



Società Autostrada Tirrenica p.A.
GRUPPO AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.p.A.

AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA
LOTTO 3

TRATTO: SCARLINO – GROSSETO SUD

PROGETTO DEFINITIVO

INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE
NAZIONALE LE CUI PROCEDURE DI APPROVAZIONE SONO REGOLATE
DALL' ART. 161 DEL D.LGS. 163/2006

DOCUMENTAZIONE GENERALE

STUDIO ATMOSFERICO

RELAZIONE GENERALE

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Ferruccio Bucalo Ord. Ingg. Genova N. 4940 RESPONSABILE UFFICIO MAM-SUA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Alessandro Alfì Ord. Ingg. Milano N. 20015 COORDINATORE GENERALE APS	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURE
---	--	---

RIFERIMENTO ELABORATO					DATA: GIUGNO 2011		REVISIONE	
DIRETTORIO			FILE				n. data	
codice	commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo				
1	2	1	2	02	SUA600--			
					SCALA:			

		ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
CONSULENZA A CURA DI :		IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Ferruccio Bucalo O. I. Genova N. 4940

RESPONSABILE DI COMMESSA Ing. Michele Parrella Ord. Ingg. Avellino N. 933 COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE
---	----------------------------------	---------------------------------

INDICE

1	Descrizione delle sostanze inquinanti.....	2	5	L'IMPATTO IN FASE DI ESERCIZIO	32
1.1	Monossido di carbonio.....	2	5.1	Il modello di emissione.....	32
1.2	I composti organici volatili (VOC).....	3	5.2	Il modello di dispersione degli inquinanti	39
1.3	Il particolato atmosferico (PTS, PM10, PM2.5).....	4	5.3	Specifiche del modello di dispersione.....	39
1.4	Ossidi di azoto	4	5.4	Conclusioni	41
1.5	Ozono	5			
1.6	Biossido di zolfo.....	6	6	Stima di impatto sulla qualità dell'aria delle attività di cantiere	42
1.7	Composti del piombo.....	6	6.1	Metodo di studio.....	42
2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	7	6.2	Attività di cantiere: specifiche dei modelli di emissione.....	43
2.1	Le Direttive europee di settore.....	7	6.2.1	Cumuli di terra, carico e scarico	43
2.2	Riferimenti normativi nazionali.....	7	6.2.2	Traffico veicolare nelle aree pavimentate.....	44
3	L'ANALISI METEOROLOGICA: CARATTERISTICHE FISICHE DEI BASSI STRATI DELL'ATMOSFERA SULLA ZONA DELLA MAREMMA GROSSETANA.....	9	6.3	Movimentazione mezzi pesanti sulla rete viaria: specifiche dei modelli di emissione.....	44
3.1	Premessa.....	9	6.3.1	Il parco veicolare e i Fattori di emissione	44
3.2	Introduzione	9	6.3.2	Il fattore di carico.....	44
3.3	Caratteristiche a scala sinottica e a mesoscala: interazione con la scala locale.....	9	6.4	Specifiche del modello di dispersione.....	45
3.4	Analisi delle caratteristiche diffusive del boundary layer	10	6.5	Risultati	45
3.5	Conclusioni	17	6.5.1	Cumuli di terra, carico e scarico	45
4	LE SORGENTI EMISSIVE NELL'AREA DI STUDIO.....	18	6.5.2	Traffico veicolare nelle aree pavimentate.....	46
4.1	Emissioni totali.....	18	6.5.3	Movimentazione mezzi pesanti sulla rete viaria: specifiche dei modelli di emissione	46
4.2	Sorgenti Diffuse	19	6.5.4	Conclusioni.....	46
4.3	Sorgenti Puntuali	21	6.6	Prescrizioni per la riduzione dell'inquinamento atmosferico dovuto ai cantieri	46
4.4	Sorgenti lineari.....	23	6.7	Dimensionamento delle opere e delle azioni di mitigazione	47
4.5	LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA SUL TERRITORIO DI INTERESSE	25			

1 Descrizione delle sostanze inquinanti

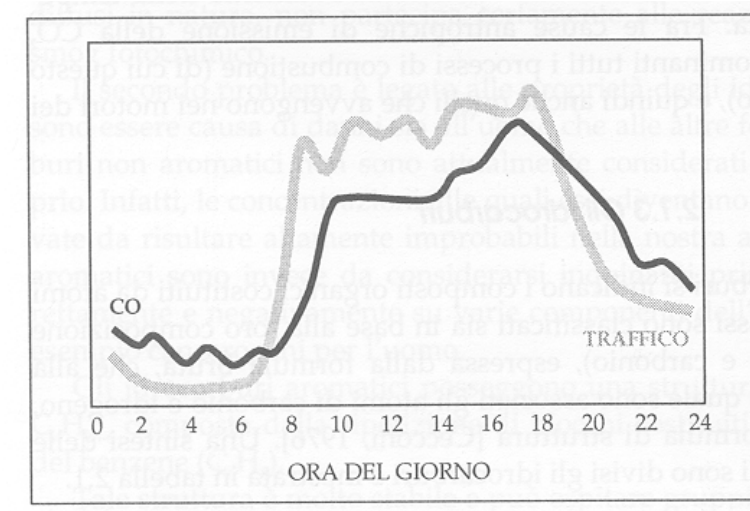
Le condizioni che determinano l'inquinamento atmosferico variano, sia in funzione della qualità e della intensità delle sorgenti emissive, sia per le diverse condizioni geografiche e meteorologiche che influenzano la dispersione degli inquinanti. La situazione meteorologica è determinante per l'accumulo o la dispersione. Infatti, le situazioni più critiche si determinano quando l'altezza dello strato di inversione termica (la temperatura decresce con l'altitudine fino ad un punto, detto punto di inversione, quindi cresce nuovamente) diminuisce e si ha calma di vento. In queste condizioni le dispersioni verticale e orizzontale sono entrambe minime e gli inquinanti possono raggiungere e superare le concentrazioni di soglia. Fattori geografici, quali ad esempio la presenza di monti intorno alla città, possono influire anch'essi sulla dispersione degli inquinanti. Fenomeni di abbassamento dello strato di inversione sono frequenti in ogni stagione ed una variazione di altezza si verifica anche con ritmo circadiano (abbassamento serale). Nel presente paragrafo sono illustrate le caratteristiche delle principali sostanze inquinanti.

1.1 Monossido di carbonio

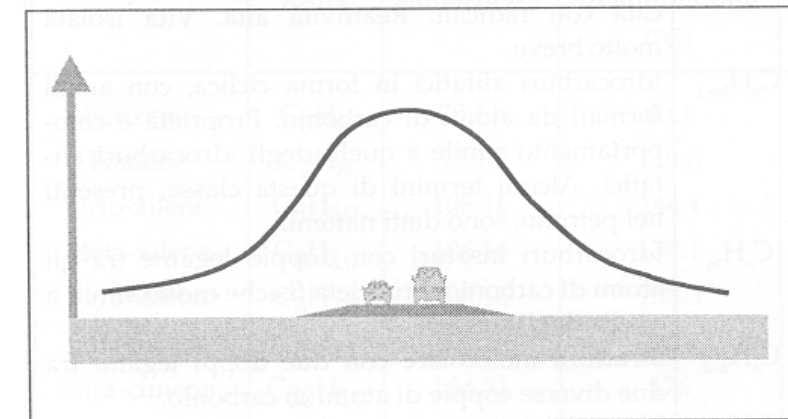
Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico. Il CO è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3). Si forma durante la combustione delle sostanze organiche, quando questa è incompleta per difetto di ossigeno. La quantità maggiore di questa specie è prodotta dagli autoveicoli e dall'industria (impianti siderurgici e raffinerie di petrolio). I motori Diesel, funzionando con maggiori quantità di aria, garantiscono una combustione più completa ed emettono minori quantità di CO rispetto ai motori a benzina (in compenso emettono più materiale particolato). Negli ultimi anni la quantità di CO emessa dagli scarichi degli autoveicoli è diminuita per il miglioramento dell'efficienza dei motori, per il controllo obbligatorio delle emissioni e per il crescente utilizzo delle marmitte catalitiche. Le emissioni naturali del monossido di carbonio comprendono l'ossidazione del metano e degli altri idrocarburi naturalmente emessi nell'atmosfera, l'emissione diretta dalle piante e l'attività microbica degli oceani. Le emissioni naturali e quelle antropiche di questa specie sono globalmente dello stesso ordine di grandezza.

Il ruolo del monossido di carbonio nella chimica troposferica delle aree industrializzate è di trascurabile importanza, data la scarsa reattività di questa molecola. Il tempo medio di residenza del CO in atmosfera è di circa quattro mesi, e, quindi, questa specie può essere utilizzata come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti primari al livello del suolo.

La presenza di monossido di carbonio nell'aria in corrispondenza di una strada è infatti notevolmente correlata al flusso di traffico relativo. Nella figura seguente si evidenzia come l'andamento delle concentrazioni di CO misurato nei pressi della sezione di una strada durante l'arco giornaliero è generalmente molto simile a quello dei flussi veicolari che la percorrono.



Oltre a questo, il CO presenta una forte variabilità spaziale: in una strada isolata la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto rapidamente allontanandosi da esso, fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri, come illustrato nella figura seguente.



La presenza di monossido di carbonio nelle aree inquinate mostra anche una pronunciata variabilità in funzione delle condizioni atmosferiche ed è in particolare notevolmente influenzata dalla presenza del vento che tende a ridurne l'entità. A ragioni meteorologiche è riconducibile la variabilità stagionale del CO, caratterizzato da massimi nei periodi invernali e minimi nei periodi estivi.

Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili, mentre gli effetti sull'uomo sono particolarmente pericolosi. La sua pericolosità è dovuta alla formazione con l'emoglobina del sangue di un composto fisiologicamente inattivo, la carbossemoglobina, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti: i primi sintomi dell'avvelenamento sono cefalea e vertigine. La morte sopravviene pertanto per asfissia. L'affinità del CO per l'emoglobina è di circa oltre 200 volte superiore a quella dell'ossigeno. A basse concentrazioni provoca emicranie, debolezza diffusa, giramenti di testa; a concentrazioni maggiori può provocare esiti letali. L'effetto del CO risulta maggiore in altitudine, per la ridotta percentuale di ossigeno nell'aria. In presenza di 1000 ppm

si sopravvive circa 90 minuti. A causa del traffico automobilistico la popolazione urbana è spesso soggetta a lunghe esposizioni a basse concentrazioni. Quando nell'aria la concentrazione di CO è di 12-31 ppm si arriva al 2-5% di carbossiemoglobina e si manifestano i primi segni con aumento delle pulsazioni cardiache, aumento della frequenza respiratoria e disturbi psicomotori (nei guidatori di auto si allungano in modo pericoloso i tempi di reazione). A 100 ppm di esposizione per diverse ore (come nel caso di lunghe soste in gallerie stradali) compaiono vertigini, cefalea e senso generale di spossatezza, che possono essere seguiti da collasso. L'esposizione a monossido di carbonio comporta inoltre l'aggravamento delle malattie cardiovascolari, un peggioramento dello stato di salute nelle persone sane ed un aggravamento delle condizioni circolatorie in generale.

1.2 I composti organici volatili (VOC)

Con la denominazione di Composti Organici Volatili (VOC) viene indicato l'insieme di sostanze, in forma liquida o gassosa, con un punto di ebollizione che va da un limite inferiore di 50-100°C ad un limite superiore di 240-260°C. Il termine "volatile" indica, infatti, proprio la capacità di queste sostanze chimiche ad evaporare facilmente a temperatura ambiente.

I composti che rientrano in questa categoria sono più di 300 ed includono gruppi che possiedono comportamenti chimici e fisici diversi. Si classificano come VOC, infatti, sia gli idrocarburi contenenti carbonio ed idrogeno come unici elementi (alcheni e composti aromatici), sia composti contenenti ossigeno, cloro o altri elementi tra il carbonio e l'idrogeno, come aldeidi, eteri, alcool, esteri, clorofluorocarburi (CFC) ed idroclorofluorocarburi (HCFC).

I VOC possono essere prodotti da diverse sorgenti, che possono essere antropiche o biogeniche. Tra quelli emessi da fonti antropiche rientrano benzene, toluene, metano, etano, ecc., prodotti principalmente dal traffico veicolare, mentre quelli di origine naturale, che comprendono principalmente terpeni (α -pinene, β -pinene, limonene, sabinene, ecc.) ed isoprene, vengono emessi come gas da fiori, semi, frutti e vegetali.

I composti organici volatili, in relazione ai loro possibili effetti sulla salute e sull'ambiente, sono classificati secondo il seguente schema:

- VOC-OX: VOC caratterizzati da alto potenziale di produzione di ozono; essi contribuiscono inoltre al fenomeno della deposizione acida (principalmente alcani, alcheni, areni e xileni).
- VOC – TOX: VOC direttamente tossici per l'uomo, gli animali e le piante (principalmente solventi clorinati, di olefine, nitrobenzene e composti alogenati del benzene).
- VOC-STRAT: VOC caratterizzati da alto potenziale di riduzione dell'ozono stratosferico (essenzialmente clorofluorocarburi indicati come CFC).
- VOC-CLIM: VOC capaci di assorbire la radiazione infrarossa e, per questo, responsabili dell'effetto serra (principalmente CFC11 e 12 e CH₄).

I composti organici volatili presenti nelle aree urbane sono legati alle emissioni di prodotti incombusti provenienti dal traffico veicolare e dal riscaldamento domestico e all'evaporazione dei carburanti durante le operazioni di rifornimento nelle stazioni di servizio o dai carburatori degli autoveicoli stessi. Negli ultimi anni l'uso sempre più frequente di benzine con basso tenore

di piombo ha aumentato la frazione aromatica dal 30% al 45% in peso. Le emissioni di benzene e toluene sono inferiori nelle macchine con marmitte catalitiche: l'impiego di motori dotati di questo sistema riduce di circa sette volte le emissioni. Fonti secondarie, ma non trascurabili, sono le emissioni dirette di solventi usati in attività di lavaggi a secco, di sgrassatura e di tinteggiatura. Tra i VOC antropogenici, il Benzene è il composto con i maggiori rischi per la salute dell'uomo. Il benzene è un idrocarburo aromatico, cioè un composto di carbonio e idrogeno con una struttura planare ad anello esagonale di formula bruta C₆H₆. E' presente nei greggi di petrolio ed in molti combustibili e carburanti il cui impiego è il principale responsabile della presenza di benzene nell'atmosfera. In realtà non è un additivo delle benzine e la quantità contenuta naturalmente nel greggio contribuisce poco alle concentrazioni nel prodotto finito. Sono i precursori, naftenici ed aromatici, presenti in quantità variabili nei diversi greggi, ad originare il 70-80% del benzene presente nelle benzine.

Altre fonti del benzene atmosferico sono le emissioni delle industrie di produzione, che però contribuiscono complessivamente in minima parte ed hanno interesse in tal senso solo a livello locale, e quelle naturali, praticamente circoscrivibili agli incendi di boschi.

Il benzene è una molecola chimicamente molto stabile. Nell'acqua e nel suolo si degrada ad opera di agenti biologici; nell'aria viene lentamente aggredito solo ad opera dei radicali OH ed in minor misura (a causa della sua debolissima concentrazione) dal radicale Cl.

La degradazione nell'aria è perciò lenta e la vita media della molecola è dell'ordine di alcuni giorni. Per tale motivo il benzene può dare luogo a fenomeni di accumulo a livello di microscala, quando l'aria è stagnante, ed a fenomeni di trasporto con valori significativi nel raggio di qualche decina di chilometri dalle aree urbane che costituiscono i principali centri di emissione.

Gli effetti dell'esposizione cronica al benzene sono noti già dalla fine dell'800 quando in Svezia si ebbero le prime segnalazioni di casi di "benzoismo cronico" in operai addetti alla produzione di copertoni per ruote di bicicletta. In Italia il problema è esploso negli anni '60 dopo numerosi casi di leucemia verificatisi nei laboratori calzaturieri. Più recentemente, alla fine degli anni '80, si è manifestato, soprattutto nei ricercatori ma anche nell'opinione pubblica, un rinnovato interesse per il benzene, conseguentemente alla diffusione di questa sostanza in tutti gli ambienti di vita. Il benzene infatti, è ora considerato un elemento potenziale di rischio per la popolazione in generale e non solo per alcune categorie di soggetti esposti.

L'effetto più noto dell'esposizione cronica del benzene è quello sul sistema emopoietico: date le correlazioni tra benzene e leucemia, l'International Agency for Research on Cancer (IARC) ed altri diversi enti (ACGIH, OSHA, NIOSH, etc.) lo hanno catalogato nella classe A1, ovvero come cancerogeno certo per l'uomo. Per questo motivo sono stati individuati i "valori soglia", ora largamente diffusi per calcolare il rischio relativo all'uso di farmaci o all'influenza dei contaminanti o degli eventi ambientali sugli organismi umani. Al di sotto della soglia si ritiene che il rischio non sussista; qualora la si superi si deve intervenire per evitarlo. La via principale di assorbimento è quella inalatoria: quella orale e dermica sono trascurabili in termini di assorbimento giornaliero. Nell'uomo è dimostrato un assorbimento polmonare di circa il 50% per esposizioni continuative a concentrazioni di 160-320 mg/m³: la ritenzione è stimata intorno al 30% del contenuto dell'aria assorbita. Il benzene, essendo una molecola lipofila a basso peso molecolare, una volta assorbito, attraversa con facilità le barriere fisiologiche e tende ad accumularsi nei tessuti in funzione del loro contenuto lipidico. Circa il 16-50% della dose

assorbita viene eliminata per via respiratoria, mentre una piccola quantità (0,07-0,2%) è rimossa attraverso l'urina in forma non modificata. La quota residua viene metabolizzata a livello del fegato. A causa del benzene, pertanto, si possono avere degli effetti nocivi acuti come la depressione, l'aritmia o l'asfissia, oppure effetti cronici quali ematotossicità (anemia, granulocitemia, leucemia); immunotossicità (aumento IgM e diminuzione IgG e IgA nel siero); neurotossicità (cefalea, anoressia) o cancerogenicità (leucemie).

1.3 Il particolato atmosferico (PTS, PM10, PM2.5)

Con il termine polveri atmosferiche, o materiale particolato, si intende l'insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che, a causa delle ridotte dimensioni, tendono a rimanere sospese in aria per tempi più o meno lunghi. Le caratteristiche dimensionali, morfologiche e chimiche delle particelle possono variare anche sensibilmente in funzione delle sorgenti e dei fenomeni di trasporto e trasformazione. Hanno dimensioni comprese tra 0,005 μ m e 50-150 μ m ed una composizione costituita da una miscela di elementi quali: carbonio (organico ed elementare), fibre tessili naturali ed artificiali, silice, metalli (ferro, rame, piombo, nichel, cadmio), nitrati, solfati, composti organici (idrocarburi, acidi organici, I.P.A.), materiale inerte (frammenti di suolo, spore, pollini), ecc.

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera sono definite con vari termini, tra i quali i più usati sono: PTS (Polveri Totali Sospese) o TSP (Total Suspended Particles) o PM (Particulate Matter).

Il particolato atmosferico è un inquinante che ha origine sia per emissione diretta (particelle primarie) che per reazioni chimico-fisiche in atmosfera da precursori gassosi, quali ossidi di azoto e di zolfo, ammoniaca, composti organici (particelle secondarie). Alcune particelle sono di dimensioni tali da essere visibili, come la fuliggine o il fumo, altre possono essere viste solo al microscopio ottico o elettronico. Le sorgenti del particolato atmosferico possono essere antropiche e naturali. Le più importanti fonti antropiche sono: traffico veicolare (processi di combustione di benzina e gasolio, degrado pneumatici e marmitte, abrasione dell'asfalto, logorio freni, movimentazione del materiale depositato al suolo), combustione di combustibili fossili (centrali termoelettriche, riscaldamento civile), legno, rifiuti, processi industriali (cementifici, fonderie, miniere), combustione di residui agricoli, cave e miniere a cielo aperto. Le fonti naturali, invece, sono sostanzialmente: aerosol marino, erosione del suolo e delle rocce ed in generale materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), aerosol biogenico (spore, polline e frammenti vegetali), virus, batteri, incendi boschivi, emissioni vulcaniche.

Esistono differenti metodi di classificazione del particolato atmosferico. Quello più usato prevede la suddivisione delle polveri in "classi" in funzione della dimensione delle particelle (misurata in micrometri, μ m) e la quantificazione della loro presenza in aria in termini di concentrazione (espressa in μ g/m³). Sulla base delle dimensioni, si possono distinguere le seguenti categorie: il particolato grossolano con diametro superiore a 10 μ m; il particolato fine con diametro inferiore a 10 μ m (PM₁₀); il particolato finissimo con diametro inferiore a 2.5 μ m (PM_{2.5}), che costituisce circa il 60% del PM₁₀; ed il particolato ultrafine con diametro inferiore ad 1 μ m (PM₁).

Scendendo ancora di diametro, all'interno del particolato ultrafine ricadono le cosiddette nanopolveri, che sono polveri con un diametro compreso fra 2 e 100nm.

Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle con diametro superiore ai 10 μ m si fermano nelle prime vie respiratorie (cavità nasali, faringe e laringe) generando vari effetti irritativi come l'infiammazione e la secchezza del naso e della gola, mentre le particelle con diametro inferiore a 10 μ m penetrano nel sistema respiratorio a varie profondità fino a raggiungere gli alveoli polmonari e possono trascorrere lunghi periodi di tempo prima che vengano rimosse, per questo sono le più pericolose. Queste polveri aggravano le malattie respiratorie croniche come l'asma, la bronchite e l'enfisema, ma anche le malattie cardio-circolatorie. Le persone più vulnerabili sono gli anziani, gli asmatici, i bambini e chi svolge un'intensa attività fisica all'aperto, sia di tipo lavorativo che sportivo.

1.4 Ossidi di azoto

Con la terminologia "ossidi di azoto", dal punto di vista chimico, si intende la serie di composti binari fra azoto e ossigeno nei vari stati di ossidazione. Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria, si fa quasi esclusivamente riferimento al termine generico NO_x che identifica la somma delle due specie chimiche monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂). Questi due ossidi sono raggruppati insieme poiché la maggior parte del biossido presente in atmosfera proviene dalla rapida conversione del monossido e, per tale motivo, tutte le emissioni di NO_x vengono espresse e convertite in equivalenti di biossido di azoto.

Le più grandi quantità di ossidi di azoto vengono emesse da sorgenti antropiche come il traffico veicolare, le fonti energetiche, le fonti industriali, commerciali e residenziali che comunque si basano su processi di combustione. Gli ossidi di azoto possono anche essere emessi da processi naturali come fulmini, incendi, emissioni vulcaniche, attività batteriche del suolo, l'irradiazione solare diurna e l'iniezione verticale dalla stratosfera.

Il monossido di azoto è un gas incolore ed inodore che si forma in tutti i processi di combustione che avvengono in aria e ad elevata temperatura (> 1210 °C) per reazione diretta tra azoto (N₂) e ossigeno (O₂). La tossicità del monossido di azoto è limitata e per tale motivo le norme vigenti non pongono per esso limiti di concentrazione nell'aria.

Nei processi di combustione si forma anche una piccola parte di biossido di azoto (circa il 5%). Il biossido di azoto è un gas tossico di colore rosso-bruno, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un energico ossidante, molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Questo ultimo è considerato un inquinante secondario perché deriva principalmente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto da parte di ossidanti quali ozono (O₃) e perossiradicali (HO₂ e RO₂). Il ben noto colore rosso-marrone delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è dovuto per l'appunto al biossido di azoto per la sua capacità di assorbire la luce visibile a lunghezze d'onda minori di 430 nm.

Gli ossidi di azoto permangono in atmosfera per pochi giorni (4-5) e sono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi e di sostanze organiche.

I maggiori fenomeni di inquinamento da ossidi di azoto si verificano d'inverno, in coincidenza con giornate fredde e stabilità atmosferica che favoriscono l'accumulo di questi inquinanti ed in particolare nelle ore in cui il traffico raggiunge i massimi livelli.

Per ciò che concerne gli effetti sulla salute, il biossido d'azoto è circa quattro volte più tossico del monossido d'azoto. L'NO₂ è un gas irritante per gli occhi e per le mucose nasali e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare. Come il monossido di carbonio (CO) anche l'NO₂, introdotto nell'organismo attraverso il processo respiratorio alveolare, si combina con l'emoglobina, modificandone le proprietà chimiche e fisiologiche dando luogo a formazione di metaemoglobina. Questa ultima molecola non è più in grado di trasportare l'ossigeno (ruolo che è proprio dell'emoglobina).

1.5 Ozono

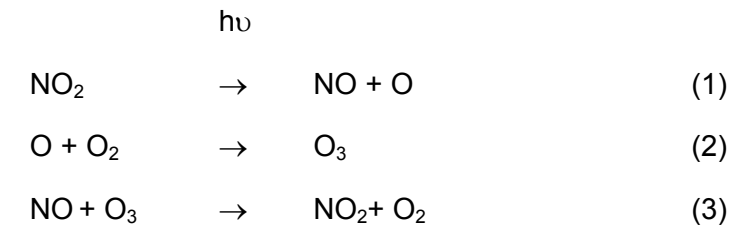
L'ozono è un gas altamente reattivo, di odore pungente e di colore blu, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo. Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.

L'ozono è presente per più del 90% nella stratosfera (la fascia dell'atmosfera che va dai 10 ai 50 km di altezza) dove viene prodotto dall'ossigeno molecolare per azione dei raggi ultravioletti solari. La quantità di ozono presente nella stratosfera viene mantenuta costante, se non intervengono altri fattori, mediante un equilibrio dinamico tra la reazione di formazione e quella di fotolisi. La formazione predomina ad un'altitudine superiore ai 30 km, dove la radiazione UV avente lunghezza d'onda inferiore ai 242 nm dissocia l'ossigeno molecolare, largamente presente, in ossigeno atomico; questo si combina rapidamente con un'altra molecola di ossigeno a formare la molecola triatomica dell'ozono. L'effetto netto della reazione è la conversione di tre molecole di ossigeno in due molecole di ozono. L'ozono così formato assorbe a sua volta la radiazione solare di lunghezza d'onda compresa tra i 240 e 320 nm, subendo fotolisi e dando luogo ad una molecola ed un atomo di ossigeno. Questo assorbimento della radiazione solare nella stratosfera costituisce l'importante effetto di schermare la terra da più del 90% delle radiazioni UV dannose per la vita sul nostro pianeta.

L'ozono troposferico è presente esclusivamente per il ridotto scambio atmosferico fra troposfera e stratosfera e per la formazione di ozono a partire da inquinanti atmosferici primari. Infatti, per effetto della circolazione atmosferica, l'ozono viene in piccola parte trasportato anche negli strati più bassi dell'atmosfera (troposfera che va dai 0 a 10 km di altezza), nei quali si forma anche per effetto di scariche elettriche durante i temporali.

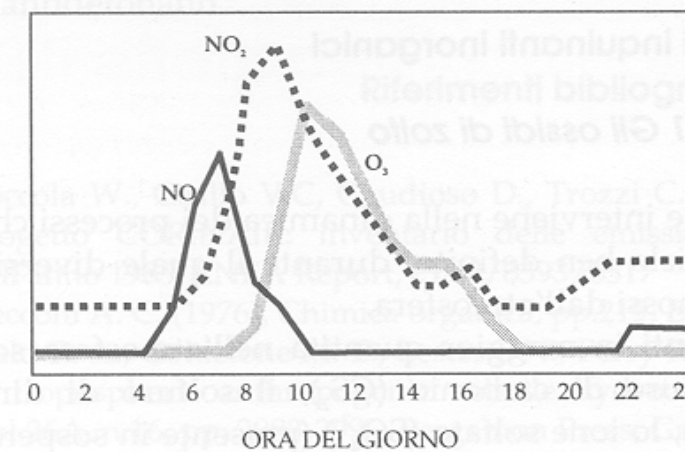
Nella troposfera in genere l'ozono è presente a basse concentrazioni e rappresenta un inquinante secondario ed è, in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura. Infatti, l'ozono non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili. Infatti, nella troposfera la sorgente

principale di ozono è rappresentata dall'ossigeno atomico proveniente dalla fotolisi del biossido di azoto.



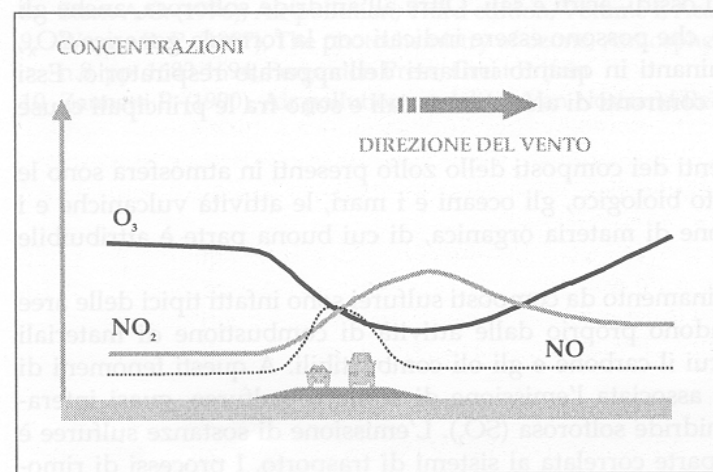
La produzione di ozono da parte dell'uomo è, quindi, indiretta dato che questo gas si origina a partire da molti inquinanti primari. Per estensione si può, quindi, affermare che le principali sorgenti antropiche risultano essere quelle che liberano gli inquinanti precursori e cioè il traffico veicolare, i processi di combustione, l'evaporazione dei carburanti, i solventi. Di conseguenza, è da sottolineare che la concentrazione dell'ozono troposferico varia a seconda della zona geografica considerata, dell'ora, del periodo dell'anno, delle condizioni climatiche, della direzione e velocità del vento, del grado di inquinamento primario.

L'evoluzione giornaliera in aree ad elevato traffico stradale delle concentrazioni di ozono e delle specie chimiche coinvolte nella sua formazione è mostrata nella figura sottostante.



Nelle prime ore della giornata si ha il massimo di concentrazione di NO prodotto dalla punta mattutina di traffico. NO viene convertito in NO₂ in un periodo di qualche ora; mentre la formazione di O₃ inizia soltanto quando il processo di formazione di NO₂ si avvicina a completamento. A questo punto la concentrazione di ozono cresce molto rapidamente nel tempo raggiungendo il suo massimo in tarda mattinata o nel primo pomeriggio e cominciando poi a diminuire.

A causa del fatto che la reazione (3) ostacola la coesistenza di grandi concentrazioni di NO e O₃, le concentrazioni di ozono tendono ad essere basse in presenza di sorgenti di emissione di monossido di azoto. Questa è la ragione per cui l'entità di ozono è solitamente bassa nei pressi di forti flussi di traffico anche se può essere notevole nelle immediate vicinanze.



Andamento qualitativo delle concentrazioni di NO, NO₂ e O₃ in una sezione stradale

La molecola dell'ozono è estremamente reattiva, in grado di ossidare numerosi componenti cellulari, fra i quali amminoacidi, proteine e lipidi. A concentrazioni di ozono pari a 0.1 ppm si manifestano effetti di irritazione agli occhi ed alla gola per la sua azione nei confronti delle mucose. Concentrazioni più elevate causano irritazioni all'apparato respiratorio, tosse ed un senso di oppressione al torace che rende difficoltosa la respirazione. I soggetti più sensibili, come gli asmatici e gli anziani possono essere soggetti ad attacchi di asma anche a basse concentrazioni. Alla concentrazione di 1 ppm provoca mal di testa e a 1.7 ppm può produrre edema polmonare.

1.6 Biossido di zolfo

L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificarsi nelle zone più basse. Rappresenta l'inquinante atmosferico per eccellenza essendo il più diffuso, uno dei più aggressivi e pericolosi e di gran lunga quello più studiato ed emesso in maggior quantità dalle sorgenti antropiche.

Il biossido di zolfo si forma per reazione tra lo zolfo contenuto in alcuni combustibili fossili e l'ossigeno atmosferico. L'emissione del biossido di zolfo deriva dal riscaldamento domestico, dai motori alimentati a gasolio o diesel, dagli impianti per la produzione di energia, ed in generale dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (carbone, gasolio, olio combustibile) contenenti piccole percentuali di zolfo. Rilevanti sono anche le emissioni nei processi di produzione dell'acido solforico, nella lavorazione di molte materie plastiche, nella desolforazione dei gas naturali, nell'arrostimento delle piriti, nell'incenerimento dei rifiuti; l'apporto inquinante dato dalle emissioni dei mezzi di trasporto appare invece trascurabile. Infatti, le emissioni di biossido di zolfo sono sensibilmente diminuite fin dagli anni '80, grazie alla legislazione che impone sempre più bassi tenori di zolfo nei combustibili e alla penetrazione del gas naturale, che di zolfo è praticamente privo. Ciò ha ridotto sensibilmente le emissioni di SO₂ dalle piccole e medie fonti di emissione (inclusi i trasporti), per cui la principale

fonte di emissione sono attualmente i grandi impianti di combustione (centrali termoelettriche non alimentate con metano e altri impianti). Le emissioni naturali di biossido di zolfo sono principalmente dovute alle attività vulcaniche.

Una volta emesso in atmosfera, l'SO₂ si ossida ad acido solforico e solfati, formando un aerosol spesso associato con altri inquinanti in particelle solide o liquide, ed è all'origine del fenomeno di inquinamento transfrontaliero noto con il nome di precipitazioni acide. Infatti, il biossido di zolfo permane in atmosfera per 1-4 giorni.

Per l'elevata solubilità in acqua il biossido di zolfo viene facilmente assorbito dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio. L'alta reattività lo rende un composto estremamente irritante. E' stato comunque notato un effetto irritante sinergico con le polveri sospese per la capacità che queste hanno di veicolare gli inquinanti nelle zone più profonde dell'apparato respiratorio. A basse concentrazioni gli effetti del biossido 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.

1.7 Composti del piombo

Il piombo è un metallo pesante dagli effetti tossici per l'uomo. La principale causa della presenza di composti del piombo nell'atmosfera è di tipo antropico e deriva dalla combustione, nei mezzi di trasporto, di benzine contenenti alcuni composti del piombo con funzioni antidetonanti.

