

**MONITORAGGIO DELLA
QUALITÀ DELL'ARIA
NELL'AREA DI
GENOVA - BORZOLI**

Indice

1. Premessa	5
2. Descrizione delle postazioni	7
2.1 Postazione di Scarpino	7
2.2 VB1 - Inizio via Borzoli	8
2.3 VB2 - Via Borzoli 29D	9
2.4 VB3 - Via Borzoli 12 piano 1°	10
2.5 VB4 - Via Borzoli 12 piano 4°	11
2.6 VB5 - Via Borzoli 17	11
2.7 VB6 - Via Borzoli Piscina	11
3. Parametri Monitorati	11
3.1 Diossido di zolfo (SO ₂)	11
3.2 Particolato atmosferico PM ₁₀	11
I) Premessa	11
II) Natura e sorgenti del particolato	11
III) Effetti sulla salute del particolato	11
IV) Metodologia di campionamento	11
3.3 Metalli	11
I) Cromo - Cr	11
a) Caratteristiche	11
b) Effetti del cromo sulla salute	11
II) Ferro - Fe	11
a) Caratteristiche	11
b) Effetti del ferro sulla salute	11
III) Manganese - Mn	11
a) Caratteristiche	11
b) Effetti del manganese sulla salute	11
IV) Nichel - Ni	11
a) Caratteristiche	11
b) Effetti del nichel sulla salute	11
V) Piombo - Pb	11
a) Caratteristiche ed applicazioni	11
b) Effetti del piombo sulla salute	11
VI) Vanadio - V	11

	a) Caratteristiche e applicazioni	11
	b) Effetti del Vanadio sulla salute	11
VII)	Zinco - Zn	11
	a) Caratteristiche e applicazioni	11
	b) Effetti dello Zinco sulla salute	11
VIII)	Bromo - Br	11
	a) Caratteristiche e applicazioni	11
	b) Effetti del Bromo sulla salute	11
IX)	Cloro - Cl	11
	a) Caratteristiche e applicazioni	11
	b) Effetti del Cloro sulla salute	11
X)	Sodio - Na	11
	a) Caratteristiche e applicazioni	11
	b) Effetti del Sodio sulla salute	11
XI)	Alluminio - Al	11
	a) Caratteristiche e applicazioni	11
	b) Effetti dell'Alluminio sulla salute	11
XII)	Calcio - Ca	11
	a) Caratteristiche e applicazioni	11
	b) Effetti del Calcio sulla salute	11
XIII)	Silicio - Si	11
	a) Caratteristiche e applicazioni	11
	b) Effetti del Silicio sulla salute	11
XIV)	Zolfo - S	11
	a) Caratteristiche e applicazioni	11
	b) Effetti del Zolfo sulla salute	11
3.4	Idrocarburi Aromatici	11
3.4.1	Benzene (C ₆ H ₆)	11
3.4.2	Toluene	11
3.4.3	Etilbenzene	11
3.4.4	Xileni	11
l)	Metodologia di campionamento	11
4.	Normativa vigente	11
4.1	Diossido di zolfo - SO ₂	11
	a) Limiti di legge previsti dal D.M. 02 aprile 2002, n. 60	11

4.2	Particolato Atmosferico - PM ₁₀	11
	a) Limiti di legge previsti dal D.M. 02 aprile 2002, n. 60	11
4.3	Metalli	11
4.3.1	Arsenico, Cadmio, Nichel, Mercurio e Benzo(a)Pirene	11
	a) Limiti di Legge previsti dal Decreto Legislativo 3 agosto 2007, n. 152	11
4.3.2	Piombo	11
	a) Limiti di legge previsti dal D.M. 02 aprile 2002, n. 60	11
4.3.3	Metalli non soggetti a riferimenti normativi	11
4.4	Benzene - C ₆ H ₆	11
	a) Limiti previsti dal D.M. 02 aprile 2002 n. 60	11
4.5	Altri composti organici volatili	11
	a) Limiti indicati dall'A.C.G.I.H. American Conference of Governmental Industrial Hygienists	11
5.	Esame dei rilevamenti condotti	11
5.1.1	Diossido di zolfo - SO ₂	11
I)	Rilevamento orario	11
II)	Rilevamenti giornalieri	11
5.2	Particolato Atmosferico - PM ₁₀	11
5.3	Metalli	11
5.4	Idrocarburi aromatici - Campionamenti passivi	11
6.	Conclusioni	11

1. Premessa

Come concordato con i Comitati della zona, l'Ufficio Elaborazione Dati Ambientali dell'Area 08 Ambiente della Provincia di Genova, ha avviato - dal mese di giugno 2007 e tuttora in corso misure di Sostanze Organiche Volatili in via Borzoli, con i campionatori passivi.

A partire dall'08 febbraio 2008 è stata attivata una postazione fissa di rilevamento della qualità dell'aria lungo la strada che conduce alla discarica di Scarpino, in via Militare di Borzoli, denominata appunto, "**Scarpino**".

Nella tabella successiva, sono indicate le coordinate geografiche dei punti individuati per il monitoraggio.

Identificativo	Indirizzo	Latitudine	Longitudine
35	Postazione "Scarpino"	1489972.47	4920548.03
VB1	Inizio via Borzoli	1488495.55	4919059.36
VB2	Via Borzoli 29D	1488540.45	4919194.89
VB3	Via Borzoli 12 piano 1°	1488585.35	4919219.83
VB4	Via Borzoli 12 piano 4°	1488596.01	4919233.65
VB5	Via Borzoli 17	1488593.66	4919259.74
VB6	Via Borzoli Piscina	1488635.23	4919406.9

Tabella I

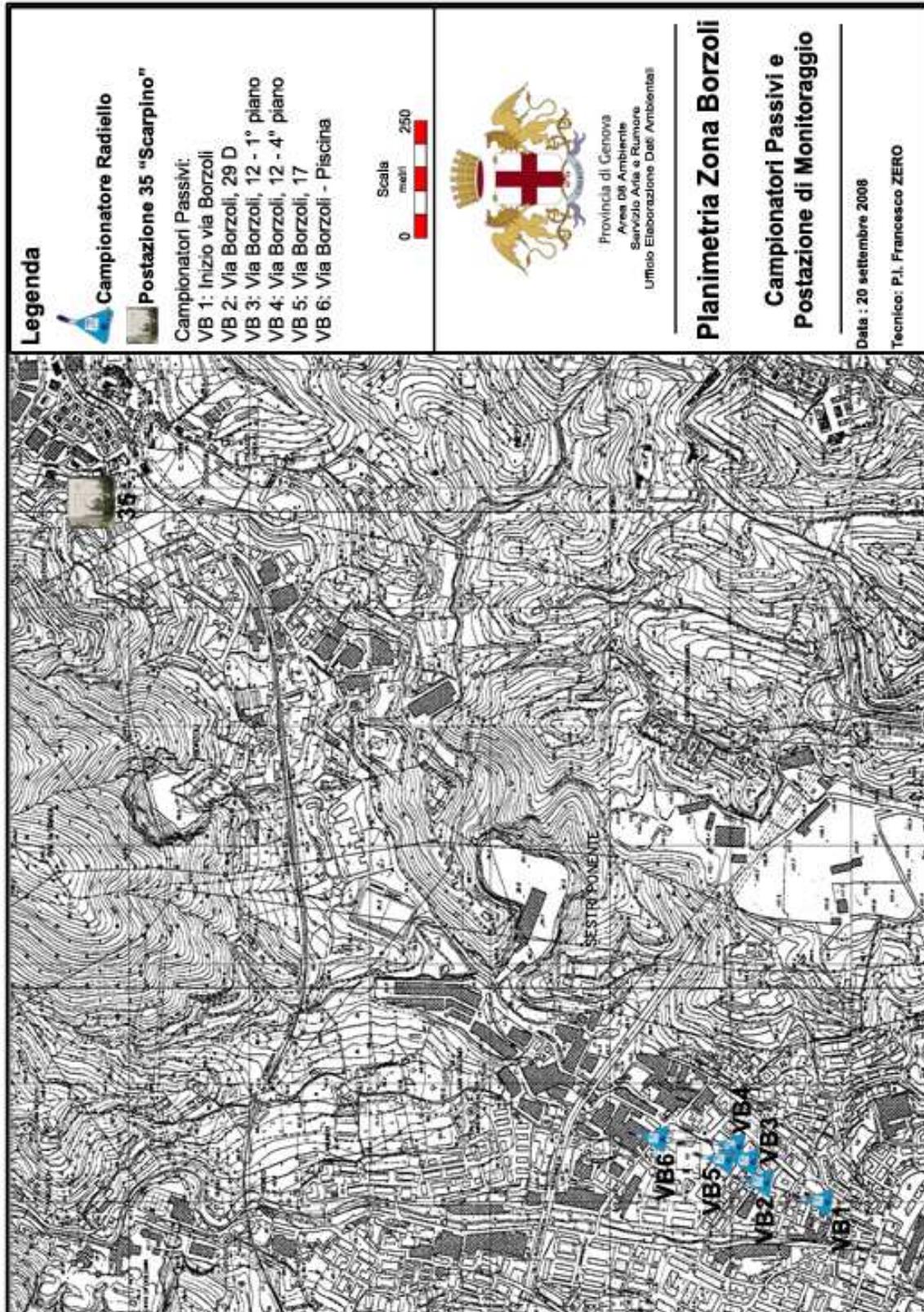


Figura 1: Planimetria con individuazione dei siti di misura.

2. Descrizione delle postazioni

2.1 Postazione di Scarpino

In data 08 febbraio 2008, i Tecnici dell'Ufficio Elaborazione Dati Ambientali della Provincia di Genova, hanno provveduto all'installazione di una cabina fissa di monitoraggio, lungo la strada che conduce a Scarpino. La nuova postazione di misura, classificata "da traffico/industriale" è stata collocata in via Militare di Borzoli.



Figura 2 - Planimetria



Figura 3 - Veduta aerea



Figura 4

2.2 VB1 - Inizio via Borzoli

La postazione si trova all'inizio di via Borzoli (strada che conduce alla discarica di Scarpino), in prossimità di una fermata dei mezzi pubblici. È posta a circa 1,80 metri dal suolo calpestabile.

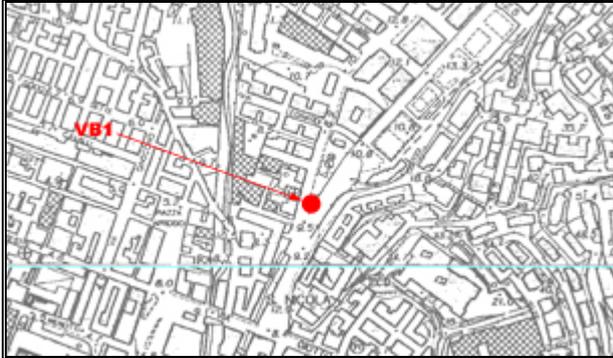


Figura 5 - Planimetria



Figura 6 - Veduta aerea



Figura 7

2.3 VB2 - Via Borzoli 29D

La postazione si trova in via Borzoli presso il civico 29D. Il campionatore passivo, è collocato lungo la facciata del condominio, a circa 2 metri di altezza rispetto al suolo calpestabile.



Figura 8 - Planimetria



Figura 9 - Veduta aerea

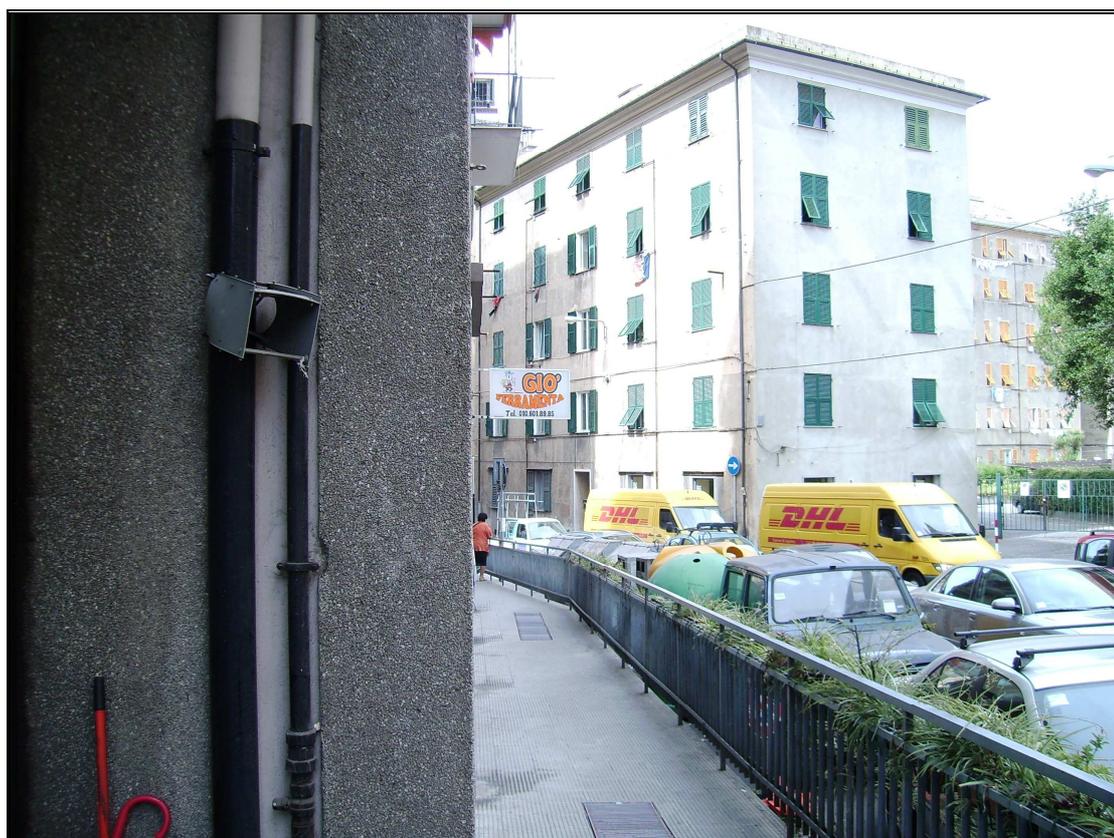


Figura 10

2.4 VB3 - Via Borzoli 12 piano 1°

La postazione si trova sul poggiolo del civico 12 /1° piano, di via Borzoli. Il campionatore passivo, è collocato sulla ringhiera a circa 7 metri di altezza rispetto al suolo calpestabile.

