

A	DICEMBRE 2011	EMISSIONE				G.LEMOS	A.GOZZI	A.GOZZI													
REV.	DATA	DESCRIZIONE				ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO													
SOSTITUISCE L'ELABORATO N~						SOSTITUITO DALL'ELABORATO N~															
<b>CONSORZIO PER LE AUTOSTRADE SICILIANE</b> <b>AUTOSTRADA SIRACUSA – GELA</b> <b>2° TRONCO: ROSOLINI – RAGUSA</b> <b>LOTTO 10/11</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																					
IDENTIFICAZIONE ELABORATO																					
E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A
PROG.	STRADA	LOTTO	MACRO OPERA	OPERA		PARTE DI OPERA		TIPOLOGIA ELABORATO	N. ELABORATO	REV.											
<b>LOTTO 10 "IRMINIO"</b> <b>VERIFICA DI OTTEMPERANZA DEL ESECUTIVO</b> <b>AL PROGETTO APPROVATO DAL MINISTERO DELL'AMBIENTE</b> <b>E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO</b> <b>CON DECRETO DEL 21-01-2002 (DEC-VIA-6912)</b> <b>PRESCRIZIONE C1</b> <b>RELAZIONE INQUINAMENTO ATMOSFERICO</b>																					
DATA	DICEMBRE 2011					PROGETTAZIONE															
CODICE CAD-FILE	EA1810T00SGC1AMBRE001A.doc					IL RESPONSABILE : DOTT. ING. F. BUSOLA															
<small>OPERA PROTETTA AI SENSI DELLA LEGGE 22 APRILE 1941 N. 633 TUTTI I DIRITTI RISERVATI  QUALSIASI RIPRODUZIONE ED UTILIZZAZIONE NON AUTORIZZATE SARANNO PERSEGUITE A RIGORE DI LEGGE</small>																					

**AUTOSTRADA SIRACUSA-GELA**

**2° TRONCO ROSOLINI - RAGUSA**


**PROGETTO ESECUTIVO**

**LOTTO 10 "IRMINIO"**

**VERIFICA DI OTTEMPERANZA DEL PROGETTO ESECUTIVO  
AL PROGETTO APPROVATO DAL MINISTERO  
DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO CON  
DECRETO DEL 21-01-2002 (DEC-VIA-6912)**


**PRESCRIZIONE C - 1**

**RELAZIONE INQUINAMENTO ATMOSFERICO**

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 1
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						


## INDICE

1.	PREMESSA	4
	1.1. Introduzione ai contenuti specifici dello studio	5
2.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO IN ESAME ED INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INDAGINE	6
	2.1. Ricettori individuati	8
3.	INQUINAMENTO ATMOSFERICO DA TRAFFICO STRADALE	10
	3.1. Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )	11
	3.2. Monossido di carbonio (CO)	12
	3.3. Il materiale particellare (PTS)	13
	3.4. Composti organici volatili (COV)	13
	3.5. Benzene	14
	3.6. Ozono (O <sub>3</sub> )	15
4.	INQUADRAMENTO NORMATIVO	17
5.	IL MODELLO DISPERSIVO PREVISIONALE	23
	5.1. AERMOD-View	23
6.	CARATTERIZZAZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE	29
	6.1. Qualità dell'aria	30
7.	GLI EFFETTI INDOTTI DALLA NUOVA INFRASTRUTTURA AUTOSTRADALE	40
	7.1. Parametri di input del modello	41
	7.2. Caratteristiche meteo climatiche	41
	7.3. Caratteristiche geometriche	52
	7.4. Caratteristiche della sorgente	56
	7.5. Flussi di traffico veicolare	62
	7.6. Risultati	63
8.	CONCLUSIONI	68

 <b>INGEGNERIA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 2
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						


## INDICE DELLE FIGURE

Fig. 2.1 - Area interessata dall'infrastruttura stradale.	7
Fig. 2.2 - Indicazione degli edifici destinati ad esproprio e demolizione (marrone)	8
Fig. 2.3 - Indicazione degli edifici destinati ad esproprio e demolizione (marrone)	9
Fig. 2.4 - Indicazione degli edifici destinati ad esproprio e demolizione (marrone)	9
Fig. 3.1 - Esempio di distribuzione giornaliera di NO, NO <sub>2</sub> e O <sub>3</sub> .	16
Fig. 6.1 - Classificazione del territorio ai fini del mantenimento e risanamento della qualità dell'aria. Nel cerchio rosso viene evidenziata l'area di studio.	32
Fig. 7.1 - Climatologia annuale del vento filato (kmx1000) (stazione di Gela)	44
Fig. 7.2 - Distribuzione di frequenza dell'intensità del vento nell'area di studio.	46
Fig. 7.3 - Rosa dei venti dell'area di studio elaborata con il pre-processore meteorologico AERMET.	46
Fig. 7.4 - Tipi di "plumes" indotti dalle diverse classi di stabilità atmosferica.	50
Fig. 7.5 - Distribuzione di frequenza delle classi di stabilità atmosferica.	50
Fig. 7.6 - Vista 3D – Schematizzazione modello dispersivo AERMOD-View	54
Fig. 7.7 - Vista planimetrica – Schematizzazione modello dispersivo AERMOD-View	55
Fig. 7.8 - Ripartizione percentuale di ogni categoria sul parco veicolare della Sicilia.	59

 <b>REGIONE SICILIANA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 3
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

## INDICE DELLE TABELLE

Tab. 4.1 - Valori limite degli inquinanti atmosferici e valori obiettivo secondo la normativa vigente..	19
Tab. 6.1 - Stazioni di monitoraggio provinciali.	31
Tab. 6.2 - Descrizione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria utilizzate.	37
Tab. 6.3 - Elaborazioni statistiche sui dati di concentrazione degli inquinanti.	38
Tab. 6.4 - Valori di fondo utilizzati nelle simulazioni dispersive.	39
Tab. 7.1 - Caratteristiche del campo anemologico (stazione di Gela- fonte UCEA)	44
Tab. 7.2 - Intensità del vento media mensile (m/s)	45
Tab. 7.3 - Temperatura media mensile (°C)	47
Tab. 7.4 - Umidità media mensile (%)	47
Tab. 7.5 - Precipitazioni totali medie mensili (mm/mese), sopra, e numero di giorni piovosi ogni mese, sotto.	48
Tab. 7.6 - Radiazione solare media mensile (MJ/m <sup>2</sup> )	48
Tab. 7.7 - Altezza dello strato di rimescolamento (m).	51
Tab. 7.8 - Classificazione veicoli secondo la metodologia COPERT IV.	58
Tab. 7.9 - Parco veicolare circolante Sicilia Autoritratto 2009.	60
Tab. 7.10 - Fattori di emissione da traffico veicolare utilizzati nel modello.	61
Tab. 7.11 - Flussi di traffico nella configurazione post-operam (veic/ora)	62
Tab. 7.12 - Risultati delle simulazioni sui ricettori puntuali (post-operam)	65

 <b>REGIONE SICILIANA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 4
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

## 1. PREMESSA

Il presente studio scaturisce dall'istruttoria prevista dalle norme in materia di Valutazione di Impatto Ambientale sul progetto dell'Autostrada Siracusa-Gela, con riferimento particolare al Lotto 10 del secondo Tronco Rosolini-Ragusa. Tale porzione del progetto ha ricevuto un giudizio di compatibilità positivo, sancito dal Decreto del Ministero dell'Ambiente DEC/VIA/6912 del 21/01/2002, condizionato dal rispetto di alcune prescrizioni oggetto di verifica di ottemperanza.


Fra queste prescrizioni rientra la prescrizione C-1, con la quale si richiede che, in sede di progettazione esecutiva, vengano prodotte *“adeguate simulazioni relative alla ricaduta di inquinanti atmosferici e ai livelli di pressione sonora derivanti dall'esercizio della nuova infrastruttura lungo tutto il tracciato; il dimensionamento delle opere di mitigazione dell'impatto acustico”* ritenendo preliminari le elaborazioni eseguite in sede di studio di impatto ambientale.

Nel presente rapporto sono riportati i risultati relativi allo studio di dettaglio dell'inquinamento atmosferico indotto dall'esercizio del Lotto 10 dell'autostrada Siracusa-Gela e la verifica della corrispondenza dei risultati previsionali con la normativa vigente.

Lo studio in oggetto si compone di due parti: nella prima descrive e valuta la qualità dell'aria presente nella situazione ante-operam, mentre nella seconda stima l'impatto prodotto dal futuro traffico veicolare, calcolando i valori della concentrazione dei principali inquinanti attraverso un modello di simulazione previsionale e confrontando tali valori con i limiti definiti dalla normativa vigente.

Per l'analisi della configurazione futura è stato utilizzato il software previsionale A-ERMOD-View.

Nei successivi capitoli verrà presentata una sintesi del quadro normativo di settore che delinea gli standard di riferimento e la descrizione del software previsionale utilizzato. Sarà inoltre illustrata l'analisi effettuata con il modello previsionale dell'inquinamento atmosferico.

 <b>REGIONE SICILIANA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 5
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

## 1.1. Introduzione ai contenuti specifici dello studio

L'inquinamento atmosferico è definito dalla normativa italiana come “ogni modificazione della normale composizione o stato fisico dell'aria atmosferica, dovuta alla presenza nella stessa di una o più sostanze in quantità o con caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria; da costituire pericolo ovvero pregiudizio diretto o indiretto per la salute dell'uomo; da compromettere le attività ricreative e gli usi legittimi dell'ambiente; da alterare le risorse biologiche ed i beni materiali pubblici e privati”.


Il presente studio d'impatto atmosferico, relativo all'intervento di completamento dell'autostrada Siracusa – Gela, è finalizzato all'individuazione dei fattori che concorrono alla determinazione dello stato d'inquinamento dell'aria dovuto alla messa in esercizio dell'autostrada in termini di modificazione delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera.

Per analizzare quale sarà l'impatto sulla componente atmosferica nelle aree limitrofe, si è provveduto preliminarmente ad un attento esame del territorio, mediante sopralluoghi e analisi cartografica. A seguito di questo esame sono stati individuati i ricettori potenzialmente impattati.

Per la stima degli impatti, sono stati acquisiti ed elaborati i dati meteorologici dell'area oggetto di studio, essenziali per la descrizione dei processi di dispersione e di diffusione degli inquinanti immessi in atmosfera.

Per caratterizzare lo stato della qualità dell'aria ad ampio spettro (Sicilia) è stata eseguita una ricerca, tramite la banca dati dell'ARPA, sulla concentrazione degli inquinanti in atmosfera negli ultimi anni (Studio ante-operam).

Attraverso l'applicazione dei modelli matematici più adatti a questo studio, sono stati stimati i livelli di concentrazione degli inquinanti, dovuti alla messa in esercizio dell'infrastruttura (traffico) sui ricettori potenzialmente più esposti all'opera in progetto. Inoltre è stato verificato il rispetto dei limiti imposti dalla normativa vigente (Studio post-operam).

 <b>REGIONE SICILIANA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 6
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

## 2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO IN ESAME ED INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INDAGINE

Lo studio di qualità dell'aria riguarda il Lotto 10 denominato "Irminio" del 2° Tronco "Rosolini – Ragusa" in cui è stata suddivisa l'Autostrada Siracusa – Gela. Il lotto ricade interamente nella provincia di Ragusa ed interessa il territorio del Comune di Scicli.

Il Lotto 10 inizia immediatamente dopo lo svincolo di Scicli previsto nel Lotto 9, è compreso tra le progressive generali Km 72+635.41 e Km 77+715.01 ed è quindi lungo 5079.60 m.


Il tracciato, termina la curva verso nord iniziata già nel lotto precedente, sale con pendenza compresa tra il 3 e il 4 % in direzione nord per circa 2 km; con un lungo rettilineo che immette in una curva verso nord ovest che inizia in corrispondenza del cavalcavia della SP 19. In questo tratto l'Autostrada è prevista prevalentemente in trincea.

Immediatamente dopo il tracciato attraversa un dosso per poi scendere, in galleria prima naturale e poi artificiale, verso il fiume Irminio con una pendenza di circa il 4 %. Il fiume viene attraversato con un viadotto a 4 luci (2 complete e 2 di spalla) ad un'altezza di circa 26 m dall'alveo. Immediatamente dopo il viadotto "Irminio", della lunghezza di circa 280 m, alla progressiva Km 77+715.01 termina il Lotto 10.

Come accennato, lungo il tracciato si sviluppano numerose opere di rilievo che consentono un inserimento organico dell'infrastruttura nel territorio. Tra queste sono da ricordare, in ordine di progressiva da Siracusa verso Gela, considerando come origine delle progressive l'inizio del Lotto 10:

- Galleria naturale "Truncafila" - tra le progressive 2746.60 e 3607.60, per una lunghezza di 861.00 m;
- Galleria artificiale "Cottonari" - tra le progressive 4282.60 e 4680.60, per una lunghezza di 398.00 m;
- Il viadotto "Irminio" - tra le progressive 4766.54 e 5046.14, per una lunghezza di 280.10 m



 <b>TECNOITAL</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 7
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

Nel complesso i 5079.60 m complessivi del Lotto10 si sviluppano per circa il 25% in galleria, mentre per circa 75% è a cielo aperto, principalmente in trincea.

C'è un solo tratto in cui l'altimetria del territorio costringe lo sviluppo dell'autostrada in un rilevato importante, e cioè tra circa la progressiva 3642 e la progressiva 4230 per una lunghezza di circa 588 m, in cui si trova il cosiddetto rilevato "Cottonari".

Le sezioni del manufatto stradale (rilevati e trincee) sono state studiate in modo da adattarsi alla morfologia del terreno, che in alcune zone assume carattere prevalentemente arido ed aspro, con tratti di rocce calcaree affioranti e caratterizzato dalla presenza di muriccioli in pietra calcarea.



Fig. 2.1 - Area interessata dall'infrastruttura stradale.

Il territorio oggetto di studio è scarsamente urbanizzato, nelle aree limitrofe al futuro tracciato sono presenti rari piccoli gruppi di case, alcuni edifici isolati e alcune pertinenze agricole.

## 2.1. Ricettori individuati

A seguito di un sopralluogo, dell'analisi delle foto aeree e della cartografia della zona sono stati individuati i potenziali ricettori. Per analizzare gli impatti indotti dalla realizzazione della strada nella configurazione post-operam sono stati scelti 63 ricettori puntuali identificativi di gruppi di case o case isolate, edifici abitativi, potenzialmente più esposti all'inquinamento atmosferico.

Nell'Allegato A – TAV\_C1-ATM01 vengono riportate le mappe con la localizzazione degli stessi. I ricettori, comuni anche allo studio di impatto acustico, sono stati scelti, di norma, all'interno della fascia di pertinenza di 250 metri a partire dal confine stradale (stabilita dal DPR 30/03/2004 sul rumore stradale) ma anche all'esterno di tale fascia se ritenuti particolarmente significativi.