2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

2.1 Le Direttive europee di settore

La Direttiva Quadro sulla qualità dell'aria ambiente (Direttiva europea 96/62/CE) costituisce il principale riferimento europeo in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente. Essa fissa i principi generali, ripresi a livello nazionale dal D. Lgs n°351 del 4 Agosto 1999 relativi ai seguenti adempimenti:

- la valutazione della qualità dell'aria ambiente e la zonizzazione del territorio degli Stati membri;
- l'adozione delle misure da adottare in relazione ai regimi di concentrazione valutati sull'intero territorio di ogni Stato membro;
- l'informazione da fornire al pubblico;

La Direttiva Quadro ha demandato a Direttive successive, le cosiddette Direttive "figlie", la definizione di valori limite, valori bersaglio e obiettivi a lungo termine della qualità dell'aria nonché di standard specifici per la protezione della vegetazione, per i seguenti inquinanti atmosferici: biossido di zolfo, biossido e ossidi di azoto, PM₁₀, piombo, ozono, benzene, monossido di carbonio, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), cadmio, arsenico, nichel e mercurio. Di seguito si riporta l'elenco delle Direttive figlie derivate:

- I: 99/30/CE SO₂ NO_x PM₁₀ Pb
- II: 2000/69/CE Benzene, CO
- III: 2002/3/CE O₃
- IV: 2004/107/CE: IPA, cadmio; arsenico; nichel; mercurio

Il 21 maggio 2008 è stata emanata la Direttiva 2008/50/CE, secondo la quale ai fini della tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso, è particolarmente importante combattere alla fonte l'emissione di inquinanti nonché individuare e attuare le più efficaci misure di riduzione delle emissioni a livello locale, nazionale e comunitario. È opportuno pertanto evitare, prevenire o ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici nocivi e definire adeguati obiettivi per la qualità dell'aria ambiente che tengano conto delle pertinenti norme, orientamenti e programmi dell'Organizzazione mondiale della sanità. Secondo tale Direttiva: la direttiva 96/62/CE del Consiglio del 27 settembre 1996 in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente; la direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo; la direttiva 2000/69/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 novembre 2000 concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente, la direttiva 2002/3/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2002 relativa all'ozono nell'aria e la decisione 97/101/CE del Consiglio del 27 gennaio 1997 che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri, devono essere modificate sostanzialmente per incorporarvi gli ultimi sviluppi in campo scientifico e sanitario e le esperienze più recenti degli Stati membri. Secondo la Direttiva 2008/50/CE "a fini di

chiarezza, semplificazione ed efficienza amministrativa è pertanto opportuno sostituire i cinque atti citati con un'unica direttiva e, se del caso, con disposizioni di attuazione".

2.2 Riferimenti normativi nazionali

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria si è basata fino al 30 settembre 2010, data di pubblicazione del Decreto legislativo 13 agosto 2010, n°155, attuativo della Direttiva 2008/50/CE, sui seguenti riferimenti legislativi:

1. DPCM n°30 del 28.III.1983: "Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativa agli inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno".
2. DPR n°203 del 24.V.1988: "Attuazione delle Direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotti dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 L.183 del 16.4.1987".
3. DM Ambiente 6.V.1992: "Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo e assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio".
4. D.M.A. 12.XI.1992: "Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria".
5. DM 15.IV.1994: "Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del DPR 24 maggio 1988, n°203, e dell'art. 9 del DM. 20 maggio 1991".
6. D.M.A. 25.XI.1994: " Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al D.Min. 15.IV.1994".
7. D.M. 21.IV.1999 n°163: "Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione".
8. D.L. 4.08.1999, n.351: "Attuazione della direttiva CEE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente".
9. D.M. 2 aprile 2002, n.60: "Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio".
10. D.M. 1 ottobre 2002, n.261: "Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n°351".

Il D.Lgs.13 agosto 2010, n°155, recependo la Direttiva 2008/50/CE, riordina completamente la normativa in materia di gestione e tutela della qualità dell'aria. Dei riferimenti legislativi precedentemente elencati, resta in vigore solo il D.M.A. 12.11.1992.

Nella tabella seguente sono riportati per ogni inquinante i valori normati.

	SO ₂		NO ₂		NO _x	C ₆ H ₆	Pb	CO	PM 10		PM 2,5	O ₃	As	Cd	Ni	BaP
	periodo di mediazione		periodo di mediazione		periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione		periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione
valore limite	1 ora	1 giorno	1 ora	anno civile		anno civile	anno civile	media massima giornaliera calcolata su 8 h	1 giorno	anno civile	anno civile					
	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno	40 µg/m ³		5 µg/m ³	0.5 µg/m ³	10 mg/m ³	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile	40 µg/m ³	25 µg/m ³					
livello critico per la protezione della vegetazione	anno civile	invernale (1° ottobre-21 marzo)			anno civile											
	20 µg/m ³	20 µg/m ³			30 µg/m ³											
soglia di allarme	3 ore consecutive		3 ore consecutive									1 ora				
	500 µg/m ³		400 µg/m ³									240 µg/m ³				
soglia di informazione												1 ora				
valore obiettivo												1 ora	anno civile	anno civile	anno civile	anno civile
												25 µg/m ³	120 µg/m ³	6 ng/m ³ *	5 ng/m ³ *	20 ng/m ³ *

* Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su anno civile.

Tabella 1 Valori di concentrazione stabiliti dal D.lgs. 13 agosto 2010 n°155

3 L'ANALISI METEOROLOGICA: CARATTERISTICHE FISICHE DEI BASSI STRATI DELL'ATMOSFERA SULLA ZONA DELLA MAREMMA GROSSETANA

3.1 Premessa

Dopo aver delineato brevemente la climatologia dell'area prospiciente al litorale della Toscana centro – meridionale in relazione ai problemi di inquinamento atmosferico, in questo studio si analizzano le caratteristiche diffusive del boundary layer sulla zona della Maremma Grossetana, come si evincono da statistiche derivanti da misure e osservazioni al suolo nella stazione di Grosseto nel periodo dal 1952 al 1991. Dallo studio si traggono conclusioni rilevanti per la caratterizzazione dei bassi strati dell'atmosfera sulla zona di interesse e per le conseguenze relative ai fenomeni di dispersione o accumulo di inquinanti. Inoltre, si forniscono i dati climatici diffusivi per poter effettuare simulazioni con modelli di dispersione.

3.2 Introduzione

La conoscenza dettagliata delle caratteristiche fisiche dei bassi strati dell'atmosfera, unita ad informazioni sulle emissioni e le reazioni chimiche intercorrenti tra i vari inquinanti, è un elemento basilare per comprendere e prevedere fenomeni di inquinamento atmosferico. In questo senso, l'analisi statistica di dati meteorologici relativi al boundary layer consente proprio di cogliere le caratteristiche diffusive medie dell'atmosfera su un sito di interesse, permettendo di inferire la propensione o meno all'accumulo di inquinanti in determinate situazioni ricorrenti sul sito stesso.

Nel presente studio, l'analisi meteorologica viene effettuata:

- dapprima considerando brevemente le caratteristiche dei moti atmosferici a varie scale nell'area della Toscana centro – meridionale, in particolare sulle zone litoranee
- quindi analizzando con più dettaglio dati statistici relativi a 40 anni di misure e osservazioni al suolo nella stazione meteorologica del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica di Grosseto, con particolare riferimento a direzione/velocità del vento e classi di stabilità.

Tutto ciò consente di trarre conclusioni sulle caratteristiche fisico-meteorologiche medie diurne e notturne in tutte le stagioni e, come conseguenza, sulla propensione o meno ad episodi di inquinamento atmosferico primario o secondario sulla bassa Maremma, e più specificatamente sulle zone di interesse prospicienti al litorale.

3.3 Caratteristiche a scala sinottica e a mesoscala: interazione con la scala locale

A nostra conoscenza, le caratteristiche meteo-climatiche delle zone litoranee della Maremma Grossetana non sono state specificatamente analizzate in lavori scientifici. In alcuni articoli recenti, tuttavia, si è posta l'attenzione sui cambiamenti climatici degli ultimi decenni anche relativamente al settore centro-settentrionale del versante occidentale della penisola italiana, di cui la regione Toscana fa parte, con particolare riferimento ai trend climatici di temperatura e precipitazione¹. In questo contesto, si inquadrerà

¹ E. Piervitali, M. Colacino e M. Conte (2001), Signals of Climatic Change in the Central-Western Mediterranean Basin, Theor. Appl. Clim. 58, 211-219 e M. Brunetti, M. Colacino, M. Maugeri e T. Nanni (2001), Trends in the daily intensity of precipitation in Italy from 1951 to 1996, Int. J. Clim. 21, 299-316.

il clima delle zone della Maremma Grossetana nell'ambito della circolazione mediterranea e dei fenomeni ad essa correlati, come si evincono da analisi a più grande scala² e da considerazioni di climatologia a mesoscala e a carattere locale.

Come noto, i moti a grande scala, che coinvolgono spostamenti di masse d'aria di caratteristiche termodinamiche diverse su distanze di migliaia di Km, sono i responsabili del ricambio completo di aria su vaste zone. La loro azione viene ovviamente influenzata dalla struttura del territorio a mesoscala (poche centinaia di Km). I moti e i processi a queste scale spaziali rappresentano il termine forzante per i cambiamenti dell'aria su un determinato sito sulla scala temporale di alcuni giorni. Essi tuttavia interagiscono fortemente con altri moti e processi a scala locale (decine di Km). Al limite, nel caso di condizioni pressoché stazionarie a grande scala, i moti e i processi a scala locale diventano dominanti per stabilire le caratteristiche fisiche dei bassi strati dell'atmosfera sul sito di interesse.

Ebbene, il versante tirrenico dell'Italia centro – settentrionale, e la Toscana in particolare, sono dominati dalla circolazione a grande scala nel bacino del Mediterraneo. Questi moti a scala sinottica sono guidati dal posizionamento di centri di azione a carattere globale come l'anticiclone dinamico delle Azzorre, quello termico siberiano, la depressione di Islanda e infine quella sahariana, la cui influenza pure si risente in diversi casi alle latitudini di interesse. Nel periodo che va dall'autunno inoltrato alla prima parte della primavera, il posizionamento di questi centri di azione permette l'ingresso sull'area di interesse di depressioni, di volta in volta con un tragitto differente, il che regola la presenza di precipitazioni e la rotazione dei venti in loco. Nel restante periodo dell'anno, quando mediamente sono più frequenti i casi di presenza di un campo di pressioni alte e livellate sulla Toscana centro – meridionale con precipitazioni più scarse, diventano più importanti gli effetti dovuti alla scala locale, dove il mare (e il contrasto termico che si origina con l'entroterra) rappresenta ovviamente l'elemento forzante.

Tra i venti originati sulla Toscana centro - meridionale da configurazioni bariche a scala sinottica e a mesoscala, particolarmente tipici sono il Maestrale, il Libeccio, il Grecale e lo Scirocco. Il Maestrale, vento proveniente da nord-ovest, porta aria fredda sulla Toscana e favorisce la dispersione di inquinanti. Il Libeccio, vento da sud-ovest, pur essendo generalmente meno intenso del Maestrale, può risultare comunque alquanto impetuoso e ricco di raffiche, creando turbolenza almeno moderata e mareggiate. Il Grecale, vento proveniente da nord-est, crea generalmente condizioni di bel tempo sul versante sottovento agli Appennini, sia pur con aria fresca e moderatamente turbolenta. Infine, lo Scirocco, vento da sud-est, porta sulla zona aria calda e umida, accentuando la stratificazione ai bassi livelli dell'atmosfera e reprimendo i moti verticali, fattori questi negativi per la qualità dell'aria.

A scala locale il fenomeno più significativo è ovviamente quello delle brezze dovute al riscaldamento differenziale di mare e superficie terrestre (mediamente 8 m/s dal quadrante sud - occidentale durante il giorno e 3 m/s dal quadrante nord - orientale durante la notte). Come già detto, questo fenomeno diventa statisticamente dominante nel periodo estivo.

Inoltre, un'analisi sinottica delle carte di pressione al suolo mediate sugli ultimi 20 anni³ (riportate nelle figure 1 e 2), mostra come in autunno e in inverno la configurazione barica media favorisca il provenire dei venti da est-sud-est sulla zona di interesse⁴. Nelle altre stagioni le mappe analoghe (non riportate)

² Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, Atlante climatico d'Italia (in stampa) e M. Giuliacci, S. Abelli e G. Dipierro (2001), Il clima dell'Italia nell'ultimo ventennio, Alpha Test edizioni.

³ M. Giuliacci, S. Abelli e G. Dipierro (2001), Il clima dell'Italia nell'ultimo ventennio, Alpha Test edizioni

⁴ Si ricordi che il vento al suolo segue le isobare tagliandole con un angolo variabile (in media di circa 30° su superficie costituita da terra solida) andando dalle aree di alta a quelle di bassa pressione.

mostrano un gradiente medio di pressione più lasco che non permette di individuare una direzione prevalente di origine sinottica.

Dunque in primavera inoltrata e in estate, quando la circolazione a grande scala è mediamente debole, sulle zone prospicienti al litorale della bassa Toscana il fenomeno più significativo è ovviamente quello delle brezze diurne e notturne dovute al riscaldamento differenziale di terra e mare.

TAV. 6.7: Media della pressione atmosferica (hPa) al livello del mare - AUTUNNO

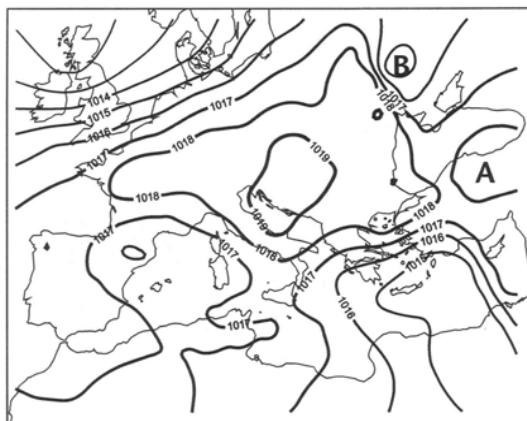


Figura 1

TAV. 6.1: Media della pressione atmosferica (hPa) al livello del mare - INVERNO

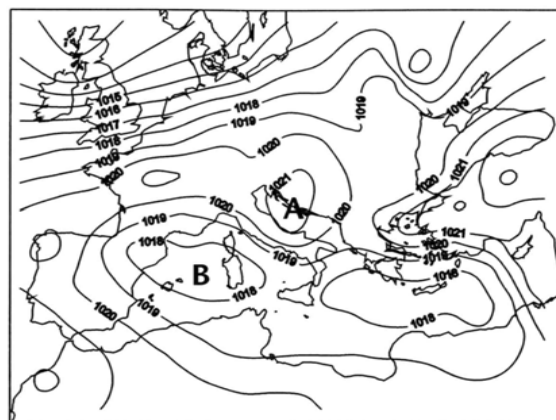


Figura 2

3.4 Analisi delle caratteristiche diffusive del boundary layer

Dopo la breve disamina relativa alle caratteristiche medie dei moti orizzontali, siano esse dovute a moti a scala globale, a mesoscala o a scala locale, di seguito si approfondisce l'analisi considerando serie di dati meteorologici che consentano di specificare meglio le caratteristiche diffusive di tutto il boundary layer, sia relativamente alla turbolenza di origine meccanica che a quella di origine termica (fondamentale nei casi di stabilità correlata ai fenomeni più acuti di inquinamento primario). A tal fine si farà riferimento alla base dati e alle elaborazioni statistiche dell'ENEL, relative al lavoro svolto in collaborazione con il

Servizio Meteorologico dell'Aeronautica sulle caratteristiche diffusive dell'atmosfera⁵, che si riferisce ad osservazioni più che quarantennali nell'area di interesse.

In particolare sono stati analizzati i dati di misura e osservazione della stazione del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica di Grosseto, disponibili da gennaio 1952 al dicembre 1991, rappresentativi della zona oggetto di studio (Figura 3).

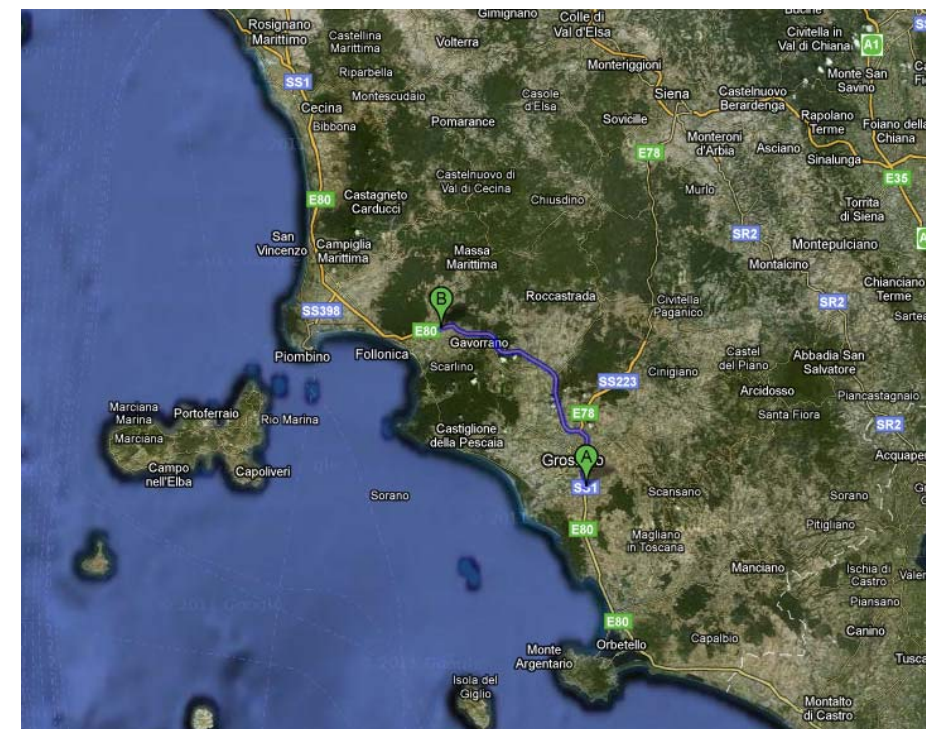
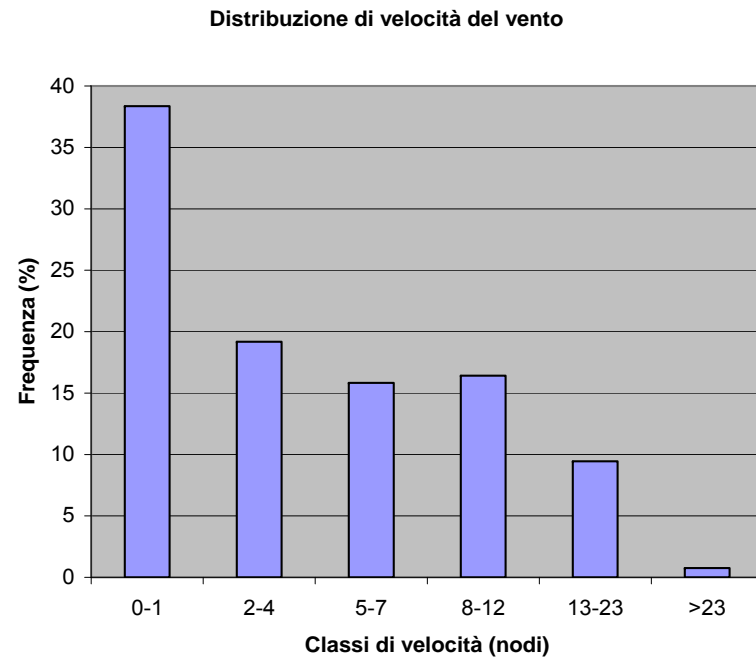


Figura 3

Utilizzando i dati diffusivi di Grosseto nel periodo 1952-1991, una prima elaborazione utile al fine di comprendere le caratteristiche diffusive medie del boundary layer sulla zona di interesse è quella relativa alle distribuzioni stagionali delle velocità del vento e delle frequenze per la sua direzione di provenienza. Nelle figure successive si riportano rappresentazioni grafiche di questi dati.

⁵ ENEL e Servizio Meteorologico dell'Aeronautica (1992), Caratteristiche diffusive dell'atmosfera, ENEL Direzione Relazioni Pubbliche e Comunicazione, Roma



Grosseto - primavera

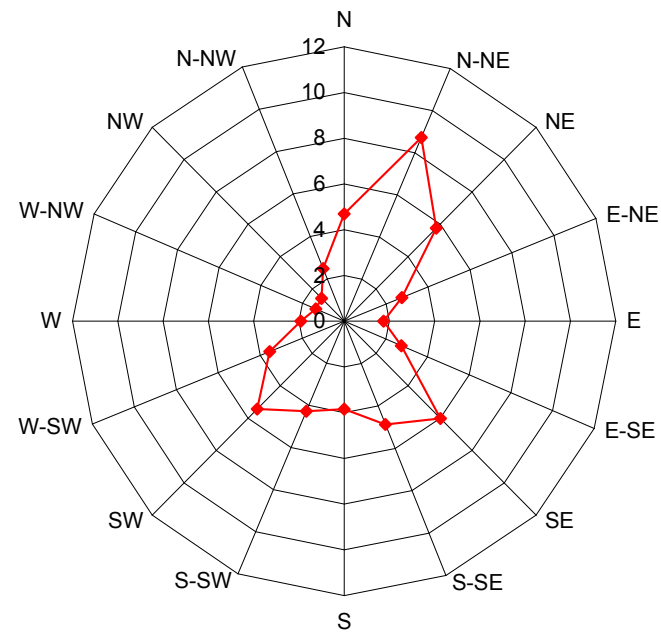
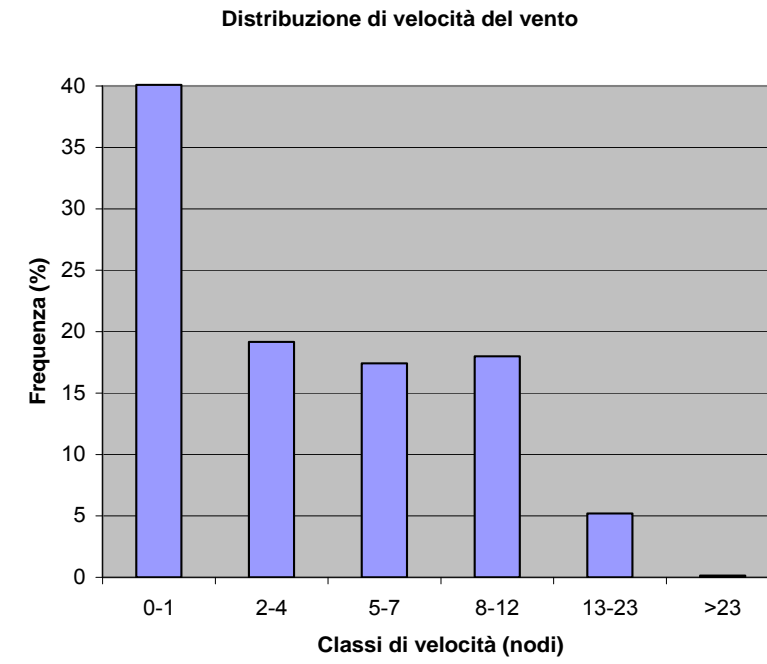


Figura 4: Primavera



Grosseto - estate

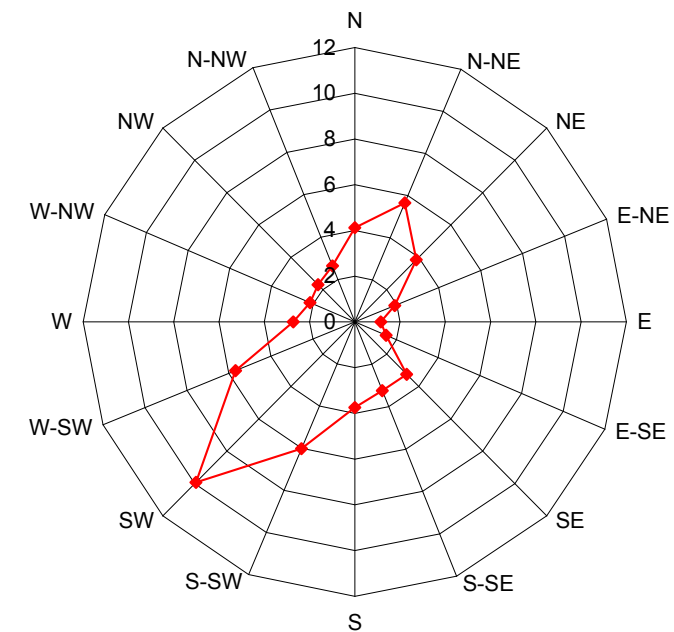
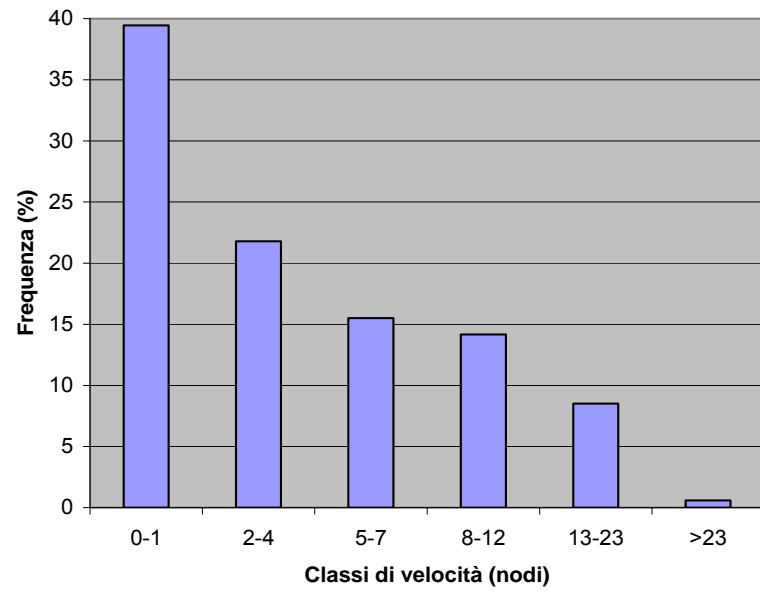


Figura 5: Estate

Distribuzione di velocità del vento



Grosseto - autunno

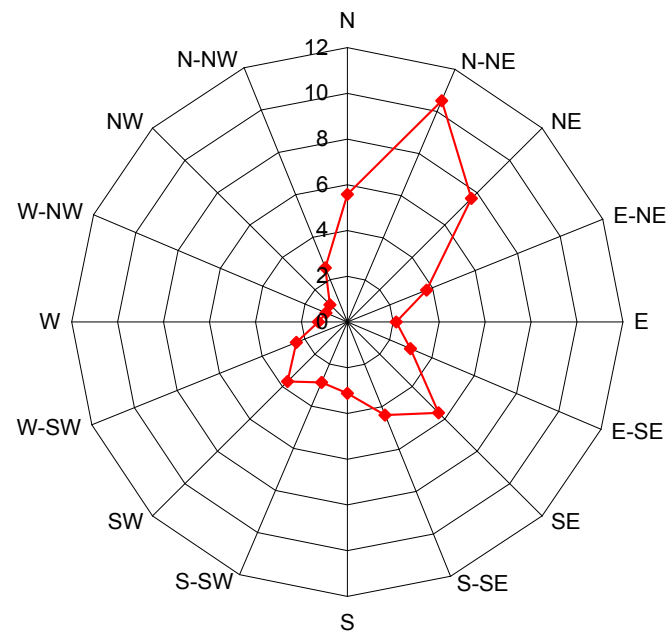
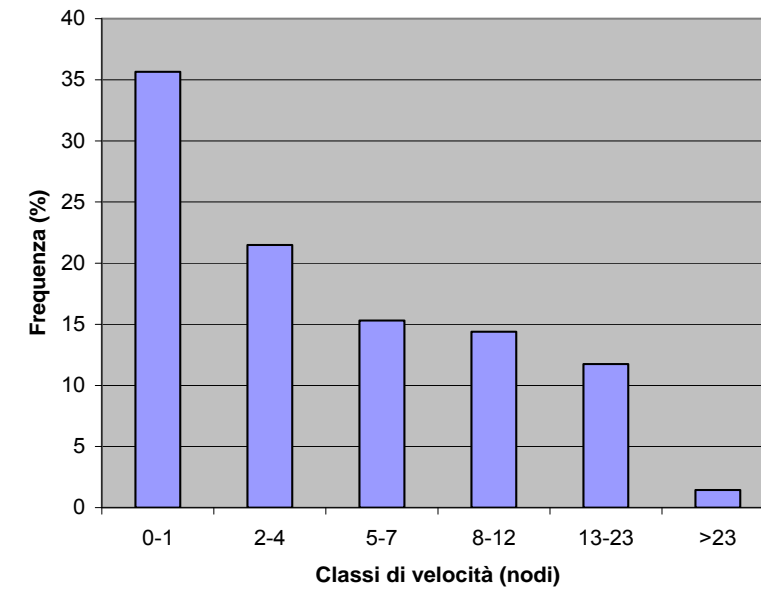


Figura 6: Autunno

Distribuzione di velocità del vento



Grosseto - inverno

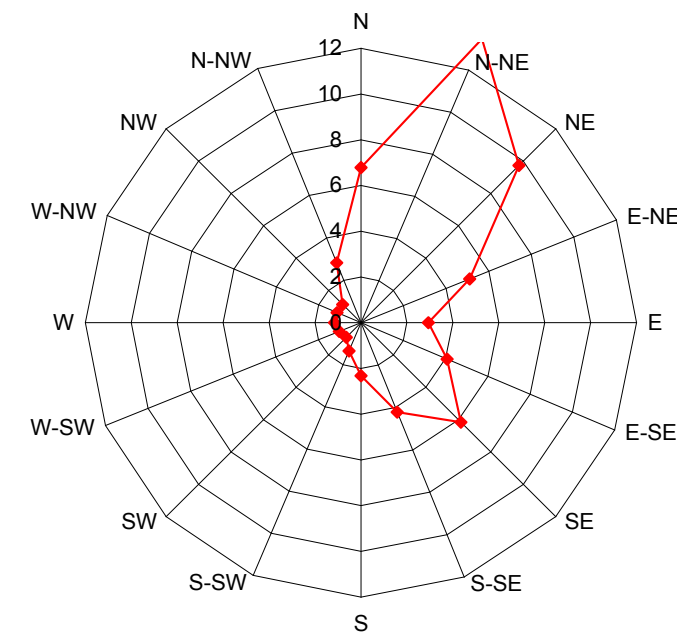


Figura 7: Inverno

Nelle Tabelle seguenti vengono specificate le classi di velocità del vento per ogni direzione di provenienza.