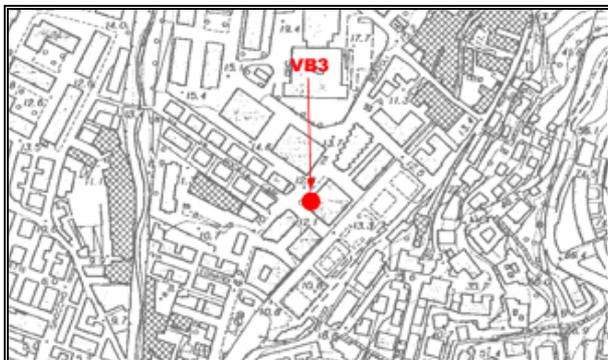


Figura 11 - Planimetria



Figura 12 - Veduta aerea



Figura 13

2.5 VB4 - Via Borzoli 12 piano 4°

La postazione si trova sul poggolo del civico 12 /4° piano in via Borzoli. Il campionatore passivo, è collocato sulla ringhiera a circa 25 metri di altezza rispetto al suolo calpestabile.



Figura 14 - Planimetria



Figura 15 - Veduta aerea



Figura 16

2.6 VB5 - Via Borzoli 17

La postazione si trova sul poggolo del civico 17 /1° piano in via Borzoli. Il campionatore passivo, è collocato sulla ringhiera a circa 7 metri di altezza rispetto al suolo calpestabile.

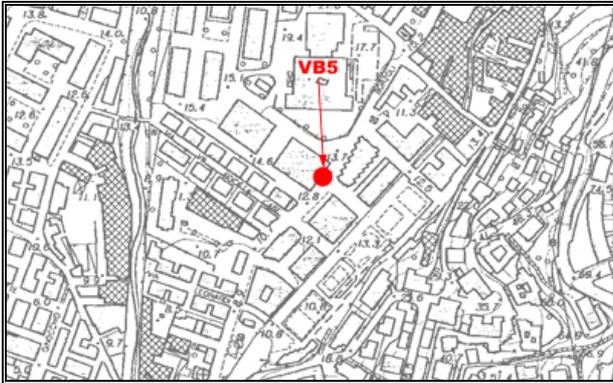


Figura 17 - Planimetria



Figura 18 - Veduta aerea



Figura 19

2.7 VB6 - Via Borzoli Piscina

La postazione si trova in via Borzoli. Il campionatore passivo, è collocato su di un palo della pubblica illuminazione contiguo all'entrata della piscina, a circa 1,8 metri di altezza rispetto al suolo calpestabile.

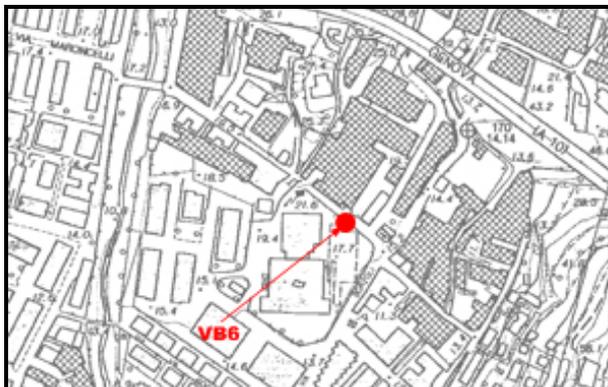


Figura 20 - Planimetria



Figura 21 - Veduta aerea



Figura 22



Borzoli - Posizionamento Campionatori passivi nell'area circostante la strada per Scarpino



3. Parametri Monitorati

3.1 Diossido di zolfo (SO₂)

I composti ossigenati dello Zolfo sono quasi esclusivamente originati dalla combustione di combustibili solidi e liquidi (carbone, olio combustibile, gasolio) ed il loro quantitativo totale dipende dal contenuto di zolfo nel combustibile.

I principali ossidi dello zolfo, le cui principali fonti di emissione sono, quindi, di natura principalmente antropogenica (impianti industriali, produzione di energia, impianti termici, combustioni domestiche, traffico) sono, rispettivamente, il Diossido o Biossido (SO₂) ed il Triossido (SO₃):

SO₂: la sua concentrazione in atmosfera è strettamente correlata con i processi di combustione; la sua rilevanza rappresenta un mezzo obiettivo per giudicare l'entità del contributo degli impianti di combustione all'inquinamento atmosferico.

SO₃: la quantità di questo prodotto è, di solito, molto bassa perché poco SO₂ si converte a SO₃, ma la sua presenza è molto importante perché provoca un notevole innalzamento del "punto di rugiada", cioè della temperatura a cui, in caso di raffreddamento dei prodotti di combustione, hanno inizio i fenomeni di condensazione: questo comporta fenomeni di corrosione nel generatore di calore e nei condotti dei fumi e la formazione di aggregati fuliginosi (prodotti solidi di combustioni più o meno complete) di dimensioni relativamente grandi.

Data l'aggressività degli ossidi di zolfo, vengono sostenuti notevoli sforzi per diminuirne il quantitativo globale nell'immissione in atmosfera, principalmente attraverso la desolforazione dei combustibili, degli effluenti gassosi e l'aggiunta di additivi.



Il Diossido di zolfo è un gas incolore, dall'odore pungente e in grado di produrre effetti irritanti alle congiuntive ed al tratto superiore dell'apparato respiratorio, provocando un aumento delle secrezioni: tali effetti sono dovuti al fatto che, trattandosi di una sostanza estremamente solubile, viene assorbito dalle mucose delle prime vie aeree e raggiunge solo in piccola parte gli alveoli polmonari.

E' stato, comunque, notato un effetto sinergico con il particolato atmosferico, per la capacità che questo ha di veicolare gli inquinanti nelle zone più profonde dell'apparato respiratorio, inducendo, pertanto, fenomeni patologici.

In presenza di elevate quote di emissioni prodotte dai grandi impianti termoelettrici, gli ossidi di zolfo possono diffondere nell'atmosfera ed interessare territori situati anche a grandi distanze; il traffico non è, viceversa, una fonte principale dell'inquinamento da ossidi di zolfo e vi contribuisce in piccola parte (2%).

In particolari condizioni meteorologiche possono, inoltre, dare origine a diverse reazioni chimiche che portano alla produzione finale di acido solforico (H₂SO₄) in modo preponderante: questo composto contribuisce all'acidificazione delle deposizioni umide (le cosiddette "piogge acide") ed all'aumento del contenuto in solfati del particolato atmosferico.

Per quanto riguarda gli effetti sulla salute umana, a basse concentrazioni gli effetti del diossido di zolfo sono principalmente legati a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, asma e tracheiti e ad irritazioni della pelle, degli occhi e delle mucose.

Analisi epidemiologiche hanno evidenziato un aumento dei ricoveri ospedalieri, specie di anziani e bambini, a concentrazioni superiori a $0,3 \text{ mg/m}^3$. Già a concentrazioni di $0,06 \text{ mg/m}^3$ come valore medio annuale si verificano episodi di bronchite e infezioni alle prime vie respiratorie.

Il caratteristico odore pungente del diossido di zolfo comporta che i primi segnali della presenza di SO_2 siano percepiti a livello olfattivo a concentrazioni comprese fra $0,8$ e $2,6 \text{ mg/m}^3$, livelli oltre i quali l'odore raggiunge il limite di tollerabilità ed è, quindi, opportuno ricorrere a dispositivi protettivi.

Brevi esposizioni (dell'ordine di 10 minuti) a concentrazioni di 3 mg/m^3 possono provocare aumento del ritmo respiratorio e del battito cardiaco; concentrazioni di 25 mg/m^3 provocano irritazioni agli occhi, al naso ed alla gola, oltre ad un aumento della frequenza cardiaca; concentrazioni superiori a 5 g/m^3 possono determinare asfissia tossica con morte per collasso cardiocircolatorio.



Figura 23

Il principio analitico per la determinazione del Diossido di zolfo si basa sulla misura della fluorescenza della molecola di SO_2 causata dall'eccitazione prodotta dalla radiazione UV.

Si utilizzano analizzatori in continuo la cui messa a punto si effettua in automatico ogni 23 ore con le seguenti modalità:

fase di zero: filtri a carbone attivo

fase di span: sorgente a permeazione nota e certificata.

3.2 Particolato atmosferico PM₁₀

I) Premessa

Il termine particolato atmosferico indica l'insieme, eterogeneo sia dal punto di vista dimensionale sia morfologico, delle particelle presenti nell'aria.

In generale, la classificazione delle polveri atmosferiche si basa su un'analisi di tipo dimensionale: l'insieme delle polveri totali presenti in atmosfera è indicato con il termine PTS (Polveri Totali Sospese) e rappresenta l'insieme di tutte le particelle solide o liquide sospese nell'aria (esclusa l'acqua pura), che presentano dimensioni tra 0,005 µm e 150 µm (1 µm = 1 milionesimo di metro; per paragone il diametro medio di un capello umano è compreso tra 50 e 100 µm). Le particelle fini hanno maggiori tempi di permanenza in atmosfera rispetto a quelle di dimensioni maggiori che, per le loro dimensioni, ricadono velocemente ed hanno, quindi, tempi di permanenza in atmosfera piuttosto brevi.

La frazione del particolato che presenta diametro aerodinamico pari od inferiore a 10 µm prende il nome di PM₁₀, o particolato fine. La normativa italiana definisce il PM₁₀ come "la frazione di materiale particolato sospeso in aria ambiente che passa attraverso un sistema di separazione in grado di selezionare il materiale particolato di diametro aerodinamico di 10 µm con una efficienza di campionamento pari al 50%". Più semplicemente sono tutte quelle particelle che, a causa delle ridottissime dimensioni, sono in grado di essere inalate e quindi di depositarsi negli organi più profondi dell'apparato respiratorio, determinando effetti dannosi sulla salute umana.

Analogamente al PM₁₀, le normative italiana ed europea definiscono anche il PM_{2,5} come la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm; a differenza del PM₁₀, questo parametro non è ancora regolato da prescrizioni normative, ma nel prossimo futuro diventerà il termine di valutazione principale per la qualità dell'aria (per ciò che concerne l'inquinamento da polveri).

Esistono già proposte del Parlamento Europeo che prevederebbero l'obbligo per i Paesi membri di misurare il PM_{2,5} al fine di ridurre l'impatto entro il 2010.

II) Natura e sorgenti del particolato

La normativa vigente impone la sola ripartizione dimensionale del particolato fine, ma i parametri che caratterizzano questo inquinante sono molteplici e tutti ugualmente importanti per individuarne le sorgenti e quindi per la sua classificazione. Devono essere, infatti, considerati fattori fisici, quali la morfologia, la densità, l'indice di rifrazione, oltre alla composizione chimica del particolato, che, in particolare, risulta fondamentale nell'identificare le sorgenti emissive di polveri in atmosfera. La composizione chimica del particolato è molto complessa ed è anche associata ai processi di formazione dell'ozono e degli altri parametri di origine fotochimica: in particolare, il particolato atmosferico può contenere carbonio (organico ed elementare), metalli (nicel, piombo, sodio, potassio, vanadio ecc.), ioni inorganici (solfati, nitrati, ammonio), composti organici, materiale di origine naturale (pollini, sali marini, ioni idrogeno ed acqua) diversamente distribuiti nelle diverse classi granulometriche.

Solfati, ammonio, carbonio organico ed elementare sono predominanti nella frazione fine, mentre il materiale di origine naturale è presente nella frazione di dimensioni maggiori.