Nel Lotto 10, alcuni edifici vengono interessati direttamente dal tracciato dell'autostrada e sono, quindi, destinati all'esproprio e alla demolizione. Da Fig. 2.2 Fig. 2.4 sono riportati gli estratti delle mappe di localizzazione dei ricettori, dove in rosso sono indicati i ricettori individuati, mentre in marrone gli edifici da espropriare.

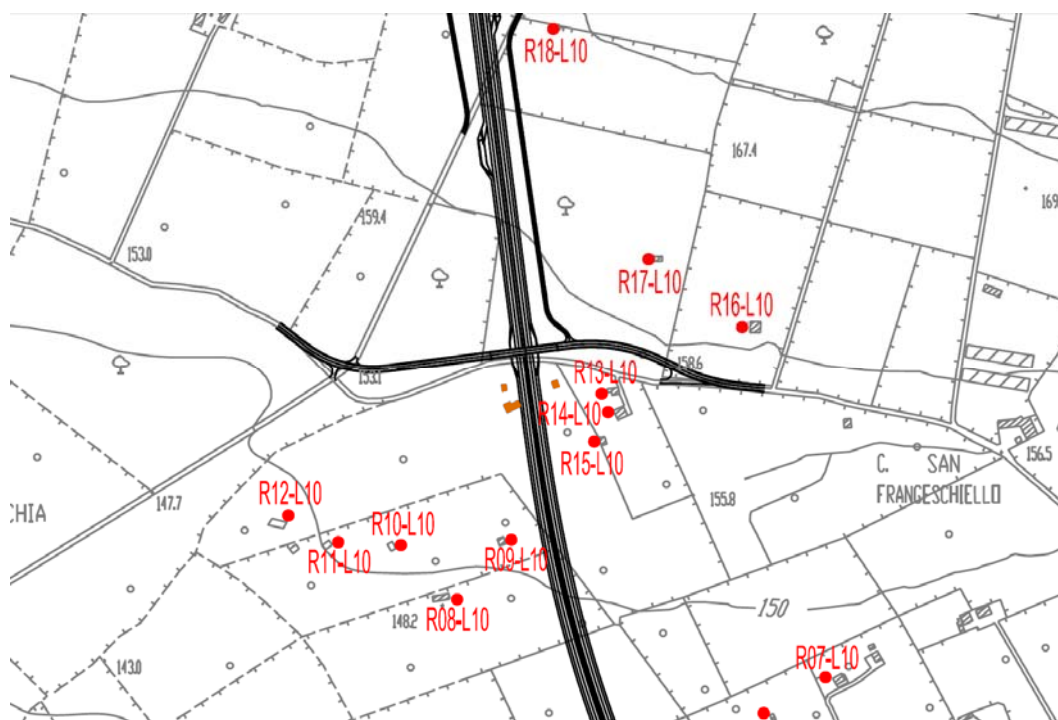


Fig. 2.2 - Indicazione degli edifici destinati ad esproprio e demolizione (marrone)

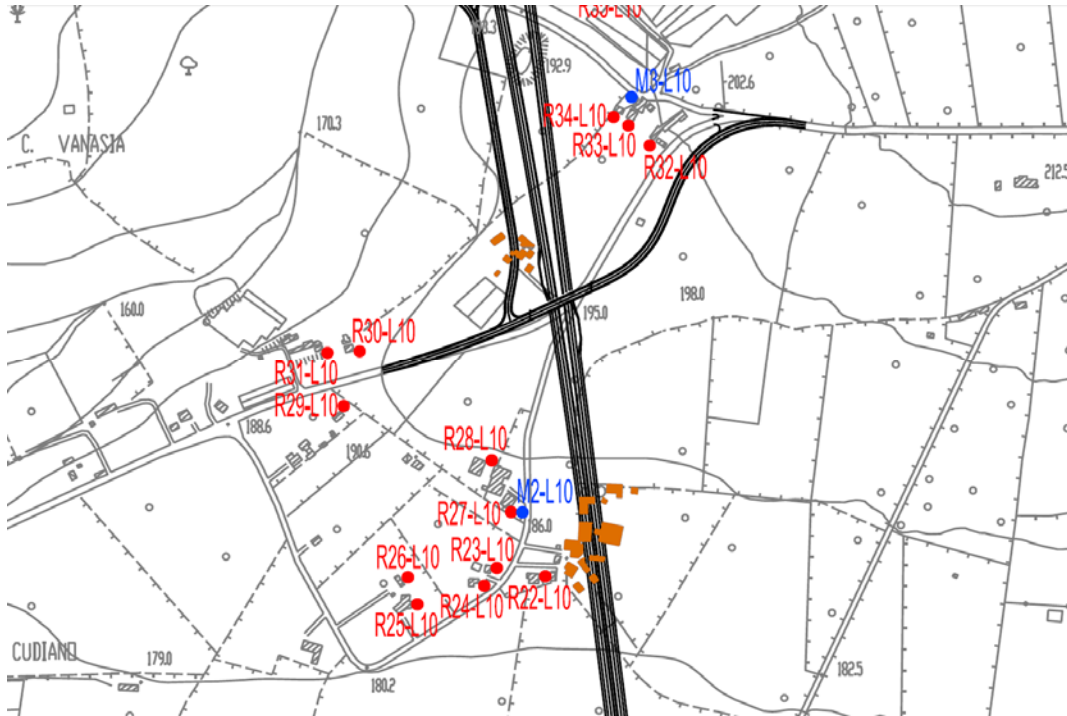


Fig. 2.3 - Indicazione degli edifici destinati ad esproprio e demolizione (marrone)

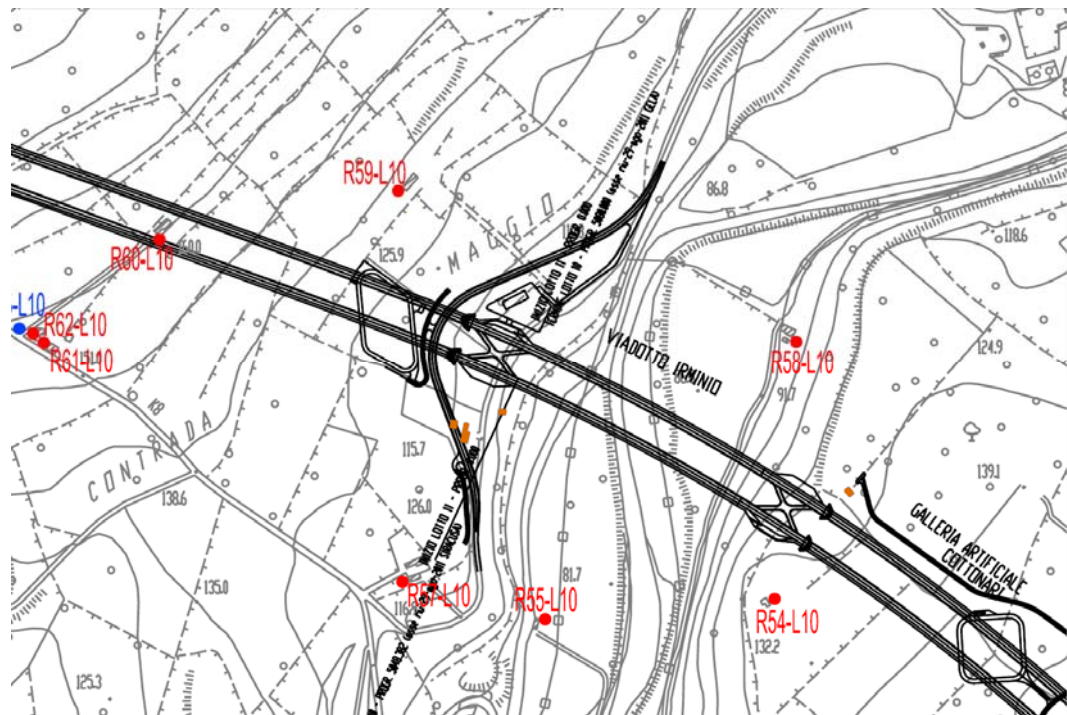



Fig. 2.4 - Indicazione degli edifici destinati ad esproprio e demolizione (marrone)

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 10
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.			Rev				

### 3. INQUINAMENTO ATMOSFERICO DA TRAFFICO STRADALE

Per inquinamento dell'aria si intende la presenza di uno o più contaminanti in tale quantità, di tali caratteristiche e per un periodo di tempo sufficiente per arrecare disturbo, essere nocivo, danneggiare o interferire in negativo con l'uomo, le piante, la vita animale e la fruizione dei beni materiali o delle proprietà personali e collettive.

Le emissioni in atmosfera di sostanze inquinanti sono all'origine di alcuni dei problemi ambientali considerati prioritari ormai in tutte le sedi nazionali e internazionali: cambiamenti climatici, buco dell'ozono nella stratosfera, aumento dell'ozono troposferico, acidificazione (le cosiddette piogge acide).


Lo stato dell'inquinamento atmosferico è il risultato di un processo che comprende tutti i fenomeni a cui prendono parte le sostanze inquinanti a partire dalla loro genesi fino all'espletamento della loro azione negativa sull'ecosistema.

Il traffico stradale costituisce una delle cause principali dell'aumento dell'inquinamento atmosferico, e i suoi effetti sono particolarmente deleteri, principalmente in prossimità dei grandi centri urbani.

Il processo di inquinamento atmosferico da traffico stradale è originato dal fatto che i veicoli stradali attualmente in circolazione impiegano come propellenti combustibili derivati dal petrolio o da gas naturali e dotati di notevoli potenzialità inquinanti.

Il sistema di propulsione dei veicoli con motore a combustione interna emette sostanze inquinanti da quattro sorgenti diverse: il basamento del motore, il serbatoio del combustibile, il carburante (solo nei veicoli con motore ad accensione comandata), il tubo di scappamento.

I principali inquinanti prodotti dal funzionamento dei sistemi di trasporto sono il monossido di carbonio (CO), i composti organici nella forma di particolato (PTS), gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), l'ozono (O<sub>3</sub>), l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), gli idrocarburi (HC), in particolare quelli non metanici (NMHC), e quelli policiclici aromatici (IPA) e altri inquinanti fotochimici, gli ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), il piombo (Pb) e i suoi composti.

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 11
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

Si fornisce di seguito una breve descrizione dei principali inquinanti legati alle emissioni prodotte dal traffico stradale.

### 3.1. Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

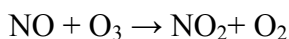
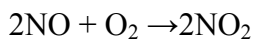
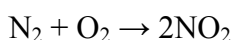
Per ossidi di azoto s'intende generalmente l'insieme di ossido e biossido di azoto. Il monossido di azoto si forma in un qualsiasi processo di combustione ad elevata temperatura, per combinazione diretta dell'azoto e dell'ossigeno presente in atmosfera, insieme ad una piccola percentuale di biossido (circa il 5% del totale).

Le più grandi quantità di ossidi di azoto vengono emesse dai processi di combustione civili ed industriali e dai trasporti veicolari (l'ossido rappresenta circa il 95% del totale).


A temperatura ambiente il monossido di azoto è un gas incolore ed inodore, mentre il biossido di azoto è di colore rossastro e di odore forte e pungente.

Il biossido di azoto è un inquinante secondario poiché non viene emesso direttamente dallo scarico degli autoveicoli o dai fumi industriali, ma deriva generalmente dalla trasformazione in atmosfera del monossido di azoto attraverso l'ossidazione dell'ossido a biossido.

Le reazioni che avvengono sono:



Il biossido di azoto si forma anche dalle reazioni fotochimiche secondarie che avvengono in atmosfera, favorite dalle radiazioni ultraviolette nelle quali interviene anche l'ozono troposferico. Tale ciclo viene alterato dagli idrocarburi incombusti presenti in atmosfera, impedendo al monossido di azoto (NO) di reagire con l'O<sub>3</sub>, che si accumula, quindi, negli strati bassi dell'atmosfera.

 <b>MINISTERO DEI TRASPORTI E DELLE INFRASTRUTTURE</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 12
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

Il biossido di azoto è circa quattro volte più tossico del monossido, esso può provocare dalle irritazioni alle mucose degli occhi e del naso a disturbi a carico della respirazione. Contribuisce alla formazione delle piogge acide e dello smog fotochimico.

Il tempo di residenza medio degli ossidi di azoto in atmosfera è piuttosto breve, circa 2-3 giorni, mentre il biossido di azoto permane fino a 6 giorni.

### 3.2. Monossido di carbonio (CO)


Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore ed inodore, emesso da fonti naturali ed antropogeniche (tra queste il 90% deriva dagli scarichi automobilistici). Costituisce la più importante emissione di inquinanti atmosferici (dopo la CO<sub>2</sub>), la cui fonte principale è costituita dalle combustioni da motore a scoppio, soprattutto da motori “freddi” alimentati con miscele molto ricche: in questi casi può rappresentare fino all’11% del gas di scarico.

Il principale contributo è dovuto ai trasporti, soprattutto agli autoveicoli alimentati a benzina. Altre emissioni sono dovute alle centrali termoelettriche, agli impianti di riscaldamento domestico e agli inceneritori di rifiuti.

La presenza di questo inquinante nell’aria, in corrispondenza di una strada, è notevolmente correlata ai flussi di traffico; infatti l’andamento della concentrazione 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.

Il monossido di carbonio, inoltre, 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 quasi trascurabile a una distanza di alcune decine di metri dall’asse stesso.

Gli effetti del monossido di carbonio sull’ambiente, possono considerarsi trascurabili, mentre quelli sull’uomo sono estremamente pericolosi; il CO ha infatti un’alta affinità con l’emoglobina, derivandone un alto rischio di saturazione nel sangue.

 <b>SPERINSA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 13
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

Il monossido di carbonio va considerato inquinante primario a causa della sua lunga permanenza in atmosfera (che può raggiungere anche i sei mesi). La presenza di CO nelle aree inquinate mostra anche una pronunciata variabilità in funzione delle condizioni atmosferiche ed è, in particolare, notevolmente influenzata dalla presenza di vento che tende a ridurne l'entità.

### 3.3. Il materiale particellare (PTS)

Per materiale particellare o PTS si intende polvere, fumo, microgocce di liquido emesse direttamente in atmosfera da sorgenti quali industrie, centrali termoelettriche, autoveicoli, cantieri e le polveri trasportate del vento.


Il particolato si può anche formare in modo indiretto in atmosfera tramite la condensazione in microgocce di gas inquinanti quali l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto ed alcuni composti organici volatili.