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5		20.79	13.70	11.97	6.11	0.24	52.82
2	22.5 - 45.0		35.48	20.48	19.86	17.83	1.99	95.65
3	45.0 - 67.5		29.70	15.48	11.33	9.56	1.14	67.22
4	67.5 - 90.0		18.86	9.82	3.52	1.26	0.11	33.58
5	90.0 - 112.5		11.27	5.70	2.25	0.60	0.01	19.82
6	112.5 - 135.0		10.15	7.21	6.45	4.06	0.29	28.16
7	135.0 - 157.5		10.89	12.37	16.38	11.86	0.97	52.46
8	157.5 - 180.0		7.98	8.28	13.61	11.08	0.80	41.75
9	180.0 - 202.5		6.34	7.15	11.35	7.35	0.43	32.62
10	202.5 - 225.0		9.16	11.71	12.10	3.28	0.18	36.43
11	225.0 - 247.5		11.92	18.37	17.42	2.36	0.07	50.14
12	247.5 - 270.0		7.00	9.60	11.65	3.31	0.23	31.79
13	270.0 - 292.5		4.05	4.39	5.48	3.31	0.44	17.67
14	292.5 - 315.0		3.67	3.62	4.34	2.27	0.26	14.17
15	315.0 - 337.5		5.34	4.30	4.02	1.07	0.06	14.79
16	337.5 - 360.0		10.82	7.87	5.78	1.72	0.02	26.22
DIREZIONE VARIABILE CALME ($\frac{1}{4}$ 1 NODO)		384.00	0.55	0.12	0.05	0.00	0.00	0.73
TOTALE		384.00	203.98	160.17	157.56	87.04	7.25	1000.00

Tabella 2: Direzione e velocità del vento – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni: 114.446

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5		21.76	12.20	5.83	1.36	0.03	41.18
2	22.5 - 45.0		28.05	14.29	9.56	4.59	0.11	56.60
3	45.0 - 67.5		19.89	8.70	6.69	2.97	0.19	38.44
4	67.5 - 90.0		12.08	4.21	2.15	0.55	0.05	19.04
5	90.0 - 112.5		7.33	2.91	0.98	0.27	0.00	11.50
6	112.5 - 135.0		7.09	3.88	2.57	1.36	0.10	15.00
7	135.0 - 157.5		9.35	7.47	9.36	5.76	0.41	32.36
8	157.5 - 180.0		8.14	6.31	9.76	7.99	0.21	32.41
9	180.0 - 202.5		7.78	9.65	13.71	6.18	0.10	37.42
10	202.5 - 225.0		12.45	21.55	23.55	2.69	0.00	60.24
11	225.0 - 247.5		17.23	36.33	41.47	4.17	0.00	99.21
12	247.5 - 270.0		8.77	17.99	24.51	5.52	0.03	56.82
13	270.0 - 292.5		5.80	7.98	9.77	3.62	0.03	27.20
14	292.5 - 315.0		5.83	5.75	7.40	2.44	0.03	21.46
15	315.0 - 337.5		7.33	6.95	7.23	1.40	0.07	22.98
16	337.5 - 360.0		12.26	7.90	5.23	1.02	0.00	26.40
DIREZIONE VARIABILE CALME ($\frac{1}{4}$ 1 NODO)		400.91	0.59	0.07	0.17	0.00	0.00	0.83
TOTALE		400.91	191.73	174.15	179.95	51.89	1.38	1000.00

Tabella 4: Direzione e velocità del vento – Distribuzione delle frequenze stagionali (GIU-LUG-AGO)
 N° osservazioni: 28.947

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5		18.36	11.94	10.68	5.74	0.17	46.90
2	22.5 - 45.0		29.27	18.28	18.68	18.91	2.08	87.24
3	45.0 - 67.5		21.66	12.49	11.97	10.00	1.45	57.57
4	67.5 - 90.0		15.15	6.58	3.96	1.68	0.11	27.48
5	90.0 - 112.5		9.95	4.45	2.22	0.77	0.00	17.39
6	112.5 - 135.0		10.40	6.95	6.51	3.50	0.07	27.43
7	135.0 - 157.5		11.65	13.59	18.67	14.89	1.37	60.16
8	157.5 - 180.0		9.22	9.62	16.39	12.75	0.68	48.66
9	180.0 - 202.5		7.85	8.07	13.72	8.21	0.60	38.45
10	202.5 - 225.0		10.82	13.85	13.65	4.35	0.10	42.78
11	225.0 - 247.5		14.67	20.84	16.76	1.99	0.03	54.30
12	247.5 - 270.0		8.30	11.41	12.32	3.33	0.19	35.54
13	270.0 - 292.5		4.36	4.79	6.08	3.46	0.44	19.14
14	292.5 - 315.0		3.46	3.65	4.07	2.28	0.20	13.65
15	315.0 - 337.5		5.52	4.07	3.38	1.08	0.04	14.08
16	337.5 - 360.0		10.57	7.57	5.03	1.58	0.03	24.78
DIREZIONE VARIABILE CALME ($\frac{1}{4}$ 1 NODO)		383.66	0.66	0.10	0.03	0.00	0.00	0.80
TOTALE		383.66	191.86	158.26	164.14	94.51	7.57	1000.00

Tabella 3: Direzione e velocità del vento – Distribuzione delle frequenze stagionali (MAR-APR-MAG)
 N° osservazioni: 28.781

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5		22.16	14.75	12.59	6.03	0.24	55.76
2	22.5 - 45.0		41.59	22.33	21.76	18.15	1.24	105.07
3	45.0 - 67.5		35.10	17.31	12.11	10.76	1.16	76.45
4	67.5 - 90.0		20.37	11.84	3.45	1.41	0.14	37.21
5	90.0 - 112.5		11.59	6.84	2.25	0.55	0.04	21.26
6	112.5 - 135.0		10.69	7.58	6.79	4.53	0.25	29.84
7	135.0 - 157.5		11.53	13.32	18.43	12.18	0.63	56.10
8	157.5 - 180.0		7.90	8.55	15.11	11.18	1.09	43.84
9	180.0 - 202.5		5.32	6.96	10.64	7.94	0.30	31.16
10	202.5 - 225.0		9.24	8.39	7.96	2.76	0.30	28.64
11	225.0 - 247.5		12.02	13.63	9.24	1.78	0.08	36.75
12	247.5 - 270.0		7.72	6.53	7.61	1.97	0.08	23.91
13	270.0 - 292.5		3.53	3.03	3.59	2.18	0.26	12.59
14	292.5 - 315.0		3.15	2.71	2.85	1.26	0.11	10.08
15	315.0 - 337.5		4.39	3.20	2.32	0.80	0.00	10.70
16	337.5 - 360.0		11.02	7.85	5.05	1.59	0.00	25.51
DIREZIONE VARIABILE CALME ($\frac{1}{4}$ 1 NODO)		394.41	0.53	0.21	0.00	0.00	0.00	0.74
TOTALE		394.41	217.84	155.04	141.74	85.08	5.89	1000.00

Tabella 5: Direzione e velocità del vento – Distribuzione delle frequenze stagionali (SET-OTT-NOV)
 N° osservazioni: 28.503

S E T T O R I		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	- 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5		20.89	15.98	18.98	11.46	0.55	67.85
2	22.5 - 45.0		43.27	27.19	29.72	30.01	4.59	134.79
3	45.0 - 67.5		42.52	23.65	14.63	14.67	1.80	97.27
4	67.5 - 90.0		28.10	16.84	4.56	1.42	0.13	51.05
5	90.0 - 112.5		16.33	8.68	3.56	0.80	0.02	29.39
6	112.5 - 135.0		12.50	10.51	10.03	6.93	0.74	40.71
7	135.0 - 157.5		11.02	15.21	19.17	14.69	1.45	61.55
8	157.5 - 180.0		6.65	8.64	13.19	12.46	1.22	42.16
9	180.0 - 202.5		4.34	3.83	7.24	7.07	0.72	23.20
10	202.5 - 225.0		4.00	2.80	2.93	3.31	0.33	13.38
11	225.0 - 247.5		3.57	2.21	1.67	1.47	0.17	9.08
12	247.5 - 270.0		3.15	2.24	1.86	2.36	0.63	10.23
13	270.0 - 292.5		2.45	1.68	2.37	4.00	1.03	11.52
14	292.5 - 315.0		2.22	2.30	3.00	3.09	0.73	11.34
15	315.0 - 337.5		4.07	2.93	3.09	1.02	0.14	11.25
16	337.5 - 360.0		9.42	8.16	7.86	2.70	0.07	28.21
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		356.48	0.43	0.11	0.00	0.00	0.00	0.53
TOTALE		356.48	214.92	152.97	143.86	117.46	14.32	1000.00

Tabella 6: Direzione e velocità del vento – Distribuzione delle frequenze stagionali (DIC-GEN-FEB)
 N° osservazioni: 28.215

Una volta constatato che su Grosseto le calme di vento si riscontrano in poco meno del 40% delle osservazioni, percentuale che sicuramente diminuisce nei tratti di interesse più vicini al mare, dai dati riportati si ritrova la predominanza in tutte le stagioni del Grecale che, come già accennato, apporta aria fresca e solo moderatamente turbolenta sulla zona di interesse. Le altre due direzioni dominanti sono dai quadranti meridionali: lo Scirocco da sud-est e il Libeccio da sud-ovest. Quest'ultima direzione di provenienza appare particolarmente frequente in estate, quando però è sicuramente dovuta non alla circolazione sinottica ma al fattore locale della brezza di mare. Infine, i dati locali ci mostrano come la configurazione della costa e dei rilievi non consenta al Maestrone di presentarsi frequentemente sulla zona di interesse.

Come si è già accennato, lo Scirocco tende a far stratificare la bassa troposfera, creando possibili inversioni in quota, deleterie per quanto riguarda l'accumulo di sostanze inquinanti, il Libeccio e il Grecale apportano una turbolenza moderata, mentre il fatto che il Maestrone, con la sua maggiore turbolenza, sia quasi assente, è ovviamente un fattore negativo per la qualità dell'aria.

Un altro metodo interessante per ottenere informazioni sulle caratteristiche diffusive su un sito di interesse è il calcolo delle classi di stabilità di Pasquill⁶, che, per i dati di una stazione al suolo non dotata di strumentazione atta a rilevare direttamente la radiazione, si può effettuare tenendo conto del bilancio radioattivo in superficie tramite le osservazioni di nuvolosità e il calcolo dell'altezza del Sole sull'orizzonte⁷.

⁶ F. Pasquill (1962), Atmospheric Diffusion, Van Nostrand, Londra

⁷ ENEL e Servizio Meteorologico dell'Aeronautica (1992), Caratteristiche diffusive dell'atmosfera, ENEL Direzione Relazioni Pubbliche e Comunicazione, Roma

Questi schemi di classificazione⁸ permettono una prima sommaria distinzione tra situazioni stabili (cioè critiche per i fenomeni di inquinamento) ed instabili (cioè più favorevoli alla dispersione), con una discriminazione tra le classi che risulta più affidabile nel range delle classi stabili (E, F, G) piuttosto che in quello delle classi instabili (A, B, C).

Grado di stabilità	Categorie di Pasquill	Gradiente termico verticale (°C/100m)
Instabilità forte	A	< -1.9
Instabilità moderata	B	da -1.9 a -1.7
Instabilità debole	C	da -1.7 a -1.5
Neutralità o adiabaticità	D	da -1.5 a -0.5
Stabilità debole	E	da -0.5 a +1.5
Stabilità moderata	F	da +1.5 a +4.0
Stabilità forte	G	> +4.0

Tabella 7

Velocità del vento U (m/s)	$\Delta t/\Delta z = -1.5$	$-1.4 < \Delta t/\Delta z < -1.2$	$-1.1 < \Delta t/\Delta z < -0.9$	$-0.8 < \Delta t/\Delta z < -0.7$	$-0.6 < \Delta t/\Delta z < 0.0$	$+0.1 < \Delta t/\Delta z < +2.0$	$\Delta t/\Delta z ? + 2.0$
U < 1	A	A	B	C	D	F	F
1 = U < 2	A	B	B	C	D	F	F
2 = U < 3	A	B	C	D	D	E	F
3 = U < 5	B	B	C	D	D	D	E
5 = U < 7	C	C	D	D	D	D	E
U = 7	D	D	D	D	D	D	D

Determinazione delle classi di stabilità in funzione del gradiente termico e della velocità del vento

Tabella 8

Dall'analisi delle statistiche relative alla stazione al suolo di Grosseto emerge una prevalenza generalizzata della classe D (neutralità) e una notevole frequenza delle classi B e F+G, con ovvie oscillazioni giorno-notte e a carattere stagionale. In particolare, si noti che le frequenze delle classi stabili rimangono pressoché invariate anche in estate e che la brezza di mare o le avvezioni calde possono consentire il formarsi di inversioni in quota, favorendo così l'instaurarsi di condizioni critiche per eventi acuti di smog fotochimico.

Le Tabelle successive permettono una più accurata disamina delle situazioni critiche per l'inquinamento, consentendo anche di utilizzare questi dati come ingresso ad un modello di dispersione in vari casi esemplificativi. Per una corretta lettura delle tabelle stesse va notato come i rilevamenti più frequenti siano stati effettuati dalle 6 alle 18 UTC, mentre i rilevamenti notturni nel periodo considerato risultano di numero leggermente inferiore.

⁸ Safety Guide 23 on Site Meteorological Programs (1972), U.S. N.R.C., Washington; Safety Guide 50 on Atmospheric Dispersion in Power Plant Siting (1980), IAEA, Vienna

CLASSI STABIL.	MESE												INTERO PERIODO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A	0.00	4.73	25.02	45.50	52.39	80.67	70.40	67.47	44.78	11.57	0.00	0.00	33.43
B	34.34	55.40	66.42	64.25	140.54	197.78	219.65	112.33	94.87	80.53	49.68	28.22	95.08
C	19.65	29.51	46.97	71.31	100.97	118.52	133.86	105.45	93.11	45.04	24.84	12.08	66.61
D	498.73	531.37	474.64	473.95	320.78	195.88	139.97	291.77	305.72	393.53	477.58	504.74	384.32
E	90.06	69.47	60.28	53.25	61.84	67.19	71.69	67.70	65.65	68.40	82.11	87.70	70.47
F + G	356.53	308.52	325.41	289.88	322.01	339.48	363.50	355.16	394.81	400.49	364.19	364.79	348.97
NEBBIA	0.69	1.00	1.25	1.85	1.46	0.47	0.94	0.12	1.06	0.45	1.61	2.48	1.12
TOTALE	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
N. OSS.	8650	8032	8792	8638	8894	8454	8509	8582	8485	8904	8696	8860	103496

Tabella 9: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze mensili e annuali
 N° osservazioni 103.496

STAGIONI	CLASSI DI STABILITA`							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
DIC-GEN-FEB	0.37	9.58	4.97	126.13	20.43	84.97	0.35	246.79
MAR-APR-MAG	10.43	23.08	18.62	107.44	14.88	79.51	0.39	254.35
GIU-LUG-AGO	17.97	43.53	29.43	51.70	17.00	87.07	0.13	246.82
SET-OTT-NOV	4.67	18.88	13.59	99.05	18.16	97.42	0.26	252.04
TOTALE	33.43	95.08	66.61	384.32	70.47	348.97	1.12	1000.00

Tabella 10: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze stagionali e annuali
 N° osservazioni 103.496

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA`							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
0	0.00	0.00	0.00	26.80	9.33	79.97	0.14	116.25
3	0.00	0.00	0.00	27.96	9.11	78.99	0.25	116.31
6	0.00	16.52	2.05	63.38	8.02	37.86	0.51	128.34
9	22.06	29.52	12.16	65.21	0.00	0.00	0.14	129.09
12	11.18	39.33	25.19	56.81	0.00	0.00	0.00	132.51
15	0.19	9.71	27.21	78.46	4.35	10.50	0.00	130.42
18	0.00	0.00	0.00	38.83	28.33	62.78	0.02	129.96
21	0.00	0.00	0.00	26.86	11.32	78.87	0.07	117.13
TOTALE	33.43	95.08	66.61	384.32	70.47	348.97	1.12	1000.00

Tabella 11: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni 103.496

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA`							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
0	0.00	0.00	0.00	29.74	8.74	77.04	0.19	115.71
3	0.00	0.00	0.00	31.07	7.33	76.77	0.42	115.60
6	0.00	12.23	1.90	89.69	3.84	22.07	0.84	130.57
9	25.30	31.49	12.73	58.77	0.00	0.00	0.00	128.29
12	15.42	35.67	26.29	55.31	0.00	0.00	0.00	132.69
15	0.27	11.36	32.29	85.13	0.00	0.00	0.00	129.05
18	0.00	0.00	0.00	43.53	27.73	60.59	0.04	131.89
21	0.00	0.00	0.00	29.17	10.86	76.13	0.04	116.21
TOTALE	40.99	90.75	73.20	422.43	58.50	312.60	1.52	1000.00

Tabella 12: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze stagionali (MAR-APR-MAG)
 N° osservazioni 26.324

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA`							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
0	0.00	0.00	0.00	8.81	5.25	100.57	0.08	114.70
3	0.00	0.00	0.00	8.81	5.09	100.76	0.08	114.74
6	0.00	54.34	6.34	66.86	0.00	0.00	0.23	127.77
9	50.69	40.56	14.95	21.80	0.00	0.00	0.00	128.01
12	21.61	56.49	40.05	15.46	0.00	0.00	0.00	133.61
15	0.51	24.98	57.90	49.32	0.00	0.00	0.00	132.71
18	0.00	0.00	0.00	28.54	49.21	52.81	0.00	130.55
21	0.00	0.00	0.00	9.86	9.32	98.61	0.12	117.91
TOTALE	72.81	176.36	119.24	209.47	68.86	352.75	0.51	1000.00

Tabella 13: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze stagionali (GIU-LUG-AGO) – N° osservazioni 25.545

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA`							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
0	0.00	0.00	0.00	26.03	11.23	79.47	0.04	116.77
3	0.00	0.00	0.00	27.68	11.16	77.71	0.27	116.81
6	0.00	0.00	0.00	47.15	12.84	67.47	0.65	128.12
9	12.34	34.23	13.95	69.43	0.00	0.00	0.04	130.00
12	6.17	38.07	21.31	65.78	0.00	0.00	0.00	131.34
15	0.00	2.61	18.67	95.80	3.87	9.62	0.00	130.57
18	0.00	0.00	0.00	33.66	21.01	73.76	0.04	128.46
21	0.00	0.00	0.00	27.45	11.96	78.51	0.00	117.92
TOTALE	18.52	74.91	53.94	392.98	72.07	386.54	1.04	1000.00

Tabella 14: Classi di stabilità – Distribuzione delle frequenze stagionali (SET-OTT-NOV)
 N° osservazioni 26.085

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA'							
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE
0	0.00	0.00	0.00	42.56	12.10	62.92	0.23	117.81
3	0.00	0.00	0.00	44.20	12.88	60.80	0.23	118.12
6	0.00	0.00	0.00	49.37	15.43	61.74	0.31	126.85
9	0.00	11.63	6.97	110.95	0.00	0.00	0.51	130.06
12	1.49	27.21	13.15	90.56	0.00	0.00	0.00	132.41
15	0.00	0.00	0.00	83.00	13.66	32.73	0.00	129.39
18	0.00	0.00	0.00	49.57	15.54	63.78	0.00	128.89
21	0.00	0.00	0.00	40.87	13.15	62.33	0.12	116.47
TOTALE	1.49	38.84	20.12	511.08	82.77	344.30	1.41	1000.00

Tabella 15: Classi di stabilità – Distribuzione frequenze stagionali (DIC-GEN-FEB)
 N° osservazioni 25.542

Le Tabelle seguenti sintetizzano le distribuzioni delle frequenze annuali delle classi di vento che si sono registrate in ognuna delle classi di stabilità di Pasquill.

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)								VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	= 24	TOTALE		
1	0.0 - 22.5		13.58	3.68	0.00	0.00	0.00	17.27	3.39	
2	22.5 - 45.0		12.72	6.14	0.00	0.00	0.00	18.86	3.77	
3	45.0 - 67.5		7.80	3.76	0.00	0.00	0.00	11.56	3.74	
4	67.5 - 90.0		5.92	2.02	0.00	0.00	0.00	7.95	3.59	
5	90.0 - 112.5		2.31	1.30	0.00	0.00	0.00	3.61	3.82	
6	112.5 - 135.0		3.90	0.72	0.00	0.00	0.00	4.62	3.11	
7	135.0 - 157.5		4.91	1.52	0.00	0.00	0.00	6.43	3.63	
8	157.5 - 180.0		6.07	1.81	0.00	0.00	0.00	7.88	3.59	
9	180.0 - 202.5		9.68	5.35	0.00	0.00	0.00	15.03	3.81	
10	202.5 - 225.0		22.69	19.65	0.00	0.00	0.00	42.34	4.08	
11	225.0 - 247.5		36.92	36.20	0.00	0.00	0.00	73.12	4.27	
12	247.5 - 270.0		14.96	15.97	0.00	0.00	0.00	30.92	4.27	
13	270.0 - 292.5		5.49	5.06	0.00	0.00	0.00	10.55	4.08	
14	292.5 - 315.0		5.35	2.60	0.00	0.00	0.00	7.95	3.68	
15	315.0 - 337.5		10.69	4.26	0.00	0.00	0.00	14.96	3.49	
16	337.5 - 360.0		12.14	3.54	0.00	0.00	0.00	15.68	3.55	
DIREZIONE VARIABILE CALME (≈ 1 NODO)		709.25	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	2.02	2.43	
TOTALE		709.25	177.17	113.58	0.00	0.00	0.00	1000.00		

Tabella 16: Classe di stabilità A – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni 3.460

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)								VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	= 24	TOTALE		
1	0.0 - 22.5		26.68	11.46	1.40	0.00	0.00	39.53	3.82	
2	22.5 - 45.0		41.82	19.79	2.11	0.00	0.00	63.72	3.86	
3	45.0 - 67.5		48.20	12.93	2.77	0.00	0.00	63.90	3.55	
4	67.5 - 90.0		33.51	6.22	0.89	0.00	0.00	40.62	3.24	
5	90.0 - 112.5		19.94	3.07	0.10	0.00	0.00	23.12	3.03	
6	112.5 - 135.0		13.69	4.19	0.41	0.00	0.00	18.29	3.50	
7	135.0 - 157.5		12.35	8.69	1.93	0.00	0.00	22.97	4.55	
8	157.5 - 180.0		10.82	7.22	1.58	0.00	0.00	19.61	4.48	
9	180.0 - 202.5		10.82	14.08	4.60	0.00	0.00	29.50	5.33	
10	202.5 - 225.0		21.29	44.11	15.88	0.00	0.00	81.28	5.79	
11	225.0 - 247.5		26.35	80.77	31.99	0.00	0.00	139.10	6.11	
12	247.5 - 270.0		14.76	35.90	13.24	0.00	0.00	63.90	5.93	
13	270.0 - 292.5		8.00	9.68	3.05	0.00	0.00	20.73	5.22	
14	292.5 - 315.0		6.99	5.97	1.83	0.00	0.00	14.79	4.83	
15	315.0 - 337.5		9.22	5.95	0.86	0.00	0.00	16.03	4.29	
16	337.5 - 360.0		16.69	7.52	1.22	0.00	0.00	25.43	3.98	
DIREZIONE VARIABILE CALME (≈ 1 NODO)		314.33	2.54	0.41	0.20	0.00	0.00	3.15	3.48	
TOTALE		314.33	323.68	277.95	84.04	0.00	0.00	1000.00		

Tabella 17: Classe di stabilità B – Distribuzione frequenze annuali - N° osservazioni 9.840

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)								VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	= 24	TOTALE		
1	0.0 - 22.5		5.87	14.07	21.94	1.38	0.00	43.26	7.76	
2	22.5 - 45.0		13.20	26.69	53.71	6.09	0.29	99.98	8.25	
3	45.0 - 67.5		16.90	20.89	33.98	4.21	0.04	76.01	7.71	
4	67.5 - 90.0		9.28	14.00	11.57	1.16	0.11	36.12	6.82	
5	90.0 - 112.5		5.69	7.94	3.99	0.29	0.00	17.91	6.17	
6	112.5 - 135.0		3.66	6.06	9.65	0.73	0.00	20.09	7.58	
7	135.0 - 157.5		3.15	8.05	26.22	3.37	0.00	40.80	8.86	
8	157.5 - 180.0		2.57	6.45	27.81	5.98	0.00	42.83	9.62	
9	180.0 - 202.5		3.74	12.44	49.50	7.11	0.15	72.93	9.33	
10	202.5 - 225.0		5.04	28.90	82.72	5.44	0.00	122.10	8.63	
11	225.0 - 247.5		9.79	47.43	130.00	4.75	0.00	191.98	8.45	
12	247.5 - 270.0		5.58	21.69	81.56	4.32	0.00	113.14	8.79	
13	270.0 - 292.5		2.43	10.01	33.22	2.36	0.00	48.01	9.01	
14	292.5 - 315.0		2.50	5.15	19.51	1.92	0.00	29.08	9.06	
15	315.0 - 337.5		1.45	5.73	13.82	0.18	0.00	21.18	8.24	
16	337.5 - 360.0		2.54	9.50	11.64	0.47	0.00	24.15	7.42	
DIREZIONE VARIABILE CALME (≈ 1 NODO)		0.00	0.15	0.00	0.29	0.00	0.00	0.44	7.67	
TOTALE		0.00	93.56	245.00	611.11	49.75	0.58	1000.00		

Tabella 18: Classe di stabilità C – Distribuzione frequenze annuali - N° osservazioni 6.894

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)								VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	= 24	TOTALE		
1	0.0 - 22.5		13.01	8.45	20.37	15.81	0.59	58.23	9.64	
2	22.5 - 45.0		24.58	13.30	32.55	42.58	5.09	118.10	11.23	
3	45.0 - 67.5		22.96	12.45	19.25	24.10	3.21	81.97	9.97	
4	67.5 - 90.0		14.94	9.55	6.30	3.31	0.30	34.39	6.45	
5	90.0 - 112.5		10.43	6.76	5.28	1.65	0.04	24.15	6.08	
6	112.5 - 135.0		10.05	9.70	15.55	11.07	0.83	47.21	9.38	
7	135.0 - 157.5		10.63	15.58	38.16	32.07	2.57	99.02	11.03	
8	157.5 - 180.0		7.14	10.93	30.81	29.55	2.19	80.62	11.61	
9	180.0 - 202.5		4.79	7.25	20.28	18.81	1.18	52.31	11.36	
10	202.5 - 225.0		6.27	6.49	12.09	8.11	0.44	33.41	9.58	
11	225.0 - 247.5		6.31	6.57	11.82	5.34	0.18	30.23	8.61	
12	247.5 - 270.0		4.10	4.09	11.43	7.87	0.63	28.11	10.32	
13	270.0 - 292.5		2.26	2.43	7.02	8.52	1.06	21.29	12.09	
14	292.5 - 315.0		2.01	2.33	6.23	5.68	0.62	16.86	11.27	
15	315.0 - 337.5		3.27	2.33	6.40	2.70	0.16	14.85	8.98	
16	337.5 - 360.0		6.46	4.86	9.82	4.58	0.07	25.79	8.46	
DIREZIONE VARIABILE CALME (≈ 1 NODO)		232.83	0.38	0.23	0.03	0.00	0.00	0.63	4.32	
TOTALE		232.83	149.59	123.29	253.39	221.74	19.16	1000.00		

Tabella 19: Classe di stabilità D – Distribuzione frequenze annuali - N° osservazioni 39.776

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE	
1	0.0 - 22.5		13.54	72.98	31.13	0.00	0.00	117.65	6.52
2	22.5 - 45.0		23.62	93.34	35.31	0.00	0.00	152.27	6.30
3	45.0 - 67.5		15.43	56.49	14.19	0.00	0.00	86.11	6.00
4	67.5 - 90.0		11.93	30.99	4.39	0.00	0.00	47.31	5.65
5	90.0 - 112.5		8.57	24.06	1.47	0.00	0.00	34.11	5.53
6	112.5 - 135.0		10.15	34.76	3.81	0.00	0.00	48.71	5.74
7	135.0 - 157.5		16.87	69.86	9.43	0.00	0.00	96.15	5.86
8	157.5 - 180.0		11.66	41.07	7.37	0.00	0.00	60.09	5.96
9	180.0 - 202.5		6.86	28.52	6.14	0.00	0.00	41.52	6.07
10	202.5 - 225.0		6.86	29.21	5.18	0.00	0.00	41.24	6.07
11	225.0 - 247.5		9.19	41.10	10.56	0.00	0.00	60.85	6.14
12	247.5 - 270.0		4.94	28.83	9.26	0.00	0.00	43.02	6.40
13	270.0 - 292.5		3.05	18.96	7.06	0.00	0.00	29.07	6.46
14	292.5 - 315.0		4.08	20.67	9.05	0.00	0.00	33.80	6.51
15	315.0 - 337.5		4.42	24.17	9.46	0.00	0.00	38.05	6.45
16	337.5 - 360.0		8.74	45.63	15.56	0.00	0.00	69.93	6.37
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.14	5.00
TOTALE		0.00	159.88	660.77	179.35	0.00	0.00	1000.00	

Tabella 20: Classe di stabilità E – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni 7.293

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE	
1	0.0 - 22.5		15.09	0.00	0.00	0.00	0.00	15.09	3.43
2	22.5 - 45.0		36.64	8.62	0.00	0.00	0.00	45.26	2.86
3	45.0 - 67.5		40.95	17.24	0.00	0.00	0.00	58.19	3.44
4	67.5 - 90.0		19.40	4.31	0.00	0.00	0.00	23.71	3.36
5	90.0 - 112.5		36.64	19.40	0.00	0.00	0.00	56.03	3.69
6	112.5 - 135.0		23.71	10.78	0.00	0.00	0.00	34.48	4.38
7	135.0 - 157.5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	157.5 - 180.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	180.0 - 202.5		0.00	0.00	0.00	6.47	0.00	6.47	18.00
10	202.5 - 225.0		0.00	0.00	0.00	2.16	0.00	2.16	18.00
11	225.0 - 247.5		8.62	0.00	0.00	0.00	0.00	8.62	2.00
12	247.5 - 270.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	270.0 - 292.5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	292.5 - 315.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	315.0 - 337.5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	337.5 - 360.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		750.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	750.00	0.00
TOTALE		750.00	181.03	60.34	0.00	8.62	0.00	1000.00	

Tabella 22: Classe di stabilità Nebbia – Distribuzione delle frequenze stagionali (DIC-GEN-FEB)
 N° osservazioni 116

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VELOCITA' MEDIA NEL SETTORE (NODI)
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	_ 24	TOTALE	
1	0.0 - 22.5		30.97	5.86	0.00	0.00	0.00	36.82	3.14
2	22.5 - 45.0		49.04	7.53	0.00	0.00	0.00	56.57	3.01
3	45.0 - 67.5		30.83	4.27	0.00	0.00	0.00	35.10	2.95
4	67.5 - 90.0		18.16	2.13	0.00	0.00	0.00	20.29	2.96
5	90.0 - 112.5		11.54	1.46	0.00	0.00	0.00	13.00	2.96
6	112.5 - 135.0		11.48	1.42	0.00	0.00	0.00	12.90	2.95
7	135.0 - 157.5		12.42	1.90	0.00	0.00	0.00	14.33	2.98
8	157.5 - 180.0		9.09	1.25	0.00	0.00	0.00	10.34	2.98
9	180.0 - 202.5		7.52	1.00	0.00	0.00	0.00	8.53	3.02
10	202.5 - 225.0		10.22	1.96	0.00	0.00	0.00	12.18	3.17
11	225.0 - 247.5		13.73	2.89	0.00	0.00	0.00	16.63	3.25
12	247.5 - 270.0		8.50	2.33	0.00	0.00	0.00	10.83	3.37
13	270.0 - 292.5		5.52	1.41	0.00	0.00	0.00	6.93	3.33
14	292.5 - 315.0		4.78	1.04	0.00	0.00	0.00	5.82	3.25
15	315.0 - 337.5		7.28	1.52	0.00	0.00	0.00	8.80	3.24
16	337.5 - 360.0		16.57	3.37	0.00	0.00	0.00	19.94	3.18
DIREZIONE VARIABILE CALME (¼ 1 NODO)		710.61	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	710.61	2.43
TOTALE		710.61	248.05	41.34	0.00	0.00	0.00	1000.00	

Tabella 21: Classe di stabilità F+G – Distribuzione delle frequenze annuali
 N° osservazioni 36.117

Da questa analisi di dati al suolo risulta chiaro che la climatologia diffusiva della regione di interesse si distacchi nettamente dalle caratteristiche riscontrabili in zone ad alta stabilità dei bassi strati come la Pianura Padana. Ad esempio, l'informazione più evidente che si evince da questi dati statistici è che le caratteristiche dei bassi strati dell'atmosfera sull'area prospiciente al litorale della Toscana centro – meridionale risentono positivamente della mitigazione del mare e della presenza del Grecale (anche se non di forte intensità), consentendo situazioni notturne meno critiche rispetto a quelle di altre zone del Paese più "continentali", come la Pianura Padana, dove la stabilità notturna appare ben più forte in tutte le stagioni. D'altro canto la regione ha un tipico carattere mediterraneo, in cui la fisica dei bassi strati dell'atmosfera non è particolarmente favorevole a fenomeni di inquinamento primario dovuti a grande stabilità, anche se la notevole percentuale di calme di vento e la bassa percentuale di casi di Maestrale possono favorire, temporaneamente, un ristagno più accentuato di inquinanti primari. Fenomeni estivi di calma di vento e , alta pressione e stabilità in quota possono favorire, invece, eventi acuti di inquinamento fotochimico.

Come noto, va detto che le stime di stabilità ottenute dai dati al suolo possono essere affette da incertezze maggiori di quelle che risalgono all'analisi anche di dati a quote immediatamente superiori, come quelli che si possono desumere dai radiosondaggi. Purtroppo, però, non si hanno a disposizione radiosondaggi nella zona di interesse. In ogni caso, la climatologia diffusiva qui discussa ci dà la possibilità di trarre conclusioni per la propensione o meno al ristagno di inquinanti sull'area di interesse.

3.5 Conclusioni

In questo paragrafo, sfruttando le analisi della circolazione e dello stato dei bassi strati, si presenteranno alcune considerazioni relative alla rilevanza delle caratteristiche fisiche evidenziate in questo studio per la propensione (dal punto di vista statistico) ad eventi di inquinamento atmosferico sulla zona prospiciente al litorale della Toscana centro – meridionale.

Tenendo conto della sua localizzazione, si può senz'altro affermare che, pur trovandosi a latitudini inferiori dove le perturbazioni sinottiche arrivano meno di frequente, la circolazione orizzontale sulla zona di interesse è meno statica rispetto a quella della Pianura Padana, che, a causa della protezione della catena alpina, risente di frequenti fenomeni di calma di vento e subsidenza. Ciò è vero sia nel semestre freddo che in quello caldo, anche a causa della mitigazione locale del mare e del fenomeno della brezza. Questo fa già capire come gli episodi acuti di inquinamento primario siano statisticamente meno gravi e frequenti su questo litorale rispetto, ad esempio, all'area milanese, molto studiata dal punto di vista di questo fenomeno. Un altro fattore cui bisogna accennare è il valore elevato di soleggiamento e radiazione globale rilevato mediamente nell'area della Toscana centro – meridionale in tutti i periodi dell'anno (ovviamente con un picco in estate), che rende più intensa la produzione di inquinanti secondari di origine fotochimica.

Inoltre si ribadisce che, in questa zona litoranea tirrenica, le frequenze delle classi stabili rimangono pressoché invariate in estate e che la brezza di mare o le avvezioni calde sciroccali possono consentire il formarsi di inversioni in quota, favorendo così l'instaurarsi di condizioni critiche per eventi acuti di smog fotochimica.

Tutto questo fa capire come da un lato gli episodi acuti di inquinamento primario siano statisticamente molto meno gravi e frequenti sul tratto di interesse rispetto ad altre aree del Paese. Allo stesso tempo, si può supporre anche che gli episodi di inquinamento secondario di origine fotochimica possano essere più acuti, come accade statisticamente in aree dal clima più tipicamente mediterraneo.

Queste considerazioni generali tengono ovviamente conto dell'analisi statistica presentata precedentemente relativamente alla frequenza delle classi di Pasquill. Le conclusioni più importanti che si devono trarre da questa analisi per la qualità dell'aria sulla zona di interesse sono le seguenti:

- ❖ statisticamente e da un punto di vista fisico-meteorologico, vi è una propensione medio-bassa verso fenomeni di inquinamento primario, in generale di moderata intensità.
- ❖ I valori abbastanza alti di soleggiamento e intensità di radiazione globale estivi, nonché i fenomeni di brezza e quelli sciroccali, che favoriscono la formazione o la persistenza residua di inversioni in quota, consentono di dedurre che, statisticamente, lo stato fisico della bassa atmosfera nella zona della Maremma Grossetana favorisce generalmente fenomeni di inquinamento secondario di origine fotochimica di elevata intensità nel semestre caldo.

4 LE SORGENTI EMISSIVE NELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio interessa la regione Toscana e nello specifico la provincia di Grosseto. Ancora più nel dettaglio, sono interessate dall'opera, le frazioni S. Maria di Rispeca, Fattoria Grancia, Fattoria Sterpeto, Il Poggione, Montepescali e Braccagni, del comune di Grosseto, il comune di Gavorrano in provincia di Grosseto e le sue frazioni Giuncarico e Potassa e infine i comuni di Scarlino e Massa Marittima (GR).

Si riportano, di seguito, le informazioni relative alle fonti emissive che impattano direttamente sull'area di interesse con riferimento agli inquinanti di cui sarà oggetto il modello di dispersione, ossidi di azoto, polveri fini e biossido di zolfo. Per quanto riguarda quest'ultimo, nell'IRSE non è presente come singolo inquinante ma è compreso negli SO_x, ovvero nella somma SO₂ + SO₃. Si ricorda che le emissioni di ossido di zolfo sono costituite, comunque, quasi esclusivamente da biossido di zolfo. Il triossido di zolfo, infatti, che si origina dall'ossidazione del biossido di zolfo, una volta formatosi, in presenza di vapor d'acqua si trasforma facilmente in acido solforico. La reazione di ossidazione che conduce alla formazione del triossido di zolfo è molto lenta mentre la reattività di questo composto con l'acqua è elevata. Pertanto, in genere la concentrazione del triossido di zolfo varia fra l'1 e il 5% della concentrazione del biossido di zolfo.

Le informazioni sono state ricavate dall'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissioni in atmosfera (IRSE) del 2005 in quanto l'edizione aggiornata al 2007 è attualmente ancora in fase di validazione.

Sono dapprima forniti i dati di emissione totali suddivisi per provincia in modo da valutare il contributo emissivo della provincia di Grosseto all'emissione regionale e poi i dati di emissione totale disaggregati a livello comunale, in modo da valutare il contributo dei comuni interessati dall'opera all'emissione totale provinciale e regionale. Successivamente, le emissioni totali sono suddivise secondo i contributi delle tre tipologie di sorgenti di emissione che compongono l'inventario, ovvero sorgenti diffuse, puntuali e lineari.