E' possibile distinguere il particolato presente in atmosfera in due "macroclassi" in base all'origine, differenziando il PM_{10} in:

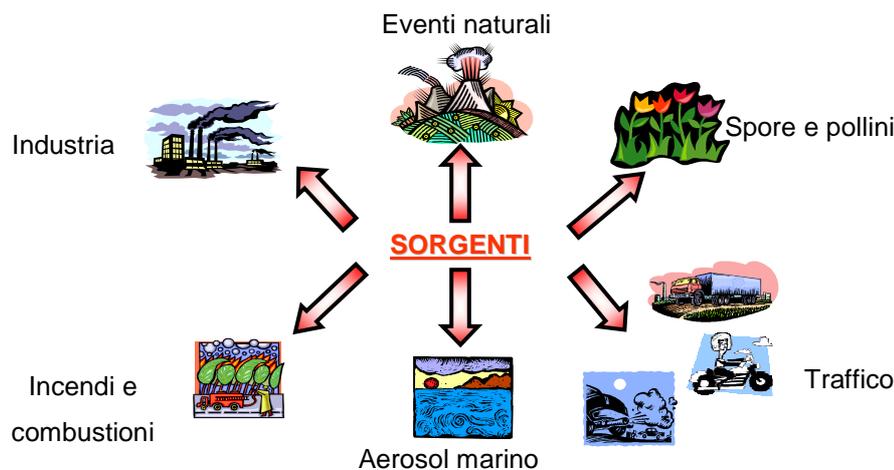
• **Particolato primario.**

Il particolato primario è costituito dalle polveri emesse tal quali in atmosfera direttamente dalla sorgente può avere origine da:

- processi naturali (erosione, eruzioni vulcaniche, fenomeni meteorologici quali pioggia e vento, evaporazione della superficie del mare, etc.);
- composti di origine vegetale, come le spore o i pollini;
- da reazioni chimiche dei gas presenti in aria;
- processi antropici.

Per ciò che concerne l'origine antropica, le maggiori sorgenti emissive sono:

- traffico e trasporti;
- industria delle costruzioni (particelle di polvere);
- le fonderie (ceneri volatili) e i processi di combustione incompleta (fumi);
- la combustione in impianti fissi e i processi industriali.



Il traffico urbano contribuisce all'inquinamento dell'aria da particolato, oltre che con le emissioni, anche attraverso la lenta polverizzazione della gomma dei pneumatici, l'erosione del manto stradale, l'usura dei freni, ecc..

In prima approssimazione, le polveri presenti in atmosfera possono essere schematicamente correlate con le fonti emissive sulla base delle dimensioni:

- diametro maggiore di $10 \mu m$: processi meccanici (ad esempio erosione del vento, macinazione e diffusione), polverizzazione di materiali da parte di veicoli e pedoni;
- diametro compreso tra $1 \mu m$ e $10 \mu m$: provenienza da particolari tipi di terreno, da polveri e prodotti di combustione di determinate industrie e da sali marini in determinate località;
- diametro compreso tra $0,1 \mu m$ e $1 \mu m$: combustione ed aerosol fotochimici;
- diametro inferiore a $0,1 \mu m$: processi di combustione.

Nelle aree urbane il PM₁₀ riveste un ruolo importante anche per i suoi effetti sull'ambiente a livello locale. A causa della loro elevata superficie attiva e dei metalli (piombo, nichel, cadmio ecc.) in esse dispersi, le particelle agiscono da forti catalizzatori delle reazioni di conversione degli ossidi di zolfo e di azoto ad acido solforico ed acido nitrico. Pertanto esse costituiscono anche il mezzo attraverso cui avviene la deposizione secca degli acidi su edifici ed opere d'arte.

Le stime delle emissioni di PM₁₀ mostrano come i trasporti incidano a livello nazionale per circa il 30% ed in ambito urbano per circa il 50%.

Nella tabella seguente è riportata una stima delle emissioni di PM₁₀ primario effettuata dall'ISSI (Istituto Sviluppo Sostenibile Italia) sul parco veicoli dell'anno 2000 nelle aree urbane: la quota prevalente delle emissioni è legata alla componente di autocarri e motocarri e di vecchi veicoli diesel; una quota inferiore è dovuta alle autovetture non catalizzate ed ai ciclomotori a due tempi; le emissioni di particolato primario da combustione da parte dei veicoli a gas e GPL risultano del tutto trascurabili.

Le emissioni da abrasione sono valutabili con stime che oscillano fra il 25 ed il 50% di quelle da combustione, indipendentemente dal carburante utilizzato.

Veicoli	Quota %
Diesel ante 93	22.8
Diesel 94-96	1.1
Diesel post 97	1.2
Benzina non catalitici	10.7
Benzina catalizzati	0.3
Autobus	4.3
Motocarri leggeri diesel ante 93	32.1
Motocarri leggeri benzina ante 93	3.0
Motocarri leggeri diesel post 93	3.0
Motocarri leggeri benzina post 93	0.1
Autocarri pesanti diesel totali	6.4
Motocicli	2.6
Ciclomotori	12.4
Totale	100.0

Tabella II Emissioni da Particolato Primario

Indagini condotte da APAT indicano come il contributo dei trasporti alla emissione delle frazioni fini ed ultrafini (quelle che hanno un impatto sanitario maggiore) del particolato diventi ancora più preponderante, attestandosi su valori rispettivamente del 40% e 57% su base nazionale e, conseguentemente, su percentuali ancora più elevate nelle aree urbane.

L'incidenza dei vari segmenti di traffico alle emissioni complessive, è stata analizzata in un recente studio condotto da ARPA Toscana utilizzando i diversi fattori medi di emissione secondo la tipologia di motorizzazione ed inquinante e prendendo come riferimento il fattore di emissione delle auto catalizzate (KAT = 1).

I risultati, riassunti nella tabella successiva evidenziano come i fattori emissivi relativi alle altre motorizzazioni siano generalmente più elevati.

	Auto a benzina	Auto e merci diesel	Merci diesel pesanti	Ciclomotori
--	----------------	---------------------	----------------------	-------------

	(non catalizzate)	leggeri	(>3.5 t)	(2 tempi)
Particolato PM ₁₀	30	200÷300	500÷1200	200
Benzene	4	0.6÷1.0	6	15
Ossidi di azoto	5	2÷3	10÷40	0.1
Monossido di carbonio	13	0.4÷0.6	2	7

Tabella III Fattori di emissione medi relativi per tipologia di veicoli e inquinanti (KAT=1)

Il contributo del traffico urbano alla formazione di PM₁₀ può essere desunto da un ulteriore studio, effettuato dall'Istituto Tumori di Milano, sulle emissioni di particolato da motocicli: un motorino nuovo, quattro tempi, di cilindrata 50 cm³, a motore caldo emette 65 µg/m³ di PM₁₀ ed un numero di particelle/ft³ pari a 3200. Ciò dimostra come, nelle aree urbane, pur non sottovalutando altri contributi, il traffico sia la sorgente maggiormente imputabile di contribuire alla formazione di polveri sottili in atmosfera.

• **Particolato secondario.**

Il particolato secondario è la componente particellare prodotta a seguito di reazioni chimiche che si formano in atmosfera e che coadiuvano la formazione di particelle solide. In genere è costituita da particelle molto fini (PM_{2,5} e PM₁) dotate di alta mobilità: tende, pertanto, a distribuirsi in maniera omogenea sul territorio. Proprio per tale facilità diffusiva si incontrano notevoli difficoltà nell'identificare l'origine della componente fine, impedendo di risalire alle sorgenti emissive. Diversi studi mostrano come il particolato secondario rappresenti, in area urbana, oltre il 50% del particolato totale presente in atmosfera; limitando le considerazioni al solo settore energetico, la componente secondaria giunge ad essere fino a sette volte superiore a quella primaria.

Dal punto di vista chimico, il particolato secondario è generato da reazioni in atmosfera di ossidi di azoto (NO_x) e di diossido di zolfo (SO₂) che, in presenza di acqua, danno origine a specie condensabili a loro volta in grado di combinarsi con altri composti presenti nell'aria ambiente (ad esempio ammoniaca NH₃) per formare i sali con un diametro tipico inferiore ai 2.5 µm che costituiscono l'aerosol solido. Le reazioni che portano alla formazione di acido solforico (H₂SO₄) e acido nitrico (HNO₃), precursori del particolato secondario, possono avvenire in fase gassosa, liquida od eterogenea:

- Fase gas: reazione di SO₂ e NO₂ con lo ione idrossido (OH⁻) e con l'ozono (O₃);
- Fase acquosa: reazione di specie contenenti zolfo (S) con perossido d'idrogeno (H₂O₂), ozono (O₃) ed ossigeno (O₂);
- Fase eterogenea: reazione di N₂O₅ con acqua e ione nitrico (NO₃⁻).

Per ciò che concerne la componente organica del particolato secondario, le reazioni in atmosfera degli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), composti formati a partire da idrocarburi a basso peso molecolare per piro-sintesi a temperature superiori ai 500°C, portano alla formazione di nitrocomposti (per reazione con HNO₃) e composti ossigenati (per reazione con O₂), nettamente più pericolosi dei relativi precursori.

III) Effetti sulla salute del particolato

Per quanto riguarda gli effetti sull'uomo, sono oggetto di studio quelli relativi all'insorgere ed all'acuirsi di affezioni polmonari e cardiache, nonché, in casi estremi, all'incidenza sui tassi di mortalità delle popolazioni esposte.

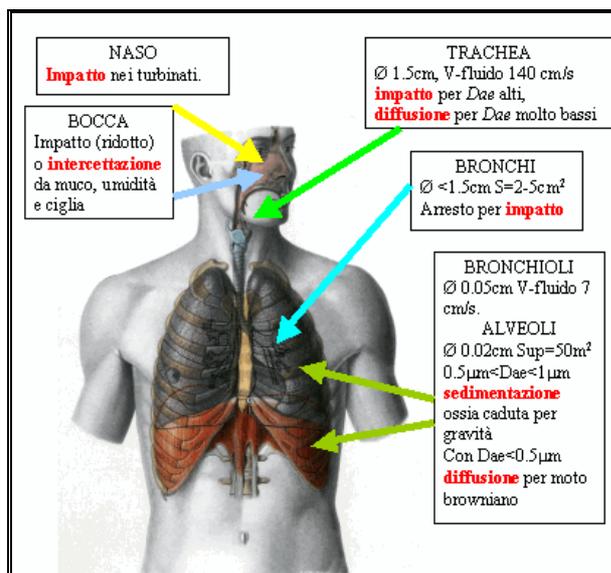


Figura 24: Effetti del particolato sulla salute umana

Il sistema maggiormente attaccato dal particolato è l'apparato respiratorio e il fattore di maggior rilievo per lo studio degli effetti è la dimensione delle particelle, in quanto da essa dipende l'estensione della penetrazione nelle vie respiratorie.

Si può ritenere che le particelle con diametro superiore a $5\mu m$ si fermano e stazionino nel naso e nella gola. Le particelle di dimensioni tra $0,5\mu m$ e $5\mu m$ possono depositarsi nei bronchioli e per azione delle ciglia vengono rimosse nello spazio di due ore circa.

Il pericolo è rappresentato dalle particelle che raggiungono gli alveoli polmonari, dalle quali vengono eliminate in modo meno rapido e completo, dando luogo ad un possibile assorbimento nel sangue; inoltre, il materiale che permane nei polmoni può avere un'intrinseca tossicità, a causa delle caratteristiche fisiche o chimiche.

Sulla base dei risultati di diversi studi epidemiologici, si ipotizza che ad ogni $10\mu g/m^3$ di concentrazione in aria di PM_{10} è associato un incremento stimato nel tasso relativo di mortalità per ogni causa, risultato pari a 0,51%.

L'incremento stimato nel tasso relativo di mortalità per cause cardiovascolari e respiratorie è risultato pari a 0,68% (The New England Journal of Medicine, Volume 343, N°24, 2000).

I possibili meccanismi per i quali il PM_{10} può dare origine ad effetti cardiovascolari sono ancora in fase di studio: si ipotizza che l'effetto sia parte di una più generale risposta infiammatoria; la relazione fra esposizione a PM_{10} ed aumento della mortalità è attualmente molto dibattuta.

Per avere una stima dell'impatto sanitario del particolato atmosferico sulla popolazione è possibile fare riferimento allo studio "Inquinamento atmosferico nelle città italiane: impatto sulla salute" condotto dal Centro Europeo Ambiente e Salute di Roma dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO-ECEH) in collaborazione con l'ANPA.

La stima dell'impatto sulla salute si è avvalsa delle concentrazioni medie di PM_{10} rilevate durante il 1998 nelle 8 maggiori città italiane (Torino, Genova, Milano, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Palermo) dove vivono circa 8,5 milioni di persone.

In tutte le 8 città si sono rilevate concentrazioni annue medie di PM_{10} superiori all'attuale valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nell'indagine è stato calcolato anche il numero dei morti, dei ricoveri ospedalieri e di casi di malattia potenzialmente prevenibili abbattendo le concentrazioni medie di PM_{10} a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per tutte le cause di mortalità (escluse le cause accidentali) fra la popolazione di oltre trenta anni, si stima che il 4,7% di tutti i decessi osservati nel 1998, pari a 3.472 casi, sia attribuibile al PM_{10} superiore ai $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$: in pratica riducendo il PM_{10} ad una media di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si stima di poter prevenire circa 3.500 morti l'anno nelle 8 città.

L'OMS ritiene che il PM_{10} sia il responsabile di circa 500.000 decessi all'anno su base mondiale.

I possibili effetti cronici dell'esposizione a PM_{10} non sono tuttavia ancora conosciuti.

