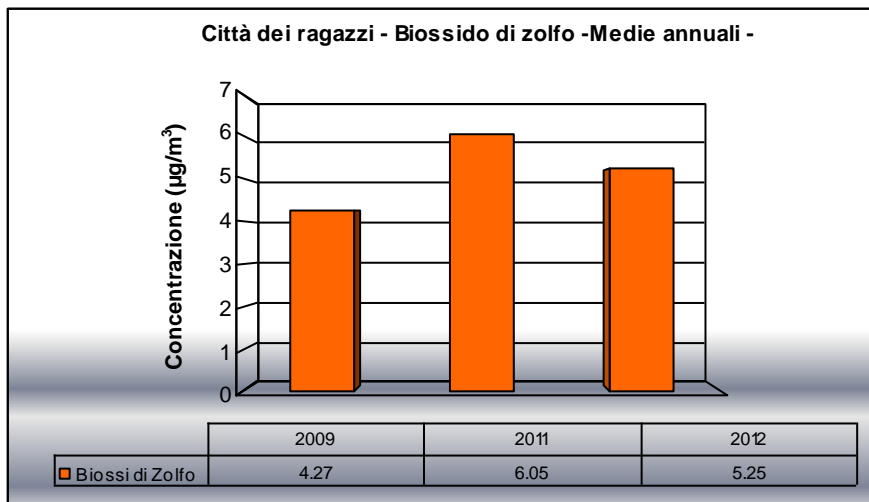
Benzene

Figura 27. Andamento delle medie annuali di Benzene



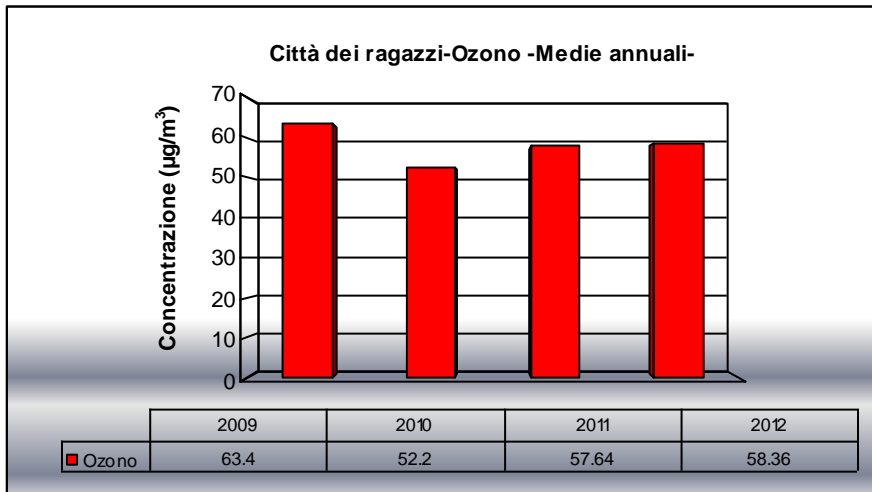
Biossido di zolfo

Figura 28. Andamento delle medie annuali di SO₂



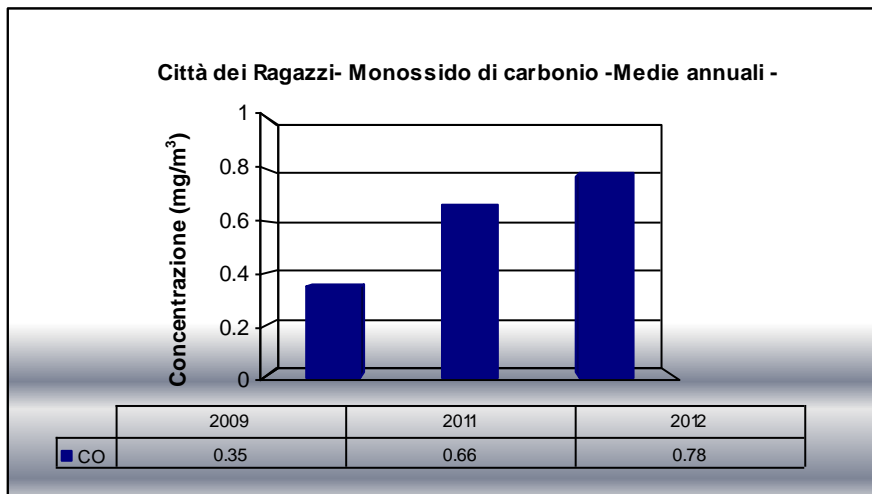
Ozono