Con questa definizione sono quindi generalmente considerate una vasta gamma di particelle che possono essere classificate secondo diversi criteri: le dimensioni, l'origine e la forma. Le particelle con diametro superiore a 10  $\mu\text{m}$  possono essere considerate meno pericolose perché si depositano al suolo rapidamente e, se inalate, sono trattenute dalle prime vie respiratorie; diversamente dalle particelle con diametro inferiore a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) che, se inalate, riescono a penetrare più profondamente, fino a raggiungere gli alveoli polmonari, veicolando sostanze tossiche (IPA) e metalli pesanti adsorbiti sulla superficie.

La composizione chimica del materiale particellare mostra, adsorbita sulla superficie della particella, la presenza di metalli pesanti e di sostanze organiche tossiche come gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

### 3.4. Composti organici volatili (COV)

I composti organici volatili, a seconda della formula di struttura, sono divisi in alifatici o alcani (ciclici e aciclici) e aromatici. La quantità principale di idrocarburi è prodotta dalla decomposizione di materia organica sulla superficie terrestre, ma le concentrazioni

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 14
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev					

urbane sono quasi esclusivamente prodotte dalla combustione degli autoveicoli, dalle centrali a carbone, dagli impianti di incenerimento e dall'evaporazione di solventi e combustibili.

Una volta immesse queste sostanze possono permanere nell'ambiente anche tre anni. Tra i COV si ricordano alcuni tra i più pericolosi: benzene, toluene e xileni, noti con il termine BTX.


### 3.5. Benzene

Tra gli idrocarburi aromatici il più semplice a livello di struttura molecolare ed allo stesso tempo il più pericoloso è il benzene. Insieme ad altri idrocarburi che evaporano velocemente, il benzene è presente nella benzina (verde e super) e le percentuali di questi inquinanti nelle nostre città derivano quasi esclusivamente dal traffico veicolare. Essi derivano dalle emissioni di prodotti incombusti provenienti dal traffico e dal riscaldamento domestico, dall'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; tuttavia le emissioni di benzene sono inferiori nelle autovetture con marmitte catalitiche capaci di ridurre le emissioni di circa sette volte.

Una volta immesse, queste sostanze possono permanere nell'ambiente anche tre anni in quanto il benzene è poco reattivo in atmosfera. Il benzene è un elemento cancerogeno capace di danneggiare gli organi legati alla formazione del sangue anche a concentrazioni che non causano irritazioni alle mucose. L'andamento del benzene può essere stimato da quello della CO tramite una retta di regressione lineare opportunamente calibrata.



 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 15
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

### 3.6. Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono o ossigeno triatomico (O<sub>3</sub>), è un gas incolore dall'odore pungente che fa parte dei normali costituenti dell'aria.

I problemi di inquinamento dell'aria da ozono sono legati al significativo incremento che la concentrazione di questo gas subisce in zone immediatamente prossime al suolo a causa dei fenomeni di formazione dello smog fotochimico, di cui esso è un importante costituente. Le cause dell'inquinamento da ozono sono quindi le stesse che provocano l'esistenza dello smog fotochimico, ovvero l'emissione di idrocarburi e ossidi di azoto dovuta in buona parte ai mezzi di trasporto.

In natura si trova in concentrazioni rilevanti ad alta quota (da 15 a 60 Km di altezza) nella cosiddetta ozonosfera, dove costituisce una fascia protettiva nei confronti della radiazione ultravioletta di origine solare. Nei bassi strati dell'atmosfera, invece, di norma è presente in basse concentrazioni, tranne che nelle aree urbane e suburbane dove la presenza di altri inquinanti chimici può indurre la formazione, con conseguente aumento della concentrazione.

L'ozono presente nella bassa atmosfera non ha sorgenti proprie di origine antropogenica: esso si forma come inquinante secondario, principalmente dalle reazioni fotochimiche che coinvolgono altre sostanze -precursori-, ovvero gli idrocarburi (HC) e gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) emessi dalle sorgenti antropogeniche (in particolare il traffico veicolare).

Ciò dà luogo ad un comportamento dell'O<sub>3</sub> assai diverso rispetto ad inquinanti primari, quale il monossido di carbonio (CO), le cui concentrazioni in un punto tendono ad essere linearmente correlate con le emissioni di CO di una sorgente vicina, a parità di altri fattori. Inoltre, le variazioni spaziali tendono ad essere molto più gradualmente di quelle del CO: se la concentrazione di O<sub>3</sub> è elevata in una certa stazione di rilevamento, è assai probabile che valori molto prossimi si verifichino in una vasta area intorno a quella stazione (da decine a centinaia di chilometri quadrati).

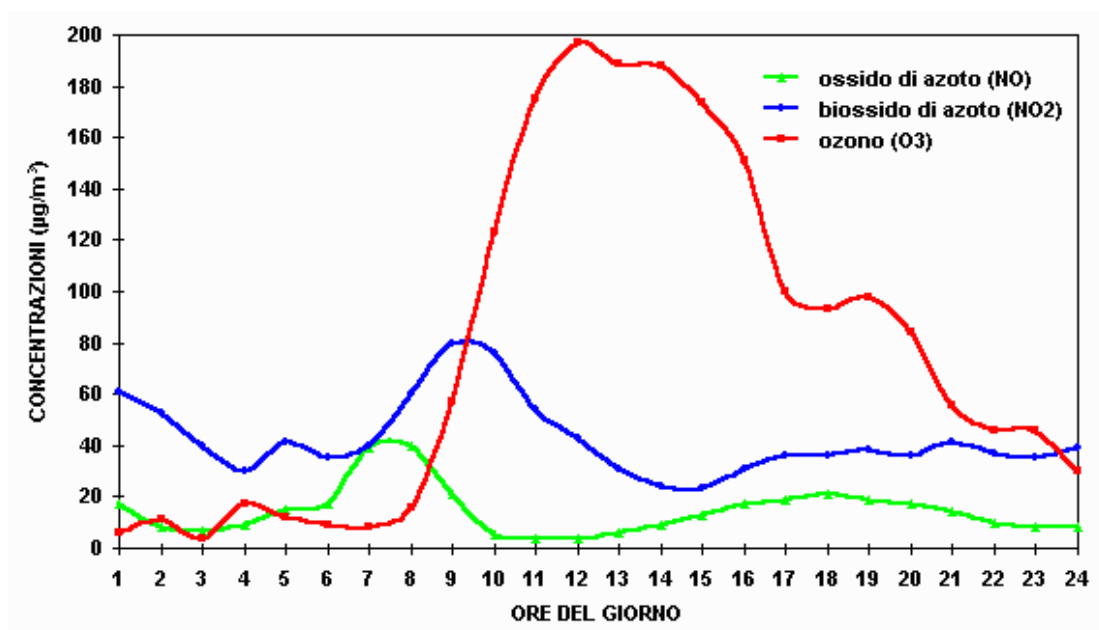



Fig. 3.1 - Esempio di distribuzione giornaliera di NO, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>.

Nelle aree urbane i livelli massimi di concentrazione si verificano in genere verso mezzogiorno e sono preceduti, nelle prime ore del mattino, da concentrazioni massime di ossidi di azoto e di idrocarburi rilasciati dal forte traffico dei veicoli all’inizio della giornata (composti che ne costituiscono i precursori); dopo le ore 18 di solito questi valori scendono e raggiungono i minimi durante la notte a testimonianza dell’importanza della luce nella produzione dell’ozono.

Tale inquinante, nell’ambito del presente lavoro, avrà interesse soltanto in quanto entra, con il monossido di azoto, nei processi di formazione del NO<sub>2</sub>.

Nello studio in oggetto saranno indagati gli inquinanti legati al traffico veicolare di maggior importanza per la salute umana, cioè, CO, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>.

 <b>INFRASTRUTTURE E TRASPORTI</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 17
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

#### 4. INQUADRAMENTO NORMATIVO


In tema d'inquinamento atmosferico l'Unione Europea ha introdotto una struttura normativa basata sulla Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

Questa direttiva introduce ambiti innovativi di intervento per la qualità dell'aria con la predisposizione di un processo di valutazione dei piani di risanamento presentati dagli Stati membri, l'avvio di nuove attività di misura riguardanti il PM<sub>2,5</sub>, l'aggiornamento e modifica di alcune delle indicazioni contenute nelle precedenti direttive che definiscono i livelli di accettabilità degli inquinanti in atmosfera, stabiliscono i metodi di riferimento per la misura degli stessi e fissano i criteri per la determinazione dei siti di campionamento.

Il D.lgs. n. 155/2010, attuando la Direttiva 2008/50/CE, sostituisce le disposizioni di attuazione della direttiva 2004/107/CE, e istituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente.

Tra le finalità indicate dal decreto, che si configura come un testo unico, vi sono:

- l'individuazione degli obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- la valutazione della qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- la raccolta di informazioni sulla qualità dell'aria ambiente come base per individuare le misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente e per monitorare le tendenze a lungo termine;
- il mantenimento della qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e il miglioramento negli altri casi;
- la garanzia di fornire al pubblico corrette informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;
- la realizzazione di una migliore cooperazione tra gli Stati dell'Unione europea in materia di inquinamento atmosferico.

 <b>MUNICIPALITÀ</b> <b>Palermo</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 18
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

A tale decreto si fa riferimento per l'individuazione di un sistema di valori limite di concentrazione per le diverse sostanze inquinanti in funzione di criteri di protezione della salute e della vegetazione e per l'individuazione di criteri e metodi omogenei di valutazione della qualità dell'aria, con indicazioni circa l'ubicazione ed il numero minimo dei punti di campionamento.


Il provvedimento si compone di 22 articoli, 16 allegati e 11 appendici destinate, queste ultime, a definire aspetti strettamente tecnici delle attività di valutazione e gestione della qualità dell'aria e a stabilire, in particolare:

- valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM<sub>10</sub> (allegato XI punto 2);
- livelli critici per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e ossidi di azoto (allegato XI punto 3);
- soglie di allarme per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto (allegato XII parte 1);
- valore limite, il valore obiettivo, l'obbligo di concentrazione dell'esposizione e l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM<sub>2,5</sub> (allegato XIV);
- valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene (allegato XIII);
- valori obiettivo (allegato VII punto 2), gli obiettivi a lungo termine (allegato VII punto 3), le soglie di allarme e le soglie di informazione per l'ozono (allegato XII parte 2).

Nella Tab. 4.1 vengono riportati i valori limite di riferimento per gli inquinanti legati al traffico veicolare di maggior importanza per la protezione della salute umana.


Tab. 4.1 - Valori limite degli inquinanti atmosferici e valori obiettivo secondo la normativa vigente..

Inquinante	Valore Limite	Periodo di mediazione	Legislazione
<b>Monossido di Carbonio (CO)</b>	Valore limite protezione salute umana, <b>10 mg/m<sup>3</sup></b>	Max media giornaliera calcolata su 8 ore	D.L. 155/2010 Allegato XI
<b>Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)</b>	Valore limite protezione salute umana, da non superare più di 18 volte per anno civile, <b>200 µg/m<sup>3</sup></b>	1 ora	D.L. 155/2010 Allegato XI
	Valore limite protezione salute umana, <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XI
	Soglia di allarme, <b>400 µg/m<sup>3</sup></b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D.L. 155/2010 Allegato XII
<b>Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>	Valore limite protezione salute umana da non superare più di 24 volte per anno civile, <b>350 µg/m<sup>3</sup></b>	1 ora	D.L. 155/2010 Allegato XI
	Valore limite protezione salute umana da non superare più di 3 volte per anno civile, <b>125 µg/m<sup>3</sup></b>	24 ore	D.L. 155/2010 Allegato XI
	Soglia di allarme, <b>500 µg/m<sup>3</sup></b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D.L. 155/2010 Allegato XII
<b>Particolato Fine (PM<sub>10</sub>)</b>	Valore limite protezione salute umana, da non superare più di 35 volte per anno civile, <b>50 µg/m<sup>3</sup></b>	24 ore	D.L. 155/2010 Allegato XI
	Valore limite protezione salute umana, <b>40 µg/m<sup>3</sup></b>	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XI
<b>Particolato Fine (PM<sub>2.5</sub>) FASE I</b>	Valore limite, da raggiungere entro il 1° gennaio 2015, <b>25 µg/m<sup>3</sup></b>	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XI
<b>Particolato Fine (PM<sub>2.5</sub>) FASE II</b>	Valore limite, da raggiungere entro il 1° gennaio 2020, valore indicativo <b>20 µg/m<sup>3</sup></b>	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XI
<b>Ozono (O<sub>3</sub>)</b>	Valore obiettivo per la protezione della salute umana, da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni, <b>120 µg/m<sup>3</sup></b>	Max media 8 ore	D.L. 155/2010 Allegato VII
	Soglia di informazione, <b>180 µg/m<sup>3</sup></b>	1 ora	D.L. 155/2010 Allegato XII
	Soglia di allarme, <b>240 µg/m<sup>3</sup></b>	1 ora	D.L. 155/2010 Allegato XII
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, nell'arco di un anno civile. <b>120 µg/m<sup>3</sup></b>	Max media 8 ore	D.L. 155/2010 Allegato VII
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione, AOT40 (valori orari) come media su 5 anni: <b>18.000 (µg/m<sup>3</sup>/h)</b>	Da maggio a luglio	D.L. 155/2010 Allegato VII
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione, AOT40 (valori orari) : <b>6.000 (µg/m<sup>3</sup>/h)</b>	Da maggio a luglio	D.L. 155/2010 Allegato VII
<b>Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</b>	Valore limite protezione salute umana, <b>5 µg/m<sup>3</sup></b>	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XI

 <b>REPUBBLICA ITALIANA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 20
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev					


Poiché il quadro normativo italiano in materia di inquinamento atmosferico è piuttosto ampio si è ritenuto opportuno riassumere le disposizioni principali, che vengono riportate nell'elenco seguente:

- D.P.R. 24 maggio 1988 n. 203 (“Norme in materia di qualità dell’aria, relativamente a specifici agenti inquinanti”) ha adeguato gli standard di qualità dell’aria alle disposizioni normative europee ed ha introdotto, accanto ai limiti massimi, i valori guida di qualità dell’aria ovvero le concentrazioni da raggiungere progressivamente per garantire la massima tutela dell’ambiente e della salute umana - abrogato dal D. Lgs. 152/2006.
- D.M. 20 maggio 1991 (Criteri per l’elaborazione dei piani regionali di risanamento della qualità dell’aria) ha fissato le caratteristiche delle stazioni di monitoraggio dell’aria con riferimento alla loro ubicazione, agli inquinanti che devono essere rilevati ed al numero delle stazioni stesse. Individua gli inquinanti primari e precursori degli inquinanti secondari da monitorare tra cui le particelle sospese e quelli secondari - abrogato da DM 261 del 1-10-2002.
- Il D.M. 15 aprile 1994, aggiornato ed integrato dal D.M. 25/11/94, ha definito i livelli di concentrazione, attenzione e di allarme, gli obiettivi di qualità, ed i criteri per il monitoraggio del PM<sub>10</sub>. I valori indicati per le particelle sospese corrispondono ai valori fissati come standards di qualità nel D.P.C.M. 28 Marzo 1983 e D.P.R. 203/88 - abrogato dal DL 351 del 4-08-1999.
- Il D.M. 16 maggio 1996, abrogato dal D. Lgs. 21 maggio 2004 n.183, ha definito i valori bersaglio, gli obiettivi a lungo termine, la soglia di allarme e la soglia di informazione, i metodi ed i criteri per la valutazione delle concentrazioni di ozono e le modalità di cooperazione con gli altri Stati membri dell'Unione europea ai fini della riduzione dei livelli di ozono (concentrazione media su otto ore massima giornaliera 120 µg/m<sup>3</sup>).
- D.Lgs. 4 Agosto 1999 n. 351 (Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente) che ha progressivamente abrogato il D.P.R. 203/88 ed i suoi decreti attuativi
- Direttiva 1999/30/CE, che stabilisce i valori limiti di qualità per SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> (PM<sub>2,5</sub>) e Piombo, è stata recepita in Italia, insieme alla direttiva 00/69/CE ("Valori limite di qualità dell'aria ambiente per benzene ed il monossido di carbonio"), con il D.M. 2 aprile 2002 n. 60. In questo decreto sono stati definiti i limi-

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 21
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.			Rev				

ti relativi ad ogni inquinante, le soglie di allarme, ed i limiti di valutazione superiori ed inferiori.