4.1 Emissioni totali

In Tabella 23 si riportano le emissioni totali suddivise per provincia.

Provincia	CO	%	COV	%	NO _x	%	PM ₁₀	%	SO _x	%
Arezzo	35.119	9,6	17.814	11,0	13.386	11,4	3.501	14,6	9.280	10,0
Firenze	84.001	22,8	35.316	21,9	26.243	22,4	5.219	21,8	3.804	4,1
Grosseto	21.202	5,8	10.790	6,7	4.615	3,9	1.433	6,0	1.177	1,3
Livorno	65.153	17,7	17.182	10,6	29.064	24,8	2.744	11,5	74.122	79,5
Lucca	35.822	9,7	15.181	9,4	12.007	10,3	2.345	9,8	1.514	1,6
Massa Carrara	18.405	5,0	7.006	4,3	3.864	3,3	910	3,8	300	0,3
Pisa	35.232	9,6	26.087	16,1	9.832	8,4	2.085	8,7	1.054	1,1
Pistoia	25.026	6,8	10.410	6,4	6.725	5,7	1.713	7,2	870	0,9
Prato	18.219	5,0	6.523	4,0	4.104	3,5	734	3,1	375	0,4
Siena	29.501	8,0	15.302	9,5	7.210	6,2	3.266	13,6	693	0,7
Totale regionale	367.682		161.611		117.050		23.951		93.188	

Tabella 23: Emissioni totali degli inquinanti principali suddivise per province (t) (IRSE 2005)

Si può osservare come:

- per gli ossidi di azoto le emissioni più significative si hanno nella provincia di Livorno (24,8%), Firenze (22,4%) e Arezzo (11,4%);
- si hanno emissioni di polveri fini prevalentemente nelle province di Firenze (21,8%), Arezzo (14,6%) e Siena (13,6%);
- per gli ossidi di azoto le emissioni più significative si hanno nella provincia di Livorno (79,5%), e Arezzo (10%);
- la provincia di Grosseto contribuisce all'emissione totale regionale di NO_x, PM₁₀ e SO_x in percentuali rispettivamente del 3,9%, del 6% e dell' 1,3%.

In Tabella 24 i dati di emissione totale sono disaggregati a livello comunale.

Provincia di GROSSETO	CO	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	COV	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	NO _x	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	PM ₁₀	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le	SO _x	% sul totale prov.le	% sul totale reg.le
Arcidosso	449	2	0	187	2	0	81	2	0	33	2	0	6	1	0
Campagnatico	360	2	0	269	2	0	88	2	0	33	2	0	7	1	0
Capalbio	506	2	0	294	3	0	118	3	0	40	3	0	9	1	0
Castel del Piano	449	2	0	192	2	0	80	2	0	33	2	0	6	1	0
Castell'Azzara	227	1	0	182	2	0	36	1	0	21	1	0	3	0	0
Castiglione della Pescaia	727	3	0	404	4	0	176	4	0	41	3	0	24	2	0
Cinigiano	409	2	0	292	3	0	95	2	0	37	3	0	7	1	0
Civitella Paganico	385	2	0	311	3	0	83	2	0	33	2	0	7	1	0
Follonica	1.634	8	0	559	5	0	296	6	0	45	3	0	22	2	0
Gavorrano	800	4	0	538	5	0	157	3	0	52	4	0	12	1	0
Grosseto	6.110	29	2	2.399	22	1	1.250	27	1	246	17	1	113	10	0
Isola del Giglio	150	1	0	62	1	0	30	1	0	5	0	0	3	0	0
Magliano in Toscana	546	3	0	344	3	0	131	3	0	46	3	0	10	1	0
Manciano	946	4	0	749	7	0	228	5	0	161	11	1	60	5	0
Massa Marittima	899	4	0	523	5	0	186	4	0	53	4	0	42	4	0
Monte Argentario	1.038	5	0	362	3	0	172	4	0	33	2	0	14	1	0
Monterotondo Marittimo	170	1	0	117	1	0	35	1	0	17	1	0	3	0	0
Montieri	176	1	0	124	1	0	36	1	0	17	1	0	3	0	0
Orbetello	1.419	7	0	629	6	0	427	9	0	79	5	0	79	7	0
Pitigliano	457	2	0	207	2	0	86	2	0	41	3	0	7	1	0
Roccalbegna	225	1	0	146	1	0	55	1	0	23	2	0	4	0	0
Roccastrada	1.031	5	0	575	5	0	292	6	0	109	8	0	41	4	0
Santa Fiora	297	1	0	132	1	0	48	1	0	52	4	0	4	0	0
Scansano	655	3	0	499	5	0	153	3	0	65	5	0	12	1	0
Scarlino	301	1	0	200	2	0	110	2	0	19	1	0	665	56	1
Seggiano	136	1	0	68	1	0	26	1	0	12	1	0	2	0	0
Semproniano	519	2	0	309	3	0	104	2	0	69	5	0	8	1	0
Sorano	183	1	0	119	1	0	38	1	0	19	1	0	3	0	0
Totale Prov. Grosseto	21.202	100	6	10.790	100	7	4.615	100	4	1.433	100	6	1.177	100	1

Tabella 24 Inquinanti principali - Emissioni totali comunali (tonnellate) e Percentuale comunale rispetto al totale provinciale e regionale (IRSE 2005)

Per quanto riguarda le emissioni di NO_x e polveri sottili, si può osservare come le emissioni relative al comune di Scarlino siano di lieve entità e come influiscano in misura trascurabile sull'emissione totale provinciale e nulla sull'emissione totale regionale. L'emissione di SO_x, invece, contribuisce all'emissione totale provinciale per il 56% e ciò, come spiegato in seguito, è da attribuire alle sorgenti puntuali dell'area industriale del Casone di Scarlino. Tale emissione comunque risulta irrilevante su quella totale regionale. Leggermente più elevato è il contributo dei comuni di Gavorrano e Massa Marittima all'emissione totale provinciale di NO_x e polveri sottili; tale contributo comunque risulta irrilevante all'emissione totale regionale. L'emissione di SO_x è trascurabile sia a livello regionale sia a livello provinciale. Il comune di Grosseto, invece, contribuisce all'emissione di NO_x, polveri sottili e SO_x a livello provinciale, in percentuali del 27%, 17% e 10% rispettivamente, e in percentuali trascurabili a livello regionale.

4.2 Sorgenti Diffuse

In Tabella 25 le emissioni da sorgente diffusa sono suddivise per ambiti provinciali.

Provincia	CO	%	COV	%	NO _x	%	PM ₁₀	%	SO _x	%
Arezzo	31.329,3	10,2	16.252,1	10,9	6.108,1	9,2	2.353,6	14,8	458,8	7,6
Firenze	77.526,4	25,3	32.499,0	21,8	16.713,9	25,3	3.091,7	19,4	1.626,9	27,1
Grosseto	21.175,3	6,9	10.786,9	7,2	4.415,7	6,7	1.381,1	8,7	421,2	7,0
Livorno	27.421,5	9,0	12.956,5	8,7	7.489,2	11,3	1.246,1	7,8	793,9	13,2
Lucca	31.080,7	10,1	14.002,6	9,4	7.392,5	11,2	1.309,8	8,2	525,0	8,7
Massa Carrara	16.837,1	5,5	6.574,4	4,4	3.154,4	4,8	765,1	4,8	233,4	3,9
Pisa	32.907,8	10,7	25.266,5	16,9	6.884,6	10,4	1.531,3	9,6	486,5	8,1
Pistoia	23.352,5	7,6	9.886,0	6,6	5.315,7	8,0	1.272,4	8,0	730,6	12,2
Prato	17.646,0	5,8	6.296,3	4,2	3.608,1	5,5	576,8	3,6	313,0	5,2
Siena	26.991,3	8,8	14.640,8	9,8	5.071,1	7,7	2.421,7	15,2	419,9	7,0
Totale regionale	306.268		149.161		66.153		15.950		6.009	

Tabella 25: Emissioni diffuse (t/anno) suddivise per province (IRSE 2005)

Dalla tabella si evince che:

- per gli ossidi di azoto le emissioni diffuse più significative si hanno nella provincia di Firenze (25,3%), Livorno (11,3%) e Lucca (11,2%);
- le emissioni diffuse di polveri fini si hanno prevalentemente nelle province di Firenze (19,4%), Siena (15,2%) e Arezzo (14,8%);
- per gli ossidi di azoto le emissioni più significative si hanno nella provincia di Firenze (27,1%), Livorno (13,2%) e Pistoia (12,2%);
- la provincia di Grosseto contribuisce all'emissione diffusa totale regionale di NO_x, PM₁₀ e SO_x in percentuali rispettivamente del 6,7%, del 8,7% e dell' 7%.

Analizzando le emissioni totali comunali suddivise in diffuse, puntuali e lineari, fornite dall'inventario regionale risulta che:

- per il comune di Grosseto, le emissioni diffuse costituiscono il 95% dell'emissione totale comunale di NO_x, il 100% dell'emissione totale comunale di PM₁₀, il 96% dell'emissione totale comunale di SO_x;
- per il comune di Gavorrano, le emissioni diffuse costituiscono il 100% dell'emissione totale comunale per tutti gli inquinanti;
- per il comune di Scarlino, le emissioni da sorgenti diffuse costituiscono l'86 % dell'emissione totale comunale di NO_x, il 100% dell'emissione totale comunale di PM₁₀ e solo il 2% dell'emissione totale comunale di SO_x;
- per il comune di Massa Marittima, le emissioni diffuse costituiscono l'89% dell'emissione totale comunale di NO_x, il 99% dell'emissione totale comunale di PM₁₀, il 30% dell'emissione totale comunale di SO_x.

Nei comuni interessati dall'opera, dunque, le emissioni sono costituite quasi esclusivamente da emissioni che hanno origine da sorgenti diffuse, fatta eccezione per le emissioni di SO_x nei comuni di Scarlino e Massa Marittima.

Poiché l'IRSE suddivide le emissioni diffuse delle singole province anche per macrosettore, nelle tabelle successive sono esaminati i contributi di ogni macrosettore alle emissioni diffuse delle singole province, focalizzando l'attenzione sugli inquinanti ossidi di azoto, polveri fini e ossidi di zolfo.

In Tabella 26 sono riportate le emissioni di NO_x (t) per le singole province, legate alle sorgenti diffuse suddivise per macrosettore.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc.	0,0	0,0	0,0	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione – Terziario ed Agricoltura	339,2	1.234,9	105,6	447,7	381,6	174,3	460,8	309,1	254,5	272,4
Combustione – Industria	761,6	2.872,8	243,8	2.060,7	1.583,1	416,8	1.046,2	1.204,5	599,5	589,1
Processi Produttivi	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Trasporti Stradali	3.715,2	11.177,4	2.542,0	3.950,1	4.405,6	2.360,5	4.510,7	3.120,0	2.598,5	2.946,7
Altre Sorgenti Mobili	1.275,7	1.410,3	1.495,7	992,5	1.017,1	199,5	851,5	678,5	154,5	1.237,3
Agricoltura	16,4	18,5	28,4	5,1	4,9	3,1	15,1	3,5	1,2	25,7
Natura	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale provinciale	6.108	16.714	4.416	7.489	7.392	3.154	6.885	5.316	3.608	5.071

Tabella 26: Emissioni diffuse provinciali di ossidi di azoto suddivise per macrosettore (t) (IRSE 2005)

Per gli ossidi di azoto, si osserva come il macrosettore relativo ai trasporti stradali rappresenti sempre il contributo maggiore, pari in provincia di Grosseto al 58%. Altri settore di un certo interesse per quanto riguarda le emissioni diffuse di ossidi di azoto sono il macrosettore "altre sorgenti mobili", il cui contributo è pari al 34% in provincia di Grosseto e il macrosettore "combustione – industria", il cui contributo in provincia di Grosseto è pari al 6%

Nella tabella 27 sono elencate le emissioni di polveri fini (t) per le singole province, legate alle sorgenti diffuse suddivise per macrosettore.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc.	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione – Terziario ed Agricoltura	1.478,2	898,8	567,5	322,8	442,3	350,5	644,0	676,4	205,6	1.351,3
Combustione – Industria	20,6	320,5	22,5	64,9	31,6	17,9	23,1	96,3	11,5	133,2
Processi Produttivi	138,7	166,1	155,4	242,4	141,9	56,8	104,1	1,7	2,2	265,2
Trasporti Stradali	475,6	1.430,7	325,4	505,6	563,9	302,1	577,4	399,4	332,6	377,2
Altre Sorgenti Mobili	148,4	171,8	150,4	77,4	102,4	19,9	98,2	79,0	18,2	150,5
Agricoltura	92,2	103,7	159,4	28,6	27,2	17,4	84,5	19,5	6,8	144,2
Natura	0,0	0,1	0,4	0,0	0,4	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0
Totale provinciale	2.354	3.092	1.381	1.246	1.310	765	1.531	1.272	577	2.422

Tabella 27: Emissioni diffuse provinciali di polveri fini suddivise per macrosettore (t) (IRSE 2005)

Per le polveri fini, si osserva come il macrosettore "Combustione- Terziario ed Agricoltura" rappresenti per 6 province la quota maggiore (pari al 41% per la provincia di Grosseto). Per queste 6 province, il macrosettore "Trasporti stradali" costituisce in termini percentuali la seconda fonte di emissione pari al 24% per la provincia di Grosseto. Il macrosettore relativo ai trasporti stradali costituisce la quota maggiore per le restanti 4 province.

In Tabella 28 sono, infine, riportate le emissioni di ossidi di zolfo (t) per le singole province, legate alle sorgenti diffuse suddivise per macrosettore.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz.,Telerisc.	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione – Terziario ed Agricoltura	26,4	386,9	15,5	306,4	54,6	6,3	31,7	92,6	89,8	49,8
Combustione – Industria	58,2	305,7	32,9	7,0	15,8	27,0	52,4	355,1	20,4	53,4
Trasporti Stradali	272,0	818,4	186,1	289,2	322,6	172,8	330,3	228,5	190,3	215,8
Altre Sorgenti Mobili	102,2	115,8	186,5	187,0	132,0	27,3	72,1	54,5	12,6	100,9
Totale provinciale	459	1.627	421	794	525	233	487	731	313	420

Tabella 28: Emissioni diffuse provinciali di ossidi di zolfo suddivise per macrosettore (t) (IRSE 2005)

Per gli ossidi di zolfo, il macrosettore "Trasporti Stradali" costituisce la principale fonte emissiva, ad eccezione delle province di Livorno e Pistoia per le quali il maggior contributo all'emissione deriva dal macrosettore "Combustione - Terziario ed Agricoltura" (39% contro 36% del macrosettore "Trasporti Stradali") per la provincia di Livorno e dal macrosettore "Combustione- Industria" per la provincia di Pistoia (39% contro 31% del macrosettore "Trasporti Stradali"). Altro macrosettore di rilievo è quello relativo alle altre sorgenti mobili che nella provincia di Grosseto contribuisce all'emissione diffusa totale nella stessa misura del macrosettore "Trasporti Stradali", con una percentuale del 44%.

4.3 Sorgenti Puntuali

Il numero complessivo di sorgenti definite puntuali censite dall'IRSE al 2005 è pari ad 86 e sono rappresentate nella carta regionale seguente.

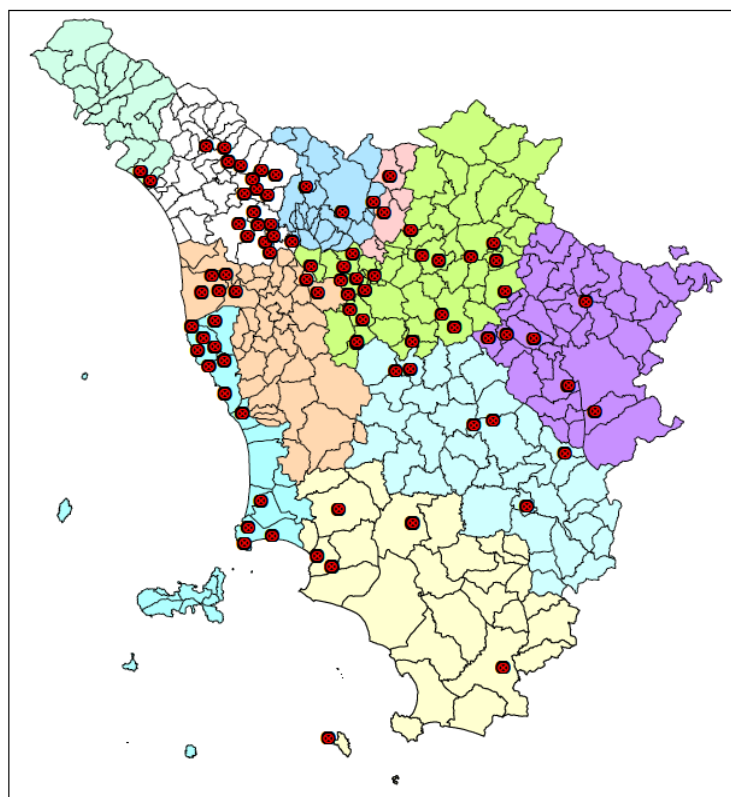


Figura 8: Sorgenti puntuali di emissione (IRSE 2005)

In Tabella 29 sono riassunte le emissioni puntuali suddivise per provincia ed il contributo percentuale delle singole province al totale regionale.

Provincia	CO	%	COV	%	NO _x	%	PM ₁₀	%	SO _x	%
Arezzo	288,6	0,9	517,6	11,3	4.229,0	14,9	48,3	2,5	8.627,7	10,1
Firenze	427,8	1,3	1.019,9	22,3	4.328,8	15,2	283,1	14,8	1.845,4	2,2
Grosseto	19,6	0,1	0,8	0,0	140,8	0,5	50,6	2,6	751,6	0,9
Livorno	31.134,4	92,7	2.586,5	56,5	16.342,6	57,4	1.105,9	57,6	72.298,7	85,0
Lucca	1.251,5	3,7	142,7	3,1	1.821,5	6,4	168,4	8,8	822,8	1,0
Massa-Carrara	0,0	0,0	35,1	0,8	14,7	0,1	9,9	0,5	0,0	0,0
Pisa	151,1	0,4	189,7	4,1	1.290,4	4,5	87,0	4,5	468,2	0,6
Pistoia	13,5	0,0	26,2	0,6	50,3	0,2	7,8	0,4	57,5	0,1
Prato	5,5	0,0	56,3	1,2	30,6	0,1	8,8	0,5	34,3	0,0
Siena	296,0	0,9	0,6	0,0	211,1	0,7	149,3	7,8	150,5	0,2
Totale regionale	33.588		4.575		28.460		1.919		85.057	

Tabella 29 Emissioni puntuali suddivise per province (t) (IRSE 2005)

La suddivisione delle emissioni puntuali per provincia evidenzia la presenza nella provincia di Livorno delle più importanti sorgenti puntuali che, per ogni inquinante, hanno un contributo superiore al 50% del totale regionale, con punte del 93% per il monossido di carbonio e 85% per gli ossidi di zolfo. Queste rilevanti emissioni sono dovute alla presenza di impianti industriali di grosse dimensioni, come la raffineria Agiplas, di impianti chimici, come quello della Solvay, e di centrali termoelettriche.

La provincia di Grosseto contribuisce minimamente all'emissione puntuale totale regionale di NO_x, PM₁₀ e SO_x con percentuali rispettivamente dello 0,5%, 2,67% e 0,9%.

Come per le emissioni diffuse, si è verificato il contributo delle emissioni puntuali all'emissione totale dei singoli comuni interessati dall'opera ed è risultato che:

- per i comuni di Grosseto e Gavorrano, le emissioni puntuali non contribuiscono all'emissione totale comunale;
- per il comune di Scarlino, le emissioni puntuali costituiscono il 14% dell'emissione totale comunale di NO_x e il 98% delle emissioni totali comunali di SO_x, mentre non vi sono emissioni puntuali di PM₁₀;
- per il comune di Massa Marittima, le emissioni puntuali costituiscono l'11% dell'emissione totale comunale, l'1% dell'emissione totale comunale di PM₁₀, il 70% dell'emissione totale comunale di SO_x.

Quindi, le sorgenti puntuali sono localizzate essenzialmente nei comuni di Scarlino e Massa Marittima, con emissioni costituite principalmente da SO_x.

Nelle tabelle seguenti è riportata per le singole province, la suddivisione per macrosettori per gli inquinanti NO_x, polveri sottili e SO_x.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr. Elettriche Publ., Cogeneraz Teleriscaldamento.	2.016,9	0,0	0,0	11.390,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione - Industria	2.173,1	4.142,8	106,3	4.880,5	1.821,5	14,7	1.253,8	20,1	30,6	211,1
Processi Produttivi	4,0	120,9	15,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uso di solventi	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trattamento e Smaltimento Rifiuti	35,0	62,9	19,5	58,6	0,0	0,0	36,6	30,2	0,0	0,0
Totale provinciale	4.229	4.329	141	16.343	1.822	15	1.290	50	31	211

Tabella 30 Emissioni puntuali provinciali di ossidi di azoto suddivise per macrosettore (t) (IRSE 2005)

Per gli ossidi di azoto, il macrosettore "Combustione - Industria" costituisce l'unica sorgente per 4 province e comunque la fonte principale per le restanti province, ad eccezione delle province di Livorno e Pistoia, per le quali il maggior contributo all'emissione puntuale deriva dal macrosettore "Centrali Elettriche Pubbliche, Cogenerazione, Teleriscaldamento" (70% contro 30% del macrosettore

“Combustione – Industria”) per la provincia di Livorno e dal macrosettore “Trattamento e Smaltimento Rifiuti” per la provincia di Pistoia (60% contro 40% del macrosettore “Combustione – Industria”).

Per la provincia di Grosseto l'emissione puntuale totale è suddivisa come segue:

- macrosettore “Combustione – Industria”: 75%
- macrosettore “Processi Produttivi”: 11%;
- macrosettore “Trattamento e Smaltimento Rifiuti”: 14%.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz., Teleriscaldamento.	14,9	0,0	0,0	283,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione - Industria	20,8	221,8	50,1	568,8	167,9	9,9	65,3	3,4	8,8	149,3
Processi Produttivi	7,7	55,8	0,0	252,4	0,5	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0
Uso di solventi	0,3	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	1,9	0,0	0,0
Trattamento e Smaltimento Rifiuti	4,6	1,9	0,5	1,3	0,0	0,0	1,1	2,5	0,0	0,0
Totale provinciale	48,3	283,1	50,6	1.105,9	168,4	9,9	87,0	7,8	8,8	149,3

Tabella 31 Emissioni puntuali provinciali di polveri fini suddivise per macrosettore (t) (IRSE 2005)

Relativamente alle polveri fini, il macrosettore “Combustione – Industria” rappresenta la quota maggiore per tutte le province, costituendo l'unica sorgente per 4 province e il 99% dell'emissione totale della provincia di Grosseto (il restante 1% proviene dal macrosettore “Trattamento e Smaltimento Rifiuti). Altri settori di un certo interesse sono quello relativo ai processi produttivi per le province di Firenze, Livorno e Pisa, quello relativo alle centrali elettriche pubbliche, cogenerazione, teleriscaldamento per le province di Arezzo e Livorno e, infine, quello relativo al trattamento e smaltimento rifiuti per la provincia di Pistoia.

Macrosettore	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	PO	SI
Centr.Elettriche Pubbl.,Cogeneraz. Teleriscaldamento.	7.590,2	0,0	0,0	55.470,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Combustione - Industria	941,4	1.816,7	69,7	15.742,0	794,8	0,0	457,6	49,5	34,3	150,5
Processi Produttivi	90,4	5,5	652,0	1.075,7	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trattamento e Smaltimento Rifiuti	5,7	23,1	29,9	11,0	0,0	0,0	10,6	8,0	0,0	0,0
Totale provinciale	8.628	1.845	752	72.299	823	0	468	57	34	150

Tabella 32 Emissioni puntuali provinciali di ossidi di zolfo suddivise per macrosettore (t) (IRSE 2005)

Anche per quanto riguarda gli ossidi di zolfo, il macrosettore “Combustione – Industria” contribuisce tra l'86% e il 100% all'emissione totale per tutte le province, eccetto le province di Arezzo, Livorno e Grosseto. Per le province di Livorno e Arezzo, il maggior contributo all'emissione puntuale deriva dal macrosettore “Centrali Elettriche Pubbliche, Cogenerazione, Teleriscaldamento” (77% contro 22% del macrosettore “Combustione – Industria” per la provincia di Livorno e 88% contro 11% del macrosettore

“Combustione – Industria” per la provincia di Arezzo). L'emissioni puntuali della provincia di Grosseto, invece, provengono per l'87% dal macrosettore “Processi Produttivi”, per il 9% dal macrosettore “Combustione – Industria” e per il 4% dal macrosettore “Trattamento e Smaltimento Rifiuti”.

Tra le sorgenti puntuali, censite dall'IRSE 2005, situate in provincia di Grosseto e riportate in Tabella 33, due sono situate nel comune di Scarlino. Si tratta di 2 impianti chimici di grosse dimensioni, la NUOVA SOLMINE S.p.A. e la HUNTSMAN TIOXIDE EUROPE S.r.l. che producono rispettivamente acido solforico e biossido di titanio. Questi due stabilimenti sono situati in località Casone, a pochi chilometri di distanza dall'area in cui inizia il tracciato relativo al lotto 3. L' inceneritore di proprietà di Co.S.Ec.A. S.p.a., nel comune di Massa Marittima, censito da IRSE 2005, invece, è ormai in disuso.

Provincia di Grosseto		
Azienda	Comune	Attività
S.I.E. Centrale Termoelettrica	Isola del Giglio	
Se.co.to. s.r.l.	Manciano	Produzione di triossido di antimonio Produzione di pirite macinata
Co.s.ec.a.	Massa Marittima	Incenerimento di rifiuti solidi urbani
Tecno bay s.p.a.	Roccastrada	Forni per gesso
Nuova solmine s.p.a.	Scarlino	Produzione di acido solforico
Tioxide europe s.r.l.	Scarlino	Produzione di biossido di titanio

Tabella 33 Sorgenti puntuali di emissione nella provincia di Grosseto

Al fine di integrare i dati IRSE con dati più aggiornati, è stata effettuata un'attenta analisi delle domande finalizzate all'ottenimento dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) al 2010 ed è risultato che, nella zona interessata dall'opera (lotto 3), sono presenti oltre alle sorgenti puntuali censite dall'IRSE del 2005, le seguenti sorgenti puntuali:

- l'impianto per l'eliminazione e il recupero di rifiuti pericolosi con capacità > 10 tonnellate/giorno “Busisi Ecologia S.r.l.” situato in via Scansanese - località San Martino, nel comune di Grosseto
- l'impianto per la produzione di metalli ferrosi “Mar-Zinc Maremmana Zinco S.r.l.” situato nel comune di Scarlino in località Scansone
- la Centrale Termoelettrica alimentata con biomasse con potenza calorifica di combustione > 50 MW “Scarlino Energia (ITAL GREEN ENERGY SCARLINO S.r.l. ex SYNDIAL S.p.A.)”, situata anch'essa nel comune di Scarlino in località Scansone.

Delle sorgenti puntuali elencate, senza dubbio, quelle che rivestono un ruolo principale nel bilancio emissivo dell'area di interesse sono la Huntsman Tioxide, leader mondiale nella produzione di biossido di titanio, la Nuova Solmine, specializzata nella produzione di acido solforico e Scarlino Energia, con un impianto di termovalorizzazione che produce energia elettrica da fonti rinnovabili.

Nel 2008, le emissioni prodotte dalle 3 aziende sono state oggetto dello studio sulla “Caratterizzazione e valutazione comparata delle emissioni ed immissioni derivanti dal comprensorio industriale di Scarlino” condotto da ARPAT e dall'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (CNR) a seguito della richiesta da parte della provincia di Grosseto di verificare sia lo stato di qualità dell'aria nell'area di Scarlino sia le emissioni

delle 3 aziende (Huntsman Tioxide, Nuova Solmine, Scarlino Energia) che maggiormente contribuiscono al rilascio di inquinanti in atmosfera. Dallo studio è emerso che i limiti imposti per le emissioni in atmosfera sono rispettati dalle 3 aziende investigate. L'inquinante maggiormente emesso dal comprensorio risulta essere l'SO₂.

La Huntsman Tioxide è autorizzata alle emissioni in atmosfera dalla Provincia di Grosseto con determina di autorizzazione D.D. n°1119 del 15/04/2003. I punti di emissione sottoposti a controllo sono 2: la ciminiera (H5CM1) che convoglia in atmosfera i fumi provenienti dai tre forni rotativi alimentati a metano, nei quali avviene la calcinazione del gel di titanio per ottenere il biossido di titanio e i camini niro (B2C1-B2C4-B2C5) dai quali fuoriescono i gas derivanti dall'impianto di essiccazione del prodotto finito. Relativamente alla ciminiera, i parametri analizzati sono polveri, SO_x, NO_x, mentre relativamente ai camini niro, i parametri analizzati sono polveri, NO_x, CO. Nello studio condotto da ARPAT e dall'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (CNR) sono state effettuate le misure di tutti gli inquinanti soggetti a controllo. Le misure effettuate al punto di immissione B2C5 (camino Niro) hanno evidenziato un rispetto dei limiti previsti mentre dalle misure al punto di immissione H5CM1 è risultato un ampio rispetto dei limiti previsti.

Per quanto riguarda la Nuova Solmine spa, la Regione Toscana, con delibera di autorizzazione n° 605 del 23/01/95 ai sensi dell'art. 15 del DPR 24/05/1988 n°203, ha prescritto il controllo del punto di emissione della torre di assorbimento finale B1F dell'impianto per la produzione di acido solforico. Il parametro da monitorare è l'SO₂. La Provincia di Grosseto, invece, nella determina di autorizzazione alle emissioni in atmosfera n° 689 del 29/04/04 ha prescritto il controllo del punto di emissione "C1 caldaia Breda" dell'impianto di produzione di energia elettrica. Gli inquinanti emessi dalla caldaia, sottoposti a controllo sono: CO, NO_x, polveri. L'esito dei rilevamenti effettuati consiste in un rispetto dei limiti previsti per quanto riguarda l'impianto di produzione di acido solforico (linea B1F), un ampio rispetto dei limiti previsti per l'emissione di CO dall'impianto di produzione di energia elettrica (generatore Breda C1) e un rispetto dei limiti previsti per l'emissione di NO_x. Le polveri non sono state oggetto di monitoraggio.

Infine, i limiti prescritti alla Scarlino Energia srl, si riferiscono a quelli indicati nell'autorizzazione del Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato del 12/04/96 prot.879737 e a quelli previsti dal DM 05/02/98 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, (tra cui quello energetico) ai sensi degli art. 31 e 33 del D.Lgs. 05/02/97 n° 22". Tra i parametri monitorati da ARPAT, i NO_x si sono rivelati prossimi al limite di emissione.

Le tonnellate di inquinanti emesse complessivamente dalle 3 aziende site nell'area industriale del Casone di Scarlino ricavate dai controlli ARPAT sono riassunte in tabella.

	Huntsman Tioxide Ciminiera H5CM1 e ciminiera attacchi	Nuova Solmine ciminiera B1F e ciminiera C1	Scarlino Energia Ciminiera E1 e ciminiera E2	totale
polveri	2 ton/anno	1 ton/anno	2 ton/anno	5 ton/anno
SO _x	2 ton/anno	932 ton/anno	9 ton/anno	1155 ton/anno
NO _x	2 ton/anno	45 ton/anno	191 ton/anno	252 ton/anno

4.4 Sorgenti lineari

Questa tipologia di sorgenti è presente in due macrosettori, quella dei "Trasporti stradali", nel quale rientrano le grandi vie di comunicazione, e quello delle "Altre fonti mobili" costituito da linee marittime, aeroporti e porti e rappresentati nella mappa che segue.

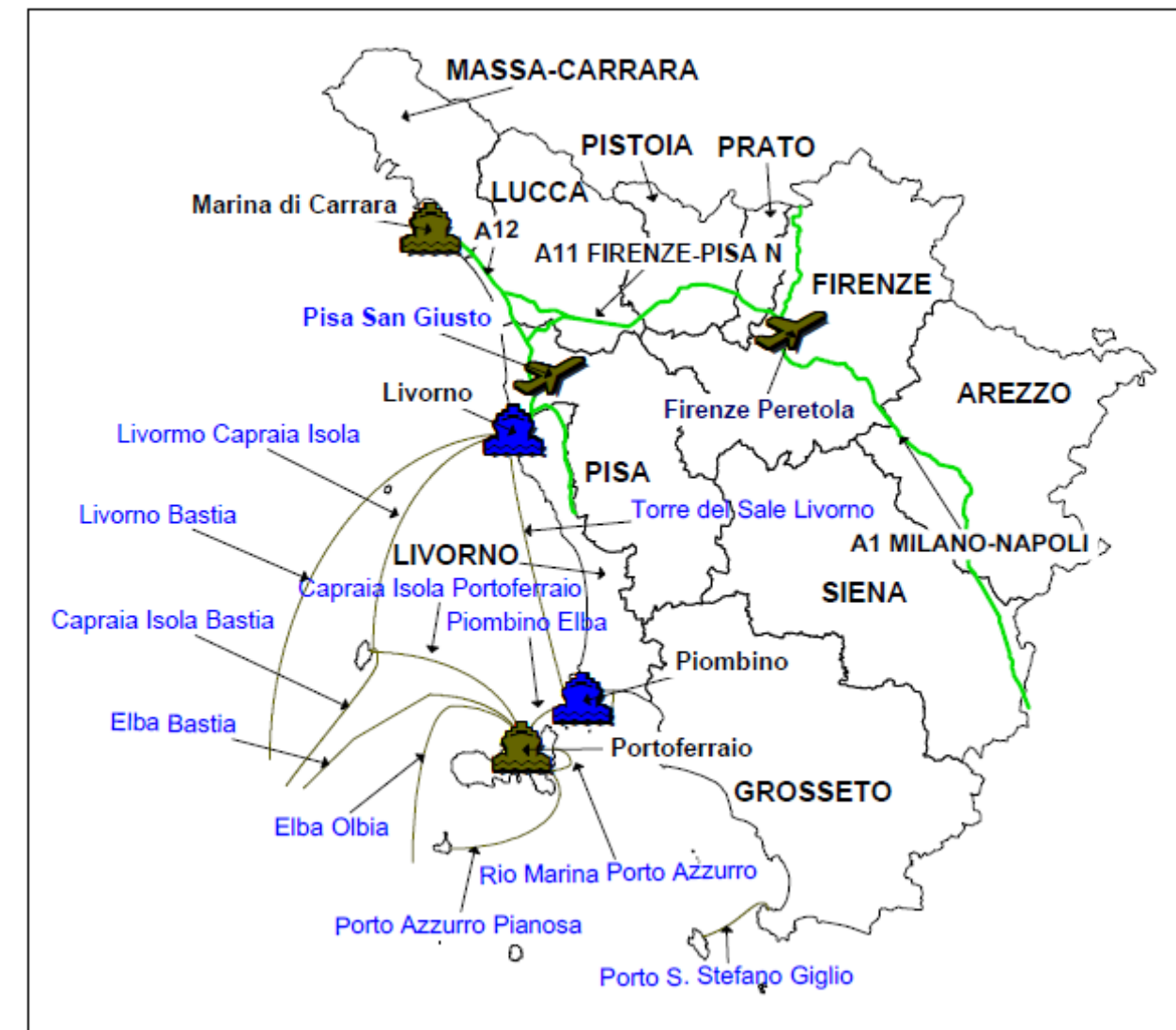


Figura 9: Sorgenti lineari (IRSE 2005)

In Tabella 34 sono riportati i contributi delle singole emissioni lineari inserite nell'inventario IRSE 2005.