Figura 29. Andamento delle medie annuali di O₃



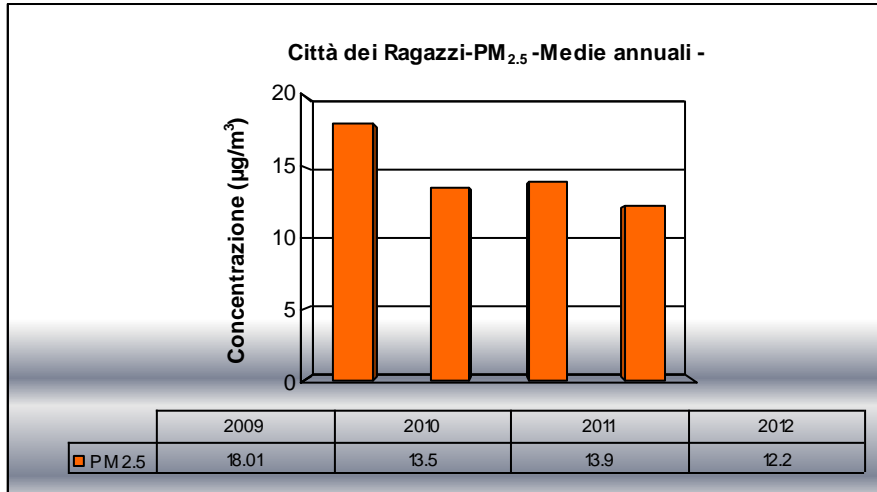
Monossido di carbonio

Figura 30. Andamento delle medie annuali di CO



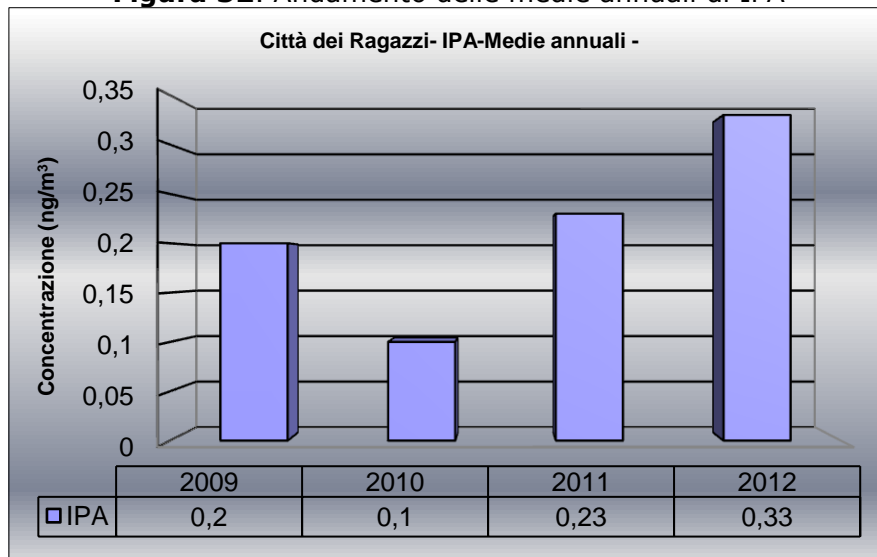
PM_{2.5}

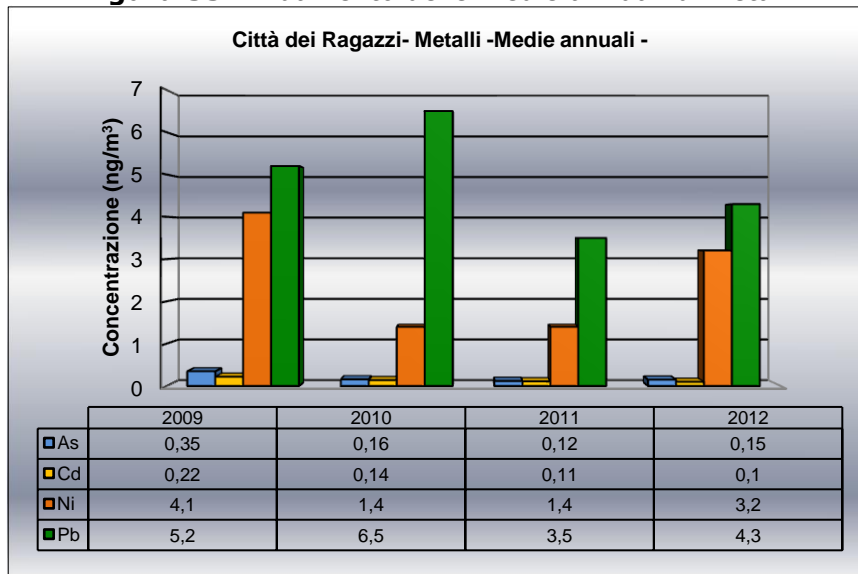
Figura 31. Andamento delle medie annuali di PM_{2.5}