- DM 261/2002, contenente le direttive tecniche per effettuare la valutazione preliminare della qualità dell'aria e i criteri per l'elaborazione dei Piani di Risana-mento della qualità dell'aria.
- D.Lgs. n. 171 del 21 maggio 2004 (attuazione della Direttiva 2001/81/CE), ha stabilito i limiti nazionali di emissione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COV, NH<sub>3</sub>.
- D.Lgs. 183/2004, parallelamente al DM 60/02, ha individuato i valori bersaglio e gli obiettivi a lungo termine da rispettare per la protezione della popolazione e della vegetazione dall'ozono e inoltre stabilisce il contenuto delle informazioni da inviare al Ministero dell'Ambiente in riferimento a questo inquinante.
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152. - Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera - applicabile a tutti gli impianti (compresi quelli civili) ed alle attività che producono emissioni in atmosfera e stabilisce i valori di emissione, le prescrizioni, i metodi di campionamento e di analisi delle emissioni ed i criteri per la valutazione della conformità dei valori misurati ai limiti di legge.
- **D.Lgs n.155 del 13 agosto 2010** (in vigore) - Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. Il D.lgs. 155/2010 ha riorganizzato ed abrogato numerose norme che in precedenza in modo frammentario disciplinavano la materia. In particolare il D.lgs. 351/1999 (valutazione e gestione della qualità dell'aria che recepiva la previgente normativa comunitaria), il D.lgs. 183/2004 (normativa sull'ozono), il D.lgs. 152/2007 (normativa su arsenico, cadmio, mercurio, nichel e benzo(a)pirene), il Dm 60/2002 (normativa su biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, le particelle, il piombo, il benzene e il monossido di carbonio), il D.p.r. 203/1988 (normativa sugli impianti industriali, già soppresso dal D.lgs. 152/2006 con alcune eccezioni transitorie, fatte comunque salve dal D.lgs. 155/2010) e un pacchetto di ulteriori provvedimenti ministeriali attuativi.

 <b>INFRASTRUTTURE</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 22
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

Ulteriori riferimenti normativi in tema di inquinamento atmosferico sono le convenzioni e i protocolli internazionali:

- Protocollo per abbattere acidificazione, eutrofizzazione e ozono troposferico, firmato a Gothenburg il 1° dicembre 1999.
- Protocollo di Kyoto adottato a Kyoto l'11 dicembre 1997. A ottobre 2008 il Protocollo di Kyoto è stato firmato e ratificato da 180 Stati più l'Unione Europea.
- Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici adottata a New York il 9 maggio 1992 e ratificata dal Parlamento italiano con legge 65 del 15 gennaio 1994.
- Protocollo sul controllo delle emissioni antropogeniche degli ossidi di azoto o dei flussi transfrontalieri relativi; firmato a Sofia il 31 ottobre 1988 e ratificato dal Parlamento con la legge 7 gennaio 1992 n. 39.
- Convenzione UNECE sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza firmata a Ginevra il 13 novembre 1979 e ratificata dal Parlamento italiano con legge 289 del 27 aprile 1982.
- Protocollo sul finanziamento a lungo termine del programma EMEP, di cooperazione internazionale per il controllo e la valutazione del trasporto transfrontaliero degli inquinanti atmosferici in Europa; firmato a Ginevra il 28 settembre 1984 e ratificato dal Parlamento italiano con la legge 27 ottobre 1988 n. 488.



 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 23
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

## 5. IL MODELLO DISPERSIVO PREVISIONALE

Al fine della valutazione dell'impatto atmosferico connesso alla viabilità sull'infrastruttura è stato utilizzato il modello matematico AERMOD-View, per la stima dei valori di concentrazione degli inquinanti prodotti da traffico veicolare (come sorgente lineare) diffusi in atmosfera e dispersi al suolo.

In seguito all'applicazione del modello sono state stimate le concentrazioni degli inquinanti in atmosfera in corrispondenza dei ricettori potenzialmente più impattati.


Nei paragrafi seguenti viene descritto il modello matematico utilizzato.

### 5.1. AERMOD-View

La modello matematico utilizzato nel presente studio, AERMOD-View vers. 7.6.1 (Lakes Environmental) è un modello diffusivo gaussiano di nuova generazione che permette di simulare la dispersione degli inquinanti emessi da diversi tipi di sorgenti (puntuali, areali, volumetriche e lineari) in aree urbane e rurali con orografia complessa.

AERMOD-View può simulare contemporaneamente molte sorgenti di diverse tipologie, al suolo o elevate, con o senza galleggiamento, che emettono uno o più inquinanti. Le tipologie di sorgente che possono essere schematizzate con il modello sono:

- sorgente puntiforme: che costituisce una buona schematizzazione delle ciminiere degli impianti industriali o dello scarico di singoli macchinari;
- sorgente volumetrica: costituita da un volume di una certa dimensione che nel suo complesso emette una nuvola di inquinante. Un esempio tipico è costituito da certi tipi di edifici industriali (come le fonderie) dove hanno luogo lavorazioni da cui vengono emessi in una porzione di spazio finita i vari inquinanti. Un ulteriore esempio di sorgente volume è costituita dai numerosi nastri trasportatori che costituiscono spesso il sistema di movimentazione della materia prima e dei semilavorati in una industria o in un'area di cantiere;
- sorgente area: utilizzata per simulare la qualità dell'aria in zone dove sono presenti moltissimi punti di emissione oppure dove è necessario caratterizzare l'area con un tasso di emissione areale (quantità di inquinante emessa da un'a-

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 24
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

rea unitaria nell'unità di tempo). E' questo il modo con cui vengono trattate certe aree (industriale, urbane), soprattutto quando si cerca di simulare l'inquinamento derivante dalla combustione di gas o di prodotti petroliferi per il riscaldamento invernale delle abitazioni oppure nel caso delle attività di cantieri, per simulare le emissioni all'interno di aree adibite alla movimentazione e stoccaggio di inerti;


- sorgenti lineari: utilizzata per simulare il traffico degli autoveicoli lungo le arterie stradali. Le sorgenti lineari sono composte da una sequenza di sorgenti volumetriche di dimensioni ridotte adiacenti.

Il motore di calcolo che viene utilizzato è il modello AERMOD (AMS/EPA Regulatory MODel), sviluppato e verificato dalla agenzia di protezione ambientale "Environmental Protection Agency" (EPA) e raccomandato nella "Guideline on air quality models".

AERMOD è uno "steady-state plume-model", ovvero un modello che considera le emissioni come se fossero stazionarie in un intervallo temporale di un'ora e si avvale dell'utilizzo di due preprocessori per elaborare i dati di input: il processore meteorologico AERMET, e quello orografico AERMAP necessario per inserire le caratteristiche del territorio e generare una griglia di ricettori.

La principale innovazione rispetto ai modelli gaussiani di vecchia generazione consiste nel fatto che la distribuzione di concentrazione è una funzione gaussiana classica in condizioni stabili sia nella verticale che in orizzontale, mentre in condizioni instabili la distribuzione verticale risulta una funzione bi-gaussiana.

Questa formulazione consente di tenere conto statisticamente degli effetti del serpeggiamento verticale del pennacchio dovuto ai moti ascensionali e di subsidenza caratteristici delle celle convettive. Per tenere conto di fluttuazioni nella direzione del vento il codice AERMOD considera il pennacchio come sovrapposizione di una componente coerente, calcolata sulla base dei parametri meteorologici inseriti, ed una casuale calcolata considerando una distribuzione uniforme della direzione del vento. Questo accorgimento permette di restituire risultati più realistici soprattutto in presenza di venti di intensità limitata (< 2 m/s), ovvero per le condizioni potenzialmente più gravose.

 <b>MINISTERO DEI TRASPORTI E INFRASTRUTTURE</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 25
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

Un'altra differenza rilevante risiede nella definizione dei coefficienti di dispersione non più fatta per mezzo delle classi di stabilità di Pasquill-Gifford, bensì sulla base del calcolo di parametri caratteristici dello strato limite quali: lunghezza di Monin–Obukhov, velocità di attrito superficiale, flusso di calore superficiale, velocità di scala convettiva.

Il calcolo di questi parametri, effettuato mediante un pre-processore meteorologico (A-ERMET), consente di ottenere una stima per le altezze di mescolamento meccanica e convettiva che intervengono rispettivamente in condizioni stabili ed instabili.


I dati di input sono: dati orari di superficie (vento, temperatura, copertura nuvolosa più ulteriori dati opzionali); rilevamenti in quota con misure di temperatura, vento e punto di rugiada (che possono essere stimati opportunamente sulla base dei dati di superficie); dati on-site opzionali con informazioni su turbolenza, pressione atmosferica e misura della radiazione solare. Oltre a questi s'introducono parametri riguardanti l'uso del suolo nella zona d'interesse: albedo, Bowen-ratio, rugosità superficiale.

Il modello di dispersione AERMOD è basato sul concetto, ampiamente analizzato sia dal punto di vista teorico che sperimentale (Sheppard, 1956; Snyder, 1985), di atmosfera avente una struttura a due strati. Tali strati sono separati da una linea di flusso di riferimento  $H_c$  (Dividing Streamline Height) che, in base a considerazioni energetiche, rappresenta l'insieme delle quote alle quali viene soddisfatto il bilancio energetico tra l'energia cinetica di una particella d'aria che si muove nel flusso e l'energia potenziale necessaria affinché la particella superi un ostacolo in presenza di rilievi orografici.

Nello strato superiore, a quota maggiore di  $H_c$  le particelle di fluido hanno energia sufficiente per superare i rilievi orografici seguendone verticalmente i profili; nello strato inferiore le particelle tendono a spostarsi orizzontalmente e quindi a impattare sugli ostacoli oppure ad aggirarli lambendone i contorni.

Il calcolo di tali parametri è implementato nel codice AERMAP adottando uno schema secondo il quale:

- in ogni singolo ricettore il flusso risente delle modifiche indotte al suo moto per la presenza dei rilievi orografici circostanti;

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 26
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

- l’influenza dell’orografia sul comportamento di un flusso in un determinato ricettore diminuisce con l’aumentare della distanza del ricettore dai rilievi e aumenta con l’aumentare dell’elevazione del terreno.

La concentrazione di un ricettore posto ad una certa altezza ( $z_t$  altezza sul livello del mare,  $z_p$  altezza del ricettore da terra) si calcola come somma di due combinazioni pesate di casi limite: nel primo caso il pennacchio è orizzontale a causa delle condizioni di stabilità atmosferica così che il flusso aggira l’ostacolo mentre nel secondo caso il pennacchio segue la morfologia del territorio verticalmente in maniera tale che l’altezza dal suolo della linea centrale del pennacchio rimanga costante.

La reale situazione oscillerà tra questi due estremi in dipendenza di queste caratteristiche:

- stabilità atmosferica presente nel PBL;
- caratteristiche orografiche del dominio di calcolo;
- caratteristiche della sorgente.

In condizioni stabili si avrà una situazione più vicina al caso del pennacchio orizzontale mentre in condizioni neutre o instabili il pennacchio tende maggiormente a seguire la superficie.


In presenza di una collina la concentrazione si esprime come:

$$C_T \{x_r, y_r, z_r\} = f \cdot C_{c,s} \{x_r, y_r, z_r\} + (1 - f) \cdot C_{c,s} \{x_r, y_r, z_p\}$$

Nella quale

- $C_T \{x_r, y_r, z_r\}$  è la concentrazione totale;
- $C_{c,s} \{x_r, y_r, z_r\}$  è la concentrazione del pennacchio orizzontale;
- $C_{c,s} \{x_r, y_r, z_p\}$  è la concentrazione del pennacchio che segue la superficie;
- $f$  è una funzione peso del pennacchio;
- $z_p$  è l’altezza del ricettore.

I pedici ‘c’ e ‘s’ stanno ad indicare le condizioni atmosferiche convettive o stabili.

 <b>MINISTERO DELL'AMBIENTE</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 27
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

L'espressione generale per il calcolo di una concentrazione sia nel CBL, che nello SBL è:

$$C\{x, y, z\} = (Q/u) p_y\{y; x\} p_z\{z; x\}$$

dove Q è la portata di emissione, u è la velocità effettiva,  $p_y$  e  $p_z$  sono delle funzioni di densità di probabilità che descrivono la dispersione laterale e verticale.

Una descrizione completa del metodo di calcolo e delle formulazioni utilizzate è disponibile sul sito dell'EPA all'indirizzo:

[www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod\\_mfd.pdf](http://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod_mfd.pdf).

### **Le sorgenti lineari in Aermod-View**


In AERMOD-View una strada viene rappresentata con una sorgente lineare, la quale, come già accennato, non è però composta da infinite sorgenti puntuali come nella definizione tradizionale, ma bensì da una sequenza di sorgenti volumetriche di dimensioni ridotte.

Una sorgente di questo tipo è un volume che complessivamente emette inquinanti e che può essere localizzato sia a livello del suolo che ad una certa altezza al di sopra di esso. La maniera consueta di modellizzarlo consiste nel considerarlo una sorgente puntiforme con un pennacchio allargato già all'origine.

Per fare ciò si ipotizza in realtà che la sorgente volume sia il risultato di una sorgente puntiforme ideale posta ad una distanza sopravvento al volume e che, nel punto in cui è localizzato il baricentro del volume, essa presenti un pennacchio di dimensione proporzionale al volume stesso.