LINEA	CO	%	COV	%	NO _x	%	PM ₁₀	%	SO _x	%
<i>Macrosettore Trasporti stradali</i>										
Autostrade										
A1 Milano - Napoli	11.168,5	40,1	3.332,5	42,3	9.725,8	43,3	3.507,1	57,7	619,0	29,2
A11 Firenze - Pisa Nord	5.894,2	21,2	1.766,2	22,4	4.825,7	21,5	1.537,9	25,3	290,4	13,7
A12 Livorno - Sestri	4.314,9	15,5	1.241,9	15,8	3.225,6	14,4	918,8	15,1	185,2	8,7
<i>Macrosettore Altre fonti mobili</i>										
Linee marittime										
Livorno - Capraia	29,9	0,1	9,7	0,1	230,8	1,0	4,0	0,1	16,1	0,8
Capraia - Bastia	10,7	0,0	3,5	0,0	82,7	0,4	1,4	0,0	5,7	0,3
Capraia - Portoferraio	0,9	0,0	0,3	0,0	7,3	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0
Livorno - Olbia/Golfo Aranci/P.Vecchio	84,5	0,3	27,4	0,3	650,6	2,9	11,2	0,2	45,7	2,2
Piombino - Elba	142,7	0,5	46,6	0,6	1.101,6	4,9	19,1	0,3	73,6	3,5
Elba - Bastia	1,9	0,0	0,6	0,0	14,3	0,1	0,2	0,0	1,0	0,0
Elba - Olbia	34,0	0,1	11,0	0,1	262,2	1,2	4,5	0,1	18,4	0,9
Rio Marina - Porto Azzurro	4,4	0,0	1,4	0,0	33,8	0,2	0,6	0,0	2,4	0,1
Porto Azzurro - Pianosa	0,9	0,0	0,3	0,0	6,9	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0
Porto S. Stefano - Giglio	7,6	0,0	2,5	0,0	58,4	0,3	1,0	0,0	4,1	0,2
Torre del Sale - Livorno	55,4	0,2	18,0	0,2	427,1	1,9	7,4	0,1	30,0	1,4
Aeroporti										
Aeroporto Firenze Peretola	88,2	0,3	18,8	0,2	37,7	0,2	0,0	0,0	4,1	0,2
Aeroporto Pisa San Giusto	112,5	0,4	31,1	0,4	75,9	0,3	0,0	0,0	6,8	0,3
Porti										
Portoferraio	235,4	0,8	52,6	0,7	90,6	0,4	2,9	0,0	11,8	0,6
Porto di Marina di Carrara	980,2	3,5	226,9	2,9	255,1	1,1	10,1	0,2	41,3	1,9
Porto di Piombino	1.053,8	3,8	245,6	3,1	382,3	1,7	19,4	0,3	597,8	28,2
Porto di Livorno	3.605,8	13,0	837,2	10,6	942,7	4,2	36,5	0,6	168,2	7,9
Totale regionale	27.826		7.874		22.437		6.082		2.122	

Tabella 34 Emissioni lineari regionali (t) (IRSE 2005)

Il tratto toscano dell'autostrada A1 "Milano - Napoli" e A11 "Firenze - Pisa Nord" contribuiscono in massima parte per le emissioni di ossidi di azoto (43,3% e 21,5%) e polveri fini (57,7% e 25,3%). Gli ossidi di zolfo, invece, sono imputabili, oltre che all'autostrada A1 (29,2%) alle attività del porto di Piombino (28,2%).

Le emissioni originate dalle principali arterie di comunicazione, che costituiscono il quadro delle sorgenti lineari regionali, sono state suddivise attribuendo al territorio provinciale i singoli tratti delle autostrade e delle linee marittime. Analogamente è stato fatto per le strutture portuali ed aeroportuali. I risultati sono riassunti in Tabella 35 dove sono riportate le emissioni provinciali ed il loro valore percentuale sul totale regionale.

Provincia	CO		COV		NO _x		PM ₁₀		SO _x	
	totale	%	totale	%	totale	%	totale	%	totale	%
Arezzo	3.500,7	12,6	1.044,5	13,3	3.048,5	13,6	1.099,3	18,1	194,0	9,1
Firenze	6.047,2	21,7	1.797,5	22,8	5.200,6	23,2	1.844,4	30,3	331,3	15,6
Grosseto	7,6	0,0	2,5	0,0	58,4	0,3	1,0	0,0	4,1	0,2
Livorno	6.597,0	23,7	1.638,9	20,8	5.232,1	23,3	392,0	6,4	1.029,1	48,5
Lucca	3.490,0	12,5	1.035,1	13,1	2.793,1	12,4	867,3	14,3	166,2	7,8
Massa Carrara	1.568,3	5,6	396,2	5,0	694,8	3,1	135,3	2,2	66,5	3,1
Pisa	2.173,4	7,8	631,1	8,0	1.657,4	7,4	466,4	7,7	98,9	4,7
Pistoia	1.660,4	6,0	497,5	6,3	1.359,4	6,1	433,2	7,1	81,8	3,9
Prato	567,7	2,0	170,1	2,2	464,8	2,1	148,1	2,4	28,0	1,3
Siena	2.213,9	8,0	660,6	8,4	1.928,0	8,6	695,2	11,4	122,7	5,8
Totale regionale	27.826		7.874		22.437		6.082		2.123	

Tabella 35 Emissioni lineari suddivise per province (t) (IRSE 2005)

Le principali emissioni di tipo lineare sono presenti nei territori delle province di Livorno, Firenze, Arezzo e Lucca in quanto attraversate dalle autostrade toscane e con presenza di scali portuali ed aeroportuali. Sono irrilevanti le emissioni di tipo lineari della provincia di Grosseto, provenienti esclusivamente dal comune di Grosseto. Nei comuni di Gavorrano, Scarlino e Massa Marittima non è presente alcuna sorgente lineare mentre nel comune di Grosseto le emissioni lineari costituiscono il 5% dell'emissione totale comunale per quanto riguarda i NO_x e il 4% dell'emissione totale comunale per quanto riguarda gli SO_x. L'emissione lineari di polveri sottili è invece trascurabile anche a livello comunale.

4.5 LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA SUL TERRITORIO DI INTERESSE

Si riassumono dapprima i contenuti principali del Piano Regionale di Risanamento e Mantenimento della Qualità dell'Aria (PRRM) 2008-2010 della Regione Toscana, redatto ai sensi del d.lgs 351/1999 ed approvato dalla Giunta Regionale il 17 marzo 2008.

Il Piano di Risanamento della Qualità dell'Aria è lo strumento di pianificazione regionale con il quale viene data applicazione alla direttiva 96/62/CE, direttiva madre "in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente" e alle successive direttive figlie, la direttiva 99/30/CE del Consiglio del 22/04/99 "relativa ai i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo" e la direttiva 2000/69/CE relativa ai "valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio". Dette direttive sono state recepite nell'ordinamento nazionale con il d.lgs. 4 agosto 1999 n°351 e con i successivi Decreti ministeriali D.M. 60/2002 e D.M. 261/2002. Si ricorda che attualmente, a livello nazionale è stata recepita la direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria pulita in Europa dal d.lgs n°155 del 13 agosto 2010. La direttiva 2008/50/CE ha riunito ed aggiornato le precedenti direttive relative alla qualità dell'aria in un solo testo e di conseguenza, il d.lgs n°155 del 13 agosto 2010 che ne costituisce il recepimento, abroga le precedenti norme nazionali, segnando significativi cambiamenti.

I principali inquinanti monitorati sono: PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, CO, NO_x, O₃ e in alcuni siti, in relazione alle fonti di inquinamento tipiche dell'area, sono monitorati H₂S, benzene e benzo(a)pirene.

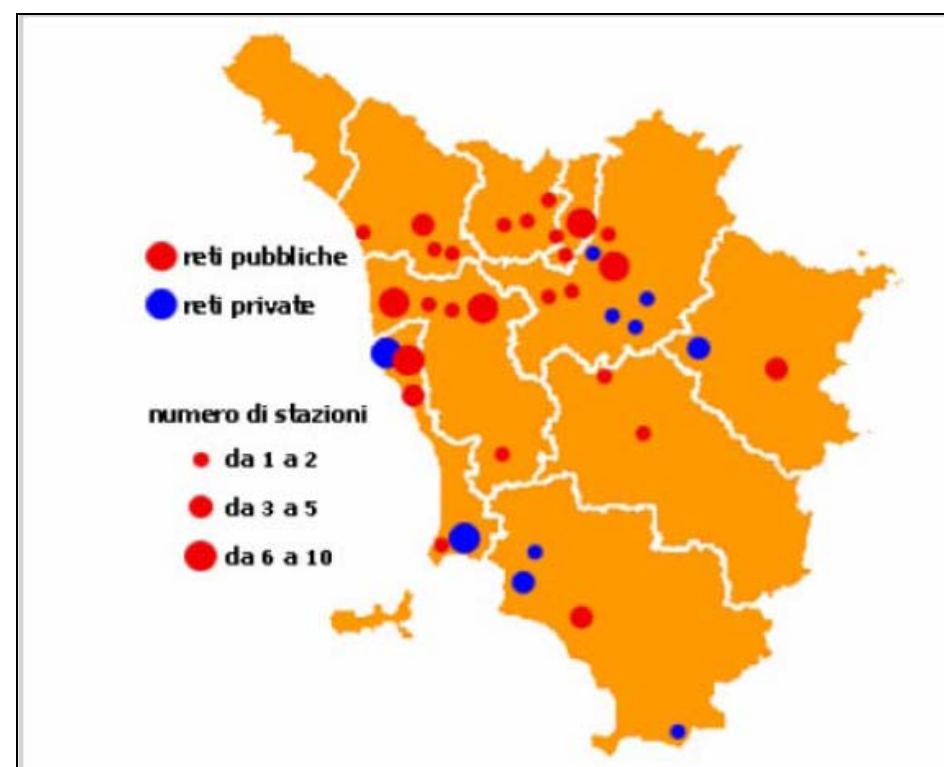


Figura 10: Rete delle stazioni di misura

La mappa precedente riporta la rete delle stazioni di misura fino al 31 dicembre 2010, su cui si basa l'analisi conoscitiva per la stesura del Piano di Risanamento della Qualità dell'Aria 2008 – 2010.

Precedentemente alla pubblicazione del D.Lgs.155/10, la Regione Toscana, in collaborazione con ARPAT aveva definito le reti di monitoraggio regionali per l'ozono (DGRT n°27/06 *Determinazione della struttura regionale di rilevamento per l'ozono ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs n°183/04*), per il PM₁₀ (DGRT 377/06 *Determinazione della struttura regionale di rilevamento per il PM₁₀ ai sensi del D.M. 60/02*) e per il PM_{2,5} (DGRT n°21/08 *Determinazione della struttura regionale di rilevamento per il PM_{2,5}*), secondo i criteri dei decreti precedenti al D.Lgs.155/10. A seguito del D.Lgs.155/10, con Deliberazione della Giunta regionale Toscana n° 1025 del 6/12/2010 è stato effettuato un riordino del sistema di monitoraggio della qualità dell'aria. La nuova rete di monitoraggio, attiva dal 1 gennaio 2011, consiste in un totale di 32 stazioni e sostituisce le reti regionali precedentemente esistenti di PM₁₀ (DGRT 377/06), PM_{2,5} (DGRT 21/2008) e O₃ (DGRT 27/2006). L'identificazione delle stazioni è stata effettuata mediante l'applicazione dei criteri previsti dall'allegato V del D.Lgs.155/2010, riconducibile sostanzialmente alla popolazione residente nella zona ed ai livelli misurati in relazione ai livelli di valutazione inferiore e superiore. Questa operazione, ha comportato una significativa riduzione delle stazioni per la rete regionale, rispetto al numero complessivo iniziale delle stazioni provinciali in esercizio nel territorio della regione Toscana. La rivisitazione delle reti di monitoraggio è finalizzata ad una nuova concezione di valutazione della qualità dell'aria che viene effettuata a livello regionale, non più su base provinciale, ma nell'ambito di zone omogenee dal punto di vista delle fonti di inquinamento e della loro influenza sul territorio. Le postazioni previste tengono conto del numero minimo previsto dalla normativa e della necessità di rappresentare tutte le criticità presenti in ciascuna zona.

Nella mappa seguente è riportata la localizzazione delle centraline dell'attuale rete regionale.

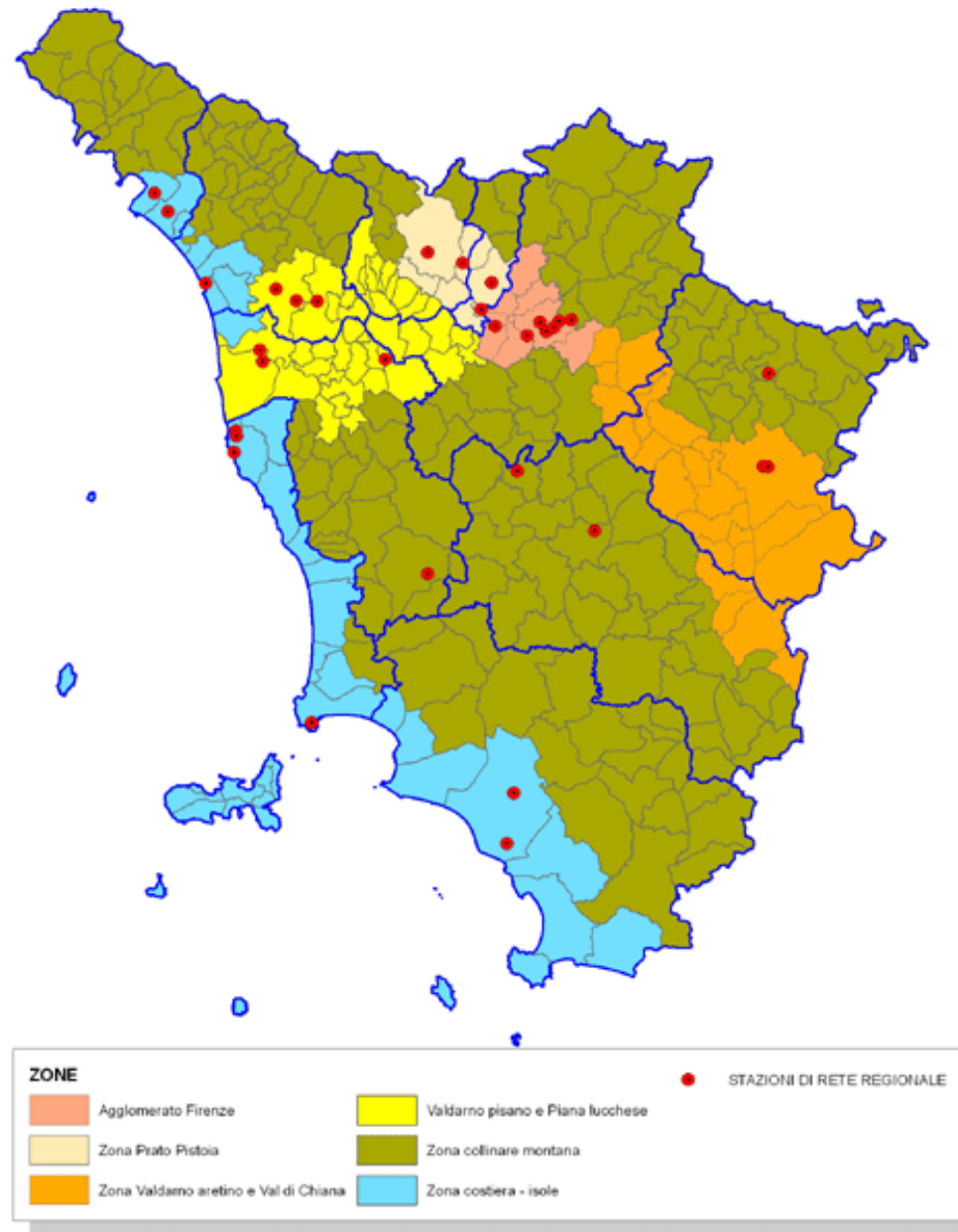


Figura 11: Rete regionale delle stazioni di misura attiva dal 1 gennaio 2011

L'analisi conoscitiva alla base del PRRM 2008 -2010 è stata effettuata per gli inquinanti NO₂, SO₂, O₃, CO, Pb, PM₁₀ e Benzene basandosi sulle misurazioni ottenute dalle reti di rilevamento.

Confrontando i dati di monitoraggio relativi al periodo 2000-2006, si evince che per quanto riguarda l'NO₂, con l'esclusione di alcune stazioni orientate al traffico, negli ultimi anni il superamento della media oraria risulta essere un evento molto raro; un po' più critico risulta il rispetto delle medie annuali, per le quali non si riscontrano variazioni significative negli anni.

Per quanto, invece, riguarda gli inquinanti SO₂, CO, Pb e benzene, i livelli di concentrazione in tutto il territorio regionale sono al di sotto dei valori limite. In particolare, per quanto riguarda l'SO₂, oggetto dei modelli di dispersione, le misurazioni effettuate negli ultimi anni mostrano livelli di concentrazione in diminuzione con valori molto lontani dai valori limiti previsti dalla normativa (medie annue al di sotto dei

10 µg/m³). In particolare in nessuna postazione è stato rilevato un numero di superamenti del valore di 350 µg/m³ (concentrazione media oraria) e di 125 µg/m³ (concentrazione media giornaliera) superiore al numero consentito dalla normativa (24 e 3 rispettivamente).

Importanti criticità si registrano riguardo all'ozono e al PM₁₀ per i quali si sono registrati superamenti dei valori normati.

Per quanto riguarda l'ozono sono stati analizzati i dati delle concentrazioni forniti dalle reti di monitoraggio nel periodo 2003-2008, per le stazioni che fanno parte della rete di interesse regionale (DGRT n°27/06).

In Figura 12 è riportata la media dei giorni di superamento del valore obiettivo (120 µg/m³) per i trienni compresi nel periodo osservato di tutte le stazioni della rete regionale e la media dei giorni in eccesso rispetto ai 25 superamenti consentiti dalla legge.

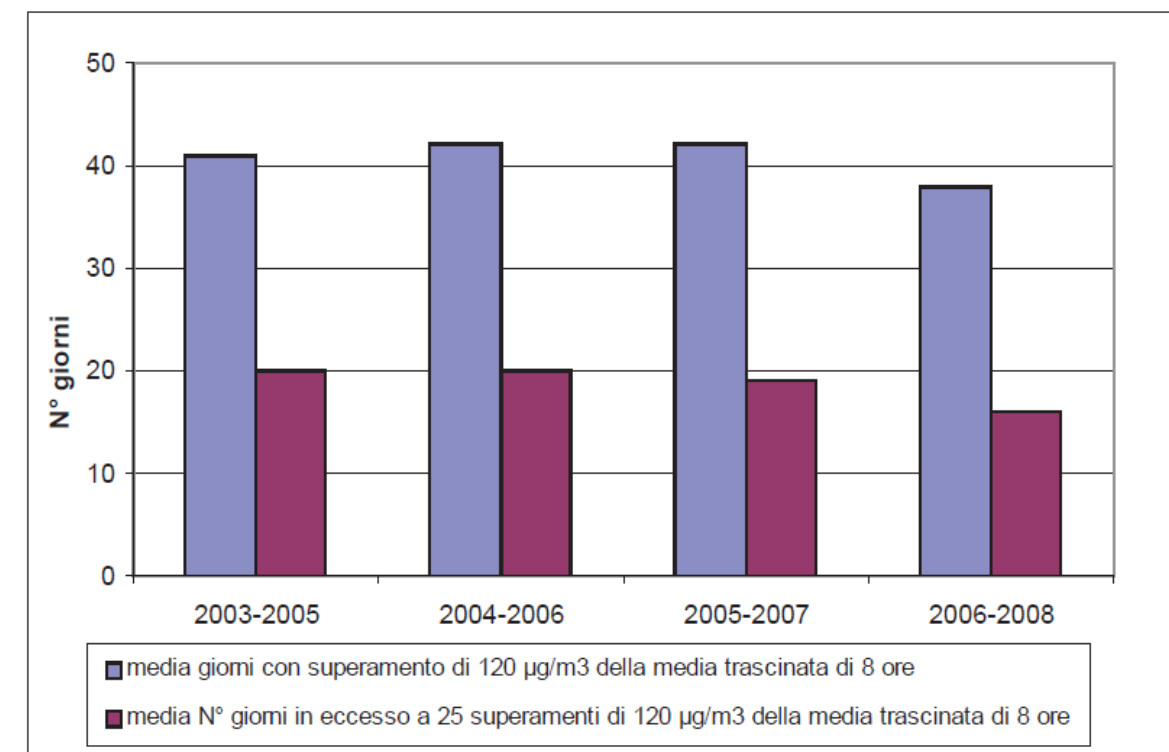


Figura 12: Ozono (stazioni "rete regionale"). Media nei trienni della media dei giorni con superamento del valore obiettivo e media dei giorni in eccesso a 25 superamenti

Si può notare che l'ozono si conferma un inquinante critico per il territorio regionale anche per il 2008.

Per quanto riguarda il PM₁₀ sono stati analizzati i dati sulle concentrazioni forniti dalle reti di monitoraggio nel periodo 2000-2008, per le stazioni facenti parte della rete di interesse regionale (DGRT n°377/06).

In Figura 13 sono riportate, per gli anni analizzati, le medie del numero di superamenti annuali della media giornaliera per le stazioni della rete regionale e le medie dei giorni di eccedenza rispetto ai 35 superamenti consentiti dalla normativa.

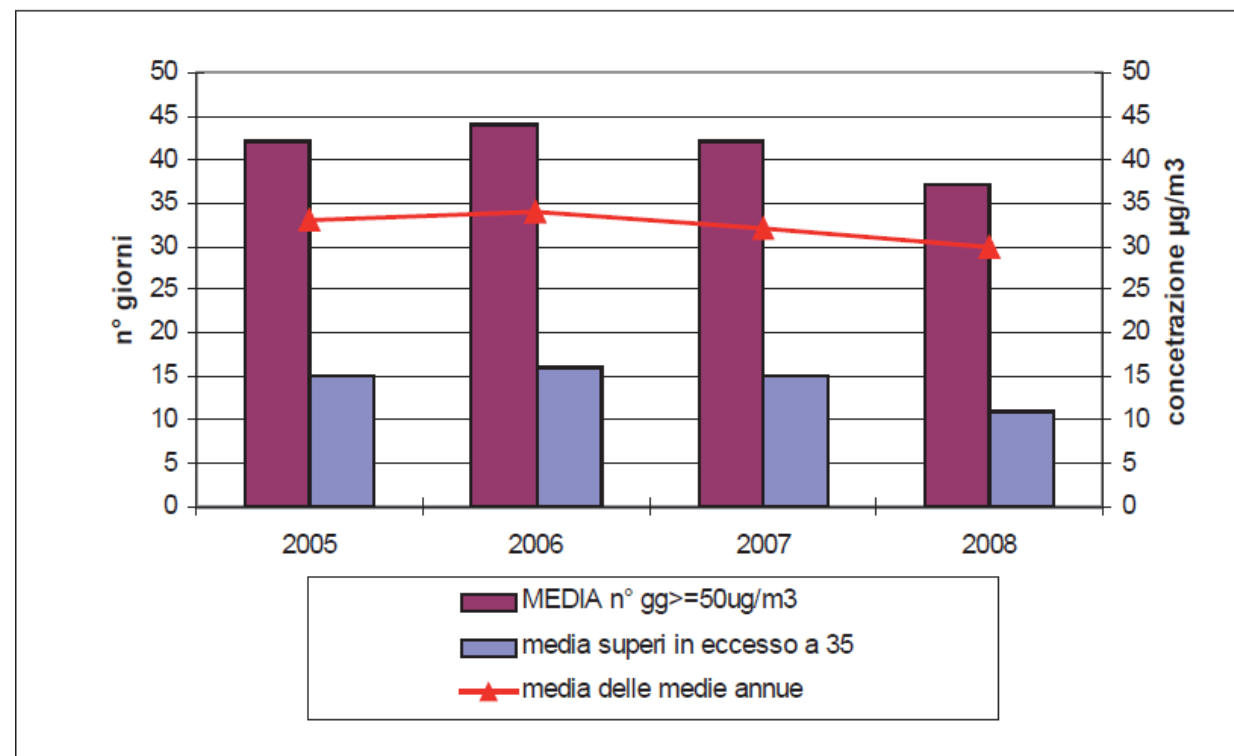


Figura 13: PM10 (stazioni "rete regionale"). Media del numero di giorni con superamenti del valore giornaliero, media dei superamenti in eccesso ai 35 ammessi e media delle medie annuali.

Come l'ozono, il PM₁₀ si conferma un inquinante critico sul territorio regionale, nonostante un leggero trend di miglioramento. Nel 2008 si sono registrati più di 35 giorni di superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ in 14 delle 25 stazioni che compongono la rete PM₁₀ di interesse regionale.

Sulla base dei dati del rilevamento della qualità dell'aria relativi al periodo 2000-2006 e sulla base dei dati IRSE, la Regione Toscana ha aggiornato la zonizzazione e la classificazione del territorio regionale con la DGR 1325/03.

Per la zonizzazione del territorio regionale, che si basa sui risultati della classificazione, sono stati seguiti i criteri e le metodiche di seguito brevemente elencate:

- la zonizzazione deve essere funzionale alla predisposizione degli interventi di mantenimento e risanamento della qualità dell'aria
- i comuni che presentano la stessa classificazione per il superamento dei valori limite di un qualsiasi inquinante (indicato con le lettere C o D) appartengono alla stessa zona
- l'Area omogenea fiorentina, costituita dai Comuni di Firenze, Bagno a Ripoli, Signa, Lastra a Signa, Campi Bisenzio, Sesto Fiorentino, Scandenzano e Scandicci, viene considerata ai fini della zonizzazione come un'unica entità amministrativa.

Per tali zone il piano individua le misure integrate da attuare per raggiungere i valori normati di qualità dell'aria vigenti e futuri. Il restante territorio regionale è classificato come una unica zona di mantenimento in cui i livelli di qualità dell'aria sono inferiori ai limiti fissati, e per le quali il piano dovrà individuare misure integrate idonee per il mantenimento della buona qualità dell'aria.

Sono state così individuate 4 zone di risanamento e i risultati della zonizzazione sono riportati nella mappa seguente

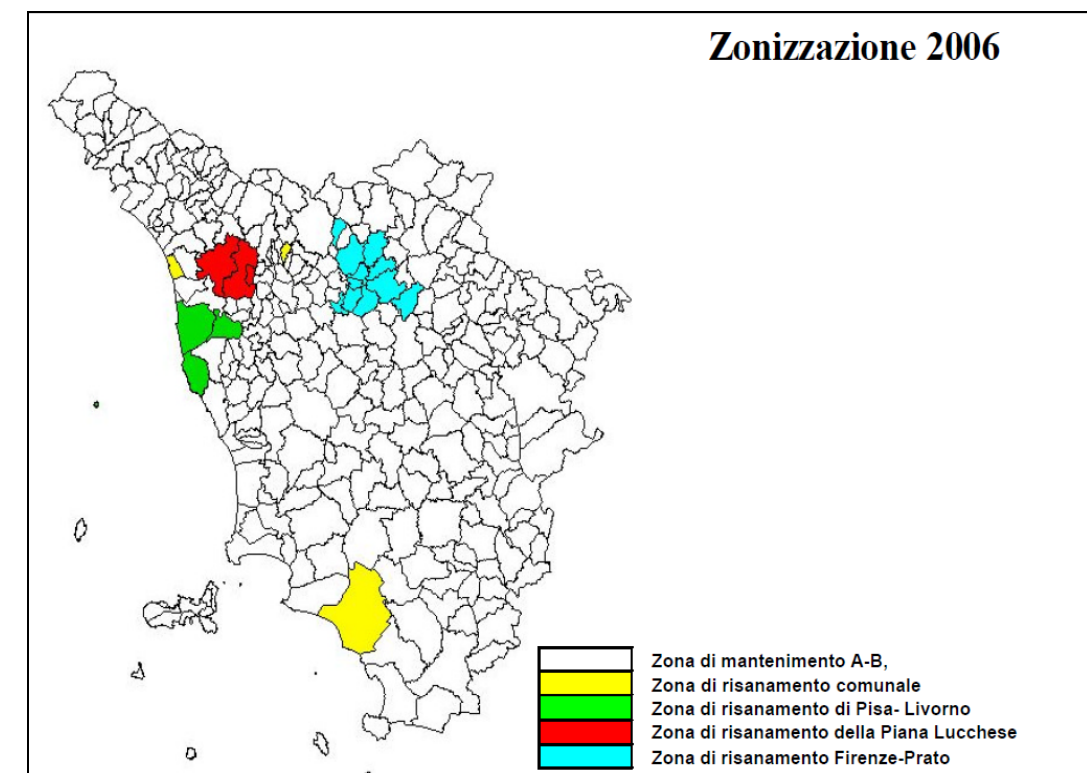


Figura 14: rete delle stazioni di misura dei parametri chimici su tutto il territorio regionale

Nella Tabella 36 seguente si riportano per ciascuna delle 5 zone individuate le informazioni relative al numero dei comuni, alla superficie totale, alla popolazione residente totale e, per le sole zone di risanamento, la popolazione residente nelle aree urbanizzate, che rappresenta meglio l'indicazione della popolazione esposta a livelli di inquinamento superiori rispetto ai valori limite stabiliti dalla normativa.

	N° Comuni	Superficie (km ²)	[%]	Popolazione residente	[%]	Popolazione in area urbana	[%]
Zona di mantenimento A/B	267	21.1316	93%	2.251.224	63%		
Zona di risanamento comunale	3	524	2%	160.362	4%	142.721	4%
Zona di risanamento di Pisa-Livorno	3	369	2%	289.014	8%	277.874	8%
Zona di risanamento della Piana Lucchese	3	360	1%	133.147	2%	84.098	2%
Zona di risanamento dell'area metropolitana di Firenze-Prato	11	607	3%	786.125	22%	729.312	20%
Totale	287	22.990		3.619.872			

Tabella 36: Zonizzazione 2006

I 20 comuni con valori di inquinanti superiori a quelli di legge sono:

Calenzano, Sesto Fiorentino, Campi Bisenzio, Capannori, Cascina, Firenze, Signa, Bagno a Ripoli, Scandicci, Lastra a Signa, Lucca, Grosseto, Livorno, Montale, Montecatini Terme, Montelupo Fiorentino, Pisa, Porcari, Prato, Viareggio.

L'area interessata dal tracciato (tratto compreso tra lo svincolo di Grosseto e Scarlino) ricade in una zona di mantenimento, ad eccezione delle frazioni del comune di Grosseto (zona di risanamento comunale).

Si rende noto che attualmente, a seguito della pubblicazione del dlsg 155/10, come accennato precedentemente, è stata effettuata ed approvata con DGRT n.1025/2010 una nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale ai sensi della L.R. 9/2010 e al D.Lgs 155/2010. Tale zonizzazione comporta la revoca del precedente DGR 1325/03. Attenendosi a quanto prescritto dal D.Lgs 155/2010, sono state individuate zone omogenee dal punto di vista delle fonti di inquinamento e della loro influenza sul territorio. La DGRT n.1025/2010 ha suddiviso il territorio della regione toscana in 6 zone (agglomerato Firenze, zona Prato-Pistoia, zona costiera, zona Valdarno pisano e piana lucchese, zona Valdarno aretino e Valdichiana e zona collinare montana) per quanto riguarda gli inquinanti indicati nell'allegato V del D.Lgs.155/2010 (biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato PM₁₀-PM_{2,5}, benzene, monossido di carbonio) e 3 zone (zona pianure costiere, zona pianure interne e zona collinare montana) per quanto attiene l'ozono indicato nell'appendice I del suddetto decreto.

L'area interessata dal tracciato, quindi, attualmente ricade nella zona costiera, come si può osservare in Figura 11.

Ritornando alla precedente zonizzazione, è interessante osservare come il Comune di Scarlino ricada in una zona di mantenimento nonostante sia proprio a Scarlino, in località Casone, che è situata la principale area industriale della provincia di Grosseto, caratterizzata dalla presenza di tre grandi aziende: Huntsman Tioxide, leader mondiale nella produzione di biossido di titanio, Nuova Solmine, specializzata nella produzione di acido solforico e Scarlino Energia, con un impianto di termovalorizzazione che produce energia elettrica da fonti rinnovabili. Fino al 2007, come descritto nella Dichiarazione Ambientale 2007 – 2010 del comune di Scarlino (approvata con Del. G.C. n°160 del 27/11/2007), la qualità dell'aria nel Comune di Scarlino era rilevata mediante autolaboratorio dell'Arpat di Grosseto che prevedeva 3 stazioni di misura: Scarlino Paese, Scarlino Scalo e Puntone. Le tre stazioni del Comune di Scarlino, con la stazione di misura situata nel Comune di Follonica, circondavano l'area industriale monitorandone così la qualità dell'aria. A partire dal 2003, per ogni stazione sono stati monitorati per una settimana all'anno, ad eccezione dell'anno 2005 a causa di un guasto all'autolaboratorio, i seguenti parametri: PTS, Pb (piombo nelle particelle sospese), As (arsenico nelle particelle sospese), IPA (idrocarburi policiclici aromatici con particolare attenzione al Benzo(a)pirene), NO₂ e SO₂. Non si sono mai verificati superamenti dei limiti di legge ma, anzi, le concentrazioni rilevate sono sempre risultate ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

Nelle tabelle successive sono riassunti i risultati del monitoraggio per gli inquinanti PTS, Pb, As, IPA ed NO₂. Per quanto riguarda il parametro SO₂ i valori riscontrati sono inferiori al µg/m³. Relativamente alle

concentrazioni delle Polveri Totali Sospese (PTS), si sottolinea che tale inquinante attualmente non presenta alcun valore limite di riferimento, in quanto il D.M. 25/11/1994, che stabiliva 150 µg/m³ come livello di attenzione calcolato come media giornaliera, è stato abrogato dal D.M. 60/2002, a sua volta abrogato dal D.Lgs.155/2010.