IPA

Figura 32. Andamento delle medie annuali di IPA



Metalli**Figura 33.** Andamento delle medie annuali di Metalli

Le elaborazioni grafiche mettono in evidenza

- per il **biossido di azoto**, dal 2009 al 2011 un trend in crescita dei valori dell'indicatore per quel che riguarda la stazione da traffico e una situazione piuttosto stabile per quella di fondo;
- per il **PM₁₀** l'andamento registrato mette in evidenza un lieve calo dei livelli di concentrazione presso entrambe le stazioni;
- per il **monossido di carbonio, il benzene e il benzo(a)pirene** un andamento in crescita su livelli di concentrazione comunque poco significativi;
- per l'**ozono e il biossido di zolfo** non si apprezzano variazioni sostanziali;
- per il **PM_{2,5} e i metalli** si nota una tendenza alla diminuzione delle concentrazioni.

5. CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE E FINALI

Considerati i dati rilevati degli anni 2011 e 2012 nelle tabelle successive si sintetizza il quadro generale della qualità dell'aria riscontrato nelle due stazioni di monitoraggio.

Tabella 23. Livelli di inquinamento rilevati negli anni 2011 e 2012 nei due diversi siti

Ingresso Sud A3 SA-RC			
Inquinante	Periodo di mediazione del valore limite	Superamento del valore limite	
		Anno 2011	Anno 2012
NO ₂	Media oraria	si	si
	Media annuale	si	si
PM ₁₀	Media su 24 ore	si	no
	Media annuale	no	no

Città dei Ragazzi			
Inquinante	Periodo di mediazione del valore limite	Superamento del valore limite	
		Anno 2011	Anno 2012
NO ₂	Media oraria	no	no
	Media annuale	no	no
PM ₁₀	Media su 24 ore	no	no
	Media annuale	no	no
PM _{2,5}	Media annuale	no	no
CO	Media massima giornaliera su 8 ore	no	no
	Media oraria (Soglia di informazione)	no	no
O ₃	Media massima giornaliera su 8 ore (Valore obiettivo)	no	no
	Media oraria	no	no
SO ₂	Media su 24 ore	no	no
	Media annuale	no	no
Benzene	Media annuale	no	no
Benzo(a)pirene	Media annuale	no	no
Metalli (Pb, Cd, Ni, As)	Media annuale	no	no

La normativa citata oltre ai valori standard di riferimento definisce anche delle soglie di allarme, di seguito si riportano tali valori soglia e gli eventuali superamenti.

Tabella 24. Casi di episodi acuti

Stazione	Inquinante	Soglia di allarme	Casi riscontrati	
			Anno 2011	Anno 2012
Ingresso Sud A3 SA-RC	NO ₂	Concentrazione >400 µg/m ³ per 3 ore consecutive	Nessuno	Nessuno
Città dei Ragazzi			Nessuno	Nessuno
Città dei Ragazzi	SO ₂	Concentrazione >500 µg/m ³ per 3 ore consecutive	Nessuno	Nessuno
Città dei Ragazzi	O ₃	Concentrazione >240 µg/m ³ per 3 ore consecutive	Nessuno	Nessuno

Si propone, di seguito, una valutazione di estrema sintesi.