Nella pratica si devono definire:

- i parametri di dispersione iniziali del pennacchio della sorgente virtuale, proporzionali alle dimensioni della sorgente volume;
- le distanze sopravvento di tale sorgente virtuale.

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 28
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

Considerando la direzione di provenienza del vento e  $L$  la dimensione caratteristica del volume (visto come un parallelepipedo) trasversalmente ad essa, si può porre la dispersione orizzontale iniziale della sorgente volume (per una sorgente molto sviluppata in lunghezza) come:

$$\sigma_{y0} = L/2.15$$

Se la sorgente volume ha una dimensione verticale caratteristica pari ad  $H$ , il parametro di dispersione verticale iniziale è dato da:


$$\sigma_{z0} = H/2.15$$

Una volta noti i parametri di dispersione iniziale è possibile determinare la posizione sopravvento della sorgente puntiforme virtuale. In effetti le distanze laterale e verticale della sorgente virtuale sono determinate risolvendo le relazioni seguenti:

$$\sigma_y(x_{vy}) = \sigma_{y0}$$

$$\sigma_z(x_{vz}) = \sigma_{z0}$$

Nota la posizione sopravvento e l'elevazione della sorgente virtuale, è ora possibile modellizzare l'effetto della sorgente volume usando il normale modello Gaussiano plume per una sorgente puntuale priva di galleggiamento e di flusso di quantità di moto.

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 29
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

## 6. CARATTERIZZAZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE


La qualità dell'aria ricopre un ruolo centrale nella protezione dell'ambiente, che deve passare attraverso una conoscenza approfondita e definita in un dominio spazio-temporale, da un lato delle condizioni fisico-chimiche dell'aria e delle sue dinamiche di tipo meteorologico, dall'altro delle emissioni di inquinanti in atmosfera di origine antropica e naturale.

Il D.Lgs. 4 agosto 1999 n. 351 "Attuazione della Direttiva 96/62/CE in materia di gestione e valutazione della qualità dell'aria" prevede che le Regioni, al fine di individuare zone per la gestione della qualità dell'aria e per la pianificazione degli interventi necessari per il suo miglioramento complessivo, eseguano una valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, tramite l'utilizzo di tutte le misure rappresentative dei livelli degli inquinanti disponibili.

Con il termine qualità dell'aria s'intendono gli apporti diretti degli inquinanti emessi in aria dovute alle attività industriali, al traffico veicolare etc. e gli apporti dovuti ad una serie di fenomeni ai quali gli inquinanti sono sottomessi una volta che si trovano in atmosfera: il trasporto, la dispersione (i venti e le turbolenze all'origine della diluizione delle emissioni) la deposizione e infine le trasformazioni chimiche (per esempio sotto l'effetto dell'irraggiamento solare come la produzione dell'ozono estivo a partire dagli ossidi di azoto e dagli idrocarburi).

La raccolta dei dati di qualità dell'aria si esegue tramite reti di monitoraggio che sono gestite a livello regionale, provinciale, comunale e privato. I Punti Focali Regionali sono i soggetti di riferimento preposti alla raccolta e alla trasmissione dei dati rilevati sul territorio.

Per avere una visione chiara e complessiva delle interazioni del sistema di progetto futuro con la componente ambientale "atmosfera", preliminarmente alla stima degli impatti indotti dalla realizzazione dell'opera (configurazione post-operam), è stata realizzata la caratterizzazione qualitativa della qualità dell'aria nell'area oggetto di studio nella configurazione operativa attuale (ante-operam).

 <b>ARPA SICILIA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 30
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

## 6.1. Qualità dell'aria

Dal 2005 ARPA Sicilia svolge il ruolo di Punto Focale Regionale (PFR) del Sistema Nazionale Ambientale (SINANet) raccogliendo e agevolando il flusso di informazioni relativo alla qualità dell'aria verso ISPRA che gestisce la banca dati nazionale (BRACE).

La banca dati BRACE contiene le informazioni sulle reti, sulle stazioni e sui sensori di misura utilizzati per il monitoraggio della qualità dell'aria e i relativi dati di concentrazione degli inquinanti.

Questo database è nato dalla necessità di adempiere a diverse esigenze dettate dalla normativa europea e nazionale in tema di qualità dell'aria. Da una parte la Decisione 97/101/CE che ha instaurato uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri. Dall'altra la Direttiva 96/62/CE che ha posto le basi in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente e che è seguita da una serie di Direttive attuative, tra cui in particolare la Direttiva 2002/3/EC relativa all'ozono in aria ambiente.

ARPA Sicilia ha raccolto i dati ambientali prodotti dalla regione Sicilia e dagli Enti preposti al controllo ambientale in tema di qualità dell'aria.

In particolare, i dati sulle centraline fisse di monitoraggio della qualità dell'aria (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, PM<sub>10</sub>) sono stati forniti dagli Enti Gestori delle reti di rilevamento provinciali e comunali esistenti sul territorio siciliano.

I dati così trasmessi, relativi a ciascun anno di rilevazione, sono pubblicati sul sito internet ([www.brace.sinanet.apat.it](http://www.brace.sinanet.apat.it)) e consultabili dagli utenti interessati.

Nella banca dati BRACE sono segnalate il numero di stazioni di monitoraggio pubbliche, la loro tipologia e la provincia di appartenenza come riportato nella Tab. 6.1.



Tab. 6.1 - Stazioni di monitoraggio provinciali.

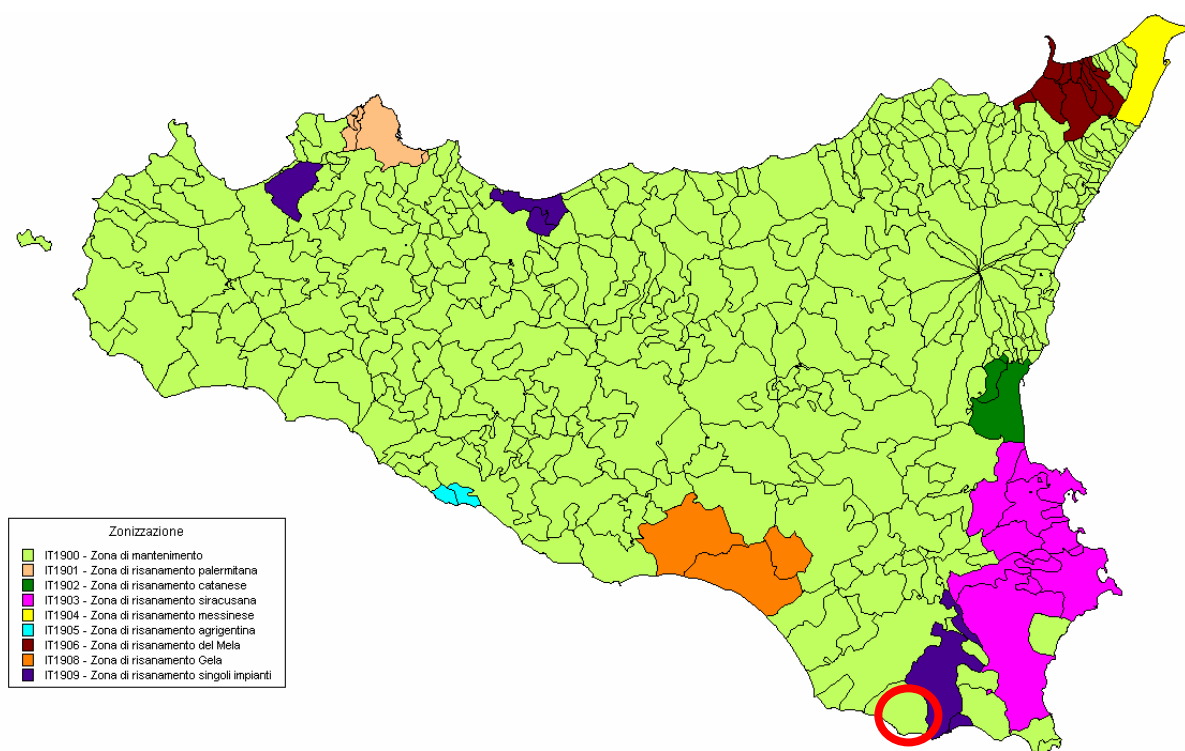
<b>RETE PROVINCIALE DI AGRIGENTO</b>	Porto Empedocle_1: NMHC, NOx, O3, PM10	<b>RETE PROVINCIALE DIMESSINA**</b>	Condrò: SO2
	Porto Empedocle_3: NOx, O3, PM10		Messina (Archimede): CO, NOx, PM10
	Agrigento_Centro: NMHC, NOx, PM10, CO, O3, SO2		Messina (Caronte): C6H6, CO, NOx, PM10,
	Agrigento_Monserrato: NOx, SO2, PM10		Messina (Minissale): CO, PM10
	Agrigento_Valle_templi: NOx, PM10, SO2, O3		Milazzo (Capitaneria di Porto): SO2
	Sciacca: NOx, PM10, CO		Pace del Mela (Mandravecchia): SO2
	Canicatti: NOx, PM10, CO, O3		S. Filippo del Mela: SO2
	Licata: HC, NOx, PM10, CO, SO2, O3		S. Lucia del Mela: SO2
	Raffadali: NOx, PM10, CO, SO2, O3		Messina (Bocchetta): C6H6, CO, NOx, PM10
	Cammarata: NOx, O3		Messina (Università): C6H6, CO
	Siculiana: O3		
	Lampedusa: O3		
	<b>RETE PROVINCIALE DICALTANISSETTA</b>		Agip mineraria: PM10, SO2, NO2
Agip pozzo 57: SO2		Giulio cesare: CO, NOx, PM10, SO2, Cd, Ni, Pb,	
Cimitero farello: SO2		Indipendenza: C6H6, CO, NOx, PM10, Cd, Ni, Pb,	
Corso Vittorio Emanuele: C6H6, CO, NMHC,		Torrelunga: CO, NOx, PM10, Cd, Ni, Pb,	
NOx, O3		Unità d'Italia: CO, NOx, PM10, Cd, Ni, Pb,	
Macchitella/Minerbio :CO, SO2			
Ospedale V. Emanuele:C6H6, CO, PM10, NMHC, O3		Castelnuovo: BTX, CO,NOx,PM10/2,5,O3, SO2	
Cavour: CO		Belgio: CO, NOx, PM10	
Gori: CO, NOx		Di Blasi: BTX, CO, NOx, PM10/2,5, SO2	
Venezia: CO, NMHC, O3, SO2		CEP: NOx, CO, PM10, SO2	
Turati: CO			
Calafato: CO, NO2			
<b>RETE COMUNALE DI CATANIA</b>		Librino: CO, NOx, O3, HC	<b>RETE INDUSTRIALE PROVINCIA DI SIRACUSA</b>
	P. Giovanni XXIII: CO, SO2, HC	Belvedere: NOx, PM10, HC, H2S, SO2	
	Messina: CO, HC	CIAPI: NOx, CO, HC, H2S, PM10, SO2	
	P. A. Moro: CO, NOx, O3, HC	San Cusmano: BTX, CL2, HC, H2S, NOx, PM10, SO2, O3	
	V.le F. Fontana: CO, NOx, SO2, HC	Melilli: NOx, PM10, SO2, HC, H2S, O3	
	V.le Vittorio Veneto: CO, NOx, SO2, HC	Priolo: NOx, PM10, SO2, HC, H2S, O3	
	P. Europa: CO, NOx, SO2	<b>RETE URBANADI SIRACUSA- DELLA PROVINCIA</b>	ScalaGreca: NOx, O3, HC, PAN, SO2
	P. Gioeni: CO, NOx, SO2, HC		Acquedotto: CO, NOx, O3, PM10, HC, IPA, SO2
	P. Michelangelo: CO, NOx, SO2		Bixio: PM10, NOx, HC, IPA, SO2
	P. Stesicoro: BTX, CO, NOx, SO2, PM10, HC		Specchi: BTX, NOx, PM10, SO2
	V. Giuffrida: BTX, CO, NOx, SO2, PM10, HC		Teracati: BTX, CO, PM10, IPA
	Osp. Garibaldi: CO, NOx, SO2, HC		Tisia: NOx, CO, SO2
	Zona Industriale: CO, NOx, SO2, PM10, HC		Floridia: CO, NOx, SO2
	P. Risorgimento: CO, NOx, SO2, PM10		
	V.le della Regione: SO2, PM10		

\* Per una maggiore informazione relativa alle stazioni di monitoraggio e alla loro relativa ubicazione consultare [www.brace.sinanet.apat.it](http://www.brace.sinanet.apat.it).

\*\* I relativi dati sono stati direttamente consultati dal sito [www.provincia.messina.it](http://www.provincia.messina.it).

Come si può vedere nella provincia di Ragusa non ci sono centraline di monitoraggio né pubbliche né private.

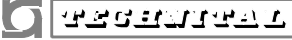
Con D.A. A.R.T.A. n. 94 del 24 luglio 2008 sono stati approvati l'Inventario regionale delle emissioni in aria ambiente e la valutazione della qualità dell'aria e la zonizzazione del territorio. Nella Fig. 6.1, viene rappresentata la zonizzazione attualmente vigente, con evidenziata l'area di studio.



*Fig. 6.1 - Classificazione del territorio ai fini del mantenimento e risanamento della qualità dell'aria. Nel cerchio rosso viene evidenziata l'area di studio.*

Inoltre, sempre nel corso del 2008, è stato avviato l'attuale Sistema di Rilevamento Regionale della Qualità dell'Aria, gestito da ARPA Sicilia.

Il controllo della qualità dell'aria viene effettuato mediante reti di rilevamento gestite dal Comune nelle città di Catania e Palermo, dalla Provincia nel caso di Agrigento, Caltanissetta, Messina e Siracusa.

	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 33
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.			Rev					

I dati raccolti e memorizzati presso le postazioni di misura (cabine) della rete di monitoraggio ARPA vengono, con frequenza almeno giornaliera, trasferiti al CED regionale ARPA e da qui resi disponibili ai Dipartimenti ARPA per le successive fasi di verifica e di validazione.


Le cabine di monitoraggio vengono classificate in base al tipo di zona: urbana, suburbana e rurale, ed in base al tipo di stazione: da traffico, industriale e di fondo, determinato dalle caratteristiche delle principali fonti di emissione.

Le cabine sono in totale dodici: quattro delle quali sono di fondo urbano, due di fondo suburbano, le rimanenti sei sono industriali ed hanno come obiettivo il monitoraggio della qualità dell'aria nelle aree industriali ed a rischio di crisi ambientale delle province di Caltanissetta, Messina e Siracusa.

La misura della qualità dell'aria viene effettuata tramite analizzatori d'inquinanti che funzionano in continuo, posizionati all'interno di cabine, presenti negli agglomerati e nelle zone definiti ai sensi del D. Lgs. 351/99.