Per quanto riguarda gli effetti del $PM_{2,5}$, secondo uno studio americano recentemente pubblicato sull'autorevole rivista medica Jama, risulta che ogni incremento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dei livelli di $PM_{2,5}$ comporterebbe un innalzamento della mortalità generale pari al 4%. Recenti studi dell'ENEA effettuati per conto del Ministero dell'Ambiente evidenziano, inoltre, come $PM_{2,5}$ sia il veicolo di penetrazione degli idrocarburi policiclici aromatici altamente cancerogeni per l'apparato respiratorio.

IV) Metodologia di campionamento

Per la determinazione di questo parametro sono utilizzati campionatori tali da approssimare in modo convenzionale la "frazione toracica", ovvero la frazione in massa di particelle inalate, che penetrano oltre la laringe (secondo la definizione riportata dalla Norme Europee EN 481 e ISO/DIS 7708). La Direttiva 1999/30/CE del 22 aprile 1999 ha introdotto un nuovo metodo di riferimento per il campionamento e la determinazione del "Particolato Fine" (PM_{10} e $PM_{2,5}$).

Nel caso del PM_{10} , il metodo di riferimento è quello descritto nella norma EN 12341:98 "Qualità dell'aria – Procedura di prova in campo per dimostrare l'equivalenza di riferimento dei metodi di campionamento per la frazione PM_{10} delle particelle", che indica la convenzione adottata a livello comunitario per il campionamento della frazione PM_{10} del particolato atmosferico. Il principio di misura si basa sulla raccolta su un filtro della frazione PM_{10} delle particelle e sulla determinazione della massa gravimetrica. (misura della concentrazioni di massa del particolato atmosferico PM_{10} raccolto in un periodo di 24 ore) ed utilizzando una metodica non distruttiva, in modo tale da poter utilizzare il campione per successive determinazioni fisiche e chimiche.

Per quanto riguarda, invece, la frazione $PM_{2,5}$ delle particelle, la Direttiva non individua un metodo di riferimento, ma lascia la possibilità ai singoli Stati membri di adottare qualsiasi metodo ritenuto idoneo, pur dichiarando l'intendimento di pervenire alla definizione di "orientamenti" per individuare un metodo di riferimento adeguato. Al fine di individuare un idoneo metodo di campionamento per determinare il PM_{10} , la norma EN 12341:98 confronta, innanzitutto, la percentuale cumulativa in massa rispetto al Particolato atmosferico totale della frazione PM_{10} con la "frazione toracica" (determinata secondo la metodologia prevista dalla Norma Europea ISO 7708). Per la determinazione del PM_{10} , possono essere utilizzati campionatori a basso, alto o altissimo volume. I campionatori utilizzati aspirano l'aria a flusso costante, attraverso un sistema di ingresso dell'aria di geometria particolare, in modo che il particolato sospeso sia separato inerzialmente entro l'intervallo dimensionale del PM_{10} . Si impiegano filtri pesati prima e dopo il campionamento (dopo condizionamento in ben determinate condizioni di temperatura ed umidità), così da determinare per differenza, la massa del PM_{10} raccolto.

Il volume totale di aria campionata, riportato alle condizioni di riferimento prescritte per temperatura e pressione (298 K e 1013 hPa), si calcola in base alla misura della portata ed al tempo di campionamento.

La strumentazione attualmente in uso presso la Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria della Provincia di Genova consiste in campionatori ad alto volume ed in campionatori sequenziali a basso volume.



Figura 25: Campionatore sequenziale di PM₁₀

Per le campagne di misura effettuate nella postazione "Riva Trigoso" sono stati impiegati campionatori sequenziali a basso volume.

I campionatori utilizzati aspirano l'aria a flusso costante (con una portata di campionamento di $2.3 \pm 2\% \text{ m}^3/\text{h}$), attraverso un sistema di ingresso dell'aria di geometria particolare.

Il materiale particellare è aspirato attraverso l'apertura circolare fra il contenitore ed il platello che lo ricopre.

L'apertura di aspirazione è protetta da un coperchio di protezione contro gli agenti atmosferici.

All'interno della testa di prelievo, il flusso d'aria è accelerato da 8 beccucci e quindi diretto verso la superficie dell'impattatore. Il flusso d'aria è poi convogliato verso il portafiltri, nel quale sono alloggiati filtri circolari di diametro; il diametro dell'area libera per il passaggio dell'aria campionata attraverso il filtro è compresa fra 40 e 41 mm.

I filtri utilizzati per il campionamento devono avere un'efficienza di captazione superiore al 99.5%, misurata secondo il metodo DOP con particelle da $0.3 \mu\text{m}$ alla velocità superficiale di esercizio del campionatore.

Per minimizzare la presenza di interferenze si impiegano, preferibilmente, filtri in fibra di quarzo.

Prima della pesatura che precede l'impiego, dopo aver rimosso dalla superficie del filtro eventuali particelle o fibre residue, i filtri devono essere collocati per almeno 48 ore su griglie aperte ma protette dalla polvere, nel locale di pesatura, condizionato ad una temperatura di $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e ad una umidità relativa di $50 \pm 5\%$.

Dopo il campionamento, prima di procedere alla pesata finale, i filtri dovranno essere riequilibrati alle stesse condizioni di temperatura ed umidità.

Questa procedura di determinazione - stabilita, peraltro, dalla normativa vigente rende estremamente laboriosa la misura del Particolato Atmosferico PM₁₀, le cui concentrazioni non possono essere, pertanto, determinate con la stessa frequenza con cui si misurano gli altri inquinanti per i quali si utilizzano campionatori in continuo.

3.3 Metalli

I procedimenti di campionamento ed analisi descritti per la misura del Particolato Atmosferico PM₁₀ rientrano nelle cosiddette “prove non distruttive”, durante le quali, il materiale raccolto è determinato senza subire trattamenti che ne alterino la composizione.

Sugli stessi campioni possono essere, anche, condotte “prove distruttive” per l'individuazione di altri parametri, quali i metalli (la cui determinazione prevede la solubilizzazione del campione prima di essere analizzato con la spettroscopia di assorbimento atomico) o la frazione organica presente nel particolato aerodisperso (come nel caso delle nebbie oleose, la cui determinazione prevede estrazione con solvente prima di effettuare l'analisi del campione per via gascromatografica).

I) Cromo - Cr

a) Caratteristiche

Il cromo è un metallo grigio argento, brillante, fragile, duro che non si appanna in aria, ma brucia se riscaldato, formando un ossido verde. Il cromo elementare è instabile in ossigeno e produce immediatamente uno strato sottile di ossido, impermeabile all'ossigeno, protegge il metallo. Il cromo ed i suoi composti trovano largo impiego in vari settori industriali: nella preparazione di leghe come l'acciaio inossidabile (per realizzare il tipico rivestimento argenteo); in metallurgia per conferire resistenza alla corrosione; nell'industria del vetro (i sali colorano il vetro verde smeraldo e sono usati per produrre i rubini sintetici); come catalizzatore, nelle tinture e nell'annerimento del cuoio; nella produzione di laterizi. In particolare l'ossido di cromo (IV) (CrO₂) è usato per produrre nastri magnetici.

b) Effetti del cromo sulla salute

I rischi per la salute sono associati alla esposizione al cromo e dipendono dal suo stato di ossidazione: la forma elementare ha una bassa tossicità mentre la forma esavalente è tossica.

Gli effetti negativi della forma esavalente sulla pelle possono includere ulcere, dermatiti, e alcune reazioni cutanee allergiche.

L'inalazione dei composti di cromo esavalente possono provocare ulcerazione e perforazione delle membrane del setto nasale, irritazione di faringe e laringe, bronchiti asmatiche, broncospasmi ed edema polmonare. I sintomi respiratori possono includere tosse ed asma, respiro breve, e prurito nasale.

Il cromo e la maggior parte dei composti del cromo trivalente, sono stati elencati dal programma nazionale di tossicologia (NTP) come aventi insufficienti prove di carcinogenicità negli animali da laboratorio.

II) Ferro - Fe

a) Caratteristiche

Il ferro è un metallo brillante, duttile, malleabile, grigio-argenteo. Il ferro arrugginisce in aria umida, ma non in aria secca. Si dissolve rapidamente in acidi diluiti, è chimicamente attivo e forma due serie di composti chimici importanti del ferro bivalente (ferroso) e del ferro trivalente (ferrico).

Il ferro è il più usato fra tutti i metalli, formando circa il 95% dei composti metallici. La combinazione di basso costo ed alta resistenza lo rende indispensabile: le sue applicazioni vanno dai contenitori alimentari alle automobili, dai cacciaviti alle lavatrici, dalle navi da carico alle graffette per la carta.

L'acciaio è la lega migliore del ferro: i composti del ferro includono: la ghisa, il ferro di getto, l'acciaio al carbonio, il ferro modellato, gli acciai legati ed anche gli ossidi di ferro.

Le zone estrattive dove il ferro si trova in maggiore quantità sono: la Cina, il Brasile, l'Australia, la Russia e l'Ucraina, gli Stati Uniti, il Canada, il Venezuela, la Svezia e l'India.

b) Effetti del ferro sulla salute

Il ferro è un elemento che può essere trovato in molti prodotti alimentari, ed il corpo umano assorbe il ferro dai prodotti animali più velocemente rispetto che dai prodotti vegetali.

Il ferro è una parte essenziale dell'emoglobina costituendo l'agente che colora il sangue di rosso e che trasporta l'ossigeno in tutto il corpo. Un problema comune per gli esseri umani è la carenza di ferro, che porta all'anemia. L'essere umano necessita di introdurre durante i pasti, una dose giornaliera di ferro (7 mg per l'uomo e circa 11 mg per una donna).

Il ferro può causare congiuntivite, coroiditi e retiniti se entra e rimane in contatto con i tessuti. L'inalazione di concentrazioni di vapori di polveri di ferro, può provocare lo sviluppo di pneumoconiosi benigna e può aumentare il rischio di sviluppo del cancro polmonare, in operai esposti agli agenti cancerogeni polmonari.

III) Manganese - Mn

a) Caratteristiche

Il manganese è un elemento chimicamente attivo di colore grigio-rosastro. È un metallo duro ed è molto fragile; fonde con difficoltà ed è facilmente ossidabile: è reattivo in forma pura, brucia in ossigeno, reagisce con l'acqua (si arrugginisce come il ferro) e si dissolve in acidi diluiti.

Il manganese è essenziale nella lavorazione del ferro e la produzione dell'acciaio: l'industria siderurgica costituisce infatti la maggior parte della richiesta del manganese (attualmente tra l'85% e il 90% della richiesta totale) rappresentando in componente basilare della produzione dell'acciaio inossidabile oltre che di leghe di alluminio.

Fra i composti del manganese il biossido è usato come catalizzatore, il permanganato di potassio è un potente ossidante ed è usato come disinfettante in medicina; altri composti che trovano largo impiego sono l'ossido di manganese (MnO) ed il carbonato di manganese (MnCO₃): il primo è usato nei fertilizzanti e nella ceramica, il secondo è un materiale di base per la produzione di altri composti di manganese.

b) Effetti del manganese sulla salute

Il manganese è un elemento molto comune. È uno dei tre oligoelementi essenziali tossici: è non soltanto necessario per la sopravvivenza degli esseri umani, ma è anche tossico, se presente nel corpo umano in concentrazioni troppo alte ha effetti che comprendono languore, sonno, debolezza, disturbi emozionali, andatura spastica, crampi alle gambe. L'avvelenamento cronico da manganese può derivare da inalazione prolungata di polvere e di fumo. Il sistema nervoso centrale è la sede principale degli effetti dannosi, che possono comportare l'inabilità permanente.

Un'alta incidenza di polmonite e di altre infezioni respiratorie superiori è stata riscontrata in lavoratori esposti alla polvere o al fumo di composti di manganese.

I composti del manganese sono classificati come agenti cancerogeni equivocali sperimentali.

IV) Nichel - Ni

a) Caratteristiche

Il nichel è un metallo bianco argenteo. Appartiene al gruppo del ferro ed è duro, duttile e malleabile ed è un buon conduttore di calore e di elettricità. Si dissolve lentamente in acidi diluiti, ma come il ferro, subisce passivazione se trattato con l'acido nitrico.

Il nichel finemente suddiviso adsorbe l'idrogeno: per questa ragione trova largo impiego in tutti i processi che consistono in reazioni di idrogenazione. Il nichel è anche utilizzato nella preparazione di leghe, le cui proprietà principali sono resistenza, duttilità e resistenza alla corrosione ed al calore.

Molti acciai inossidabili contengono nichel: circa il 65% del nichel consumato nel mondo occidentale è usato per produrre acciaio inossidabile, superleghe, batterie ricaricabili, catalizzatori ed altri prodotti chimici, utilizzati nell'industria della coniazione, di fonderia e placcatura.

Il nichel può anche essere modellato in cavi; resiste alla corrosione anche ad alte temperature e per questo motivo è usato per realizzare turbine a gas e motori oscillanti.

b) Effetti del nichel sulla salute

I fumi del nichel sono irritanti per la respirazione e possono causare la polmonite.

L'esposizione a nichel ed ai suoi composti può provocare lo sviluppo di una dermatite nota come "il prurito del nichel", in individui sensibili; il primo sintomo è solitamente prurito, che si manifesta prima del verificarsi di eruzioni cutanee, fasi che possono essere seguite da ulcerazioni della pelle.

La sensibilità al nichel, una volta manifesta, sembra persistere indefinitamente.