- Il **biossido di zolfo (SO₂)** non desta preoccupazione in quanto i valori registrati sono abbondantemente inferiori ai limiti normativi;
- Il **monossido di carbonio (CO)** rientra ampiamente nei limiti;
- Il **benzene** si conferma stabilmente già inferiore al limite fissato nel sito di fondo;
- L'inquinante **biossido d'azoto (NO₂)** conferma una situazione critica nel sito di monitoraggio prossimo a strade ad alto traffico come è appunto l'ingresso Sud A3 SA-RC. Si evidenzia inoltre come la differenza tra la stazione di fondo e di traffico tenda ad accentuarsi e in particolare come gli indicatori misurati presso quest'ultima stazione mostri una decisa tendenza all'aumento. Per quanto riguarda la stazione di fondo, il trend conferma una situazione stazionaria;
- Per quel che riguarda l'**ozono**, che raggiunge le sue massime concentrazioni nel periodo compreso tra maggio e settembre, si osserva il rispetto dei limiti normativi;
- Il **particolato PM₁₀** è stato caratterizzato dalla tendenza al calo presso la stazione da traffico, infatti, rispetto al 2011 quando si sono verificati superamenti dei due valori limite nel corso del 2012 i valori limite sono stati rispettati. Di totale conformità ai limiti appare invece la situazione presso la stazione di fondo di Città dei Ragazzi.
- I valori di **PM_{2,5}** rilevati nei due anni non superano il valore limite e si registra un situazione piuttosto stazionaria;
- Per il **benzene** i valori registrati sono molto inferiori ai limiti previsti dalla normativa;
- Anche le concentrazioni dei **microinquinanti** (Benzo(a)pirene e metalli) sono state notevolmente inferiori ai limiti di legge.

6. Campagne di Monitoraggio

Le stazioni mobile di rilevamento della qualità dell'aria operano ad integrazione della rete di stazioni fisse e permettono alle amministrazioni comunali di valutare l'adozione di interventi per migliorare la qualità dell'aria nel territorio di competenza.

Ad integrazione delle misure effettuate nelle stazioni fisse della rete di monitoraggio nel corso del 2012 si sono svolte, nel Comune di Cosenza, campagne di monitoraggio con laboratori mobili dell'ARPACal secondo un programma concordato, sulla base delle criticità, tra ARPACal e Amministrazione comunale.

I siti presso cui sono state effettuate le campagne di monitoraggio hanno riguardato l'Autostazione e la piazzetta presso ed il Centro Commerciale "I due Fiumi".

I laboratori utilizzati sono equipaggiati con analizzatori per la misura in continuo di NO₂, CO, O₃, PM₁₀, SO₂, Benzene e parametri meteo.

Figura 34. Vista aerea dei siti di monitoraggio



Presso ognuno dei siti, oggetto del monitoraggio, sono state effettuate due campagne della durata di circa quindici/venti giorni ognuna, in due diversi periodi dell'anno (primavera ed estate). Ciò ha consentito di tener conto della variabilità delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi in funzione delle variazioni stagionali dovute alle differenti condizioni meteorologiche.

Per ciascuna campagna di monitoraggio, nelle seguenti tabelle, si riporta una sintesi dei dati rilevati:

Tabella 25. Sito presso "I due Fiumi" Confronto della concentrazione degli inquinanti con i valori limite

Inquinante	Massimo valore registrato		Valore Limite
	Primavera (Dal 17/05/2012 al 20/06/2012)	Estate (Dal 19/07/2012 al 24/09/2012)	
NO₂ (media oraria)	73.68 µg/m ³	108.73 µg/m ³	200 µg/m ³ (da non superare più di 18 volte per anno civile)
O₃ (media oraria)	107.33 µg/m ³	150.70 µg/m ³	180 µg/m ³
O₃ (Media massima giornaliera su 8 ore)	99.95 µg/m ³	135 µg/m ³	120 µg/m ³ (da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni)
CO (Media massima giornaliera su 8 ore)	2.60 mg/m ³	1.68 mg/m ³	10 mg/m ³
PM₁₀ (media giornaliera)	22.09 µg/m ³	66 µg/m ³	50 µg/m ³ (da non superare più di 35 volte per anno civile)
SO₂ (media oraria)	10.15 µg/m ³	4.44 µg/m ³	350 µg/m ³ (da non superare più di 24 volte per anno civile)
SO₂ (media giornaliera)	6.12 µg/m ³	2.46 µg/m ³	125 µg/m ³ (da non superare più di 3 volte per anno civile)

Tabella 26. Sito presso "Autostazione" Confronto della concentrazione degli inquinanti con i valori limite