Gli inquinanti atmosferici considerati sono quelli elencati nell'allegato I della Direttiva 96/62/CE, come modificato nella Decisione 2001/752/CE, qui di seguito elencati:

1. Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
2. Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)
3. PM<sub>10</sub>
4. PM<sub>2,5</sub>
5. Piombo (Pb)
6. Ozono (O<sub>3</sub>)
7. Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
8. Monossido di carbonio (CO)
9. Cadmio (Cd)
10. Arsenico (As)
11. Nichel (Ni)
12. Mercurio (Hg)

 <b>ARPA SICILIA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 34
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

L'Annuario dei Dati Ambientali 2009 della Regione Siciliana è stato redatto da ARPA Sicilia sulla base dei dati, delle informazioni e delle elaborazioni conseguenti all'attività istituzionale di monitoraggio e controllo nonché da contributi su specifiche materie prodotti da altri soggetti pubblici e privati.

La redazione dell'Annuario si è avvalsa altresì dei contributi e dei prodotti messi a disposizione dal Sistema Agenziale ISPRA-ARPA-APPA. Nella redazione dall'Annuario siciliano sono state assunte a modello di riferimento le modalità di "reporting" dell'Annuario nazionale curato dall'ISPRA (ex APAT).


La metodologia concettuale adottata è il modello DPSIR, Determinanti – Pressioni – Stato – Impatto – Risposte (DPSIR), sviluppato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA). In particolare, l'ARPA ha ritenuto opportuno seguire le linee guida realizzate per la predisposizione dell'Annuario dei dati ambientali nazionale, redatte dal Servizio Interdipartimentale Informativo Ambientale dell'ISPRA (ex APAT), in una logica di armonizzazione dei prodotti di "reporting" ambientale all'interno del sistema a rete ISPRA/ARPA/APPA.

L'Annuario 2009 riporta i dati riguardanti gli indicatori ritenuti maggiormente espressivi per descrivere lo stato della qualità dell'aria nel territorio siciliano.

L'indicatore descrive il sistema di monitoraggio regionale di qualità dell'aria fornendo informazioni in merito ai principali inquinanti monitorati ed al numero e alla tipologia delle stazioni di rilevamento.

I dati vengono presentati facendo riferimento alla nuova zonizzazione regionale e sono riportati i dati significativi ed i superamenti dei limiti di legge in grafici a barre, di immediata lettura ed interpretazione.

Nei paragrafi seguenti si riporta una sintesi dei principali indicatori di stato della qualità dell'aria presentati nell'Annuario 2009.

 <b>REGIONE SICILIANA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 35
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

### Biossido di Zolfo – SO<sub>2</sub>

Il biossido di zolfo è generato sia da fonti naturali, quali le eruzioni vulcaniche, sia da fonti antropiche come i processi di combustione industriali. Nel tempo la concentrazione di questo inquinante nell'aria è notevolmente diminuita soprattutto nelle aree urbanizzate in conseguenza della riduzione del tenore di zolfo nei combustibili per uso civile ed industriale.

Durante l'anno 2009 non si è verificato un numero di superamenti superiore a 24 del valore limite orario di 350 µg/m<sup>3</sup>. Un superamento del valore limite giornaliero è stato registrato dalla cabina di tipo industriale rurale S. Cusumano in provincia di Siracusa.

### Biossido di Azoto – NO<sub>2</sub>

Il biossido di azoto è un inquinante secondario, generato dall'ossidazione del monossido di azoto (NO) in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale fonte di emissione del biossido di azoto. Gli impianti di riscaldamento civili ed industriali, le centrali per la produzione di energia e numerosi processi industriali rappresentano altre fonti di emissione.

Superamenti del limite annuale di NO<sub>2</sub> sono stati rilevati dalle cabine da traffico urbano delle città di Catania, Palermo, Siracusa e Messina. Superamenti del valore limite orario di NO<sub>2</sub> sono stati rilevati dalla cabina da traffico urbano di Messina denominata Archimede e dalla cabina da traffico urbano di Catania denominata Piazza Gioeni.

### Monossido di Carbonio – CO

La sorgente antropica principale di monossido di carbonio è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli durante il funzionamento a basso regime, quindi in situazioni di traffico intenso e rallentato.

Il gas si forma dalla combustione incompleta degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili. Gli impianti di riscaldamento ed alcuni processi industriali (produzione di acciaio, di ghisa e la raffinazione del petrolio) contribuiscono in minore misura all'emissione di monossido di carbonio.

		E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 36
Pr	Strada	Lotto			Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev								

Durante l'anno 2009 non sono stati registrati superamenti del limite orario di monossido di carbonio in alcuna delle cabine provviste dell'analizzatore dell'inquinante considerato.

#### Particolato sospeso – PM<sub>10</sub>

Con il termine PM<sub>10</sub> si fa riferimento al materiale particellare con diametro uguale o inferiore a 10 µm. Il materiale particolato può avere origine sia antropica che naturale. Le principali sorgenti emissive antropiche in ambiente urbano sono rappresentate dagli impianti di riscaldamento civile e dal traffico veicolare. Le fonti naturali di PM<sub>10</sub> sono riconducibili essenzialmente ad eruzioni vulcaniche, erosione, incendi boschivi etc.

Durante l'anno 2009, tutte le cabine di monitoraggio abilitate alla misurazione del PM<sub>10</sub> hanno registrato superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>. E' da sottolineare che solo in postazioni ubicate in siti ad elevata densità di traffico autoveicolare viene oltrepassato il limite di 35 superamenti nell'anno. L'unica eccezione è la postazione di Augusta, interessata da ricadute industriali. Analoga considerazione essere fatta per quel che riguarda l'andamento delle medie annuali.

Come si evince da quanto sopra riportato in sintesi, la situazione sullo stato di qualità dell'aria è abbastanza grave dal punto di vista ambientale sia nelle zone urbane sia nelle aree industriali.

Dall'analisi dei dati sulle postazioni appare evidente il gran numero di postazioni da traffico urbano. Per contro, è altrettanto evidente l'attuale carenza di postazioni di fondo urbano e suburbano.

Ciò determina, dal punto di vista della conoscenza delle reali condizioni di inquinamento, una esaltazione del dato riferito a condizioni locali di picco e, al contempo, una oggettiva difficoltà nell'individuare condizioni "medie" di esposizione della popolazione e di eventuali sovrapposizioni di contributi di sorgenti emissive diverse dal traffico veicolare.

Con questa premessa, si è concentrata l'attenzione sui dati disponibili per le zone più prossime all'area di studio ed in particolare quelli misurati nelle provincie di Caltanissetta e Siracusa.

Per la definizione dei valori di fondo (“background”) da utilizzare nelle simulazioni da effettuare con il modello dispersivo sono stati utilizzati i dati del database BRACE riguardanti l'anno 2009 (scaricabili da internet al sito: [www.brace.sinanet.apat.it](http://www.brace.sinanet.apat.it)).

Per ogni tipologia di inquinante sono state considerate le stazioni disponibili e tra queste, scelte ogni volta quelle ritenute più rappresentative dell'area di studio.

Nella Tab. 6.2 sono indicate le stazioni considerate ed evidenziati la tipologia e gli inquinanti monitorati in ciascuna stazione, mentre nella Tab. 6.3 sono riportate le elaborazioni previste dalla normativa sull'Exchange of Information effettuate sui dati di concentrazione degli inquinanti da traffico veicolare per le stesse stazioni.

*Tab. 6.2 - Descrizione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria utilizzate.*

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	Parametri
Siracusa – Scala Greca	Suburbana	Industriale	SO2, NO, NO2, PM10
Siracusa – Acquedotto	Suburbana	Background	SO2, NO2, CO, O3, PM10
Siracusa – Spechi	Urbana	Traffico	NO, NO2, CO, O3, PM10
Gela - Agip Mineraria	Suburbana	Industriale	SO2, NO, NO2, PM10
Gela - Cimitero Farello	Rurale	Background	SO2, NO, NO2
Gela – Osp. Vittorio Emanuele	Urbana	Traffico	NO, NO2, CO, O3, PM10

Le Statistiche EoI consistono nel calcolo del valore medio, della mediana, del 98° e del 99.9° percentile e del valore massimo della serie annuale di dati. I parametri di media e di mediana (50° percentile) sono calcolati quando la serie annua presenta almeno il 50% dei valori distribuiti uniformemente nell'arco dell'anno. Per il calcolo dei percentili di ordine superiore e per il valore massimo è richiesta la presenza di almeno il 75% dei valori.

Tab. 6.3 - Elaborazioni statistiche sui dati di concentrazione degli inquinanti.

Stazione di monitoraggio		Valore medio	Percentili				Valore max.	Numero dati
			50°	95°	98°	99.9°		
<b>NO2 (biossido di azoto)</b>								
GELA	AGIP MINERARIA	10	7	32	42	66	92	7557
	CIMITERO FARELLO	7	5	20	27	50	82	7683
	OSPEDALE V. EMANUELE	40	35	85	108	211	233	7997
SIRACUSA	ACQUEDOTTO	15	12	43	55	91	111	7971
	SCALA GRECA	44	37	93	115	208	283	7273
	SPECCHI	26	21	66	82	136	170	7904
<b>PM10 (materiale particolato &lt; 10 µm)</b>								
GELA	AGIP MINERARIA	26	24	47	66		111	322
	OSPEDALE V. EMANUELE	34	31	55	79		123	352
SIRACUSA	ACQUEDOTTO	25	21	53	62		96	345
	SPECCHI	46	41	81	107		182	341
<b>SO2 (biossido di zolfo)</b>								
GELA	AGIP MINERARIA	5	1	21	49	297	852	7400
	CIMITERO FARELLO	1	1	2	4	31	145	7718
SIRACUSA	ACQUEDOTTO	3	0	15	24	84	216	7826
	SCALA GRECA	1	1	5	8	31	92	7360
	SPECCHI	2	1	9	14	42	146	7576
<b>CO (monossido di carbonio)</b>								
GELA	OSPEDALE V. EMANUELE	1	0	1	1	2	5	8134
SIRACUSA	TISIA	1	1	2	2	5	7	7921
<b>O3 (ozono)</b>								
GELA	OSPEDALE V. EMANUELE	51	50	87	95	115	138	7509
SIRACUSA	TISIA	70	69	111	121	156	171	7945

Come si evince da quanto sopra riportato, la situazione sullo stato di qualità dell'aria nell' area di studio non è particolarmente grave dal punto di vista ambientale se si escludono le zone interessate da intenso traffico o particolari aree industriali.



I valori di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) registrati alla stazione AGIP Mineraria sono compatibili con siti ove l'inquinamento prodotto proviene principalmente da un contributo di natura industriale; così come i superamenti del valore limite orario dell'NO<sub>2</sub> sono stati rilevati nelle stazioni di traffico urbano come Ospedale Vittorio Emanuele a Gela e Specchi a Siracusa. Per quanto riguarda il PM<sub>10</sub>, si osserva che tutte le stazioni hanno registrato superamenti del limite giornaliero. Si rileva, inoltre, che il monossido di carbonio non ha mai presentato criticità.


Ciò è anche confermato da quanto riportato nell' "Inventario Regionale delle Emissioni in Aria Ambiente della Regione Siciliana" riguardo alle emissioni; giacché nella "Classificazione del territorio ai fini del mantenimento e risanamento della qualità dell'aria" (riportata nella Fig. 6.1) la provincia di Ragusa è composta di zone di mantenimento ed un'unica zona di risanamento legata ad un singolo impianto, in questo caso il cementificio presso Pozzallo. Le zone di risanamento sono quelle in cui tutti gli inquinanti risultano in concentrazioni entro i limiti di legge.

In considerazione delle informazioni disponibili sulla condizione dell'aria nell'area oggetto di studio, si può stimare che i valori di fondo per le concentrazioni di inquinanti siano tutti entro i limiti normativi e comunque minori di quelli trovati per le zone urbanizzate. E' necessario ricordare, infatti, che l'area oggetto di studio è caratterizzata da rari piccoli gruppi di case, alcuni edifici isolati e alcune pertinenze agricole.

Ad ogni modo, per seguire un approccio di tipo conservativo, sono stati adottati come valori di fondo per i diversi inquinanti, i valori medi della media annua della concentrazione misurata nelle stazioni analizzate. I valori di fondo per gli inquinanti utilizzati sono riportati nella Tab. 6.4.

Tab. 6.4 - Valori di fondo utilizzati nelle simulazioni dispersive.

<b>CO</b> (mg/m <sup>3</sup> )	<b>NO2</b> (µg/m <sup>3</sup> )	<b>PM10</b> (µg/m <sup>3</sup> )
1.0	25.0	30.0

 <b>SPERIMENTAL</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 40
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

## 7. GLI EFFETTI INDOTTI DALLA NUOVA INFRASTRUTTURA AUTO-STRADALE

Le emissioni da traffico veicolare costituiscono uno dei principali fattori d'inquinamento dell'aria e si rende pertanto necessario uno studio approfondito dell'effetto prodotto dalla realizzazione del progetto sulle condizioni di qualità dell'aria nella zona in oggetto. La stima degli impatti indotti dall'esercizio della nuova infrastruttura viaria è stata effettuata attraverso il modello previsionale AERMOD-View.

Sono stati forniti come dati d'input del modello di calcolo i parametri meteorologici, elaborati dall'analisi meteorologica del sito attraverso il pre-processore meteorologico AERMET, ed i parametri di emissione stimati sulla base delle conoscenze del parco macchine circolante nella Regione Sicilia utilizzando la metodologia COPERT IV secondo le indicazioni fornite dal manuale dell'Agenzia Europea per l'Ambiente per gli inventari emissioni (CORINAIR).

Per caratterizzare completamente gli impatti atmosferici sono state eseguite le simulazioni, considerando i diversi intervalli temporali per i quali sono definiti i valori limite di ciascun inquinante dalla normativa di settore.

Pertanto, sono stati effettuati degli studi previsionali per valutare la dispersione dei principali inquinanti prodotti dal traffico veicolare al fine di avere dei parametri significativi di confronto con la normativa vigente, che si possono così riassumere:

### ***PM*<sub>10</sub>**

Valore massimo delle concentrazioni medie sulle ventiquattro ore.

Valore di concentrazione medio annuale.


### ***NO*<sub>2</sub>**

Valore massimo della concentrazione oraria

Valore di concentrazione medio annuale.

### ***CO***

Valore massimo delle concentrazioni medie sulle otto ore (media mobile)

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 41
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

## 7.1. Parametri di input del modello

L'utilizzo del codice AERMOD è articolato in tre distinte fasi operative ad ognuna delle quali è demandata una particolare funzione svolta da codici specifici. Le caratterizzazioni orografica e meteorologica degli scenari oggetto dello studio dispersivo vengono approntate rispettivamente dai codici AERMAP e AERMET che operano in modo disgiunto e autonomo e calcolano i parametri di tipo orografico e meteorologico che concorrono alla descrizione del Planetary Boundary Layer nel quale diffondono gli inquinanti, che successivamente sono simulati con il codice di dispersione AERMOD.