Il nichel e determinati composti del nichel sono stati elencati dal programma nazionale di tossicologia (NTP) come composti quasi cancerogeni.

V) Piombo - Pb

a) Caratteristiche ed applicazioni

Il piombo è un metallo brillante di colore bianco-bluastro, molto morbido, altamente duttile e malleabile.

È un conduttore di elettricità relativamente cattivo; inoltre è molto resistente alla corrosione, ma si appanna a seguito di esposizione ad aria.

Il piombo è il maggiore costituente delle batterie impiegate nell'industria automobilistica.

È inoltre utilizzato come elemento colorante nei vetri ceramici; costituisce la tradizionale base metallica per tubi e per organi ed è usato come elettrodo nei processi di elettrolisi.

Una delle sue maggiori applicazioni è quella per i vetri dei monitor dei computer e dei televisori, dove schermare l'utente dalle radiazioni.

Altri usi consistono nella produzione di cavi, nelle saldature, nella produzione di cristalli al piombo, di munizioni, di cuscinetti e di pesi per attrezzature sportive.

b) Effetti del piombo sulla salute

Il piombo è uno dei quattro metalli che hanno gli effetti più negativi sulla salute umana. Può entrare nel corpo umano attraverso l'assunzione di cibo (65%), acqua (20%) ed aria (15%).

Alimenti come frutta, verdura, carne, grano, frutti di mare, bibite analcoliche e vino possono contenere significative quantità di piombo.

Anche il fumo di sigaretta contiene piccole quantità di piombo.

Il piombo può entrare nell'acqua potabile attraverso la corrosione dei tubi: ciò avviene con maggiore probabilità, quando l'acqua è leggermente acida.

Il piombo può penetrare nel feto attraverso la placenta della madre, e ciò può causare un serio danneggiamento del sistema nervoso e del cervello nel feto stesso.

VI) Vanadio - V

a) Caratteristiche e applicazioni

Il vanadio è un elemento grigio-bianco raro, morbido, duttile e legato in certi minerali; è usato principalmente nella produzione di leghe. Resiste alla corrosione grazie ad una pellicola protettiva di ossido che si forma sulla superficie.

Circa l'80% del vanadio prodotto è usato come additivo per l'acciaio, e mescolato con l'alluminio in leghe di titanio, per la produzione di motori a propulsione e di profili di aerei ad alta velocità.

Le leghe acciaio-vanadio sono usate in assi, in alberi a gomito, in ingranaggi ed in altri componenti critici. Le leghe del vanadio sono anche usate nei reattori nucleari, per la bassa capacità di assorbimento dei neutroni.

L'ossido di vanadio (V_2O_5) è usato come catalizzatore nella produzione di acido solforico e nell'industria ceramica; è inoltre aggiunto al vetro per tingerlo di verde o di blu: il vetro rivestito di diossido di vanadio (VO_2) può bloccare la radiazione infrarossa ad una certa temperatura.

b) Effetti del Vanadio sulla salute

I composti di vanadio non sono considerati molto pericolosi, comunque gli operai esposti a polveri di perossido di vanadio, hanno mostrato severi sintomi di irritazione ad occhi, gola e naso.

Elevate concentrazioni di Vanadio in aria possono causare bronchiti e polmoniti. Gli effetti acuti del vanadio sono irritazione dei polmoni, della gola, degli occhi e delle cavità nasali.

L'assorbimento del vanadio da parte degli esseri umani avviene soprattutto attraverso le derrate alimentari, come grano saraceno, soia, olio di oliva, olio di girasole, mele e uova.

VII) Zinco - Zn

a) Caratteristiche e applicazioni

Lo zinco è un metallo bianco-bluastro brillante, usato principalmente per la galvanizzazione del ferro e dell'acciaio; è anche importante nella preparazione di leghe, per esempio metallo antifrizione, ottone, argento tedesco ed a volte bronzo. È usato per le piastre negative in batterie elettriche e per la costruzione di tetti e grondaie di edifici. È anche usato nella pressofusione nell'industria automobilistica. L'ossido di zinco costituisce il pigmento bianco nei colori ad acqua e nelle vernici; è anche impiegato come attivatore nell'industria della gomma. Come pigmento lo zinco è usato in plastiche, cosmetici, carta per fotocopie, carta da parati, inchiostri da stampa ecc, mentre nella produzione della gomma il suo ruolo è quello di fungere da catalizzatore.

Lo zinco è un elemento molto comune: è presente in molti alimenti; l'acqua potabile può arrivare a contenere elevate quantità di zinco, quando è immagazzinata in serbatoi metallici.

L'industria o i siti di rifiuti tossici possono far aumentare le concentrazioni di zinco presente nell'acqua potabile, fino a raggiungere livelli tossici.

b) Effetti dello Zinco sulla salute

Lo zinco è un elemento, che in tracce è essenziale per la salute umana, ma una sua eccessiva presenza può provocare effetti negativi, come perdita di appetito, ridotta percezione al gusto ed agli odori, spasmi allo stomaco, irritazioni cutanee, vomito, nausea e anemia.

In casi estremi si possono verificare danni a pancreas, disturbi del metabolismo, delle proteine e arteriosclerosi.

Una lunga esposizione a cloruro di zinco può causare disordini respiratori.

Sui posti di lavoro il contatto prolungato con lo zinco, può portare a condizioni simili all'influenza (nota come febbre di metallo) causata da ipersensibilità.

VIII) Bromo - Br

a) Caratteristiche e applicazioni

Alle temperature ordinarie il bromo è un liquido rosso-brunastro che emana un vapore dello stesso colore con un odore soffocante. È l'unico elemento non metallico liquido in condizioni normali e volatilizza facilmente a temperatura e pressione standard. Forma composti simili a quelli degli altri alogeni (fluoro, cloro e iodio) ed è solubile in solventi organici ed in acqua.

È usato in campo industriale per produrre composti organici bromurati nella produzione di insetticidi, come componente per gli estintori, nell'elaborazione di prodotti farmaceutici, nella preparazione di agenti resistenti al fuoco, di composti per la depurazione dell'acqua, di tinture, di agenti per la fotografia; in campo alimentare è usato come emulsionante in molte bevande al sapore di limone.

b) Effetti del Bromo sulla salute

Gli esseri umani possono assorbire bromo organico attraverso la pelle, il cibo e durante la respirazione. Dosi elevate possono avere effetti tossici che, in casi estremi, possono comportare malfunzionamento del sistema nervoso e danneggiamento del materiale genetico.

Esposizioni a possono procurare danni agli organi interni (fegato, reni, polmoni e milza), malfunzionamento dello stomaco e disturbi gastrointestinali. Certe forme di bromo organico, come il bromo etilene, sono agenti cancerogeni.

IX) Cloro - Cl

a) Caratteristiche e applicazioni

Allo stato elementare si presenta sotto forma di un gas verde (colore dal quale deriva il suo nome), è più pesante dell'aria, ha un intenso odore soffocante ed è tossico.

Nella forma liquida e solida è un potente agente ossidante, sbiancante e disinfettante.

È estratto dai cloruri attraverso ossidazione o, più comunemente, tramite elettrolisi e si combina facilmente con quasi tutti gli altri elementi.

È un elemento che trova applicazione in diversi settori industriali: nella depurazione dell'acqua, nella produzione di disinfettanti, candeggianti, antisettici e insetticidi, di vernici, di prodotti petroliferi, di plastiche, di medicinali di tessuti e solventi.

Nell'industria cartaria è usato per sbiancare la polpa del legno, per produrre la carta e rimuovere l'inchiostro nelle industrie di riciclaggio della carta.

b) Effetti del Cloro sulla salute

L'esposizione a cloro può verificarsi sui posti di lavoro o nell'ambiente a seguito di rilascio in aria, acqua, o terreno.

L'uso di candeggianti in lavanderia e di composti per la depurazione di piscine con prodotti a base di cloro non determina solitamente esposizione al cloro.

Gli effetti dannosi sono connessi con alcuni processi industriali.

Il cloro può penetrare nel corpo attraverso respirazione di aria contaminata o l'ingestione di acqua e di cibi contaminati, ma per la sua elevata reattività non rimane a lungo nel corpo. Gli effetti sulla salute umana dipendono dalla quantità e dalla durata e frequenza dell'esposizione oltre che dalla salute dell'individuo e delle condizioni in cui si verifica l'esposizione: la respirazione di piccole quantità di cloro per brevi periodi di tempo ha effetti negativi sull'apparato respiratorio umano che si manifestano con tosse e dolori toracici, sino a ritenzione di acqua nei polmoni nei casi più gravi.

X) Sodio - Na

a) Caratteristiche e applicazioni

Il sodio è un metallo morbido, reattivo e con un punto di fusione basso. Reagisce rapidamente con l'acqua, per produrre idrossido di sodio e idrogeno, e, se esposto all'aria, si ricopre velocemente di uno strato protettivo di ossido di sodio.

Non reagisce con l'azoto, (neppure a temperature molto alte) ma può reagire con ammoniaca per formare sodio ammoniacale con l'idrogeno al di sopra di 200°C forma idrossido di sodio.

Nella forma elementare trova impiego nella produzione degli esteri.

b) Effetti del Sodio sulla salute

Il sodio è presente in molti alimentari, primo fra tutti il cloruro di sodio (NaCl) il sale comune. Riveste un ruolo essenziale nel metabolismo per mantenere e per il funzionamento di muscoli e nervi.

Dosi eccessive possono danneggiare i reni e determinare probabilità di elevata pressione arteriosa.

Il contatto del sodio con l'acqua, causa la formazione di fumi di idrossido di sodio, altamente irritanti per pelle, occhi, naso e gola.

Esposizioni prolungate possono provocare difficoltà di respirazione, tosse e bronchiti. Il contatto con la pelle può causare pizzicorio, formicolio, ustioni; il contatto con gli occhi può provocare danni e perdita permanente della vista.

XI) Alluminio - Al

a) Caratteristiche e applicazioni

L'alluminio è un metallo morbido e leggero di colore argenteo vivo, di elevata conducibilità ma non magnetico, non tossico e non-infiammabile.

È usato in molte industrie per realizzare prodotti differenti ed ha un ruolo importante nell'economia mondiale, dall'industria aerospaziale all'industria dei trasporti e delle costruzioni dove sono necessarie leggerezza, durezza, e resistenza, tanto che il suo impiego supera quello di qualunque altro metallo con la sola eccezione del ferro.

Allo stato elementare forma facilmente leghe con molti elementi quale rame, zinco, magnesio, manganese e silicio.

Quasi tutti gli specchi moderni sono realizzati con un rivestimento riflettente sottile di alluminio sulla superficie posteriore di un foglio di vetro galleggiante ed anche gli specchi dei telescopi sono ricoperti da uno strato sottile di alluminio; altre applicazioni sono quelle delle linee di trasmissione elettrica e delle confezioni (lattine, fogli, ecc.)

b) Effetti dell'Alluminio sulla salute

L'alluminio è uno dei metalli più ampiamente usati ed anche uno dei composti più frequentemente presenti nella crosta terrestre: per questa ragione è comunemente noto come composto innocuo.

Esposizione a concentrazioni elevate possono determinare tuttavia effetti dannosi.

L'assunzione di alluminio può avvenire attraverso il cibo, attraverso la respirazione e tramite il contatto con la pelle.

L'alluminio costituisce un rischio in alcuni luoghi di lavoro, dove può essere presente nell'acqua. I lavoratori in cicli produttivi nei quali si utilizza alluminio, possono incorrere in problemi respiratori.

XII) Calcio - Ca

a) Caratteristiche e applicazioni

Il Calcio è il terzo metallo più abbondante nella crosta terrestre; è più duro del sodio, ma più morbido dell'alluminio. La presenza nell'acqua di elevate concentrazioni di ioni di calcio ("acque dure") determina la formazione di depositi in tubi e caldaie, che può essere evitato usando addolcitori per acqua.

Nell'industria, il calcio metallico si ottiene per elettrolisi del cloruro di calcio fuso ricavato per trattamento di minerali carbonati con acido cloridrico, o come prodotto secondario del processo Solvay dei carbonati.

A contatto con l'aria, il calcio sviluppa un rivestimento di ossidi e nitrati, che lo protegge da ulteriore corrosione; brucia in aria a temperatura elevata e produce nitriti.

Allo stato elementare è usato in leghe di alluminio per cuscinetti, come agente per la rimozione del bismuto da piombo, nel controllo del carbonio grafite nel ferro fuso, come deossidante nella fabbricazione di molti acciai, come agente riducente nella estrazione di metalli come cromo, torio, zirconio ed uranio e come separatore del materiale per le miscele gassose di azoto e argon.

È un legante usato nella produzione di alluminio, berillio, rame, piombo e magnesio e nella produzione di cementi e malte.

L'ossido di calcio, CaO (prodotto dalla decomposizione termica dei minerali carbonati in fornaci, applicando un processo a letto continuo) è usato in archi di luce ad alta intensità (luce lime) per le sue insolite caratteristiche spettrali e come agente disidratante industriale e nell'industria metallurgica per la riduzione delle leghe ferrose.

L'idrossido di calcio, Ca(OH)₂, è largamente impiegato in molte applicazioni nelle quali è necessario lo ione idrossidrilico.

b) Effetti del Calcio sulla salute

Il calcio è il metallo più abbondante nel corpo umano: è il principale costituente delle ossa e dei denti e svolge numerose importanti funzioni metaboliche.