Inquinante	Massimo valore registrato		Valore Limite
	Primavera (Dal 08/06/2012 al 20/06/2012)	Estate (Dal 21/06/2012 al 19/07/2012)	
NO₂ (media oraria)	145.02 µg/m ³	147.34 µg/m ³	200 µg/m ³ (da non superare più di 18 volte per anno civile)
O₃ (media oraria)	116.01 µg/m ³	131.82 µg/m ³	180 µg/m ³
O₃ (Media massima giornaliera su 8 ore)	105.46 µg/m ³	119.86 µg/m ³	120 µg/m ³ (da non superare più di 25 giorni per anno civile come media su tre anni)
CO (Media massima giornaliera su 8 ore)	1.52 mg/m ³	1.54 mg/m ³	10 mg/m ³
PM₁₀ (media giornaliera)	31.86 µg/m ³	55 µg/m ³	50 µg/m ³ (da non superare più di 35 volte per anno civile)
SO₂ (media oraria)	8.17 µg/m ³	4.74 µg/m ³	350 µg/m ³ (da non superare più di 24 volte per anno civile)
SO₂ (media giornaliera)	2.54 µg/m ³	2.11 µg/m ³	350 µg/m ³ (da non superare più di 24 volte per anno civile)

Durante i periodi del monitoraggio non sono stati registrati superamenti delle soglie di allarme per gli inquinanti (biossido di azoto, biossido di zolfo e ozono), per i quali la normativa prevede tale limite.

Presso il sito del C.C. "I due Fiumi" nella campagna estiva si sono verificati due superamenti del valore limite giornaliero di PM₁₀ e per l'ozono è stato superato 7 volte il valore di 120 µg/m³, espresso come media massima giornaliera su 8 ore.

Presso il sito dell'Autostazione è stato superato una sola volta il valore limite giornaliero di PM₁₀.

Per gli altri inquinanti sono stati registrati valori inferiori ai limiti normativi.

Indice Tabelle

Tabella 1. Valori limite degli inquinanti	5
Tabella 2. Individuazione delle stazioni di rilevamento della rete ARPACal.....	10
Tabella 3. Stazione Città dei Ragazzi :rendimenti relativi agli anni 2011 e 2012	12
Tabella 4. Stazione Ingresso Sud A3 SA-RC: rendimenti relativi agli anni 2011 e 2012.....	12
Tabella 5. Indicatori per la temperatura.....	14
Tabella 6. Indicatori relativi alla velocità del vento.....	18
Tabella 7. Città dei Ragazzi. Frequenze e velocità del vento	18
Tabella 8. Ingresso Sud A3 SA-RC. Frequenze e velocità del vento	20
Tabella 9. Corrispondenze tra le categorie di Pasquill, e intensità della velocità del vento a 10m, radiazione solare globale e radiazione solare netta	20
Tabella 10. Classi di stabilità atmosferica di Pasquill.....	21
Tabella 11. Confronto della concentrazione di NO ₂ con i valori limite. Anno 2011	24
Tabella 12. Andamento della concentrazione di NO ₂ con i valori limite. Anno 2012.....	24
Tabella 13. Confronto della concentrazione di PM ₁₀ con i valori limite. Anno 2011	27
Tabella 14. Confronto della concentrazione di PM ₁₀ con i valori limite. Anno 2012	27
Tabella 15. Confronto della concentrazione di PM _{2,5} con i valori limite.....	28
Tabella 16. Confronto della concentrazione di CO con i valori limite	30
Tabella 17. Confronto della concentrazione di Ozono con i valori limite.....	31
Tabella 18. Confronto della concentrazione di SO ₂ con i valori limite	33
Tabella 19. Confronto della concentrazione di Benzene con i valori limite.....	33
Tabella 20. Medie annuali registrate per i composti aromatici monitorati	33
Tabella 21. Confronto della concentrazione di Benzo(a)pirene con i valori limite	34
Tabella 22. Confronto della concentrazione dei metalli con i valori limite.....	35
Tabella 23. Livelli di inquinamento rilevati negli anni 2011 e 2012 nei due diversi siti.....	41
Tabella 24. Casi di episodi acuti.....	41
Tabella 25. Sito presso "I due Fiumi" Confronto della concentrazione degli inquinanti con i valori limite	44
Tabella 26. Sito presso "Autostazione" Confronto della concentrazione degli inquinanti con i valori limite	44