	2002	2003	2004	2006
Scarlino - Loc. Puntone	24,01	n.d.	23,37	n.d.
Scarlino - Loc. Scarlino				
Scalo	40,26	n.d.	51,29	26,1
Scarlino	41,86	36,54	31,91	40,6

Tabella 37: PTS - media delle medie giornaliere (µg/m³)

	2002	2006
Scarlino - Loc. Puntone	0,05	n.d.
Scarlino - Loc. Scarlino		
Scalo	0,05	< 0,01
Scarlino	0,05	< 0,02

Tabella 38: Pb - media delle medie giornaliere (µg/m³)

	2002	2003	2004	2006
Scarlino - Loc. Puntone	< 5,00	n.d.	< 1,00	n.d.
Scarlino - Loc. Scarlino				
Scalo	< 5,00	< 5,00	< 1,00	n.d.
Scarlino	< 5,00	n.d.	< 1,00	n.d.

Tabella 39: As - media delle medie giornaliere (ng/m³)

	2002	2004	2006
Scarlino - Loc. Puntone	0,06	n.d.	n.d.
Scarlino - Loc. Scarlino			
Scalo	0,08	n.d.	n.d.
Scarlino	0,06	n.d.	n.d.

Tabella 40: IPA - media delle medie giornaliere (ng/m³)

	2002	2003	2004	2006
Scarlino - Loc. Puntone	12,1	n.d.	8,2	n.d.
Scarlino - Loc. Scarlino				
Scalo	8,7	n.d.	7,5	6,2
Scarlino	6,5	39,1	3,7	2,3

Tabella 41: NO₂ - media delle medie giornaliere (µg/m³)

Nell'ottobre 2006 è stata attivata una convenzione tra ARPAT, Provincia di Grosseto e CNR inerente il "Monitoraggio per la valutazione comparata delle emissioni ed immissioni del comprensorio industriale del Casone di Scarlino". Sono state disposte 4 stazioni per il campionamento del particolato (3 nel Comune di Scarlino e 1 nel Comune di Follonica) e 49 campionatori passivi. La campagna ha previsto 4 mesi di rilevamento (novembre, febbraio, maggio ed agosto) e ha preso in considerazione: PM₁₀, NO, NO₂, SO₂, O₃ e BTX. Oltre alle campagne di monitoraggio, lo studio ha compreso la valutazione degli inquinanti in atmosfera degli stabilimenti Scarlino Energia, Tioxide e Nuova Solmine (i cui risultati sono stati riportati al paragrafo 4.3.), la valutazione della distribuzione dei principali inquinanti mediante modellistica previsionale e il biomonitoraggio ambientale dell'area mediante l'utilizzo di licheni. I risultati conclusivi dello studio, sono i seguenti:

- l'SO₂ risulta essere l'inquinante maggiormente emesso dal comprensorio. Il confronto fra le concentrazioni riscontrate nelle diverse campagne di misura ed i valori stimati dal modello diffusionale evidenzia una ottima correlazione e dimostra l'ampio rispetto dei limiti su base annuale;
- il biossido di zolfo, specialmente nel periodo estivo, contribuisce alla concentrazione del particolato a causa della formazione fotochimica del solfato;
- il rapporto SO₂/NO_x è pari a 10 in emissione, mentre scende a 0,9 sulle immissioni. In considerazione dell'area di ricaduta degli inquinanti emessi appare evidente, per gli ossidi di azoto, la presenza di altre sorgenti riconducibili essenzialmente al traffico autoveicolare;
- i valori medi di PM₁₀ sono inferiori a quelli riscontrati nelle aree urbane più importanti del Paese. Gli unici dati degni di attenzione si sono riscontrati, in tutte e quattro le stazioni, a fine agosto 2007, ma sono sostanzialmente riconducibili a masse d'aria provenienti dalle aree desertiche nord-africane;
- per quanto riguarda l'arsenico, i dati di letteratura e le conoscenze geologiche della zona consentono di affermare che la concentrazione di tale elemento ha una rilevante componente naturale, cui, tuttavia, deve essere affiancata una componente antropica, con particolare riguardo alle attività di rimozione e stoccaggio che vengono effettuate all'interno del comprensorio, nonché nella zona circostante;
- la concentrazione di ozono risulta significativa nel periodo estivo; visti i valori di concentrazione degli ossidi di azoto e dei composti organici di natura antropogenica, la stessa non può che essere ricondotta all'azione della radiazione solare sui composti organici di natura biogenica;
- dall'analisi modellistica si evidenzia uno stato di semi-alterazione che interessa l'area immediatamente circostante il comprensorio industriale. Dallo studio della tipologia di specie licheniche rilevate (indici ecologici) emerge, inoltre, che tra gli inquinanti responsabili dell'alterazione che interessa la parte centrale dell'area di studio, potrebbero essere compresi i composti azotati. Le fonti potrebbero essere di natura industriale, ma anche riconducibili al traffico veicolare che diventa sostenuto soprattutto nel periodo estivo; inoltre, l'ulteriore apporto di sostanze azotate potrebbe derivare dall'estesa attività agricola da cui è interessato il territorio oggetto di studio.

Come detto precedentemente, attualmente, nel comune di Scarlino non sono presenti stazioni di monitoraggio gestite da ARPAT, né sono presenti altre stazioni di monitoraggio della restante area interessata dall'opera, come si evince dalle Dichiarazioni Ambientali dei comuni di Gavorrano e Massa Marittima. Nella Dichiarazione Ambientale 2010 - 2013 del comune di Gavorrano si legge che non vi sono dati oggettivi di qualità dell'aria derivanti da campagne di rilevamento eseguite nella zona, né mappe di qualità dell'aria. Nella Dichiarazione Ambientale 2010 - 2013 del comune di Massa Marittima, invece, è dichiarato che attualmente l'ARPAT non ha stazioni di rilevamento nel territorio comunale in quanto non è più zona sottoposta a rischio. Tuttavia, sono presentati i dati relativi alle campagne di monitoraggio ambientale, verificati e valutati da ARPAT, effettuati in località Fenice Capanne, nel periodo 01 - 17 luglio 2009. In quest'area è ubicato un inceneritore di proprietà di Co.S.Ec.A. S.p.a. in disuso e in data 9 aprile 2009, durante la Riunione Operativa per lo smaltimento dei rifiuti in area Politeckne si è accordato di effettuare in quest'area delle campagne di monitoraggio dei parametri PM₁₀ e Pb. Dal monitoraggio non sono emersi superamenti dei valori normati.

Nella zona oggetto di studio, quindi, non sono presenti stazioni di monitoraggio. La rete di monitoraggio della provincia di Grosseto è, infatti, attualmente costituita da tre stazioni di misura fisse disposte nel territorio dell'area urbana/rurale del Comune di Grosseto. Nello specifico, 2 stazioni sono situate a Grosseto (zona urbana) in via Unione Sovietica (GR - Urss) e viale Sonnino (GR- Sonnino) e una ad Alberese nel Parco della Maremma (zona rurale). La stazione di viale Sonnino è una stazione di traffico mentre le restanti 2 sono stazioni di fondo, urbano (via Unione Sovietica) e rurale (Parco della Maremma). Gli inquinanti monitorati nella stazione di traffico sono il CO, i NO_x, il PM₁₀; nella stazione urbana di fondo, invece, non viene monitorato il CO ma l'O₃. Nella stazione rurale, infine, è monitorato il solo O₃. Le stazioni URSS e Maremma, appartengono alla nuova rete regionale, precedentemente citata e individuata ai sensi del D.Lgs.155/10 e approvata con delibera DGRT n.1025/2010: per il rilevamento dell' NO₂ e dell'O₃ per quanto riguarda la centralina Maremma e per gli inquinanti PM₁₀, PM_{2.5} e NO₂ per quanto riguarda la centralina URSS.

Il parametro SO₂ non è più rilevato dalla rete di Grosseto dall'anno 2008, anno nel quale sono stati posti fuori servizio gli analizzatori presenti in via Urss e viale Sonnino. Tale disposizione fu adottata in quanto per il parametro SO₂ già da tempo a Grosseto si era raggiunto e consolidato un ampio rispetto dei limiti previsti, tanto che la rete di rilevamento non aveva mai rilevato dal 1999 neanche un singolo superamento orario o giornaliero delle soglie definite dalla normativa. Come detto precedentemente, l'andamento di questo parametro, per quanto concerne il territorio toscano, ha ormai raggiunto valori scarsamente significativi. Soltanto poche aree, quali quelle di Livorno e Piombino, risultano potenzialmente più critiche rispetto al resto del territorio regionale.

Per quanto riguarda gli altri 2 inquinanti di cui sarà oggetto il modello di dispersione, ossidi di azoto e polveri fini, secondo quanto riportato nel Rapporto annuale sulla qualità dell'aria della città di Grosseto del 2009, redatto da ARPAT, nel 2009 i valori medi rilevati sono:

- per i NO_x pari a 29 µg/m³ nella stazione GR - Urss e 87 µg/m³ nella stazione GR- Sonnino;
- per l' NO₂ pari a 22 µg/m³ nella stazione GR - Urss e 44 µg/m³ nella stazione GR- Sonnino;
- per il PM₁₀ pari a 23 µg/m³ nella stazione GR - Urss e 35 µg/m³ nella stazione GR- Sonnino.

Questi valori di concentrazione possono essere considerati quali valori di riferimento della qualità dell'aria della zona di nostro interesse in un'ipotesi conservativa in quanto i valori di concentrazione che si

riscontrano in ambito urbano sono generalmente più elevati. Sulla base dell'esperienza e dei risultati di precedenti studi, il valore massimo atteso per il valore di fondo extraurbano in contesti non fortemente antropizzati, può essere ritenuto pari ad un terzo dei valori riscontrati in ambito urbano. Pertanto, volendo definire un valore di fondo nel modello di dispersione, nell'ipotesi conservativa possono essere considerate le concentrazioni rivelate in ambito urbano e in particolare quelle rilevate presso la stazione di fondo.

Relativamente alle polveri e ai NO_x , per il lotto 3, nell'ambito del SIA è stato eseguita da SPEA una campagna di monitoraggio della durata di 15 giorni, dal 08/02/2011 al 22/02/2011. Il monitoraggio delle polveri è stato effettuato con un campionatore sequenziale TCR Tecora mod. SkyPost PM HV S.N°409185 con Testa di prelievo Sentinel PM_{10} . Il campionatore è stato posizionato a distanza di circa 150 metri dal tracciato stradale dell'Aurelia, in prossimità di un nucleo residenziale, saltuariamente abitato, costituito da un edificio principale a 2 piani fuori terra, con alcuni annessi ad uso agricolo artigianale, ubicati in posizione isolata in località "Poggetti Nuovi" (Grosseto). L'area circostante, a conformazione morfologica pianeggiante, è costituita da campi coltivati. Pertanto, la sorgente principale di PM_{10} è costituita dai transiti veicolari (leggeri e pesanti) lungo il tracciato dell'Aurelia, a cui si associano possibili attività agricole nei campi circostanti. Assieme alle polveri sono stati monitorati i parametri meteorologici.

Sono di seguito riportate l'ortofoto con la localizzazione del campionatore installato da SPEA, i rilievi fotografici del campionatore e della stazione meteo, la rosa dei venti relativa al periodo in cui è stato effettuato il campionamento ed, in tabella, i dati rilevati nel sito di prelievo.



Figura 15 Ortofoto con localizzazione del campionatore installato da SPEA



Figura 16 Rilievi fotografici del campionatore e della stazione meteo

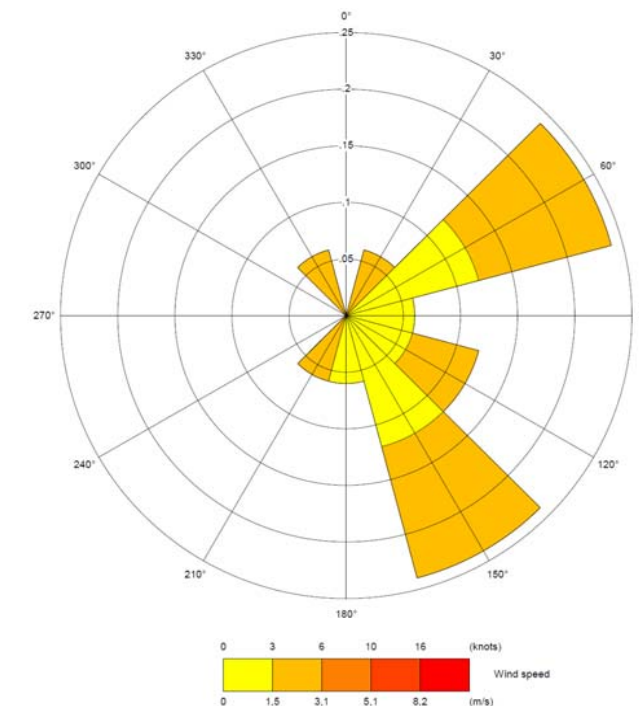


Figura 17 Rosa dei venti del periodo interessato dai rilievi

Dettaglio misure							
Data	Pesata [mg]	Volume [Nm ³]	T amb [°C]		P amb [kPa]		Concentrazione [µg/Nm ³]
			max	min	max	min	
08/02/11	1,63	53,4312	18,9	0,1	102,3	100,8	31
09/02/11	1,31	53,1387	17,2	0,6	101,8	100,7	25
10/02/11	1,6	53,2958	16,2	2,2	102,1	101,0	30
11/02/11	1,25	52,9045	17,1	6,4	102,0	101,1	24
12/02/11	1,36	52,8319	16,0	6,1	101,8	100,9	26
13/02/11	1,08	52,5292	15,9	7,8	101,4	100,9	21
14/02/11	1,29	52,4569	17,7	5,5	101,1	100,1	25
15/02/11	1,36	52,4957	16,1	3,3	100,7	99,5	26
16/02/11	0,7	51,6801	13,4	8,9	100,1	98,7	14
17/02/11	0,7	51,6007	14,7	6,2	99,8	98,8	14
18/02/11	0,62	51,7333	16,5	7,1	100	99,3	12
19/02/11	0,69	51,8944	20,1	4,8	100,9	99,7	13
20/02/11	0,82	52,4205	18,2	5,7	100,9	100,1	16
21/02/11	0,42	52,0669	20,2	6,7	100,7	99,8	8
22/02/11	0,69	52,1125	15,6	4,4	101,3	100,5	13

Tabella 42 Misure polveri fini (SIA)

I valori di concentrazione di PM₁₀ sono sempre inferiori al limite giornaliero (50 µg/m³) e si mantengono anche al di sotto dei 40 µg/m³ (media annua). La concentrazione media sui 15 giorni è pari a 19.9 µg/m³. Il campionamento dei NO_x è stato effettuato con campionatori diffusivi Radiello presso 4 postazioni disposte simmetricamente rispetto all'asse autostradale (Figura 18) ad una distanza di 50 metri (postazioni 2 e 3) e 150 metri (postazioni 1 e 4).



Figura 18 Ortofoto del transetto

Si riportano nella tabella seguente i risultati delle misure ottenute.

sito	distanza SS1 (metri)	concentrazione rilevata (µg/m ³)
1	150	16,5
2	50	16,5
3	50	17,5
4	150	15,5

Tabella 43: Valori di concentrazione NO_x (come NO₂)

Non si osserva una grande variazione delle concentrazioni all'aumentare della distanza dall'asse della SS1. Tuttavia, il valore più elevato si ha in prossimità dell'asse della SS1 e si può osservare sul lato della carreggiata nord (siti 3 e 4) un piccolo gradiente a conferma di come la concentrazione di NO_x diminuisca all'aumentare della distanza dall'asse della SS1. La concentrazione media rilevata, pari a 16.5 µg/m³, è inferiore al valore limite annuale (30 µg/m³), così come le concentrazioni rilevate nelle singole postazioni.

5 L'IMPATTO IN FASE DI ESERCIZIO

Il primo passo è stata la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria a partire dai risultati emersi dallo studio di traffico.

La metodologia seguita nella valutazione ha previsto l'applicazione di opportuni modelli, di cui più avanti se ne descrivono le specifiche, focalizzando l'attenzione sul processo emissivo e diffusivo della fonte stradale, relativamente ai seguenti scenari: attuale; programmatico 2016; progettuale 2016; programmatico 2026; progettuale 2026.

Si specifica che le simulazioni sono state condotte sulla rete oggetto dello studio trasportistico, relativamente ai seguenti composti per quanto riguarda le stime delle emissioni in atmosfera: CO, NO_x, VOC, Benzene, PM₁₀, PM_{2.5} e CO₂. Il processo di dispersione degli inquinanti è stato, invece, limitato a: PM₁₀, PM_{2.5} e NO₂.

I principali risultati sono forniti in tabelle o su tavole che riportano una sintesi dei risultati dei modelli di emissione e dispersione e le concentrazioni attese negli scenari futuri (progettuali e programmatici) per i principali inquinanti.

5.1 Il modello di emissione

Le simulazioni del processo emissivo sono state eseguite considerando specifiche ipotesi sulle velocità di marcia e sui cicli di guida, sul parco veicolare transitante e sui fattori di emissione per i differenti inquinanti e per le singole classi veicolari del parco. Le emissioni sono state calcolate separatamente per le autovetture, i veicoli commerciali leggeri e i veicoli pesanti.

Le simulazioni relative ai 5 casi seguenti:

1. attuale
2. scenario programmatico al 2016,
3. scenario progettuale al 2016,
4. scenario programmatico al 2026,
5. scenario progettuale al 2026,

5.1.1 Le ipotesi sul parco veicolare.

Per il parco veicolare è stata utilizzata la composizione del parco circolante sulla base dei dati ACI 2008 (i più aggiornati) per lo scenario attuale. Le percentuali di presenza nel parco delle differenti classi veicolari sono state quindi corrette secondo la metodologia ISPRA, pesando la numerosità di ogni classe di veicoli sulla base delle rispettive percorrenze effettive, così come desunte dalla stessa banca dati ISPRA. Per gli scenari futuri (2016 e 2026) è stato tenuto in considerazione il rinnovo spontaneo del parco. Le ipotesi alla base del rinnovo hanno riguardato il solo standard emissivo (e cioè l'anzianità del parco), senza fare alcuna ipotesi sull'alimentazione e sulla cilindrata. La distribuzione del parco per alimentazione e cilindrata è stata, cioè, mantenuta costante e pari a quella del 2008. Il rinnovo per standard emissivo, invece, è stato invece effettuato mantenendo costante negli anni l'anzianità del parco,

facendo in modo, cioè, che sia al 2016 sia al 2026 la percentuale di presenza nel parco dei veicoli per anzianità rimanga costante e pari a quella del 2008. Il rinnovo è stato effettuato sulla base dell'evoluzione delle normative sulle immatricolazioni, limitando il rinnovo allo standard Euro V (ipotesi conservativa). Il rinnovo è stato effettuato separatamente per le autovetture, i veicoli commerciali leggeri e i veicoli pesanti.

Come parco ACI al 2008 (alla base di tutte le proiezioni) si è fatto riferimento al parco circolante nel Lazio e nella Toscana per la stima delle emissioni relative sia all'Aurelia e all'Autostrada A12 sia alla restante viabilità. Ciò in ragione di quanto è emerso dallo studio trasportistico e in particolare dall'analisi delle provenienze, e dalla considerazione che le emissioni sulla restante viabilità è in parte anche attribuibile a veicoli che transitano sull'Aurelia e sull'Autostrada A12, nonché della circostanza che l'aliquota di percorrenze sulla restante viabilità è minima rispetto a quella sull'Aurelia e sull'Autostrada A12.

	leggeri	commerciali	pesanti
Attuale	52,7	48,2	34,5
PRM_2016	54,6	47,9	34,4
PRM_2026	52,5	45,2	33,9
PRG_2016	68,8	58,6	64,5
PRG_2026	71,1	55,0	61,8

Tabella 44: % delle percorrenze sulla restante viabilità (esclusa cioè la SS1) rispetto alla intera rete simulata

Si riportano nei grafici seguenti le distribuzioni per standard emissivi dei parchi utilizzati per la simulazione dei processi emissivi.