È presente in latte e latticini, ma anche in ortaggi e legumi.

È un componente essenziale per la conservazione dello scheletro e dei denti umani e favorisce le funzioni dei nervi e dei muscoli.

Un uso eccessivo senza controllo medico può portare allo sviluppo di calcoli renali e sclerosi renali e dei vasi sanguigni.

La mancanza di calcio è una delle cause principali dell'osteoporosi, malattia in cui le ossa diventano facilmente soggette a fratture e cicatrizzazione lenta.

XIII) Silicio - Si

a) Caratteristiche e applicazioni

Il silicio è l'elemento più abbondante nella crosta terrestre ed è il componente principale di vetro, cemento, ceramiche, della maggior parte dei dispositivi a semiconduttore, e dei siliconi; è anche il costituente più importante di alcuni acciai e un ingrediente importante nei mattoni oltre che materiale refrattario usato per la realizzazione di smalti e terraglie.

Il silicio elementare ed i suoi composti sono per conferire maggiore resistenza alle leghe con alluminio, magnesio, rame ed altri metalli.

Il silicio con purezza 98-99% è usato come materia prima nella fabbricazione di resine, guarnizioni ed olii; chip di silicio sono usati nei circuiti integrati. Le sabbie fuse di quarzo sono usate per preparare vetri di silicio, usati in laboratori, in impianti chimici e negli isolanti elettrici.

b) Effetti del Silicio sulla salute

Il silicio non si concentra in nessun organo del corpo in particolare, ma si può trovare nei tessuti connettivi. Non è tossico né allo stato elementare, né nelle sue forme combinate.

Il silicio elementare è un materiale inerte che non sembra produrre gravi malattie organiche o avere effetti tossici quando l'esposizione è mantenuta al di sotto di opportuni limiti, ha invece negativi sui polmoni se inalato (può provocare la silicosi), che è una malattia polmonare caratterizzata da una eccessiva produzione di collagene nei polmoni, in genere la contraggono i minatori. Può causare la formazione di tumori. .

XIV) Zolfo - S

a) *Caratteristiche e applicazioni*

Lo zolfo è un elemento abbondante, inodore e insapore che nella sua forma nativa si presenta come solido cristallino giallo. In natura può essere trovato come elemento puro o come solfati e solfuro. Attraverso il suo derivato principale, l'acido solforico (H_2SO_4), è uno degli elementi più importanti usati come materia prima industriale: è usato nelle batterie, nei detersivi, nei fungicidi, nella produzione di fertilizzanti, della polvere da sparo, dei fiammiferi e dei fuochi d'artificio. Altre applicazioni consistono nella produzione di calcestruzzo resistente alla corrosione ed al congelamento, di solventi e molti altri prodotti nell'industria chimica e farmaceutica.

b) *Effetti del Zolfo sulla salute*

Lo zolfo è un elemento importante per gli esseri umani perché componente degli amminoacidi metionina e cisteina.

Mediamente si assumono circa 900 mg di zolfo al giorno, principalmente sotto forma di proteine.

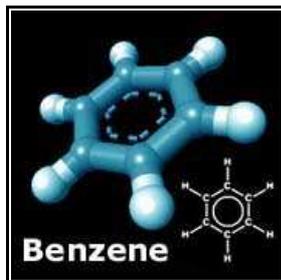
Lo zolfo elementare non è tossico, ma lo sono molti dei suoi derivati come l'anidride solforosa (SO_2) ed il solfuro di idrogeno. Lo zolfo si trova comunemente in natura sotto forma di solfuri.

3.4 Idrocarburi Aromatici

3.4.1 Benzene (C₆H₆)

Il Benzene è un idrocarburo costituito da 6 atomi di carbonio e 6 atomi di idrogeno (formula C₆H₆).

Rappresenta la sostanza aromatica con la struttura molecolare più semplice e per questo lo si può definire il capostipite della classe degli idrocarburi aromatici.



A temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore che evapora all'aria molto velocemente. E' caratterizzato da un odore pungente e dolciastro che la maggior parte delle persone può già percepire alla concentrazione di 1,5 ÷ 4,7 ppm¹ (nell'acqua, dove si dissolve piuttosto lentamente, il sapore inizia a sentirsi a 0,5 ÷ 4,5 ppm).

Pur essendo una sostanza altamente infiammabile, la sua pericolosità è principalmente legata al fatto che è un cancerogeno riconosciuto per l'uomo.

- Proprietà chimico-fisiche
 - Liquido incolore, volatile, altamente infiammabile.
 - Formula chimica: C₆H₆.
 - Peso molecolare 78.11 g/mol.
 - Tensione di vapore 76 mm Hg a 20°C.
- Esposizione in ambiente
 - Nell'aria dei centri urbani la presenza di Benzene è dovuta quasi esclusivamente alle attività di origine umana: oltre il 90% delle emissioni sono attribuibili al "ciclo della benzina" (raffinazione, distribuzione dei carburanti e, soprattutto, traffico veicolare).
 - Il Benzene è prodotto su scala industriale principalmente attraverso processi di raffinazione del petrolio. In passato era principalmente utilizzato come solvente in molteplici attività industriali e artigianali; l'85% del Benzene oggi prodotto trova impiego nella preparazione di intermedi di sintesi per produrre plastiche, resine, detersivi, pesticidi, prodotti farmaceutici, vernici, collanti, inchiostri, adesivi, prodotti per la pulizia, etc.
 - Insieme con altri additivi, il Benzene è aggiunto alle benzine, per conferire le volute proprietà anti-detonanti e per aumentare il "numero di ottano", in sostituzione totale dei composti del Piombo: circa l'80% delle emissioni di Benzene è dovuto alla combustione di benzina, risultando, quindi, direttamente riconducibile al traffico veicolare.

¹ Alla temperatura di 25°C e 1 atmosfera di pressione, 1ppm di Benzene corrisponde a 3.2 mg/m³ e 1ppb corrisponde a 3.2 µg/m³ (1mg = 1 millesimo di g e 1 µg = 1 milionesimo di g)

Le principali cause di esposizione al Benzene sono il fumo di tabacco, le combustioni incomplete del carbone e del petrolio (dei quali è un costituente naturale), i gas esausti dei veicoli a motore e le emissioni industriali (gli usi industriali del Benzene, inclusi la produzione di plastiche e resine sintetiche, causano spesso il rilascio di vapori contenenti questo inquinante). Anche i vapori liberati dai prodotti che contengono Benzene, come colle, vernici, cere per mobili e detergenti, possono a loro volta essere fonte di esposizione.

La pericolosità del Benzene è ampiamente dimostrata da numerose ricerche mediche: ciò nonostante, per il suo ampio utilizzo, questa sostanza è praticamente insostituibile.

Molte industrie lo impiegano per produrre altri composti chimici come lo stirene, il cumene (per realizzare varie resine) ed il cicloesano (per creare il nylon e molte fibre sintetiche).

Il Benzene viene anche utilizzato per produrre alcuni tipi di gomme, lubrificanti, coloranti, inchiostri, collanti, detergenti, solventi e pesticidi.

E', inoltre, un componente delle benzine e ne costituisce fino all'1% in volume.

La produzione mondiale annua di Benzene supera i 30 milioni di tonnellate ed è dovuta per la maggior parte alla distillazione del petrolio, anche se una proporzione notevole di Benzene viene ancora ottenuta dalla distillazione dell'olio di catrame di carbon fossile.

Circa il 50% dell'esposizione a Benzene è dovuta al fumo di tabacco, mentre i gas esausti delle auto e le emissioni industriali contribuiscono per il 20% circa.

Un fumatore medio (32 sigarette al giorno) assorbe circa 1.8 mg di Benzene, valore che è circa 10 volte quello assorbito mediamente da un non fumatore.

Per quanto riguarda l'inquinamento da Benzene dovuto al traffico veicolare, circa il 95% deriva dai gas di scarico degli automezzi a benzina, mentre il restante 5% deriva dalle emissioni dovute all'evaporazione del Benzene presente nel serbatoio e nel carburatore durante le soste.

Una certa esposizione avviene anche quando si immette la benzina nei serbatoi delle automobili: il personale addetto ai distributori di carburante o ai grandi impianti di stoccaggio costituisce, quindi, la categoria di lavoratori più frequentemente esposta ad elevate concentrazioni di questo inquinante.

Gli operatori addetti ai processi di produzione, di trasporto, di carico e scarico del Benzene da camion o vagoni cisterna e da navi trasporto e di utilizzo del Benzene nell'industria petrolifera, chimica e petrolchimica costituiscono categorie soggette ad esposizione, come pure il personale dei laboratori che prevedono l'impiego del Benzene nelle attività di ricerca.

Nel caso di versamenti o di perdite accidentali di vapori, l'esposizione può costituire un rischio da non sottovalutare, come pure le situazioni che richiedono interventi manuali di manutenzione e pulizia degli impianti produttivi.

L'esposizione al Benzene avviene essenzialmente per inalazione (circa il 99% del Benzene assunto), per contatto cutaneo o per ingestione (consumo di cibo o di bevande contaminate).

Gli effetti tossici provocati da questo composto organico hanno caratteristiche diverse e colpiscono organi sostanzialmente differenti in base alla durata dell'esposizione.

Gli effetti tossici acuti sono in genere dovuti a contatto per inalazione o per via cutanea e si verificano per lo più a seguito di fughe o versamenti in ambienti di lavoro.

Brevi esposizioni di 5 ÷ 10 minuti a livelli molto alti di Benzene nell'aria (10000 ÷ 20000 ppm) possono condurre alla morte.

Livelli di concentrazione più bassi (700 ÷ 3000 ppm) possono causare sonnolenza, aumento del battito cardiaco, tremori, confusione e perdita di coscienza.

Concentrazioni minori ma più prolungate nel tempo possono provocare alterazioni della memoria e disturbi di origine psichica.

Il Benzene è anche responsabile di effetti irritante sulla pelle e sulle mucose (oculare e respiratoria in particolare).

L'ingestione di cibi e bevande che contengano elevati tenori di Benzene possono causare il vomito, irritazione allo stomaco, sonnolenza, convulsioni, aumento del battito cardiaco, coma e morte.

Gli effetti tossici cronici sono dovuti a prolungati periodi di esposizione a basse concentrazioni.

La tossicità del Benzene per l'organismo umano si manifesta soprattutto a livello del sistema ematopoietico (in particolare, il midollo osseo). Gli effetti si manifestano solitamente in funzione delle dosi di Benzene alle quali il soggetto è stato esposto, e possono variare dalla semplice anemia alla diminuzione simultanea dei globuli rossi, dei globuli bianchi e delle piastrine (pancitopenia, molto rara nei paesi sviluppati dove i livelli di esposizione sono stati ridotti per la maggiore tutela della salute).

L'affezione che preoccupa maggiormente, sia a livello professionale che ambientale, è la comparsa del cancro del sangue dovuta alla ripetuta esposizione a concentrazioni di Benzene di qualche ppm per più decine di anni. Diversi studi hanno messo in evidenza il pericolo di contrarre la leucemia mieloide o altre forme di cancro. L'insorgere di queste malattie si manifesta più frequentemente in seguito ad esposizioni basse e continuate piuttosto che elevate e intermittenti (picchi di inquinamento).

L'esposizione al Benzene è stata anche collegata a danno dei cromosomi e degli organi riproduttivi.

Il Benzene presente nell'ambiente deriva sia da processi naturali che da attività umane. Le fonti naturali forniscono un contributo relativamente esiguo rispetto a quelle antropo-geniche e sono dovute essenzialmente alle emissioni vulcaniche ed agli incendi boschivi.

La maggior parte del Benzene presente nell'aria è invece un sottoprodotto delle attività umane.

3.4.2 Toluene

- Proprietà chimico-fisiche
 - Liquido incolore, infiammabile.
 - Formula chimica: $C_6H_5CH_3$.
 - Peso molecolare 92.15 g/mol.
 - Tensione di vapore 22 mm Hg a 20°C.
- Esposizione in ambiente
 - Il traffico veicolare è la principale sorgente di Toluene in aria; alcune tipologie di processi industriali che coinvolgono questo composto nel loro ciclo produttivo.
 - La più elevata concentrazione di Toluene in aria è, comunque, registrata indoor per l'uso di comuni prodotti per la casa (vernici, adesivi, etc.) e fumo di sigaretta.

- Si può andare incontro ad elevata esposizione di Toluene in alcuni luoghi di lavoro, come stampe e locali di produzione di vernici, dove il Toluene è usato come solvente.
- Tossicità
 - Il sistema nervoso centrale (SNC) è il bersaglio primario della tossicità del Toluene sia nell'uomo, sia negli animali, per esposizioni acute e croniche.
 - Per esposizioni a basse e moderate concentrazioni, oltre a disfunzioni del SNC (spesso reversibili), si possono avere narcosi, fatica, mal di testa, nausea e aritmia cardiaca.
 - Per esposizioni croniche si registra depressione del SNC con sintomi quali: tremori, atrofia celebrale, movimenti involontari, indebolimento della vista, dell'udito e della voce. Inalazioni croniche possono causare nell'uomo irritazione del tratto respiratorio e degli occhi, vertigini, calo dell'attenzione, disturbi del sonno.
 - Sono stati, inoltre, evidenziati effetti del Toluene nella riproduzione e nello sviluppo dell'uomo: l'esposizione in gravidanza può portare nel neonato ad anomalie cranio-facciali e degli arti, ritardo della crescita e, talvolta, dismorfismo.
 - Non sono disponibili dati che evidenzino la cancerogenicità del Toluene, ma gli studi epidemiologici svolti sono limitati per la dimensione della popolazione e per la mancanza di dati storici di monitoraggio.
 - L'EPA (Environmental Protection Agency, l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti) non classifica il Toluene come cancerogeno, per inadeguate evidenze sia nell'uomo, sia negli animali da esperimento.