Al fine di poter applicare il modello previsionale AERMOD-View al caso in esame, sono stati definiti i dati di input riguardanti :


- caratteristiche geometriche del sistema: orografia del territorio, geometria dell'asse stradale e posizione dei ricettori;
- caratteristiche meteo climatiche: direzione e velocità del vento, temperatura, pressione atmosferica, precipitazioni, radiazione solare.
- caratteristiche delle sorgenti: dati di traffico, grandezze caratteristiche dell'inquinante e corrispondente fattore di emissione;

## 7.2. Caratteristiche meteo climatiche

La modalità di diffusione degli inquinanti in atmosfera dipende principalmente dalle caratteristiche meteorologiche del sito, dalle caratteristiche morfologiche e dalla presenza di ostacoli vegetali e antropici.

E' importante caratterizzare dettagliatamente il sistema climatico dell'area oggetto di studio, attraverso l'analisi delle componenti che potrebbero influenzare il trasporto degli inquinanti e delle particelle solide.

Per rappresentare i fenomeni atmosferici locali, l'analisi di tali forzanti deve tener conto, laddove presenti, dei rilevamenti statistici effettuati nel corso di più anni, reperiti da banche dati riconosciute a livello nazionale ovvero di dati provenienti da stazioni meteorologiche locali, presso cui siano stati effettuati rilevamenti per gli anni sufficienti a caratterizzare gli effetti dovuti al trasporto a distanza degli inquinanti.

 <b>REGIONE SICILIANA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 42
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

Gli indicatori utilizzati nello studio in oggetto sono:

- regime dei venti (velocità e direzione)
- temperatura dell'aria
- copertura nuvolosa
- umidità relativa
- pressione atmosferica
- precipitazioni
- radiazione solare

#### 7.2.1. Dati meteorologici


La caratterizzazione meteo climatica dei bassi strati dell'atmosfera è stata realizzata a seguito dell'acquisizione dei dati registrati nelle stazioni Gela, Sigonella, Ragusa e Siracusa, secondo la disponibilità dell'informazione meteorologica.

Le informazioni meteorologiche a cui si farà riferimento nel presente lavoro derivano dal "Profilo meteo climatico dell'Italia", ENEA - Divisione Sistemi Energetici per Mobilità e Habitat, S. Petrarca, F. Spinelli, E. Cagliani, M. Mancini, implementati con i dati desunti dalla Banca Dati Agrometeorologica Nazionale del Sistema Informativo Agricolo Nazionale del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, che derivano dall'analisi delle serie storiche negli anni 1951-2000 e dal meteo Sicilia.

I dati meteo climatici sono stati quindi reperiti dai volumi dell'ENEA sul profilo climatico dell'Italia e dai siti internet [www.wounderground.it](http://www.wounderground.it) e [www.ilmeteo.it](http://www.ilmeteo.it). In particolare per i dati su velocità e direzione del vento si è fatto riferimento agli indici agroclimatici dell'UCEA.

Si è pertanto fatto riferimento a dati medi su più anni integrati con dati a risoluzione oraria necessari per creare il file meteo rappresentativo di un "anno tipo-medio" da utilizzare nelle simulazioni.

Per l'elaborazione dei dati meteorologici è stato utilizzato il preprocessore meteorologico AERMET, in grado di stimare con cadenza oraria sulla base delle informazioni fornite

 <b>UCEA</b> UNIONE COMUNI EOLICI AGRIGOLINI	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 43
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

te i parametri caratteristici dello strato limite quali: lunghezza di Monin–Obukhov, velocità di attrito superficiale, flusso di calore superficiale e velocità di scala convettiva.

Il calcolo di questi parametri consente di ottenere una stima per le altezze di mescolamento meccanica e convettiva che intervengono rispettivamente in condizioni stabili ed instabili.

Nei prossimi paragrafi sono illustrati gli indicatori utilizzati nello studio per caratterizzare il sistema climatico dell'area oggetto di studio.

### **Velocità e direzione dei venti**

Gli indici di ventosità, espressi dalla frequenza delle calme di vento, delle classi di velocità e dei settori di provenienza su base annuale, consentono di caratterizzare i fenomeni di trasporto degli inquinanti e inoltre, congiuntamente all'indice di stabilità atmosferica, caratterizzano completamente la capacità di rigenerazione della qualità dell'aria.

Gli indici di ventosità utilizzati sono tre:

- frequenza delle calme di vento: n° di eventi anemometrici con calma di vento/n° di osservazioni;
- frequenza delle direzioni di provenienza del vento: n° di eventi anemometrici con direzione compresa entro un settore di provenienza/n° delle osservazioni;
- frequenza delle classi di velocità del vento: n° di eventi anemometrici con velocità del vento compresa in una classe di velocità/n° delle osservazioni.

Nella Tab. 7.1 e nella Fig. 7.1 vengono presentate le caratteristiche anemologiche della stazione di Gela reperiti dagli indici agroclimatici dell'UCEA usati come riferimento per costruire dati medi su più anni per meglio caratterizzare l'area oggetto di analisi.

Tab. 7.1 - Caratteristiche del campo anemologico (stazione di Gela- fonte UCEA)

GELA (CL)		cod. 290		alt. 11 m		lat. 37° 5'		long. 14° 13'		
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA
gennaio	%	10,3	18,3	10,2	3,0	4,5	6,1	14,1	10,7	22,8
	vel. media	3,3	2,8	3,0	4,1	4,0	5,3	6,9	4,5	
	vel. massima	16,0	10,6	11,2	12,9	14,9	19,0	21,6	18,9	
febbraio	%	9,1	15,2	11,3	3,3	4,7	6,9	15,7	11,0	22,8
	vel. media	3,0	2,9	3,1	4,1	4,0	5,0	7,1	4,4	
	vel. massima	13,7	12,2	12,3	11,1	12,9	18,2	23,5	16,1	
marzo	%	9,1	16,0	9,8	3,9	6,6	8,2	15,6	8,7	21,9
	vel. media	3,6	3,1	3,2	4,2	3,7	4,8	7,2	4,2	
	vel. massima	15,8	12,7	11,8	13,7	15,9	15,4	20,0	13,7	
aprile	%	6,2	14,5	9,0	4,3	7,2	10,1	19,5	6,9	22,3
	vel. media	3,1	3,4	3,4	4,2	3,8	4,9	7,6	4,0	
	vel. massima	12,5	16,3	12,9	11,7	11,8	18,2	20,2	16,3	
maggio	%	5,1	12,9	6,9	4,1	10,1	14,2	15,2	3,7	27,9
	vel. media	2,6	3,4	3,5	3,6	3,2	4,6	7,2	3,4	
	vel. massima	10,3	13,7	12,7	11,5	13,4	15,8	18,4	11,7	
giugno	%	5,0	8,1	4,9	3,7	11,3	16,8	15,2	3,9	31,2
	vel. media	2,6	2,7	2,8	3,1	3,1	4,5	7,1	3,0	
	vel. massima	11,0	12,2	9,1	9,1	11,8	16,5	17,8	9,6	
luglio	%	4,2	5,5	2,9	2,9	10,5	20,1	14,3	2,5	36,9
	vel. media	2,5	1,8	1,8	2,7	2,7	4,2	6,4	3,5	
	vel. massima	9,3	6,3	4,6	8,4	7,9	15,6	16,6	10,0	
agosto	%	4,7	7,1	3,5	2,6	11,3	19,1	13,8	2,1	35,8
	vel. media	2,5	1,9	2,0	2,6	2,8	4,5	6,7	2,9	
	vel. massima	10,0	8,0	7,2	6,0	9,4	14,4	15,9	8,9	
settembre	%	5,8	11,3	6,8	4,4	9,7	15,1	12,7	4,0	30,1
	vel. media	2,5	2,4	2,6	3,5	3,2	4,3	6,5	3,4	
	vel. massima	8,0	10,8	8,9	11,7	12,7	15,3	18,5	9,8	
ottobre	%	7,0	19,3	10,9	4,1	8,3	8,9	11,6	4,6	25,4
	vel. media	2,6	2,9	3,0	3,9	3,6	4,1	6,1	3,2	
	vel. massima	10,3	12,9	12,0	11,7	12,5	14,4	19,2	13,7	
novembre	%	7,7	16,3	11,6	4,6	6,3	7,2	13,1	8,9	24,2
	vel. media	2,8	2,7	2,8	4,3	4,2	4,8	6,5	3,9	
	vel. massima	11,8	10,3	8,7	16,3	16,3	19,0	19,0	13,4	
dicembre	%	9,4	17,5	11,0	2,9	4,2	7,0	14,0	10,5	23,5
	vel. media	3,2	2,8	3,1	4,5	4,1	5,3	6,7	4,3	
	vel. massima	23,3	11,8	11,0	13,0	16,3	18,7	20,7	15,9	

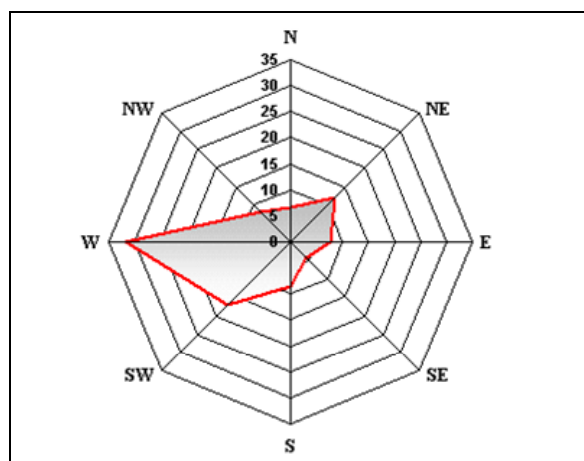


Fig. 7.1 - Climatologia annuale del vento filato (kmx1000) (stazione di Gela)

Nelle elaborazioni statistiche la direzione del vento è stata suddivisa in 8 settori di ampiezza 45°, a partire dal Nord geografico, mentre la velocità del vento è ripartita in 8 classi:

- |    |                   |                 |
|----|-------------------|-----------------|
| 1) | $v < 0.5$ m/s     | calma di vento; |
| 2) | $0.5 < v < 2$ m/s | bava di vento;  |
| 3) | $2 < v < 4$ m/s   | brezza leggera; |
| 4) | $4 < v < 6$ m/s   | brezza tesa;    |
| 5) | $6 < v < 8$ m/s   | vento moderato; |
| 6) | $8 < v < 10$ m/s  | vento teso;     |
| 7) | $10 < v < 12$ m/s | vento fresco;   |
| 8) | $v > 12$ m/s      | vento forte.    |

Nella tabella seguente vengono riportati i dati medi mensili di intensità del vento utilizzati nelle analisi.

Tab. 7.2 - Intensità del vento media mensile (m/s)

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
4.1	4.7	3.7	3.3	4.6	4.2	3.7	3.3	3.0	3.0	2.7	3.0

La Fig. 7.2 rappresenta la distribuzione di frequenza dell'intensità del vento nell'area di studio, mentre la Fig. 7.3 rappresenta la rosa dei venti dell'area oggetto di studio elaborata con il pre-processore meteorologico AERMET.

Dall'analisi dei dati si evince che le direzioni prevalenti del vento sono da Ovest-Sud-Ovest e da Nord-Est.

L'andamento dell'intensità del vento è abbastanza uniforme lungo tutto l'anno con la predominanza di condizioni di brezza leggera a vento moderato: circa 85% di casi con vento inferiore a 6 m/s e una frequenza delle calme di vento di circa 26%. La velocità media del vento è stata stimata in circa a 3.0 m/s.

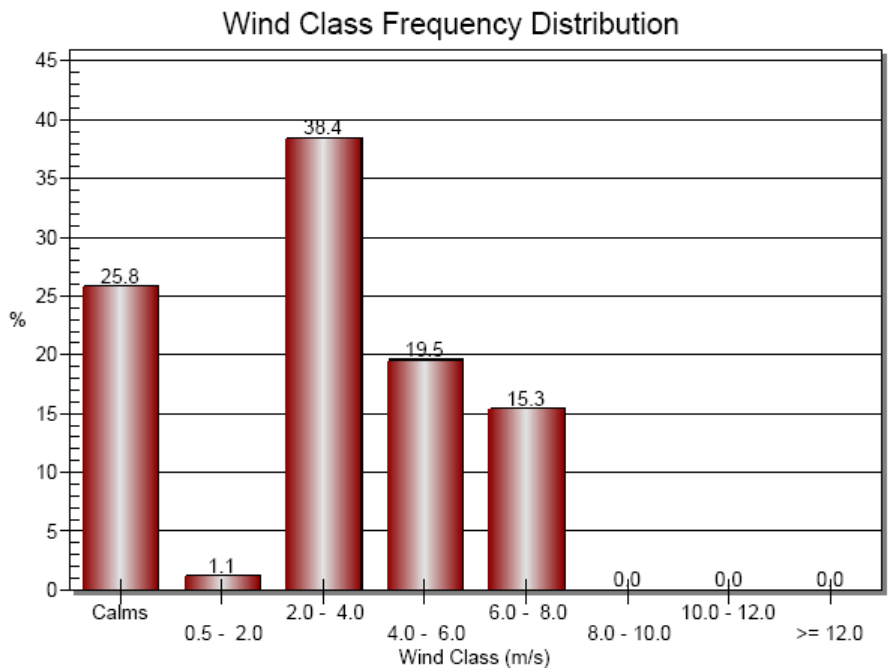


Fig. 7.2 - Distribuzione di frequenza dell'intensità del vento nell'area di studio.