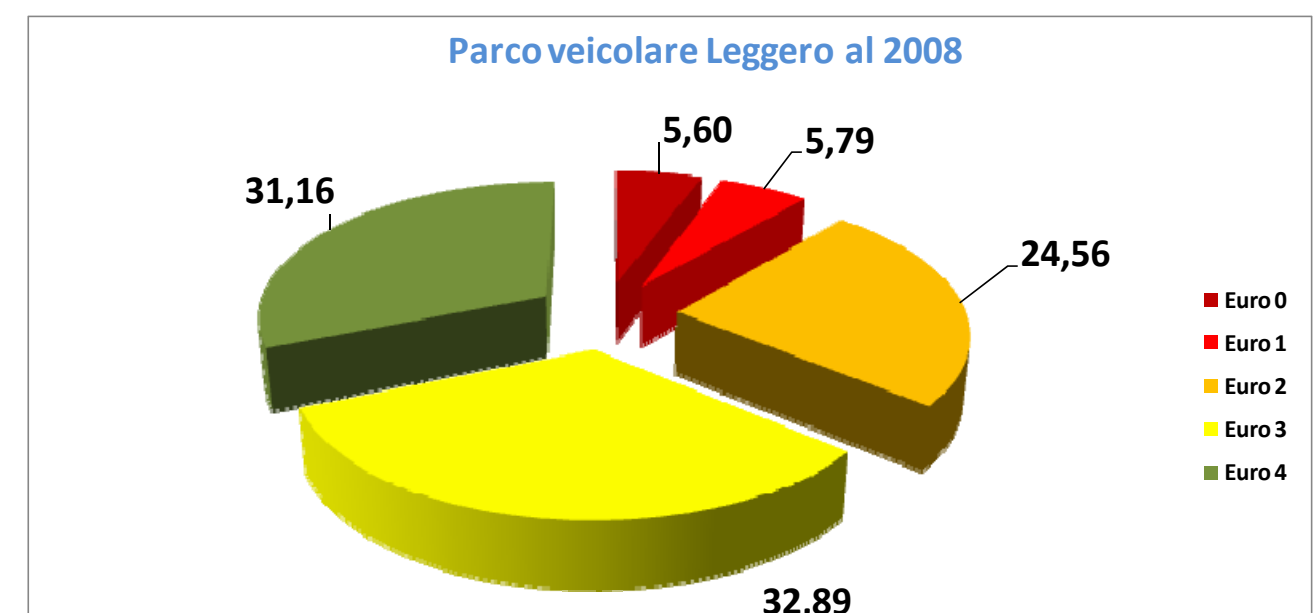


Figura 19: Distribuzione del parco per standard emissivo - autovetture 2008

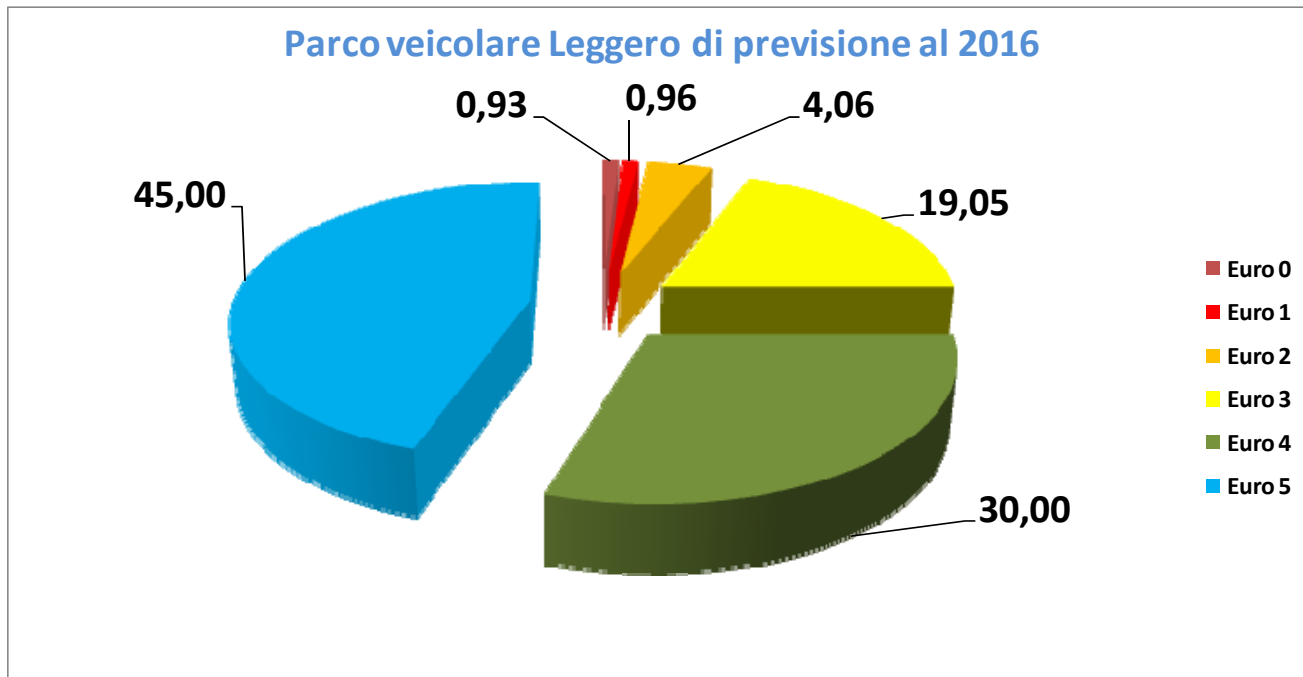


Figura 20: Distribuzione del parco per standard emissivo - autovetture 2016

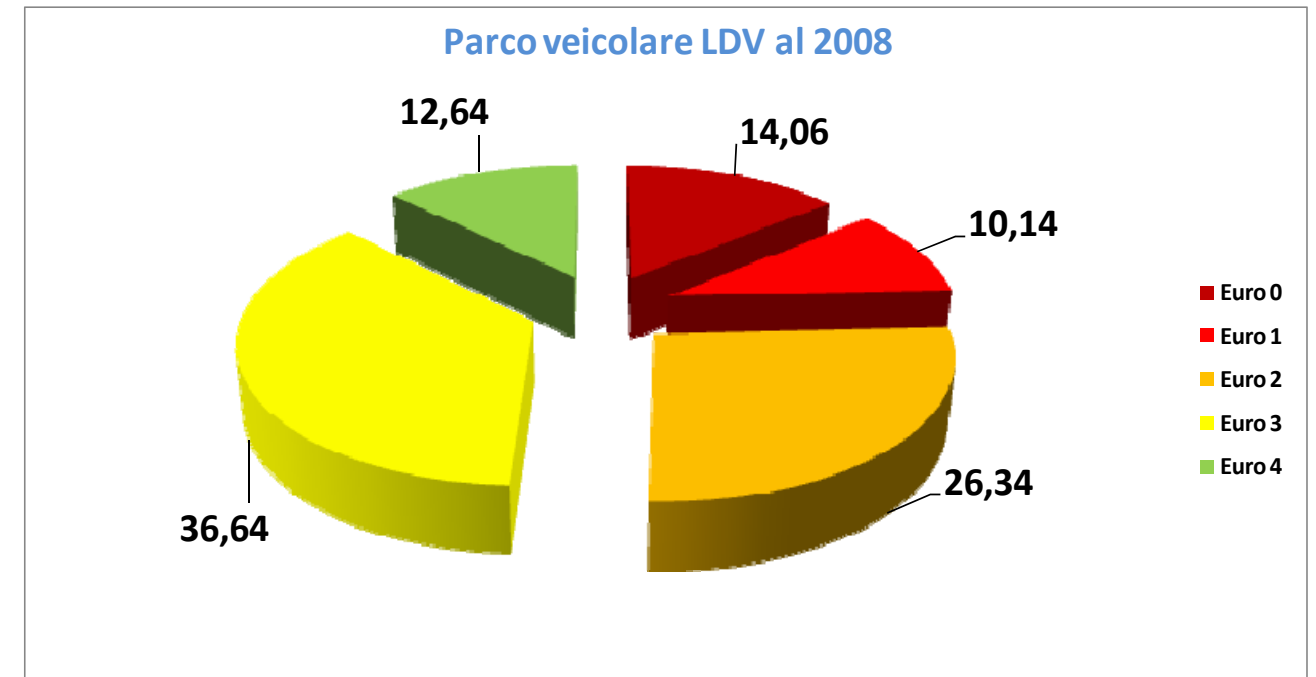


Figura 22: Distribuzione del parco per standard emissivo - LDV 2008

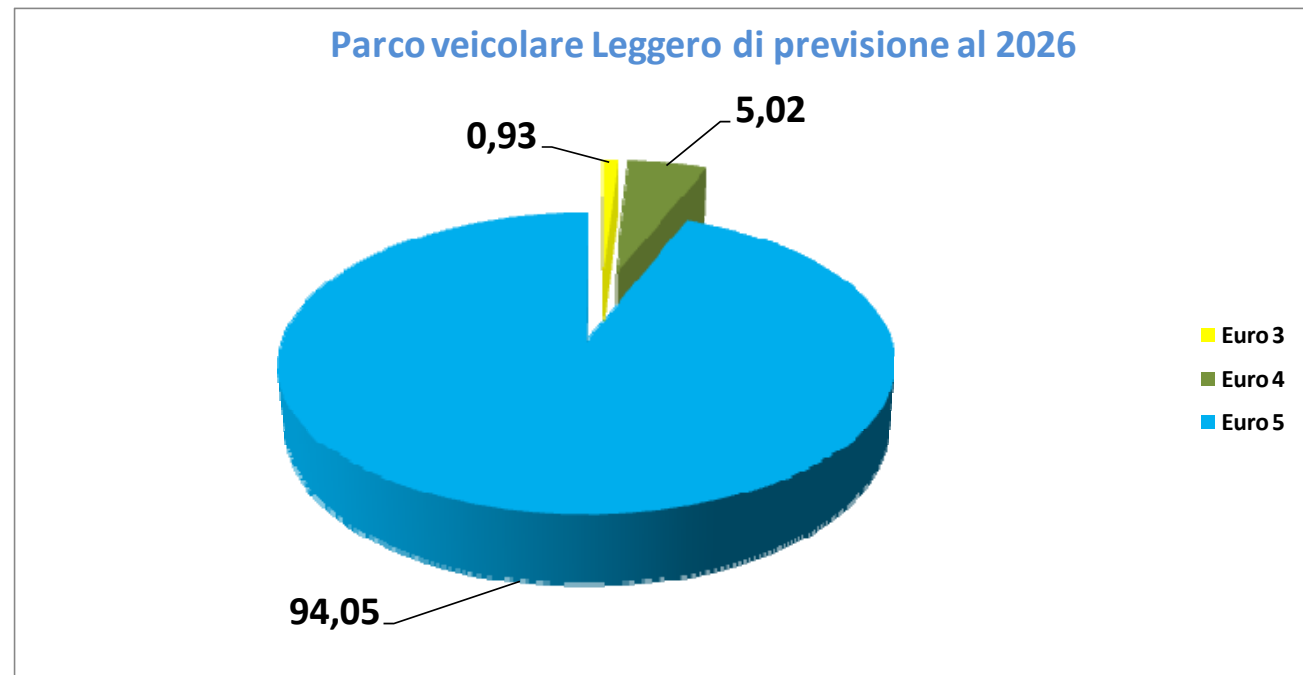


Figura 21: Distribuzione del parco per standard emissivo - autovetture 2026

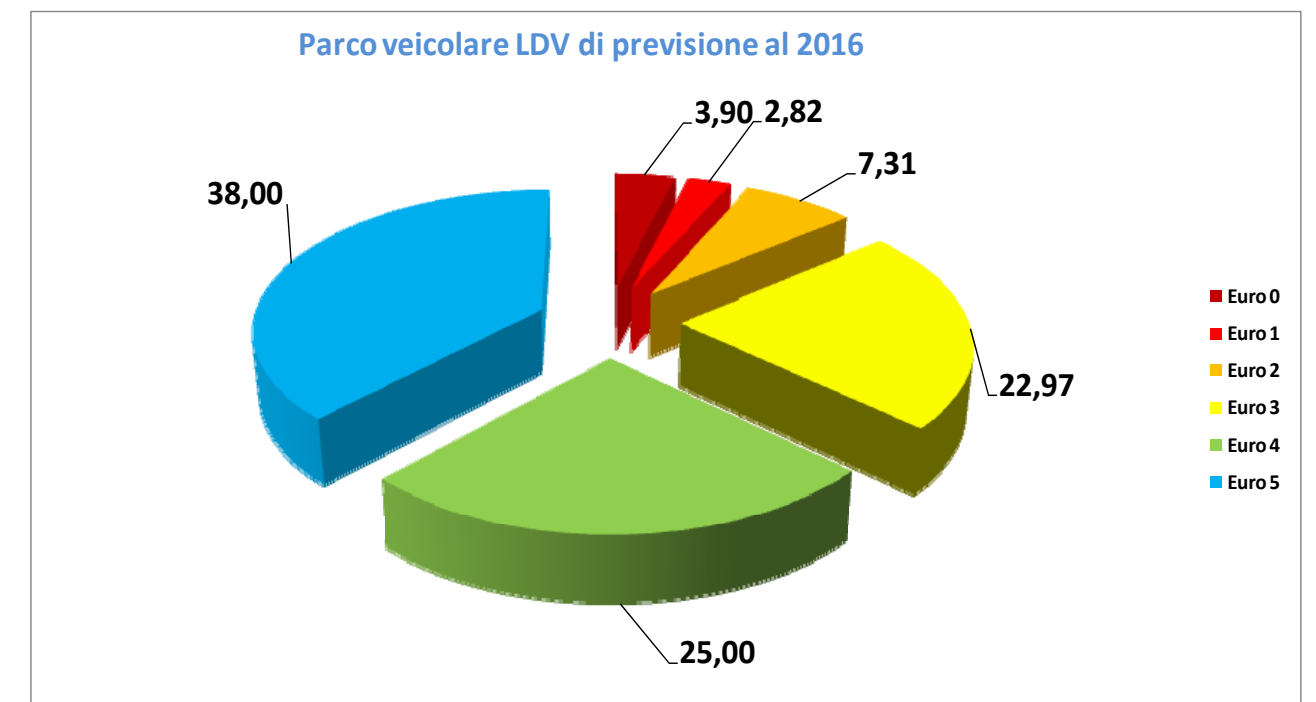


Figura 23: Distribuzione del parco per standard emissivo - LDV 2016

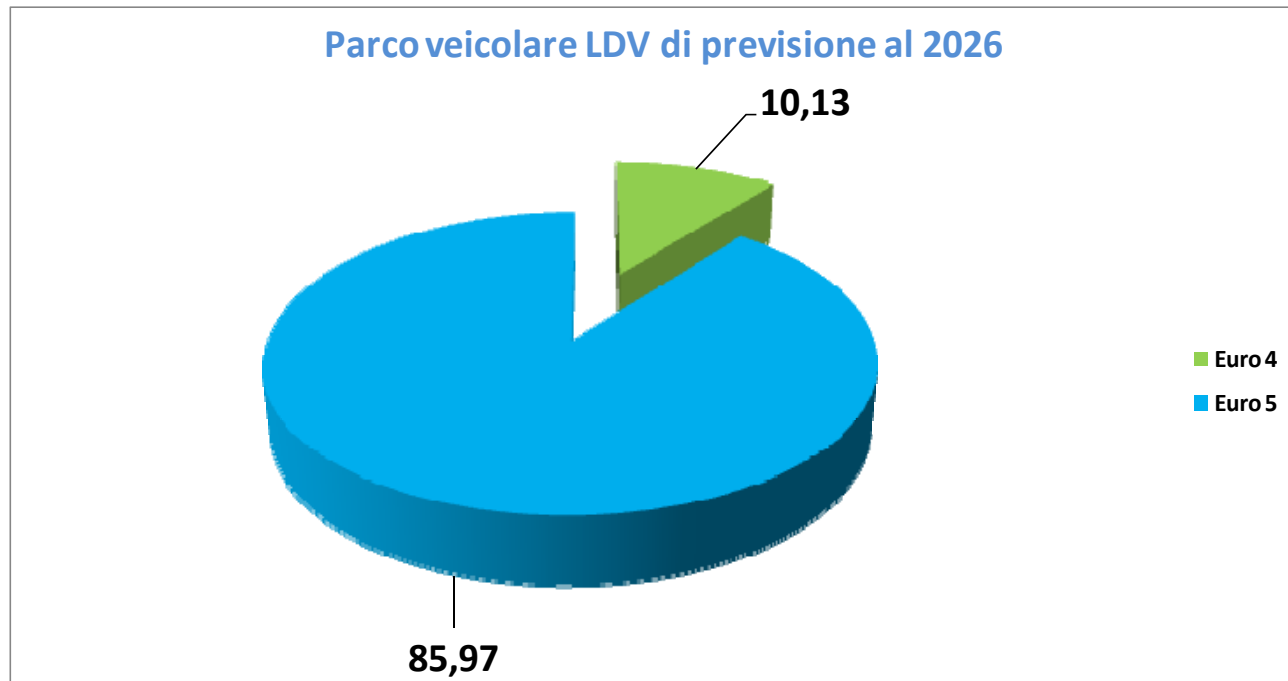


Figura 24: Distribuzione del parco per standard emissivo - LDV 2026

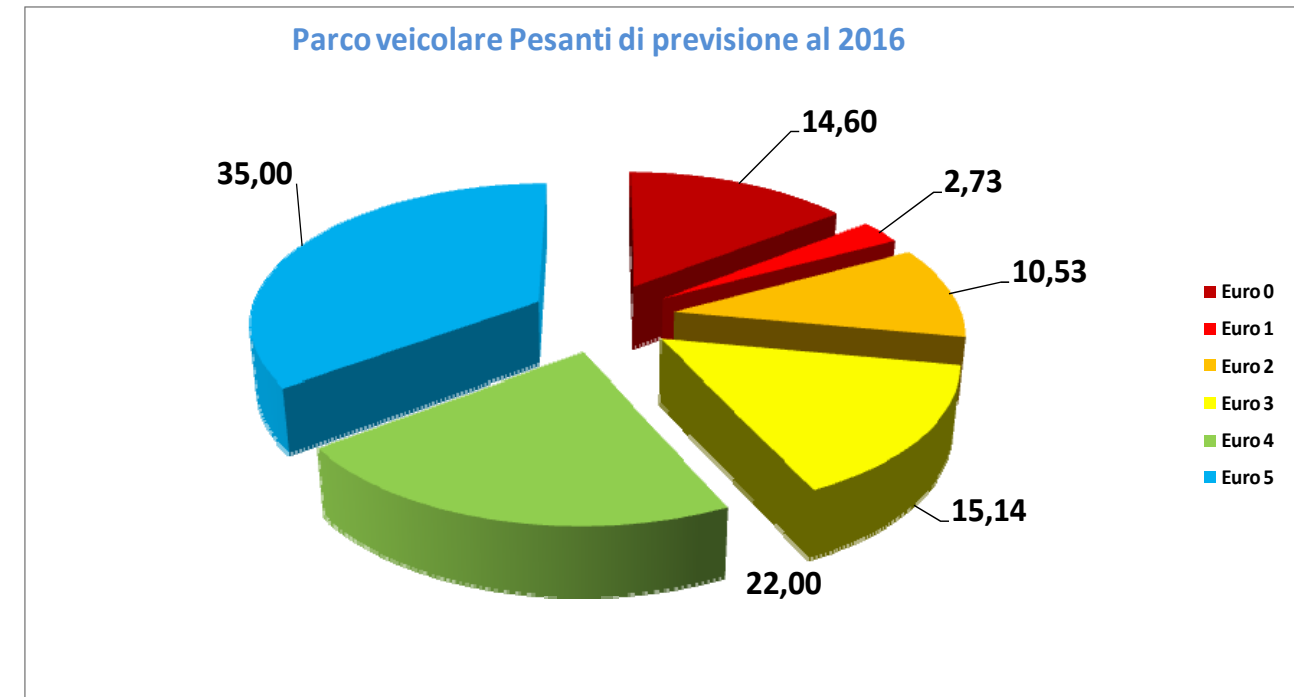


Figura 26: Distribuzione del parco per standard emissivo - Veicoli pesanti 2016

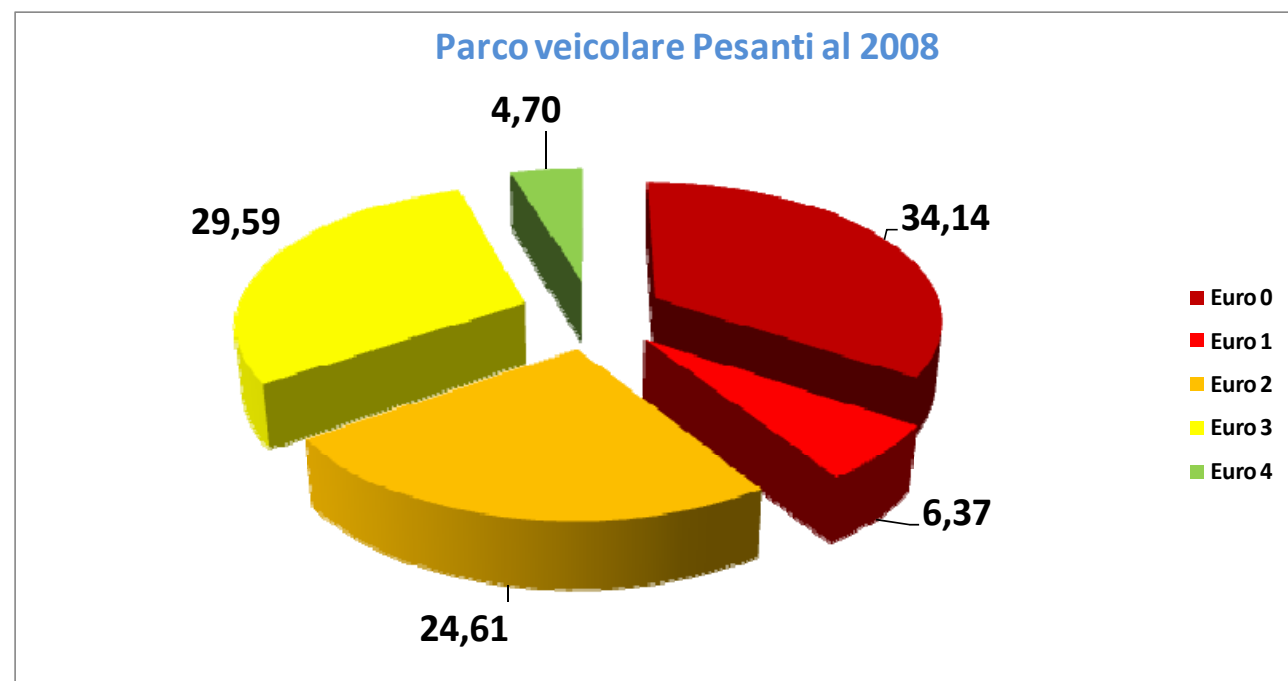


Figura 25: Distribuzione del parco per standard emissivo - Veicoli pesanti 2008

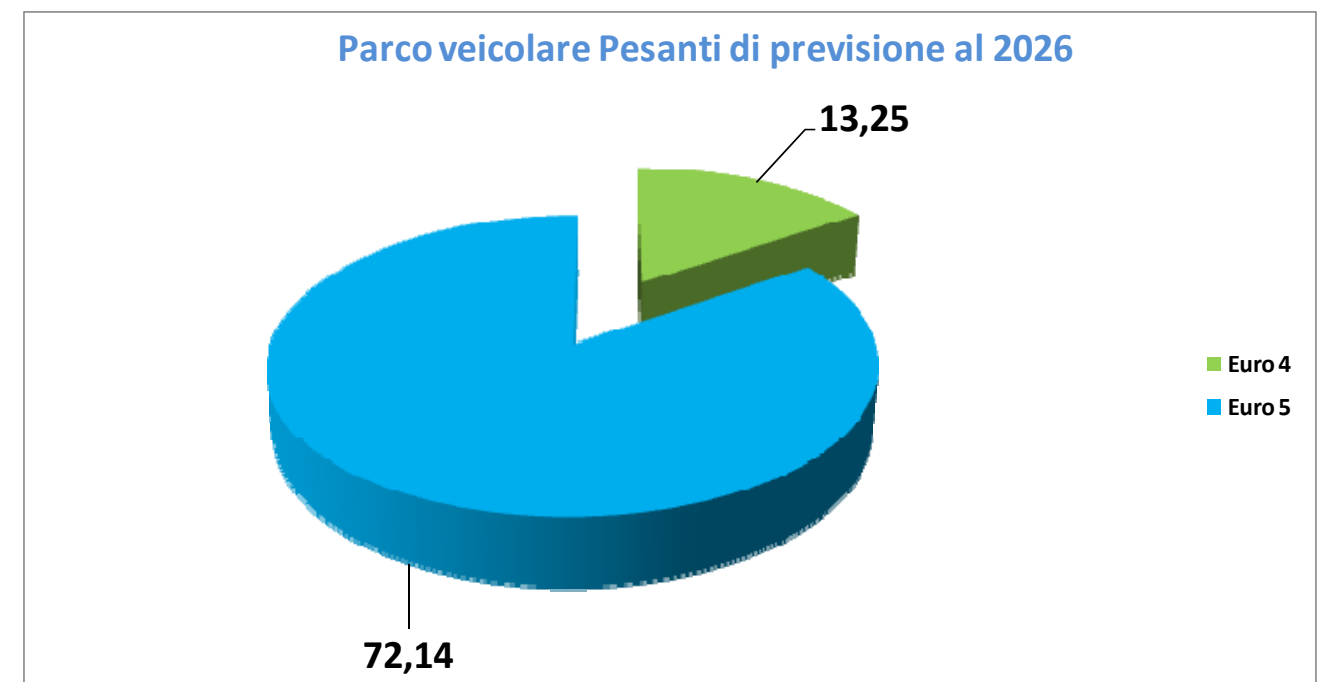


Figura 27: Distribuzione del parco per standard emissivo - Veicoli pesanti 2026

Le differenti distribuzioni di classi veicolari sono riportate nelle seguenti Tabelle.

Classe veicolare	2008	2016	2026
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro 0	2.50	2.41	0.00
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro 0	0.92	0.67	0.00
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro 0	0.20	0.11	0.00
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro 0	0.60	0.27	0.00
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro 0	0.44	0.18	0.00
Passenger Cars LPG Euro 0	0.76	0.23	0.00
Passenger Cars CNG Euro 0	1.06	1.54	1.24
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro 5	0.00	22.88	35.72
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro 5	0.00	6.75	9.17
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro 5	0.00	0.63	1.05
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro 5	0.00	10.27	27.94
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro 5	0.00	2.69	5.41
Passenger Cars LPG Euro 5	0.00	0.96	0.88
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro I	2.57	1.41	0.00
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro II	9.38	4.01	0.00
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro III	7.73	4.36	6.87
Passenger Cars Gasoline < 1.4 cc Euro IV	7.70	11.58	4.05
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro I	1.81	0.60	0.00
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro II	5.08	1.26	0.00
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro III	2.29	0.95	1.91
Passenger Cars Gasoline < 2.0 cc Euro IV	2.38	2.56	1.71
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro I	0.12	0.04	0.00
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro II	0.29	0.07	0.00
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro III	0.29	0.12	0.31
Passenger Cars Gasoline > 2.0 cc Euro IV	0.45	0.48	0.10
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro I	0.50	0.17	0.00
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro II	6.63	1.07	0.00
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro I	0.28	0.09	0.00
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro II	2.10	0.33	0.00
Passenger Cars LPG Euro I	0.38	0.11	0.00
Passenger Cars LPG Euro II	0.73	0.18	0.00
Passenger Cars LPG Euro III	0.21	0.12	0.65
Passenger Cars LPG Euro IV	0.33	0.57	0.93
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro III	18.09	4.90	0.79
Passenger Cars Diesel < 2.0 cc Euro IV	17.45	12.53	0.50
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro III	4.13	1.08	0.51
Passenger Cars Diesel > 2.0 cc Euro IV	2.57	1.80	0.25

Tabella 45: Distribuzione Veicoli Passeggeri Leggeri

Classe veicolare)	2008	2016	2026
Light Duty Vehicle Gasoline EURO 0	1,29	0,36	0,00
Light Duty Vehicle Gasoline EURO I	1,06	0,30	0,00
Light Duty Vehicle Gasoline EURO II	1,79	0,50	0,00
Light Duty Vehicle Gasoline EURO III	1,55	0,97	0,36
Light Duty Vehicle Gasoline EURO IV	0,54	1,07	0,79
Light Duty Vehicle Gasoline EURO V	0,00	0,01	3,64
Light Duty Vehicle Diesel EURO 0	12,77	3,55	0,00
Light Duty Vehicle Diesel EURO I	9,08	2,52	0,00
Light Duty Vehicle Diesel EURO II	24,54	6,81	0,00
Light Duty Vehicle Diesel EURO III	35,09	22,00	3,55
Light Duty Vehicle Diesel EURO IV	12,10	23,93	9,33
Light Duty Vehicle Diesel EURO V	0,18	37,99	82,33

Tabella 47: Distribuzione Veicoli Commerciali Leggeri

Classe veicolare	2008	2016	2026
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro 0	9,56	4,10	0,00
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro I	1,17	0,50	0,00
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro II	3,53	1,51	0,00
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro III	3,65	1,87	4,10
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro IV	0,59	2,70	2,01
Heavy Duty Vehicle < 7.5T Euro V	0,10	6,44	8,96
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro 0	8,68	3,72	0,00
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro I	1,22	0,53	0,00
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro II	3,18	1,36	0,00
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro III	3,11	1,59	3,72
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro IV	0,52	2,38	1,89
Heavy Duty Vehicle < 16T Euro V	0,02	1,29	7,51
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro 0	10,84	4,65	0,00
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro I	2,24	0,96	0,00
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro II	8,73	3,74	0,00
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro III	10,81	5,52	4,65
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro IV	1,67	7,68	4,70
Heavy Duty Vehicle < 32T Euro V	0,09	5,81	25,90
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro 0	2,40	1,03	0,00
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro I	0,92	0,40	0,00
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro II	6,43	2,75	0,00
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro III	9,08	4,63	1,03
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro IV	1,97	9,09	3,15
Heavy Duty Vehicle > 32T Euro V	0,14	8,83	23,06
Bus Diesel Euro 0	2,59	1,11	0,00
Bus Diesel Euro I	0,78	0,34	0,00
Bus Diesel Euro II	2,73	1,17	0,00
Bus Diesel Euro III	3,01	1,54	1,11
Bus Diesel Euro IV	0,03	0,15	1,50
Bus Diesel Euro V	0,20	12,63	6,71

Tabella 48: Distribuzione Veicoli Pesanti

5.1.2 Le ipotesi sui Fattori di emissione

Sono utilizzati per le simulazioni i fattori di emissione presenti nel software COPERT IV.

Le simulazioni relative agli scenari considerati sono condotte prendendo in considerazione un set ampio di inquinanti: CO, NO_x, VOC, Benzene, PM₁₀, PM_{2.5} e CO₂.

Il Benzene (C₆H₆) fa parte dei composti organici volatili (COV). Il D.Lgs.13 agosto 2010 n.155 stabilisce che il limite massimo di concentrazione di benzene è pari a 5 µg/m³ (calcolato come media annuale).

Il report CONCAWE⁹ riporta valori di emissione di benzene misurati utilizzando cicli di guida ECE (cicli di guida standard relativi a condizioni di moto urbane europee) ed EUDC (cicli di guida relativi a condizioni di moto extraurbane).

Più in particolare quando le emissioni di benzene allo scarico sono espresse come percentuale delle emissioni dei COV si ha:

$$\text{emissioni di benzene allo scarico} = c + a \times \text{BZ} + b \times \text{NBA}$$

dove:

- a, b, c sono coefficienti dipendenti dalla tipologia di veicolo e dal tipo di carburante utilizzato
- BZ è il contenuto di benzene nel carburante (% m/m)
- NBA è il contenuto degli idrocarburi aromatici non benzenici nel carburante (% m/m)

L'equazione espressa in termini di percentuale di benzene rispetto ai COV è preferibile rispetto alle stesse fornite dal rapporto ConcaWE espresse in termini di mg/km e di mg per grammi di carburante, in quanto riduce la variabilità delle emissioni in funzione della tipologia veicolare.

Il PM₁₀ è la frazione del particolato sospeso totale (PST) con diametro equivalente minore di 10 micron¹⁰. Il D.Lgs.13 agosto 2010 n.155 stabilisce come valori limite per il PM₁₀: 50 µg/m³ (media giornaliera da non superare più di 35 volte nell'anno civile) e 40 µg/m³ (media annuale).

Dalla bibliografia esistente si evince che il valore percentuale di PM₁₀ rispetto al PST totale oscilla tra il 50 % e l'80 % (questo dato si riferisce a valori misurati di concentrazione in aria)¹⁰.

A questo dato contribuiscono cinque differenti tipi di emissioni da traffico veicolare:

- emissioni dallo scarico
- emissioni da degradamento dell'asfalto stradale
- emissioni prodotte dal logoramento dei pneumatici
- emissioni da polveri dei freni
- emissioni da risospensione di polveri dalla superficie stradale.

⁹ CONCAWE: report n. 96/51: The influence of gasoline benzene and aromatics content on benzene exhaust emissions from non catalyst and catalyst equipped cars. A study of european data.

¹⁰ Fonte dati AUTO-OIL

Il database RAINS¹¹ (contenente fattori di emissione per tutte le sorgenti, anche industriali) della IIASA fornisce, in relazione alla sorgente traffico, valori di PM₁₀ relativi a diverse categorie veicolari (caso Italia). Il database RAINS fornisce anche fattori di emissione relativi al logoramento dei pneumatici, al logoramento dei freni ed alla abrasione della superficie stradale; I dati ricavati dal database RAINS risultano congruenti rispetto a quelli forniti dal Progetto AUTOOIL II¹².

La stima delle emissioni di PM₁₀ viene eseguita come di seguito specificato. Per quanto riguarda i veicoli alimentati a benzina il calcolo passa attraverso l'utilizzo dei fattori di emissione, sia diretti sia indiretti, forniti dai due database RAINS e AUTOOIL. L'emissione totale viene fornita come somma di due contributi differenti: quello dovuto alle emissioni allo scarico e quello dovuto alle emissioni indirette. I veicoli diesel, principali sorgenti di emissione di PST, vengono trattati in maniera differente. Sono considerati sempre due contributi all'emissione totale, quello diretto e quello indiretto. Ma, mentre per il contributo indiretto si fa riferimento sempre ai due database RAINS e AUTOOIL, per il contributo diretto si utilizza la percentuale, funzione della categoria veicolare, che lega l'emissione di PM₁₀ all'emissione di PST (di cui sono disponibili le correlazioni di emissione). Questa percentuale oscilla intorno all'85%: per gli autoveicoli aumenta fino ad oltre il 90%, mentre rimane intorno all'80% per i veicoli pesanti.

Per i dati di emissione di PM_{2.5} ci si riferisce alla fonte TUG - Tecnica Università di Graz che da anni rappresenta un centro di eccellenza nello studio delle emissioni da veicoli ed ha collaborato e collabora tutt'ora con i nostri centri di ricerca nazionali (vedi ENEA progetto ISHTAR finanziato dalla Comunità Europea). Ha inoltre preso parte al progetto ARTEMIS (Assessment and reliability of transport Emission models and inventory system) per quanto riguarda la parte dedicata al database di emissioni da trasporto stradale.

5.1.3 La rete simulata

Il calcolo del bilancio annuale (di cui al successivo paragrafo) è stato effettuato a partire dai dati forniti dallo studio trasportistico, applicando opportuni fattori moltiplicativi (ricavati a partire dai coefficienti mensili e giornalieri di traffico dello studio trasportistico) per tenere conto delle variazioni dei flussi nell'arco delle 24 ore, della settimana e dei 12 mesi dell'anno. Il bilancio, infatti, è stato effettuato a partire dai dati di flusso e velocità su ogni arco della rete desunti dai dati di assegnazione per le 3 fasce simulate (fascia bioraria media diurna del giorno feriale estivo, fascia bioraria di punta del sabato estivo, fascia bioraria media diurna del giorno feriale invernale).

Si ricorda che lo studio è limitato al **Lotto 3**. Si riassumono di seguito i dati di traffico nei 5 scenari simulati, utili per la successiva corretta valutazione dei bilanci emissivi:

1. scenario attuale
2. scenario programmatico al 2016,
3. scenario progettuale al 2016,
4. scenario programmatico al 2026,
5. scenario progettuale al 2026,

¹¹ fonte in rete: <http://www.iiasa.ac.at/rains/PM/docs/documentation.html>

¹² The AOPII Emissions Base Case. SENCO Sustainable Environment Consultants Ltd. June 1999

	Estensione della rete	<i>di cui con flussi nulli</i>	Rete caricata
Attuale	625,96	31,37	594,59
Programmatico 2016	625,96	32,16	593,81
Programmatico 2026	625,96	31,75	594,21
Progettuale 2016	557,32	25,05	532,27
Progettuale 2026	557,32	25,16	532,16

Tabella 49: Estensione della rete nei 5 scenari (Valori espressi in km)

Si osservi che l'estensione della rete con flussi diversi da "zero" mostra variazioni tra i differenti scenari, con oscillazioni tra 532 e 594 km.

	percordanze			velocità medie pesate		
	<i>leggeri</i>	<i>commerciali</i>	<i>pesanti</i>	<i>leggeri</i>	<i>commerciali</i>	<i>pesanti</i>
Attuale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PRM_2016	5,70	17,67	15,05	-1,94	-0,43	22,67
PRM_2026	29,40	61,62	50,22	-2,86	-0,94	21,00
PRG_2016	0,04	9,75	8,78	16,39	7,49	13,25
PRG_2026	19,36	46,94	42,78	11,95	7,50	12,11

Tabella 50: Variazione percentuale delle percordanze e delle velocità medie pesate rispetto allo scenario Attuale (Valori espressi in %)

Per le categorie di veicoli, tutti gli scenari evidenziano un incremento delle percordanze rispetto alla situazione attuale. I maggiori incrementi percentuali sono, come era da attendersi, relativi agli scenari al 2026, con il valore massimo del 61.62% per i veicoli commerciali dello scenario Programmatico al 2026 rispetto allo scenario Attuale. Di maggiore interesse risultano, però, i confronti tra scenari al medesimo intervallo temporale e cioè tra lo scenario programmatico e quello progettuale.

	percordanze			velocità medie pesate		
	<i>leggeri</i>	<i>commerciali</i>	<i>pesanti</i>	<i>leggeri</i>	<i>commerciali</i>	<i>pesanti</i>
2016	-5,35	-6,73	-5,46	18,70	7,95	-7,68
2026	-7,75	-9,09	-4,95	15,24	8,52	-7,35

Tabella 51: Variazione percentuale delle percordanze e delle velocità medie pesate tra lo scenario Programmatico e quello Progettuale (Valori espressi in %)

Tra lo scenario Programmatico e quello Progettuale, sia al 2016 sia al 2026, si osservano variazioni delle percordanze con segno negativo per tutte le categorie dei veicoli, leggeri, commerciali e pesanti, con un decremento massimo del 9.09% per i veicoli commerciali al 2026.

Considerazione a parte merita, invece, un altro interessante indicatore, la velocità media pesata sui veicoli*Km. Si osserva un anomalo aumento delle velocità negli scenari programmatici rispetto allo scenario attuale per i veicoli pesanti. Gli scenari di progetto evidenziano un notevole incremento delle

velocità, sia rispetto allo scenario attuale sia rispetto agli scenari programmatici per i veicoli leggeri e commerciali, mentre per i veicoli pesanti si osserva un incremento delle velocità solo rispetto allo scenario attuale.

5.1.4 Il bilancio emissivo

I risultati delle stime sono riassunti nella Tabella 61, che riporta le emissioni complessive stimate per l'intero anno solare per lo scenario attuale. Si specifica che le emissioni annuali sono state stimate sulla base dello studio trasportistico.

<i>Inquinanti</i>	2008 Attuale
CO	503,9
CO ₂	61.113,9
NO _x	385,1
PM ₁₀	21,1
COV	44,3
SO _x	1,5

Tabella 52: Emissioni complessive lotto 3(t/anno)

Per ogni inquinante è stato valutato:

- il contributo della SS1 (lotto 3) all'emissione totale della regione Toscana come stimata dall'IRSE 2005;
- il contributo della SS1 (lotto 3) all'emissione totale della provincia di Grosseto come stimata dall'IRSE 2005;
- il contributo della SS1 (lotto 3) alle emissioni totali dei singoli comuni interessati dall'opera (comuni di Grosseto, Massa Marittima, Scarlino, Gavorrano) come stimate dall'IRSE 2005.

Per valutare quest'ultimo contributo, l'emissione totale (lotto 3) è stata suddivisa attribuendo al territorio comunale la quota parte di emissione relativa al solo tratto che interessa il Comune stesso.

Non è stato possibile effettuare tali valutazioni per i parametri PM_{2.5} e benzene in quanto nell'inventario delle emissioni IRSE 2005, non sono state effettuate stime sull'emissione di tali inquinanti.

Per quanto riguarda, invece, il biossido di zolfo le percentuali sono calcolate rispetto alle emissioni totali di SO_x poiché nell'IRSE il biossido di zolfo è incluso nella somma SO_x (SO₂ + SO₃). Le percentuali così calcolate sono sottostimate. Tale sottostima è comunque di piccola entità in quanto si ricorda che le emissioni di ossido di zolfo sono costituite quasi esclusivamente da biossido di zolfo. Il triossido di zolfo, infatti, che si origina dall'ossidazione del biossido di zolfo, una volta formatosi, in presenza di vapor d'acqua si trasforma facilmente in acido solforico. Poiché la reazione di ossidazione che conduce alla formazione del triossido di zolfo è molto lenta e la reattività di questo composto con l'acqua è elevata, generalmente, la concentrazione del triossido di zolfo varia fra l'1 e il 5% della concentrazione del biossido di zolfo.

I risultati dei confronti sono riassunti nelle tabelle seguenti:

- in Tabella 53 sono riportate le emissioni totali della regione Toscana, l'emissione totale originata dall'asse della SS1 e il suo valore percentuale sul totale regionale.
- in Tabella 54 sono riportate le emissioni totali della provincia di Grosseto, l'emissione totale originata dall'asse della SS1 e il suo valore percentuale sul totale provinciale;
- nelle tabelle successive, invece, per ogni comune interessato dalla SS1 è riportata l'emissione totale comunale, la quota dell'emissione totale originata dall'asse della SS1, che ricade nel comune in oggetto e il suo valore percentuale sul totale comunale.

Si sottolinea che i suddetti confronti vanno considerati con cautela: i dati IRSE si riferiscono al 2005, mentre per il calcolo delle emissioni è stato utilizzato il parco circolante al 2008, nella modalità specificata precedentemente.. Va inoltre considerato il peso delle sorgenti puntuali che al 2008, come esposto precedentemente, è diverso rispetto a quello del 2005 sia perché sono sorte nuove sorgenti puntuali sia perché per quelle esistenti i valori di emissione potrebbero essere variati nel tempo, rispondendo, ad esempio, alle esigenze sempre più restrittive delle politiche ambientali riguardo alle emissioni in atmosfera. Non avendo a disposizione tutti i dati di input utilizzati per la stima delle emissioni dall'IRSE, non è possibile valutare di quanto possa essere diversa la stima effettuata al 2005 da quella effettuata nel presente lavoro e quindi se le percentuali calcolate sono affette da errori di sovrastima o sottostima.

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 3 (t/anno)	%
CO	367.682	503,9	0,137%
CO ₂	33.887.346	61.113,9	0,180%
NO _x	117.050	385,1	0,329%
PM ₁₀	23.951	21,1	0,088%
COV	161.611	44,3	0,027%
SO _x	93.188	1,5	0,002%

Tabella 53: Contributo del lotto 3 all'emissione totale della regione Toscana (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 3 (t/anno)	%
CO	21.202	503,9	2,377%
CO ₂	717.247	61.113,9	8,521%
NO _x	4.615	385,1	8,344%
PM ₁₀	1.433	21,1	1,475%
COV	10.790	44,3	0,411%
SO _x	3.804	1,5	0,040%

Tabella 54: Contributo del lotto 3 all'emissione totale della provincia di Grosseto (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 3 (t/anno)	%
CO	6.110	332,8	5,45%
CO ₂	220.904	40.858,2	18,50%
NO _x	1.250	262,1	20,97%
PM ₁₀	246	14,3	5,80%
COV	2.399	29,6	1,23%
SO _x	113	1,0	0,89%

Tabella 55: Contributo del lotto 3 all'emissione totale del comune di Grosseto (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 3 (t/anno)	%
CO	800	129,5	16,19%
CO ₂	22.330	15.624,2	69,97%
NO _x	157	96,7	61,61%
PM ₁₀	52	5,4	10,33%
COV	538	11,3	2,10%
SO _x	12	0,4	3,22%

Tabella 56: Contributo del lotto 3 all'emissione totale del comune di Gavorrano (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 3 (t/anno)	%
CO	899	20,8	2,31%
CO ₂	44.137	2.315,7	5,25%
NO _x	186	13,1	7,05%
PM ₁₀	53	0,7	1,40%
COV	200	1,7	0,85%
SO _x	42	0,1	0,14%

Tabella 57: Contributo del lotto 3 all'emissione totale del comune di Massa Marittima (%)

Inquinante	IRSE 2005 (t/anno)	Lotto 3 (t/anno)	%
CO	301	20,8	6,90%
CO ₂	20.936	2.315,7	11,06%
NO _x	110	13,1	11,93%
PM ₁₀	19	0,7	3,91%
COV	523	1,7	0,33%
SO _x	665	0,1	0,009%

Tabella 58: Contributo del lotto 3 all'emissione totale del comune di Scarlino (%)

Come si evince dalle tabelle, il contributo della SS1 all'emissione totale regionale è trascurabile. A livello provinciale tale contributo inizia a diventare discreto per gli inquinanti CO₂ e NO_x ma, è ancora di lieve entità per i restanti inquinanti. Per quanto riguarda il contributo alle emissioni comunali si può ben osservare come tale contributo sia funzione sia della lunghezza del tratto di SS1 che attraversa il comune, sia del carico inquinante a livello comunale. Maggiore è il numero di km della SS1 che attraversa il territorio comunale e maggiore è il quantitativo di inquinanti emesso. Per tale motivo l'emissione maggiore si ha nel comune di Grosseto e quella minore nei comuni di Massa Marittima e Scarlino. L'emissione della sorgente SS1 per questi due comuni è analoga in quanto la lunghezza del tratto di SS1 che li attraversa è la stessa, essendo la SS1 situata al confine dei due territori comunali. Nello specifico, in via conservativa, è stata attribuita l'emissione totale della SS1 ad entrambi i comuni, contabilizzando, dunque, 2 volte l'emissione che nel bilancio regionale e provinciale è ovviamente contabilizzata una sola volta. Sebbene l'emissione sia analoga, è diverso il contributo all'emissione totale comunale in quanto il carico inquinante del comune di Scarlino è inferiore a quello di Massa Marittima, eccezion fatta per i COV e gli SO_x. Complessivamente si può ritenere che per tutti gli inquinanti, l'emissione della fonte SS1 è di lieve entità e in più casi è trascurabile. Il maggior impatto si ha nel comune di Gavorrano, dove si registrano le percentuali più elevate, comprese tra il 2% e il 70%. Va osservato, comunque, che alle percentuali elevate non corrispondono valori assoluti elevati di emissione. In tutti i casi, infatti, le quantità emesse, in valore assoluto, sono di lieve entità.

5.2 Il modello di dispersione degli inquinanti

Per stimare le ricadute al suolo e le concentrazioni attese, sono state condotte simulazioni di dispersione in atmosfera, relativamente a 3 scenari:

1. attuale
2. scenario programmatico al 2016,
3. scenario progettuale al 2016,

Per la simulazione dei processi di dispersione è stato utilizzato il modello ADMS Roads[®] - Modello di diffusione gaussiana multisorgente in versione per Windows[®], realizzato dal CERC (Cambridge Environmental Research Consultant Ltd.). Quale modello gaussiano multisorgente, ADMS Roads[®] consente di effettuare simulazioni in versione "short-term" e in versione "long-term".