3.4.3 Etilbenzene

- Proprietà chimico-fisiche
 - Liquido incolore con odore simile al gasolio.
 - Formula chimica C_8H_{10} .
 - Peso molecolare 106.16 g/mol.
 - Tensione di vapore 9.5 mm Hg a 25°C.
- Esposizione in ambiente
 - L'emissione è legata al traffico veicolare (motori diesel o benzina): si registrano concentrazioni medie comprese fra circa $3.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (in aree urbane) e $0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (in situazioni di fondo).
 - Le concentrazioni indoor sono, di solito, più elevate (circa $4.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$) di quelle in aria ambiente, a causa dell'utilizzo in aree confinate di prodotti per la pulizia, vernici, solventi, colle e fumo di tabacco.
 - Possono derivare emissioni di Etilbenzene outdoor anche dall'uso di pesticidi.
- Tossicità
 - Esposizioni per inalazione a lungo termine possono avere nell'uomo effetti a livello ematico. Studi per esposizioni croniche su animali hanno riscontrato effetti su sangue, fegato e reni.
 - L'EPA non classifica l'Etilbenzene come cancerogeno, per inadeguate evidenze sia nell'uomo, sia negli animali da esperimento.

- Gli unici studi disponibili sulla cancerogenicità del composto sull'uomo sono per esposizioni di lavoro della durata di 10 anni. Tali studi non riportano insorgenza di tumori come effetto cronico. In ogni caso non posso essere tratte conclusioni certe da questa ricerca in quanto di durata insufficiente.
- Studi sui ratti hanno invece dimostrato un significativo aumento dei tumori maligni per esposizione orale.

3.4.4 Xileni

- Proprietà chimico-fisiche
 - Con la denominazione Xileni si indica la miscela costituita da tre isomeri (orto, meta e para-Xilene), che si presenta come liquido incolore, dall'odore dolce.
 - Formula chimica C_8H_{10} .
 - Peso molecolare 106.16 g/mol.
 - Tensione di vapore 6.72 mm Hg a 21 °C.
- Esposizione in ambiente
 - L'esposizione a Xileni può avvenire sia rispetto ad ognuno dei tre isomeri, sia ad una miscela dei tre.
 - L'emissione è principalmente legata al traffico veicolare.
 - Xileni misti sono usati nella produzione di numerosi solventi, fra i quali, principalmente, l'Etilbenzene.
 - In aria ambiente si hanno dati sulle concentrazioni relative agli Stati Uniti, dove sono stati condotti i primi e più completi studi: i valori registrati in aree urbane sono compresi fra 0.003 e 0.38 mg/m³.
 - In ambienti indoor le concentrazioni di meta e para-Xilene sono comprese fra 0.010 e 0.047 mg/m³, e sono dovute soprattutto all'uso di solventi e vernici.
- Tossicità
 - L'esposizione cronica dell'uomo ad una miscela di Xileni, come riscontrato in ambienti di lavoro, causa effetti neurologici quali emicrania, vertigini, fatica, tremori e mancata coordinazione.
 - Ad oggi comunque non si dispone di dati sufficienti relativi agli effetti cronici delle miscele di Xileni sull'uomo, ma sono soltanto stati condotti studi in vivo su animali: non sono, quindi, disponibili informazioni sulla cancerogenicità per l'uomo; dagli studi seguiti sugli animali non risultano evidenze dell'incremento di tumori.
 - L'EPA non classifica gli Xileni come cancerogeni, per inadeguate evidenze sia nell'uomo, sia negli animali da esperimento.

I) Metodologia di campionamento

Per le misure eseguite nell'area oggetto di indagine, sono utilizzati campionatori passivi "Radiello" che "catturano" gli inquinanti per diffusione molecolare.

Il sistema, largamente impiegato a livello nazionale è diventato uno standard per l'esecuzione di campagne di monitoraggio in siti nei quali non possono essere installate postazioni fisse o moduli di misura, è costituito da cartuccia assorbente specifica per l'inquinante che si vuole determinare. Il metodo di misura si basa sul principio fisico della diffusione dei gas; mediante adsorbimento a velocità costante per diversi giorni (solitamente 7 giorni) delle molecole inquinanti presenti nell'aria.

La concentrazione si ottiene misurando il tempo di esposizione e la massa di sostanza captata dal radiello e richiede la determinazione mediante analisi gascomatografica condotta in laboratorio: per questa ragione non sono disponibili misure in tempo reale, ma solo concentrazioni medie relative al periodo di campionamento.



Figura 26



Figura 27

Le analisi sono eseguite dal Laboratorio Chimico dell'A.R.P.A.L., Dipartimento di Genova.

La Gascromatografia è una tecnica di separazione dei vari componenti di una miscela che consiste nello sfruttare in modo particolarmente efficiente la diversa attitudine che ogni molecola possiede nel distribuirsi tra due fasi differenti (stazionaria e mobile). La fase stazionaria può essere costituita da un solido o un liquido; la fase mobile da un fluido, quindi un liquido o un gas.

L'impiego dei Radiello costituisce una metodica di indagine di semplice realizzazione, che permette di monitorare vaste aree di territorio contemporaneamente, non necessita di energia elettrica, ma di alcune protezioni dagli agenti atmosferici come pioggia o neve.

La preparazione, l'utilizzo e l'analisi sono abbastanza facili e consentono di eseguire un numero elevato di campagne anche per lunghi periodi di tempo, grazie al basso costo.

Normativa vigente

3.5 Diossido di zolfo - SO₂

a) Limiti di legge previsti dal D.M. 02 aprile 2002, n. 60

DIOSSIDO DI ZOLFO			
VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA			
Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di Tolleranza	Data alla quale il limite deve essere rispettato
1 ora	350 µg/m³ da non superare più di 24 volte per anno civile	42.9% del valore limite, pari a 150 µg/m ³ all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19.07.1999). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e, successivamente, ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005
Dettaglio dei limiti in vigore negli anni, con i progressivi adeguamenti: Antecedentemente al 31/12/2000 500 µg/m³ 01/01/2001 - 31/12/2001 470 µg/m³ 01/01/2002 - 31/12/2002 440 µg/m³ 01/01/2003 - 31/12/2003 410 µg/m³ 01/01/2004 - 31/12/2004 380 µg/m³ Dopo il 01/01/2005 350 µg/m³			
VALORE LIMITE GIORNALIERO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA			
Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di Tolleranza	Data alla quale il limite deve essere rispettato
24 ore	125 µg/m³	nessuno	1° gennaio 2005
VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI			
Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di Tolleranza	Data alla quale il limite deve essere rispettato
Anno civile e inverno (1°ottobre÷31 marzo)	20 µg/m³	nessuno	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO			
500 µg/m³ (293K e 101.3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km ² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi.			

Tabella IV

3.6 Particolato Atmosferico - PM₁₀

a) Limiti di legge previsti dal D.M. 02 aprile 2002, n. 60

Fase I

VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA															
Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di Tolleranza	Data alla quale il limite deve essere rispettato												
24 ore	50 µg/m ³ PM ₁₀ da non superare più di 35 volte per anno civile	50% all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19.07.1999). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005												
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;">Antecedentemente al 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">75 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">70 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">65 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">60 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">55 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>Dopo il 01/01/2005</td> <td style="text-align: right;">50 µg/m³</td> </tr> </table>				Antecedentemente al 31/12/2000	75 µg/m ³	01/01/2001 - 31/12/2001	70 µg/m ³	01/01/2002 - 31/12/2002	65 µg/m ³	01/01/2003 - 31/12/2003	60 µg/m ³	01/01/2004 - 31/12/2004	55 µg/m ³	Dopo il 01/01/2005	50 µg/m ³
Antecedentemente al 31/12/2000	75 µg/m ³														
01/01/2001 - 31/12/2001	70 µg/m ³														
01/01/2002 - 31/12/2002	65 µg/m ³														
01/01/2003 - 31/12/2003	60 µg/m ³														
01/01/2004 - 31/12/2004	55 µg/m ³														
Dopo il 01/01/2005	50 µg/m ³														

VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA															
Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di Tolleranza	Data alla quale il limite deve essere rispettato												
Anno civile	40 µg/m ³ PM ₁₀	20% all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19.07.1999). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005												
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;">Antecedentemente al 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">48 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">46,4 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">44,8 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">43,2 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">41,6 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>Dopo il 01/01/2005</td> <td style="text-align: right;">40,0 µg/m³</td> </tr> </table>				Antecedentemente al 31/12/2000	48 µg/m ³	01/01/2001 - 31/12/2001	46,4 µg/m ³	01/01/2002 - 31/12/2002	44,8 µg/m ³	01/01/2003 - 31/12/2003	43,2 µg/m ³	01/01/2004 - 31/12/2004	41,6 µg/m ³	Dopo il 01/01/2005	40,0 µg/m ³
Antecedentemente al 31/12/2000	48 µg/m ³														
01/01/2001 - 31/12/2001	46,4 µg/m ³														
01/01/2002 - 31/12/2002	44,8 µg/m ³														
01/01/2003 - 31/12/2003	43,2 µg/m ³														
01/01/2004 - 31/12/2004	41,6 µg/m ³														
Dopo il 01/01/2005	40,0 µg/m ³														

Tabella V

Fase II²

VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA			
Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di Tolleranza	Data alla quale il limite deve essere rispettato
24 ore	50 µg/m ³ PM ₁₀ da non superare più di 7 volte per anno civile	Da stabilire in base ai dati, in modo che sia equivalente al valore limite della Fase I	1° gennaio 2010

VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA															
Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di Tolleranza	Data alla quale il limite deve essere rispettato												
Anno civile	20 µg/m ³ PM ₁₀	10 µg/m ³ al 1° gennaio 2005 con riduzione ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010												
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table border="0" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 60%;">01/01/2005 - 31/12/2005</td> <td style="text-align: right;">30 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2006 - 31/12/2006</td> <td style="text-align: right;">28 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2007 - 31/12/2007</td> <td style="text-align: right;">26 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2008 - 31/12/2008</td> <td style="text-align: right;">24 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2009 - 31/12/2009</td> <td style="text-align: right;">22 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>Dopo il 01/01/2010</td> <td style="text-align: right;">20 µg/m³</td> </tr> </table>				01/01/2005 - 31/12/2005	30 µg/m ³	01/01/2006 - 31/12/2006	28 µg/m ³	01/01/2007 - 31/12/2007	26 µg/m ³	01/01/2008 - 31/12/2008	24 µg/m ³	01/01/2009 - 31/12/2009	22 µg/m ³	Dopo il 01/01/2010	20 µg/m ³
01/01/2005 - 31/12/2005	30 µg/m ³														
01/01/2006 - 31/12/2006	28 µg/m ³														
01/01/2007 - 31/12/2007	26 µg/m ³														
01/01/2008 - 31/12/2008	24 µg/m ³														
01/01/2009 - 31/12/2009	22 µg/m ³														
Dopo il 01/01/2010	20 µg/m ³														

Tabella VI

² Valori limite indicativi, da rivedere con successivo decreto sulla base della futura normativa comunitaria.

3.7 Metalli

3.7.1 Arsenico, Cadmio, Nichel, Mercurio e Benzo(a)Pirene

a) Limiti di Legge previsti dal Decreto Legislativo 3 agosto 2007, n. 152

Inquinante	Valore Obiettivo ¹
Arsenico	6 ng/m ³
Cadmio	5 ng/m ³
Nichel	20 ng/m ³
Mercurio	Non ancora normato
Benzo(a)pirene	1 ng/m ³

Tabella VII

3.7.2 Piombo

a) Limiti di legge previsti dal D.M. 02 aprile 2002, n. 60

VALORE LIMITE ANNUO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA															
Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di Tolleranza	Data alla quale il limite deve essere rispettato												
Anno civile	0,5 µg/m ³	100% del valore limite, pari a 0,5 µg/m ³ all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19.07.1999). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e, successivamente, ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005												
Dettaglio dei limiti in vigore negli anni con i progressivi adeguamenti: <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Antecedentemente al 31/12/2000</td> <td>1,0 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 - 31/12/2001</td> <td>0,9 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 - 31/12/2002</td> <td>0,8 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 - 31/12/2003</td> <td>0,7 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 - 31/12/2004</td> <td>0,6 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>Dopo il 01/01/2005</td> <td>0,5 µg/m³</td> </tr> </table>				Antecedentemente al 31/12/2000	1,0 µg/m ³	01/01/2001 - 31/12/2001	0,9 µg/m ³	01/01/2002 - 31/12/2002	0,8 µg/m ³	01/01/2003 - 31/12/2003	0,7 µg/m ³	01/01/2004 - 31/12/2004	0,6 µg/m ³	Dopo il 01/01/2005	0,5 µg/m ³
Antecedentemente al 31/12/2000	1,0 µg/m ³														
01/01/2001 - 31/12/2001	0,9 µg/m ³														
01/01/2002 - 31/12/2002	0,8 µg/m ³														
01/01/2003 - 31/12/2003	0,7 µg/m ³														
01/01/2004 - 31/12/2004	0,6 µg/m ³														
Dopo il 01/01/2005	0,5 µg/m ³														

Tabella VIII

3.7.3 Metalli non soggetti a riferimenti normativi

Come già visto nel paragrafo riguardante le "Sostanze Organiche Volatili", anche per questi parametri esistono, dei livelli di riferimento, fissati specificatamente per gli ambienti di lavoro.

Nella tabella successiva vengono riportati i limiti TLV :

Sostanze Chimiche	TLV-TWA	TLV-STEL	TLV-C
Alluminio - Al	10 mg/m³	-----	-----
Bromo - Br	0,1 ppm	0,2 ppm	-----
Calcio - Ca	non definito	non definito	non definito
Cloro - Cr	0,5 ppm	1 ppm	-----
Cromo Cr	0,5 mg/m³	-----	-----
Ferro - Fe	5 mg/m³	-----	-----
Sodio - Na	non definito	non definito	non definito
Manganese - Mn	0,2 mg/m³	-----	-----
Zolfo - S	non definito	non definito	non definito
Silicio - Si	10 mg/m³	-----	-----
Vanadio - V	-----	-----	0.05 mg/m³
Zinco - Zn	5 mg/m³	10 mg/m³	15 mg/m³

Tabella IX: Limiti indicati dall'A.C.G.I.H., American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

3.8 Benzene - C₆H₆

a) Limiti previsti dal D.M. 02 aprile 2002 n. 60

VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA															
Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di Tolleranza	Data alla quale il limite deve essere rispettato												
Anno Civile	5 µg/m ³	100% all'entrata in vigore della presente direttiva. Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2006 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore 0 il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010												
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td>Antecedentemente al 31/12/2005</td> <td>10 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2006 - 31/12/2006</td> <td>9 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2007 - 31/12/2007</td> <td>8 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2008 - 31/12/2008</td> <td>7 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2009 - 31/12/2009</td> <td>6 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>Dopo il 01/01/2010</td> <td>5 µg/m³</td> </tr> </tbody> </table>				Antecedentemente al 31/12/2005	10 µg/m ³	01/01/2006 - 31/12/2006	9 µg/m ³	01/01/2007 - 31/12/2007	8 µg/m ³	01/01/2008 - 31/12/2008	7 µg/m ³	01/01/2009 - 31/12/2009	6 µg/m ³	Dopo il 01/01/2010	5 µg/m ³
Antecedentemente al 31/12/2005	10 µg/m ³														
01/01/2006 - 31/12/2006	9 µg/m ³														
01/01/2007 - 31/12/2007	8 µg/m ³														
01/01/2008 - 31/12/2008	7 µg/m ³														
01/01/2009 - 31/12/2009	6 µg/m ³														
Dopo il 01/01/2010	5 µg/m ³														

Tabella X

3.9 Altri composti organici volatili

a) Limiti indicati dall'A.C.G.I.H. American Conference of Governmental Industrial Hygienists

Per questi parametri esistono, comunque, dei livelli di riferimento, che prendono il nome di **valori limite di esposizione**, fissati specificatamente per gli ambienti di lavoro.

I più importanti valori limite di esposizione sono i cosiddetti "TLV", che indicano le concentrazioni delle sostanze disperse nell'aria alle quali si ritiene che la maggior parte dei lavoratori possa rimanere esposta senza alcun danno per la salute: più il TLV è basso e più la sostanza è pericolosa, in quanto ne basta una piccola quantità nell'ambiente di lavoro per creare una situazione di rischio.

Al fine di semplificare la valutazione degli inquinanti in ambiente di lavoro, i TLV sono stati suddivisi in tre categorie.

- **TLV - TWA:** È il valore limite per esposizioni prolungate nel tempo.
Rappresenta la concentrazione media, degli inquinanti presenti nell'aria degli ambienti di lavoro nell'arco dell'intero turno lavorativo ed alle quali si presume che il lavoratore possa trovarsi esposto 8 ore al giorno, per 5 giorni alla settimana, per tutta la durata della vita lavorativa senza risentire effetti dannosi.
- **TLV - STEL:** È il valore limite per esposizioni di breve durata.
Rappresenta la concentrazione alla quale i lavoratori possono essere esposti per brevi periodi di tempo (al massimo per 15 minuti) senza che insorgano irritazioni, danni cro-

nici o irreversibili dei tessuti, oppure riduzione dello stato di vigilanza tali da aumentare le probabilità di infortuni, da influire sulle capacità di mettersi in salvo in caso di emergenza, o da ridurre materialmente l'efficienza lavorativa.

- **TLV - C:** È il valore limite di soglia massimo.
Rappresenta la concentrazione che **non può essere mai superata** durante tutto il turno lavorativo, neanche per tempi brevissimi. Il TLV-C è previsto solo per un insieme di sostanze che hanno una azione immediata, irritante sulle mucose o ad effetto narcotico, e possono interferire rapidamente sullo stato di autocontrollo e di attenzione del lavoratore.

Nella tabella successiva vengono riportati i limiti TLV :

Sostanze Chimiche	TLV-TWA (mg/m ³)	TLV-STEL (mg/m ³)	TLV-C (mg/m ³)
Benzene	1,6	8	
Toluene	188	/	/
Xileni	434	651	/
Etilbenzene	434	543	/

Tabella XI: Limiti indicati dall'A.C.G.I.H., American Conference of Governmental Industrial Hygienists.



Borzoli - Posizionamento Campionatori passivi nell'area circostante la strada per Scarpino



4. Esame dei rilevamenti condotti

4.1.1 Diossido di zolfo - SO₂

I) Rilevamento orario

Periodo di osservazione 08 febbraio 2008 ÷ 15 settembre 2008	
Numero di dati orari: 4938	
Valore orario massimo: 172 µg/m ³ (rilevato mercoledì 30 luglio 2008 fra le ore 13 e le ore 14)	
Numero di superamenti al valore limite orario di 350 µg/m ³ fissati dal D.M. 60/2002 per l'anno civile:	==

Tabella XII: Valori espressi in µg/m³

- ♣ Nel periodo di osservazione indicato e relativamente ai limiti fissati dal D.M. 60/2002, risulta rispettato il valore limite per la concentrazione oraria media fissato in 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte nell'anno civile.

II) Rilevamenti giornalieri

Periodo di osservazione 08 febbraio 2008 ÷ 15 settembre 2008	
Numero di dati giornalieri: 199	
Concentrazione massima giornaliera: 37 µg/m ³ (rilevato giovedì 13 marzo 2008)	
Numero di superamenti al valore limite giornaliero di 125 µg/m ³ fissati dal D.M. 60/2002:	==

Tabella XIII: Valori espressi in µg/m³

- ♣ Nel periodo di osservazione indicato e relativamente ai limiti fissati dal D.M. 60/2002: non si sono mai rilevati superamenti al limite per la concentrazione media su 24 ore, fissato in 125 µg/m³, da non superare per più di 3 volte nell'anno civile

4.2 Particolato Atmosferico - PM₁₀

Periodo di osservazione 09 maggio 2008 ÷ 22 agosto 2008	
Numero di dati giornalieri rilevati:	95
Valore massimo giornaliero:	55 µg/m ³ - mercoledì 28 maggio 2008
Concentrazione media del periodo di osservazione:	26 µg/m ³
Numero di superi al valore limite giornaliero di 50 µg/m ³ fissati dal D.M. 60/2002 a partire dal 1° gennaio 2005:	1

Tabella XIV

Relativamente ai limiti fissati dal D.M. 2 aprile 2002 n. 60, nel periodo di osservazione considerato, **risultano rispettati**:

- il limite della concentrazione annua media per la protezione della salute umana, fissato in 40 µg/m³ per l'anno civile;
- il limite della concentrazione media giornaliera per la protezione della salute umana, fissato in 50 µg/m³, da non superare per più di 35 volte nel corso dell'anno civile.

4.3 Metalli

In collaborazione con il Laboratorio di Fisica Sanitaria e Ambientale del Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova, sui campioni di particolato atmosferico PM₁₀ raccolto si è proceduto alla determinazione dei metalli per ipotizzarne la possibile sorgente prevalente.

Nella Tabella successiva sono riportate le concentrazioni medie di alcuni dei metalli rilevati nel periodo di osservazione: **09 maggio 2008 ÷ 16 luglio 2008**.

Statistiche	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti
Media	812	217	286	740	25	1845	470	222	741	31
Max	3304	661	1601	3481	43	5890	5074	659	2463	121
Min	54	29	58	166	11	322	24	74	129	8
Statistiche	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Sr	Pb
Media	18	4	13	623	9	21	122	5	4	28
Max	60	10	42	1511	23	56	592	13	15	120
Min	3	1	3	173	1	4	10	1	2	2

Tabella XV: Concentrazioni espresse in (ng/m³)

4.4 Idrocarburi aromatici - Campionamenti passivi

Identificativo Postazione	Benzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Toluene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Etilbenzene $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Xileni $\mu\text{g}/\text{m}^3$
VB1	1,75	7,28	0,97	4,91
VB2	3,06	13,36	2,17	10,30
VB3	3,51	15,59	1,79	8,83
VB4	3,89	18,86	1,15	5,77
VB5 ³	3,73	12,33	1,53	7,27
VB6	2,15	7,93	1,37	6,96

Tabella XVI: Periodo di osservazione 27 giugno 2007 ÷ 28 agosto 2008.

Relativamente ai limiti fissati dal D.M. 2 aprile 2002 n. 60, nel periodo di osservazione considerato, si osserva che:

- per il parametro Benzene, risulta rispettato il valore limite sulla media annua per la protezione della salute umana, fissato in $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, per l'anno civile 2007 e in $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, per l'anno civile 2008.

³ La postazione VB5 ha campionato dal 27 giugno 2007 al 26 luglio 2007.

5. Conclusioni

Come anticipato, la presente relazione riveste titolo assolutamente preliminare, dal momento che un esame esaustivo della situazione deve tener conto, di un numero maggiore di campionamenti.

- **SO₂**: i valori delle concentrazioni orarie registrate nel corso del periodo di osservazione, evidenziano sempre il rispetto dei limiti stabiliti dal D.M. 60/2002, sia per la concentrazione oraria massima fissata in 350 µg/m³ - da non superare per più di 18 volte nel corso dell'anno civile - , sia per la concentrazione massima giornaliera stabilita in 125 µg/m³ da non superare per più di 3 volte nel corso dell'anno civile.
- **Particolato Atmosferico PM₁₀**: l'esame dei dati raccolti evidenzia il rispetto del limite per la concentrazione media su 24 ore fissato in 50 µg/m³ - da non superare per più di 35 volte nell'anno civile per l'anno 2008 (nel periodo di osservazione è stato registrato un solo superamento); risulta anche tendenzialmente rispettato il limite di 40 µg/m³, stabilito per la concentrazione annua media;
- **Metalli**: La "speciazione" condotta dal Laboratorio di Fisica Sanitaria ed Ambientale (FISA) del Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova sui filtri del Particolato Atmosferico PM₁₀ campionato non evidenziano particolari criticità.
- **Benzene**: durante il monitoraggio eseguito con campionatori passivi le concentrazioni del parametro Benzene, si sono sempre mantenute su valori inferiori ai limiti fissati in 8 e 7 µg/m³ dalla normativa vigente per gli anni 2007 e 2008; risulta anche essere stato rispettato il limite fissato in 5 µg/m³ stabilito a partire dal 01 gennaio 2010. Deve essere, comunque, sottolineato che le misure eseguite con questa tipologia di campionamento non possono tuttavia avere valenza "fiscale", non corrispondendo alla metodica prevista dalla normativa vigente, ma possono essere utilizzate per dare indicazioni dell'inquinamento di fondo relativamente a questo parametro nell'area monitorata e nella quale dovranno essere introdotte - da parte dell'autorità competente - misure di contenimento del traffico veicolare, al quale possono essere attribuiti i tenori rilevati.
- Per i parametri Etilbenzene, Toluene e Xileni (orto, meta, para), non essendo stabiliti limiti dalla normativa vigente, è molto difficile determinare una soglia oltre la quale le concentrazioni di questi parametri possono comportare per la salute umana. Sta comunque, di fatto che si sono registrati valori, sicuramente in linea con gli altri dati registrati nel tempo in altri punti della città.

In aggiunta a quanto sopra, si ribadisce che quanto riportato nella presente relazione, ha carattere preliminare e che è, pertanto, intenzione della struttura procedere nelle indagini, non solo per quanto riguarda i parametri sin qui rilevati, ma integrando anche la postazione "Scarpino" con un analizzatore in continuo di ossidi di azoto, recentemente acquistato, che sarà installato non appena eseguite le verifiche di collaudo.

Il Tecnico Operativo

(Sig. Massimo Giannotti)

Il Tecnico Operativo

(P.I. Francesco Zero)

*Il Dirigente
Servizio Aria e Rumore*

(Dr. Enrico Daminelli)