Per ADMS Roads[®] la struttura dello strato rimescolato è definito mediante parametri fisici misurabili che permettono una più realistica rappresentazione delle caratteristiche che influiscono sulla dispersione degli inquinanti e sulla concentrazione al suolo. Il 'boundary layer', secondo tale approccio, è caratterizzato dall'altezza h e dalla lunghezza di Monin-Obukhov L_{MO} e non più unicamente mediante le classi di instabilità di Pasquill-Gifford. La lunghezza di Monin-Obukhov è definita dalla seguente espressione:

$$L_{MO} = \frac{-u_o^3}{kgF_\theta / (\rho c_p T_0)}$$

dove

u_o = la velocità di frizione,

k = la costante di Von Barman, uguale a 0,4,
 F_θ = il flusso di calore in superficie,
 ρ = la densità dell'aria,
 c_p = calore specifico dell'aria,
 T_0 = temperatura della superficie.

5.3 Specifiche del modello di dispersione

Per tutti gli archi della rete simulati dal modello di emissione è stato disperso in versione "long-term" il carico emissivo medio stimato dal modello di emissione.

Il modello è stato impostato per effettuare l'elaborazione sull'intera area comprendente la rete simulata ed è stata così calcolata la distribuzione spaziale sul territorio delle concentrazioni al suolo di NO_x, SO₂, PM₁₀ e PM_{2.5}. Per il calcolo delle medie annuali, le simulazioni sono state eseguite applicando un approccio di tipo climatologico sulla base dei dati meteorologici misurati e osservati dal gennaio 1952 al dicembre 1991 nella stazione di Grosseto¹³. Tale approccio statistico è preferibile rispetto all'approccio cronologico, in quanto basato su valori meteorologici statistici calcolati su un periodo di tempo molto lungo (39 anni), anziché con riferimento ai valori meteorologici ora per ora ma associati ad uno specifico anno solare. In Figura 28 si riporta la rosa dei relativi venti utilizzata nelle simulazioni dei processi di dispersione, mentre per la Distribuzione delle frequenze stagionali e annuali delle classi di stabilità si rimanda alla trattazione meteo climatica del presente studio. Per il calcolo dei valori orari di NO₂ e SO₂ e per la media giornaliera di PM₁₀ le simulazioni sono state eseguite in condizioni meteorologiche critiche:

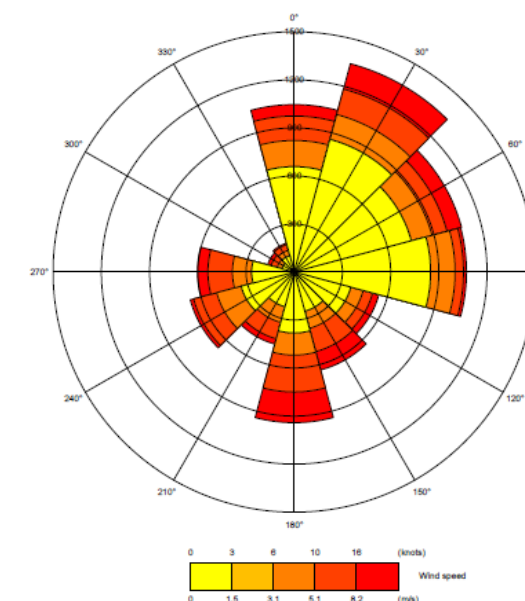


Figura 28: Rosa dei venti utilizzata nelle simulazioni

¹³ Si veda la trattazione climatologica del presente studio

Condizioni meteorologiche critiche utilizzate per il calcolo del valore orario di NO₂ e SO₂ e per la media giornaliera di PM₁₀.

- Classe di stabilità: F (atmosfera molto stabile)
- Temperatura dell'aria: 20 °C
- Altezza dello strato rimescolato pari a 50 metri
- Direzione del vento: 30°
- Calma di vento

Le concentrazioni al suolo degli inquinanti sono calcolate incrementando i valori di fondo con l'aliquota attribuibile alle emissioni della rete simulata. Per i valori di fondo, in mancanza di dati di riferimento desumibili da centraline ARPA, si è fatto riferimento in via conservativa ai dati desunti dal Rapporto annuale sulla qualità dell'aria della città di Grosseto del 2009, redatto da ARPAT e relativi alla stazione di fondo urbano di via Urss. Come già riportato precedentemente, i valori di concentrazioni di fondo sono stati considerati solo lievemente inferiori a quelli di via Urss: il valore di fondo annuale del PM₁₀ è stato assunto pari a 20 µg/m³; il valore di fondo annuale del PM_{2.5} è stato assunto pari a 14 µg/m³ (pari al 70% della media annuale di PM₁₀); per NO₂ il valore di fondo annuale è stato assunto pari a 18 µg/m³ e il valore di fondo orario pari a 50,0 µg/m³; il valore di fondo medio giornaliero per PM₁₀ è stato assunto pari a 25 µg/m³. Per quanto riguarda l'SO₂, non essendo disponibili dati rilevati nella provincia di Grosseto, non è stato possibile incrementare i valori delle concentrazioni al suolo con il valore di fondo. Le concentrazioni riportate nelle tabelle seguenti, dunque, si riferiscono alla sola aliquota attribuibile alle emissioni della rete simulata.

Si è fatto riferimento a tali valori di fondo sia per la simulazione dello scenario attuale, sia per la simulazione degli scenari al 2016.

5.3.1 I risultati del modello di dispersione

I risultati delle elaborazioni sono forniti nelle mappe allegate, che rappresentano le medie annuali di NO₂, PM_{2.5} e PM₁₀, espresse in µg/m³. Per quanto concerne l'NO₂ si specifica che al valore di fondo è stato sommato l'intero contributo degli NO_x emessi dalla fonte stradale. E' questo un approccio conservativo; infatti, i valori di NO₂ saranno ovviamente minori, essendo questo ultimo solo una aliquota degli NO_x totali emessi. Come noto, l'NO₂ aumenta all'aumentare della distanza dalla carreggiata. Dalle mappe emerge chiaramente la struttura del gradiente spaziale reso evidente dalle curve di isoconcentrazione.

I risultati sono riassunti nelle seguenti tabelle, che riportano le concentrazioni in 4 punti appartenenti al transetto rappresentato nella Figura 29. Si ricorda che i valori di SO₂ nelle tabelle rappresentano il solo contributo della fonte stradale dispersa, mentre per gli altri inquinanti i valori tengono anche conto delle concentrazioni di fondo.

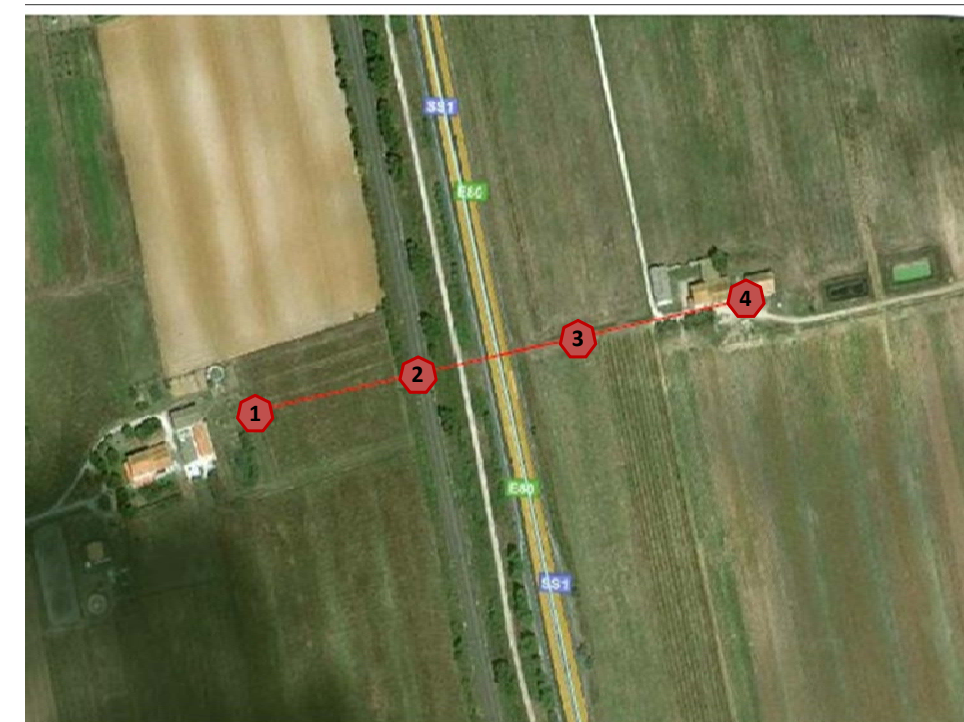


Figura 29: Localizzazione del transetto di lettura delle concentrazioni

La prima serie di tabelle riporta i valori di concentrazione media annuale di NO₂, SO₂, PM₁₀ e PM_{2.5}, mentre la seconda i valori massimi orari per NO₂ ed SO₂ e i massimi giornalieri per il PM₁₀.

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
1	150	25,76	< 0,1	21,74	15,32
2	50	25,51	< 0,1	21,68	15,28
3	50	25,16	< 0,1	21,60	15,22
4	150	24,89	< 0,1	21,54	15,17

Tabella 59: Concentrazione media annuale (µg/m³)

Scenario Attuale

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
1	150	23,91	< 0,1	21,66	15,11
2	50	24,57	< 0,1	21,61	15,22
3	50	24,98	< 0,1	21,54	15,20
4	150	24,52	< 0,1	21,49	15,16

Tabella 60: Concentrazione media annuale (µg/m³)

Scenario Programmatico 2016

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
1	150	21,50	< 0,1	20,86	14,58
2	50	21,39	< 0,1	21,04	14,64
3	50	21,18	< 0,1	28,96	14,68
4	150	20,88	< 0,1	20,72	14,50

Tabella 61: Concentrazione media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Scenario Progettuale 2016

Scenari	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
Attuale	30,00	< 0,1	23,96	17,20
Programmatico 2016	27,20	< 0,1	23,60	16,44
Progettuale 2016	29,00	< 0,1	22,72	15,80

Tabella 65: Concentrazione media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nel punto di massima ricaduta

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
1	150	73.78	< 0,2	26.59
2	50	75.50	< 0,2	26.68
3	50	75.61	< 0,2	26.69
4	150	73.06	< 0,2	26.54

Tabella 62: Concentrazioni massime – Oraria per NO₂ e SO₂ - Giornaliera per PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Scenario Attuale

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
1	150	73.34	< 0,1	26.30
2	50	71.72	< 0,1	26.21
3	50	69.42	< 0,1	26.08
4	150	67.72	< 0,1	25.98

Tabella 63: Concentrazioni massime – Oraria per NO₂ e SO₂ - Giornaliera per PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Scenario Programmatico 2016

Sito	distanza dall'Aurelia (metri)	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
1	150	66.70	< 0,1	26.23
2	50	70.65	< 0,1	26.42
3	50	72.55	< 0,1	26.65
4	150	67.63	< 0,1	26.14

Tabella 64: Concentrazioni massime – Oraria per NO₂ e SO₂ - Giornaliera per PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Scenario Progettuale 2016

I valori massimi stimati dal modello per tutti gli inquinanti (vedi Tabella 65) si verificano tuttavia all'interno della città di Grosseto, nell'area compresa tra la via Scansanese, via Mascagni e via Senese e sono da attribuire al traffico veicolare che interessa la città stessa di Grosseto, piuttosto che all'asse della statale Aurelia che corre in quell'area a circa 1,5 km dal punto di massima ricaduta stimato dal modello.

5.4 Conclusioni

In riferimento al transetto rappresentativo di una tipica sezione stradale e coincidente con il transetto oggetto del monitoraggio SIA, le medie annuali delle concentrazioni attese nello stato attuale sono maggiori rispetto ai valori di fondo tra il 7,70% e l' 8,72% per il PM₁₀, tra l'8.37% e il 9,46% per il PM_{2.5} e tra il 38,26% e il 43,11% per l'NO₂.

Le medie annuali delle concentrazioni attese nello stato di progetto al 2016 sono maggiori rispetto ai valori di fondo tra il 3,6% e il 44,8% per il PM₁₀, tra il 3,57% e il 4,83% per il PM_{2.5} e tra il 16% e il 19,44% per l'NO₂. Tra lo scenario di progetto e quello programmatico al 2016 è stimato un decremento delle concentrazioni, ad eccezione del PM10 per la postazione 3, in cui si verifica un incremento del 34,4%. Il decremento massimo, invece, tra lo scenario di progetto e quello programmatico al 2016 è pari a: 3,7% per il PM₁₀, 4,4% per il PM_{2.5}, 15,2% per l'NO₂ e 38% per l' SO₂.

Dal confronto delle medie annuali degli inquinanti PM₁₀, PM_{2.5} e NO₂ con i rispettivi valori limite annuali, pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM₁₀ e l'NO₂ e a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM_{2.5}, non risulta alcun superamento per tutti gli scenari simulati: Attuale, Programmatico 2016 e Progettuale 2016.

Per quanto concerne la media giornaliera di PM₁₀ e il valore massimo orario di NO₂ e SO₂, si stima per tutti gli inquinanti un decremento delle concentrazioni tra lo scenario attuale e quello programmatico al 2016. Il decremento massimo è pari all'2,3% per il PM₁₀, al 8,2% per l'NO₂ e al 54,4% per l'SO₂. Tale decremento si registra anche tra lo scenario programmatico e quello progettuale per gli inquinanti NO₂ (ad eccezione di una postazione in cui si registra un incremento del 4,5%) e SO₂, con un decremento massimo per l'NO₂ pari al 4,8%. Le concentrazioni di PM₁₀, invece, nello scenario di progetto registrano un incremento massimo del 2,2% rispetto allo scenario programmatico e solo in una postazione si stima un decremento dello 0,3%. Il decremento stimato tra lo scenario attuale e quello programmatico è imputabile sia al rinnovo del parco veicolare sia ad una lieve riduzione dei flussi in corrispondenza del transetto in oggetto. Il decremento tra lo scenario programmatico e progettuale, è ascrivibile, invece, alla generale diminuzione delle percorrenze complessive nello scenario progettuale rispetto a quello programmatico (come descritto nel precedente paragrafo 5.1.3) che nel caso specifico coincide con una riduzione dei flussi in corrispondenza del transetto.

La simulazione oraria per l'NO₂ mostra valori ben lontani dal limite orario di 200 µg/m³ per tutti e 3 gli scenari simulati: il valore massimo è pari a 75,61 µg/m³ per lo scenario attuale.

Lo stesso vale per l'SO₂, il cui valore limite orario è 350 µg/m³: i valori stimati, infatti, sono sempre inferiori a 0,2 µg/m³ nello scenario attuale e a 0,1 µg/m³ per lo scenario programmatico e quello progettuale.

Per quanto concerne la simulazione giornaliera del PM₁₀, dalla lettura delle tabelle emerge che i valori medi giornalieri stimati sono sempre inferiori a 50 µg/m³: la concentrazione massima stimata è pari a 26,70 µg/m³ nello scenario attuale.

6 Stima di impatto sulla qualità dell'aria delle attività di cantiere

L'impatto più significativo esercitato dal cantiere di costruzione sulla componente atmosfera è generato dal sollevamento di polveri: sia quello indotto direttamente dalle lavorazioni, sia quello indotto indirettamente dal transito degli automezzi sulla viabilità interna ed esterna. Di seguito si riassumono i metodi impiegati e i risultati della stima delle emissioni di polvere nel cantiere.

I parametri che sono assunti per rappresentare le polveri sono costituiti da PTS (polveri totali sospese) e PM₁₀ (frazione fine delle polveri, di granulometria inferiore a 10 µm).

Tra le sorgenti di polveri vengono trascurati i motori delle macchine operatrici, il cui contributo appare quantitativamente limitato, se confrontato alla generazione di polveri indotta dai lavori.

Vengono analogamente trascurate le emissioni generate dalle attività di preparazione delle aree di cantiere (scotico, sistemazione piazzali, ecc.), che, benché comportino lavori di movimento terra, hanno una durata ridotta (generalmente di poche settimane). Per queste attività si prevede comunque una riduzione della polverosità attraverso bagnatura sistematica del terreno.

6.1 Metodo di studio

Sono innanzitutto stimate le emissioni dovute alle attività del cantiere e quindi calcolato l'impatto dei mezzi di trasporto sulla viabilità utilizzando la metodologia COPERT integrata con il fattore di correzione per il carico, proposto dalla metodologia MEET¹⁴.

Il carico emissivo del cantiere e quello dei mezzi da e per il cantiere viene disperso in atmosfera per la stima delle concentrazioni al suolo delle polveri totali e fini (PM₁₀), nonché degli inquinanti emessi dai veicoli. Le simulazioni possono essere condotte attraverso l'applicazione del modello ADMS Roads[®] - Modello di diffusione gaussiana multisorgente in versione per Windows[®], realizzato dal CERC (Cambridge Environmental Research Consultant Ltd.), in quanto ritenuto corrispondente ai requisiti qualitativi per la valutazione delle dispersioni di inquinanti in atmosfera in regioni limitate (caratterizzate da scale spaziali dell'ordine di alcune decine di chilometri) e in condizioni atmosferiche sufficientemente omogenee e stazionarie.

Le simulazioni di dispersione in atmosfera sono solitamente condotte relativamente al caso rappresentativo della situazione di maggior impatto, cioè in riferimento alle fasi caratterizzate dal maggior carico emissivo.

I risultati dei processi di emissione e dispersione vengono forniti come valori alfanumerici in tabelle riassuntive.

Sulla base delle simulazioni precedenti vengono, infine, fornite le raccomandazioni e le prescrizioni per la mitigazione degli impatti.

¹⁴ METHODOLOGIES FOR ESTIMATING AIR POLLUTANT EMISSIONS FROM TRANSPORT. Emission Factors for Future Road Vehicles DELIVERABLE 26

6.2 Attività di cantiere: specifiche dei modelli di emissione

Per la fase di esercizio dei lavori in cantiere si usa stimare le emissioni di polveri in corrispondenza delle maggiori fonti, individuate principalmente tra le seguenti attività:

- trasporti interni al cantiere da e verso l'esterno (conferimento materie prime, trasporto smarino all'esterno del cantiere, spostamenti mezzi di lavoro, ...) su strade pavimentate e piste non pavimentate;
- operazioni di movimento terra (scavi, deposito terre da scavo riutilizzabili, carico e scarico inerti...);
- lavori di demolizione di strutture e fabbricati;
- impianto di frantumazione;
- impianto di betonaggio.

Le emissioni sono stimate a partire da una valutazione quantitativa delle attività svolte nel cantiere, tramite opportuni fattori di emissione derivati dal "Compilation of air pollutant emission factors" –EPA-, Volume I Stationary Point and Area Sources (Fifth Edition) e sono calcolate tramite la relazione

$$E = A \times F$$

dove E indica le emissioni, A l'indicatore dell'attività correlato con le quantità emesse (grandezza caratteristica della sorgente che può essere strettamente correlata alla quantità di inquinanti emessi in aria) e F il fattore di emissione (massa di inquinante emessa per una quantità unitaria dell'indicatore).

Di seguito, per le principali attività capaci di contribuire in maniera significativa alla generazione di polveri, cioè per ciascuna sorgente, vengono riportati:

- il fattore di emissione utilizzato F;
- i parametri da cui F dipende;
- l'indicatore dell'attività A;
- la fonte bibliografica impiegata per la stima del fattore di emissione.

La stima del fattore di emissione è ripetuta confrontando due situazioni caratteristiche corrispondenti a terreno secco ed a terreno imbibito d'acqua: questa seconda situazione è rappresentativa delle condizioni che si manifestano a seguito dell'innaffiatura; la relativa analisi permette pertanto di valutare l'efficacia della bagnatura come sistema per l'abbattimento della polverosità.

Non essendo previsti impianti di frantumazione e betonaggio e prescrivendo comunque la pavimentazione dei piazzali in misto cementato compatto viene effettuato il calcolo per le sole seguenti attività:

- Cumuli di terra, carico e scarico
- Traffico veicolare nelle aree pavimentate

6.2.1 Cumuli di terra, carico e scarico

Il fattore di emissione utilizzato per la stima della polverosità generata dalle attività di movimento terra è il seguente:

$$F = k(0,0016) \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} \quad (kg / t)$$

(AP-42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13,
13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles)

dove

k= costante moltiplicativa adimensionale variabile in funzione della dimensione delle particelle:

k= 0,74 per il calcolo di PM tot

k= 0.35 per il calcolo di PM₁₀

U= velocità media del vento (m/s)

M= umidità del materiale accumulato (%)

La formula empirica consente una stima attendibile delle emissioni per valori di U e M compresi nel range di valori specificato nella tabella seguente.

Parametro	Range
Velocità del vento	0,6 – 6.7 m/s
Umidità del materiale	0,25 – 4,8 %

Per la stima in condizioni "normali" l'umidità del materiale è assunta pari a 0,25% (il valore più basso compatibilmente con il range di validità della formula); al fine di simulare le condizioni post-innaffiamento, l'umidità del materiale è invece assunta pari a 4,8%.

Il valore del fattore di emissione risultante nelle due situazioni è specificato nella tabella seguente:

Condizione	Fattore di emissione F	
	PM tot	PM 10
Normale	0,09 kg/t	0.04 kg/t
Post -innaffiamento	0,0015 kg/t	0,0007 kg/t

Si evidenzia come la bagnatura del terreno durante i lavori di movimento terra possa comportare una riduzione dell'emissione di polveri (in termini sia di polveri totali sia di PM₁₀) di oltre il 98%.

L'indicatore dell'attività (A) è rappresentato dalle tonnellate di materiale accumulato e/o trattato in un'ora. Tale valore è stimato a partire dalle tonnellate di smarino derivante dagli scavi. Il valore delle emissioni ottenuto risulta quindi espresso in chilogrammi di polvere emessa all'ora.

6.2.2 Traffico veicolare nelle aree pavimentate

La formula empirica impiegata per stimare le emissioni di polvere in questo caso è la seguente:

$$F = k(sL/2)^{0.98} \times (W/3)^{0.53} \times (S/30)^{0.16} \times (1-1,2 \cdot P/N) \quad (\text{kg/km}) \quad (\text{AP-42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13, 13.2.1 Paved Roads})$$

dove

F = fattore di emissione (g/km),

sL = contenuto di limo dello strato superficiale delle aree pavimentate percorse dai mezzi (g/m²)

W = peso medio dei mezzi di cantiere che percorrono le aree considerate (t)

S = velocità media dei mezzi in transito (mph)

P= ore di pioggia in un anno

N = 8.760

k = costante moltiplicativa variabile in funzione della dimensione delle particelle

k= 21,96 per PM tot

k= 4,22 per PM10

Il peso medio dei mezzi (carichi in entrata e scarichi in uscita o viceversa) è assunto pari a 15 tonnellate.

Il valore del fattore di emissione risultante nelle due situazioni (con e senza innaffiamento) è specificato nella tabella seguente:

Condizione	Fattore di emissione F	
	PM tot	PM ₁₀
Normale	0,75 kg/km	0,15 kg/km
Post-innaffiamento	0,16 kg/km	0,03 kg/km

L'indicatore dell'attività (A) è rappresentato dai chilometri percorsi dai veicoli circolanti sulle aree pavimentate in un'ora. Tale valore viene calcolato per il cantiere a partire dalla stima del numero medio di mezzi circolanti sulle aree pavimentate del cantiere stesso in un'ora di lavoro e dalla stima del numero medio dagli stessi di chilometri percorsi nello stesso intervallo di tempo.

Si evidenzia come la bagnatura della sede stradale possa comportare una riduzione dell'emissione di polveri totali e fini di oltre il 60%: tale intervento assume quindi un'importanza sostanziale al fine di prevenire la diffusione di polveri all'esterno delle aree di cantiere.

6.3 **Movimentazione mezzi pesanti sulla rete viaria: specifiche dei modelli di emissione**

La stima delle emissioni inquinanti in atmosfera dovuta alla movimentazione dei mezzi pesanti da e per i cantieri è solitamente effettuata in condizioni conservative, riferendosi cioè alle attività che maggiormente determinano movimentazioni di mezzi pesanti.

6.3.1 Il parco veicolare e i Fattori di emissione

Per la definizione del parco veicolare vengono seguite le linee guida del progetto MEET, finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del IV Programma Quadro, relative al caso Italia.

Per quanto riguarda i fattori di emissione, sono utilizzati per le simulazioni quelli forniti dal software COPERT III e dalla metodologia MEET.

Le simulazioni sono condotte prendendo in considerazione due inquinanti convenzionali da traffico veicolare CO e NO_x e un inquinante su cui la Comunità Europea ha imposto un monitoraggio specifico, il PM₁₀. Non è considerato il benzene, la cui emissione dai veicoli diesel è trascurabile.

Il database RAINS¹⁵ (contenente fattori di emissione per tutte le sorgenti, anche industriali) della IIASA fornisce, in relazione alla sorgente veicolare, i valori di PM₁₀ relativi a diverse categorie veicolari (caso Italia). Lo stesso database fornisce anche i fattori di emissione relativi al logoramento dei pneumatici, al logoramento dei freni ed alla abrasione della superficie stradale. I dati ricavati dal database RAINS risultano congruenti rispetto a quelli forniti dal Progetto AUTOOIL II¹⁶.

La stima delle emissioni di PM₁₀ viene eseguita considerando due contributi all'emissione totale, quello diretto e quello indiretto. Per il contributo indiretto si fa riferimento ai due database RAINS e AUTOOIL, mentre per il contributo diretto si utilizza la percentuale, funzione della categoria veicolare, che lega l'emissione di PM₁₀ all'emissione di PST (di cui sono disponibili le correlazioni di emissione). Questa percentuale oscilla intorno all'80% per i veicoli pesanti.

6.3.2 Il fattore di carico

La fonte emissiva è costituita dagli automezzi che transitano sui percorsi individuati, parte a pieno carico, parte scarichi. Della condizione di carico se ne tiene conto facendo uso del fattore di correzione per il carico, proposto dalla metodologia MEET.

¹⁵ fonte in rete: <http://www.iiasa.ac.at/rains/PM/docs/documentation.html>

¹⁶ The AOPII Emissions Base Case. SENCO Sustainable Environment Consultants Ltd. June 1999

Secondo tale approccio, le emissioni di un veicolo a pieno carico vengono modificate da un coefficiente numerico moltiplicativo che è il risultato di una funzione dipendente dal gradiente stradale e dalla velocità media del veicolo stesso. Per veicoli con stazza fino a 16 tonnellate si fa uso della seguente formula¹⁷:

$$\Phi(\gamma, v) = k + n \cdot \gamma + p \cdot \gamma^2 + q \cdot \gamma^3 + r \cdot v + s \cdot v^2 + t \cdot v^3 + u/v$$

dove:

- k, n, p, q, r, s, t, u sono coefficienti costanti il cui valore dipende dalla tipologia di veicoli sotto osservazione;
- γ rappresenta il gradiente stradale espresso in percentuale;
- v rappresenta la velocità media del veicolo.

6.4 Specifiche del modello di dispersione

Il modello può essere impostato per calcolare il valore massimo atteso di concentrazione al suolo di polveri fini e totali. Le simulazioni vengono eseguite nella condizione meteorologica più frequente e in quella più critica per le emissioni, definite come segue:

Condizione 1: la più critica per le emissioni

- Classe di stabilità: A (instabile)
- Altezza dello strato rimescolato pari a 1.300 metri.
- Velocità del vento: 6 m/s. Questa scelta è derivata dall'ipotesi di valutare la situazione più critica da un punto di vista emissivo.

Condizione 2: la più frequente per condizioni meteorologiche

- Classe di stabilità: D (atmosfera neutra)
- Altezza dello strato rimescolato pari a 800 metri.
- Velocità del vento: 2 m/s. Questa scelta è derivata dall'ipotesi di valutare la situazione neutra in regimi di vento non elevati.

6.5 Risultati

Vengono presentati separatamente i risultati per ognuna della attività in forma parametrica, in mancanza di dati sull'indicatore di attività.

¹⁷ Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Transport - Emission Factors and Traffic - characteristics Data Set - Deliverable 21, Gennaio 1998 Pag. 29

6.5.1 Cumuli di terra, carico e scarico

In questo caso il calcolo è effettuato relativamente ai volumi di smarino per una movimentazione oraria pari a 1 mc di materiale.

Per il materiale movimentato durante le operazioni di scavo si è effettuato il calcolo considerando una umidità del materiale sfavorevole, pari a 1,5%, e due differenti condizioni di vento. Si riportano di seguito i risultati del carico emissivo atteso in kg/h:

PTS	PM ₁₀
0,01044	0,00492

velocità del vento pari a 6 m/s – valori espressi in kg/h

PTS	PM ₁₀
0,00252	0,0012

velocità del vento pari a 2 m/s – valori espressi in kg/h

Si ripete ora il calcolo relativamente allo stesso materiale accumulato. In questo caso per la stima in condizioni "normali" l'umidità del materiale è assunta pari a 0,25%, in condizioni post-innaffiamento pari a 4,8%.

<i>Senza innaffiamento</i>		<i>Post-innaffiamento</i>	
PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀
0,12832	0,6068	0,00204	0,00096

velocità del vento pari a 6 m/s – valori espressi in kg/h

<i>Senza innaffiamento</i>		<i>Post-innaffiamento</i>	
PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀
0,03076	0,01456	0,00048	0,00024

velocità del vento pari a 2 m/s – valori espressi in kg/h

Emerge chiaramente come la bagnatura del terreno durante i lavori di movimento terra possa comportare una riduzione dell'emissione, sia di polveri totali sia di PM₁₀, di oltre il 98%.

I valori di concentrazione al suolo dovrebbero essere calcolati nelle condizioni meteorologiche tipiche (vento a 6 m/s in Classe A, vento a 2 m/s in Classe D) una volta noti i mc complessivi di materiale movimentato.

6.5.2 Traffico veicolare nelle aree pavimentate

Per la stima di impatto ci si è riferiti ad percorrenza oraria complessiva dei mezzi da e per il cantiere unitaria, pari cioè a 1,0 km. I valori di emissione attesi, espressi in kg/h, sono riportati nella seguente tabella.

Senza innaffiamento		Post-innaffiamento	
PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀
0,74459	0,15416	0,15859	0,02708

valori espressi in kg/h

6.5.3 Movimentazione mezzi pesanti sulla rete viaria: specifiche dei modelli di emissione

Anche in questo caso il calcolo è effettuato in forma parametrica, relativamente ad un numero di passaggi orari pari a 10 mezzi. Tali flussi non sono tali da influenzare significativamente la qualità dell'aria, producendo, secondo le stime, le seguenti emissioni (i dati sono espressi come emissioni lineari in kg/km).

CO	NO _x	PM ₁₀
0,063585	0,061324	0,005922

valori espressi in kg/km

Anche in questo caso i valori di concentrazione al suolo dovrebbero essere calcolati nelle condizioni meteorologiche tipiche (vento a 6 m/s in Classe A, vento a 2 m/s in Classe D) una volta noti i km complessivi percorsi dai mezzi all'interno del cantiere.

6.5.4 Conclusioni

La somma dei singoli contributi, valendo il principio di sovrapposizione degli effetti, determina i valori di concentrazione attesi al suolo. Effettuando il calcolo sulla base delle stime parametriche di cui ai paragrafi precedenti i valori di concentrazione attesi sono decisamente trascurabili rispetto ai valori di norma.

Emerge comunque dai risultati delle stime condotte che l'attività di bagnatura assume un'importanza sostanziale al fine di prevenire la diffusione di polveri all'esterno delle aree di cantiere.

6.6 Prescrizioni per la riduzione dell'inquinamento atmosferico dovuto ai cantieri

La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sui ricettori circostanti le aree di lavoro è basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree e, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento.

Come emerso dai modelli di calcolo utilizzati per la stima di impatto delle attività di cantiere, le principali azioni consistono nella riduzione delle emissioni, privilegiando processi di lavorazione ad umido, e nella predisposizione di barriere fisiche alla dispersione.

Gli interventi da adottare per bloccare le polveri dovranno consistere in:

1. **barriere fisiche** disposte lungo tutto il **perimetro delle aree di lavoro**. Sono barriere artificiali in legno posizionate nelle immediate prossimità delle aree a maggior rilascio di polveri. Dovranno essere previste barriere antipolvere **di altezza pari a 2.5 metri**.
2. **bagnatura delle piste, dei piazzali e delle strade esterne** impiegate dai mezzi di cantiere, finalizzata ad impedire il sollevamento delle particelle di polvere da parte delle ruote dei mezzi e a legare le stesse particelle fini al suolo. Tale operazione sarà eseguita tramite autobotti.
3. l'abbattimento della polverosità con **sistemi ad umido** in aree particolarmente critiche.

Gli altri interventi di mitigazione che agiscono direttamente sulle sorgenti di polverosità e che dovranno essere adottati comprendono:

- l'installazione di un **impianto di lavaggio delle ruote degli automezzi** in uscita dalle aree di lavoro: si tratta di una semplice vasca d'acqua in cui vengono fatti transitare i mezzi di cantiere al fine di prevenire la diffusione di polveri, come pure l'imbrattamento della sede stradale all'esterno del cantiere; La vasca avrà dimensioni di 8 m (in senso longitudinale) x 4 m (in senso trasversale) e una profondità di 60 cm.
- la **copertura dei carichi** che possono essere dispersi in fase di trasporto;
- particolare **attenzione** dovrà inoltre essere posta **alla modalità ed ai tempi di carico e scarico**, alla disposizione razionale dei cumuli di scarico e all'alternanza delle operazioni di stesa;
- nelle zone di lavorazione dovrà essere imposta e fatta rispettare una **velocità dei mezzi modesta** e comunque adeguata alla situazione reale dei piani di transito;
- i **mezzi di trasporto** dovranno essere di prima immatricolazione non antecedente all'anno 2000 e sottoposti a continua manutenzione.

Infine le attività di scavo e di movimentazione terre dovranno essere interrotte in caso di velocità del vento superiore a 6 m/s. Il cantiere dovrà dotarsi di anemometro a norma.

6.7 Dimensionamento delle opere e delle azioni di mitigazione

Per le aree di cantiere e per la viabilità di accesso alle aree di cantiere è da prevedere l'**irrorazione almeno bisettimanale**. Il dimensionamento dei quantitativi d'acqua necessari per l'irrorazione delle aree di cantiere e per la viabilità di accesso viene effettuato secondo il seguente schema di computo metrico estimativo:

- mc di acqua trasportati da n 1 autobotte = 6
- mm di spessore della tavola d'acqua irrorata: 1 per aree asfaltate
- n° di passaggi settimanali per area di cantiere = 2
- nei periodi caratterizzati da sufficiente piovosità si può prevedere un potenziale sfruttamento della pioggia per l'irrorazione delle aree di cantiere
- l'irrorazione dovrà essere effettuata tra le ore 7.00 e le ore 8.00 del mattino
- l'area transitabile per ogni cantiere viene così suddivisa: almeno 2/3 asfaltata (il calcolo è stato con 1/3 in misto cementato).