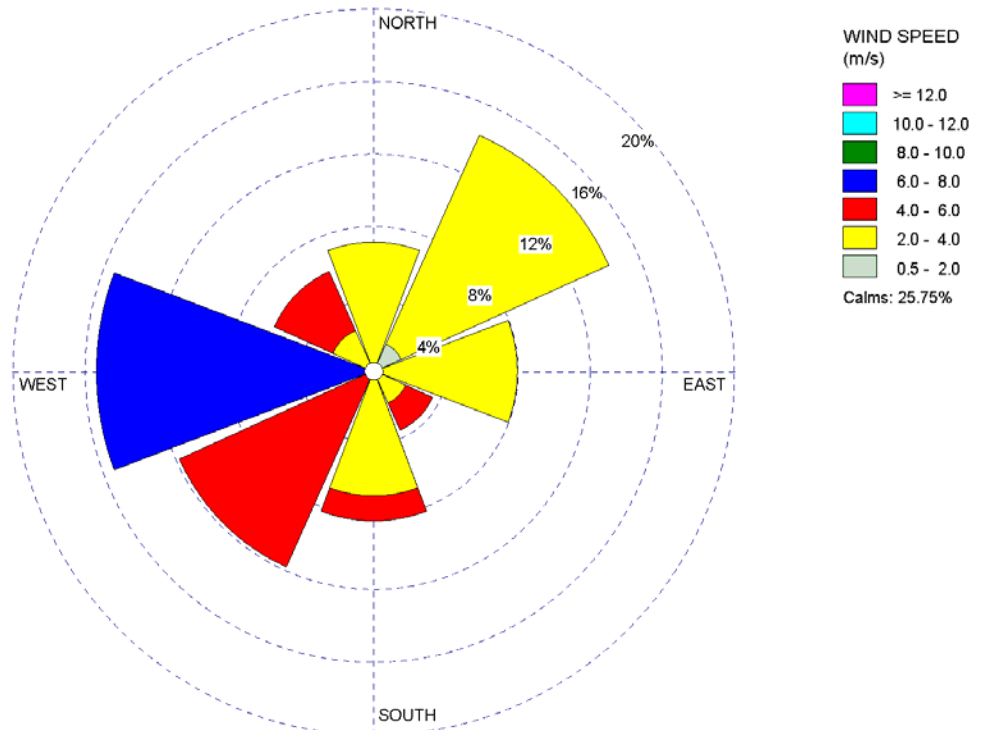


Fig. 7.3 - Rosa dei venti dell'area di studio elaborata con il pre-processore meteorologico AERMET.



## Temperatura

Le variazioni del livello termico dell'aria che si verificano nel corso della giornata e delle stagioni, inducono una serie di fenomeni convettivi locali che contribuiscono a definire il grado di stabilità atmosferica e quindi la potenziale dispersione degli inquinanti.

La temperatura media mensile (°C) elaborata su dati meteorologici storici è la seguente:

Tab. 7.3 - Temperatura media mensile (°C)

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
9.2	10.8	11.9	15.3	18.5	22.5	26.8	26.8	22.5	18.4	14.6	11.7

## Umidità

E' un parametro che fornisce utili indicazioni sulla possibilità che si formino foschie più o meno dense e banchi di nebbia che può indicare se le condizioni sono favorevoli o meno alla condensazione. Il valore di umidità (%) medio mensile rilevato è il seguente:

Tab. 7.4 - Umidità media mensile (%)

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
86.5	83.4	83.8	83.6	71.8	67.2	66.1	68.5	81.6	89.9	89.3	85.4

## Precipitazioni

E' un indicatore di effetto, in quanto è direttamente proporzionale al grado di rigenerazione dell'atmosfera per effetto del "wash-out".

I dati rilevati sulle precipitazioni totali (mm) indicano un clima caratterizzato da condizioni di cielo sereno con precipitazioni sporadiche nei mesi estivi. Il valore delle precipitazioni totali medie mensili (mm/mese) e numero di giorni piovosi ogni mese, rilevato è il seguente:

Tab. 7.5 - Precipitazioni totali medie mensili (mm/mese), sopra, e numero di giorni piovosi ogni mese, sotto.

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
75	52	44	30	16	5	3	7	44	78	94	78
9	7	6	4	3	1	1	1	4	7	8	9

### Radiazione solare

Le variazioni della radiazione solare incidente che occorrono nel corso della giornata e delle stagioni, inducono una serie di fenomeni convettivi locali che contribuiscono a definire il grado di stabilità atmosferica e quindi la potenziale dispersione degli inquinanti. Inoltre la radiazione solare ha un' importanza fondamentale nella genesi degli episodi di inquinamento fotochimico.

La radiazione solare mensile (MJ/m<sup>2</sup>) elaborata su dati meteorologici storici è la seguente:

Tab. 7.6 - Radiazione solare media mensile (MJ/m<sup>2</sup>)


GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
8.8	12	16	19	23	24	24	22	17	13	9.3	7.8

### Classi di stabilità atmosferica

Anche se il modello AERMOD-View non utilizza nella definizione dei coefficienti di dispersione le classi di stabilità di Pasquill-Gifford, bensì i parametri caratteristici dello strato limite, queste vengono comunque presentate perché sono un indicatore, insieme all'indice di ventosità, del potenziale di rigenerazione della qualità dell'aria.

La stabilità atmosferica è un indicatore della turbolenza dei bassi strati dell'atmosfera e dunque dell'attitudine alla dispersione degli inquinanti.

Considerando la classificazione di Pasquill-Gifford basata su una serie di parametri tra cui il bilancio radiativo superficiale, la copertura del cielo, l'altezza del sole e la velocità del vento, possono essere distinte 6 situazioni:

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 49
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

- Atmosfera estremamente instabile (classe A)
- Atmosfera moderatamente instabile (classe B)
- Atmosfera leggermente instabile (classe C)
- Atmosfera neutra (classe D)
- Atmosfera leggermente stabile (classe E)
- Atmosfera moderatamente/estremamente stabile (classe F+G+nebbie).

In condizioni d'instabilità atmosferica la turbolenza termica è notevole e gli inquinanti sono soggetti ad una rapida diffusione. Nel caso di atmosfera estremamente instabile i vortici di turbolenza hanno dimensioni maggiori della sezione del plume: durante l'estate, in presenza di calme di vento, possono raggiungersi localmente alte concentrazioni inquinanti ("looping").

In condizioni di neutralità si ha una bassa turbolenza termica con moderata spinta di galleggiamento: il pennacchio sale con legge logaritmica e si diffonde con profilo conico ("coning").

In condizioni di stabilità atmosferica la turbolenza termica è minima ed i fenomeni di trasporto prevalgono su quelli diffusivi. Il "plume" ha un andamento tipicamente orizzontale. L'abbattimento al suolo degli inquinanti avviene a grandi distanze dalla sorgente e in condizioni di concentrazioni molto basse "fanning".

Nella Fig. 7.4 vengono indicati, a titolo esemplificativo, le diverse tipologie di "plumes" indotti dalle diverse classi di stabilità atmosferica.

Dall'analisi dei dati meteorologici è possibile ricavare le caratteristiche della distribuzione di frequenza delle classi di stabilità atmosferica dell'area in esame (Fig. 7.5).

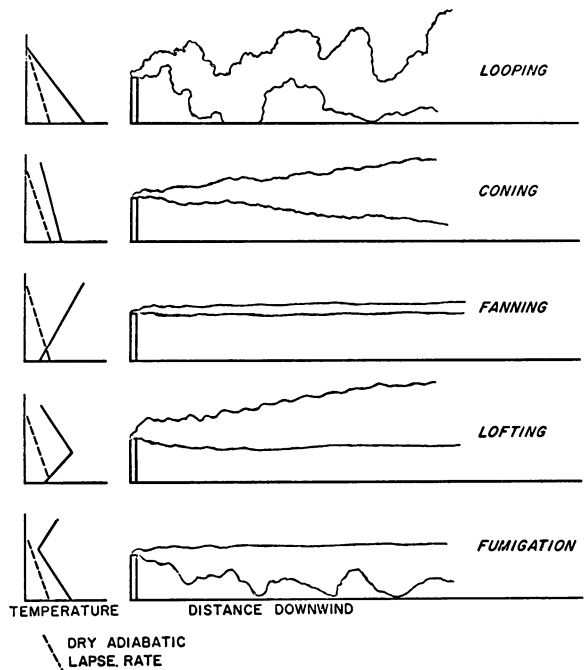


Fig. 7.4 - Tipi di "plumes" indotti dalle diverse classi di stabilità atmosferica.

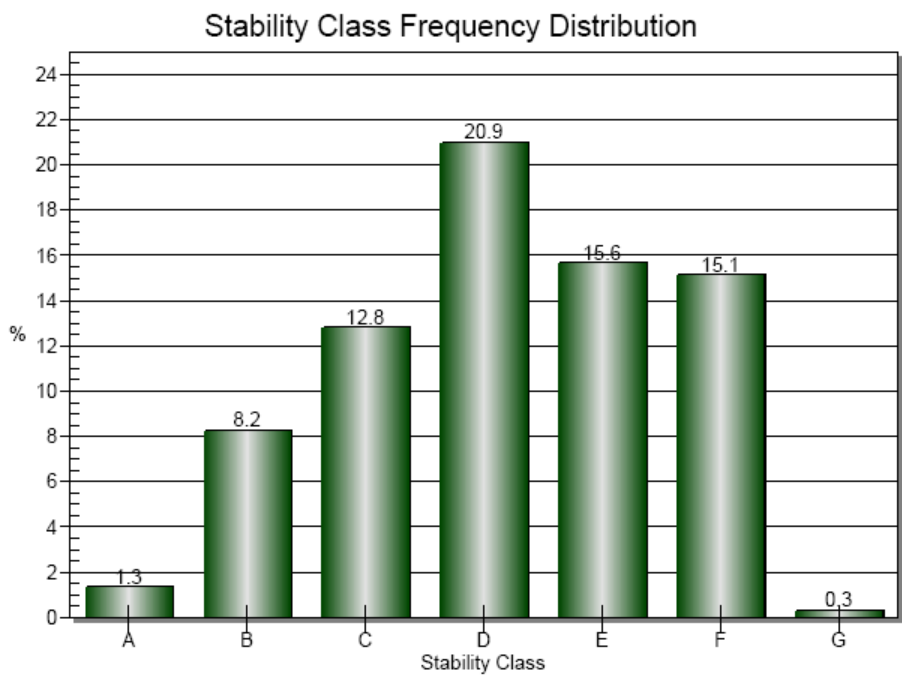


Fig. 7.5 - Distribuzione di frequenza delle classi di stabilità atmosferica.

### Altezza dello strato di rimescolamento

Altro parametro climatico importante per lo studio dei processi di dispersione e diffusione degli inquinanti è l'altezza dello strato di rimescolamento, parametro fortemente correlato alla classe di stabilità atmosferica.

Lo strato di mescolamento ("mixing-layer") è quella porzione di atmosfera più prossima al suolo dove avviene la dispersione degli inquinanti e che costituisce il limite superiore alla dispersione verticale; l'altezza dello strato di mescolamento è correlata strettamente all'altezza dello strato limite, quota oltre la quale l'atmosfera non risente più della presenza del suolo e quindi della turbolenza dovuta all'attrito e del calore ceduto dalla superficie terrestre.

Lo strato limite può avere caratteristiche diffusive molto diverse:

- prevalente rimescolamento verticale, quando il riscaldamento solare si propaga in atmosfera
- limitazione dei movimenti verticali delle masse d'aria quando si verifica l'inversione radiativa notturna.


In situazione di atmosfera instabile o neutra l'altezza dello strato di mescolamento coincide con quello dello strato limite, mentre in condizioni stabili lo strato di mescolamento può essere più alto.

Per l'area in esame il preprocessore AERMET-View restituisce i valori medi di altezza dello strato di rimescolamento riportati di seguito (m):

Tab. 7.7 - Altezza dello strato di rimescolamento (m).

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
538	741	873	874	887	704	732	764	686	1030	822	672

In ingresso al modello AERMOD-View sono stati, inoltre, forniti i parametri di caratterizzazione superficiale: albedo pari a 0.28, coefficiente di Bowen (rapporto tra calore sensibile e latente) pari a 0.75 ed una rugosità di 0.0725 m. Tali valori sono rappresentativi di una zona caratterizzata dalla presenza di terreni incolti (grassland).

 <b>REGIONE SICILIANA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 52
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

### 7.3. Caratteristiche geometriche

Per un corretto l'utilizzo del modello di dispersione è necessario che l'area di studio venga riprodotta nel modo più accurato possibile per poter cogliere le caratteristiche del territorio esaminato.

Il modello AERMOD-View utilizza il pre-processore orografico AERMAP per l'assegnazione della quota del terreno riferita al livello medio del mare dei punti ricettori (discreti o a forma di griglia), degli edifici e delle quote di base delle sorgenti.


Il codice AERMAP, dopo la lettura dei dati orografici determina per ogni singolo ricettore, assegnato dall'utente per il successivo calcolo delle concentrazioni, la quota  $z_r$  e calcola un parametro  $h_c$ , detto "altezza scala" del terreno, che rappresenta l'altezza entro la quale si esplica l'influenza dei vicini rilievi orografici nel punto  $(x_r, y_r, z_r)$ .

I parametri di cui necessita il codice AERMAP sono la mappa orografica georeferenziata (in formato ASCII o DEM) comprendente l'area oggetto dello studio dispersivo che verrà successivamente condotto mediante l'utilizzo del codice AERMOD e la definizione dell'estensione del dominio di calcolo.

Per il presente studio, i dati di elevazione del terreno sono stati ricavati dal rilievo altimetrico realizzato nel 2008 (volo IRTEF) integrati con le quote altimetriche ricavate dalla Carta Tecnica Regionale (Fogli 651010 - 650040 - 647150 - 647160 - 648130 autorizzazione n. 2011-B321 dell'8-9-2011) ricoprenti l'area di studio.

L'ubicazione degli edifici e altre strutture presenti nell'area di studio è stata ricavata sempre dalla Carta Tecnica Regionale. Gli edifici sono stati rappresentati come blocchi 3D.

Il tracciato dell'autostrada Siracusa-Gela è stato definito planimetricamente e altimetricamente come da progetto.

 <b>TECNOLOGIA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 53
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

Per simulare le emissioni prodotte dal flusso veicolare, l'autostrada è stata rappresentata utilizzando una sorgente di tipo lineare coincidente con l'asse della carreggiata. In A-ERMOD-View le sorgenti lineari vengono simulate come una sequenza di sorgenti volumetriche.

Una sorgente di questo tipo è un volume che emette inquinanti e che può essere localizzato sia a livello del suolo che ad una certa altezza al di sopra di esso.

Ogni carreggiata è stata simulata con una sorgente lineare indipendente. Per ogni tratto il modello richiede delle dimensioni caratteristiche L (ampiezza della sede stradale) e verticale H (altezza verticale della sorgente).

Per ampiezza della sede stradale (L) si intende l'ampiezza delle corsie più tre metri per ogni lato, per tener conto della dispersione orizzontale del "plume" dovuta al movimento dei veicoli e alla turbolenza termica. L'ampiezza della sede stradale è stata assunta pari a 13.0 m.

Per altezza verticale della sorgente (H), per tener conto della dispersione verticale del "plume" dovuta al movimento dei veicoli e alla turbolenza termica, si intende il doppio dell'altezza media dei veicoli che transitano nella strada. E' stato assunto un valore pari a 4.5 pari alla media tra il valore da assegnare per i veicoli leggeri (1.5 m x 2) e per i veicoli pesanti (3 m x 2).

Nelle Fig. 7.6 e Fig. 7.7 viene riportata la schematizzazione utilizzata per le simulazione effettuate con il modello di dispersione in vista 3D e planimetria rispettivamente.


 <b>TECENITAL</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 54
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						



Fig. 7.6 - Vista 3D – Schematizzazione modello dispersivo AERMOD-View



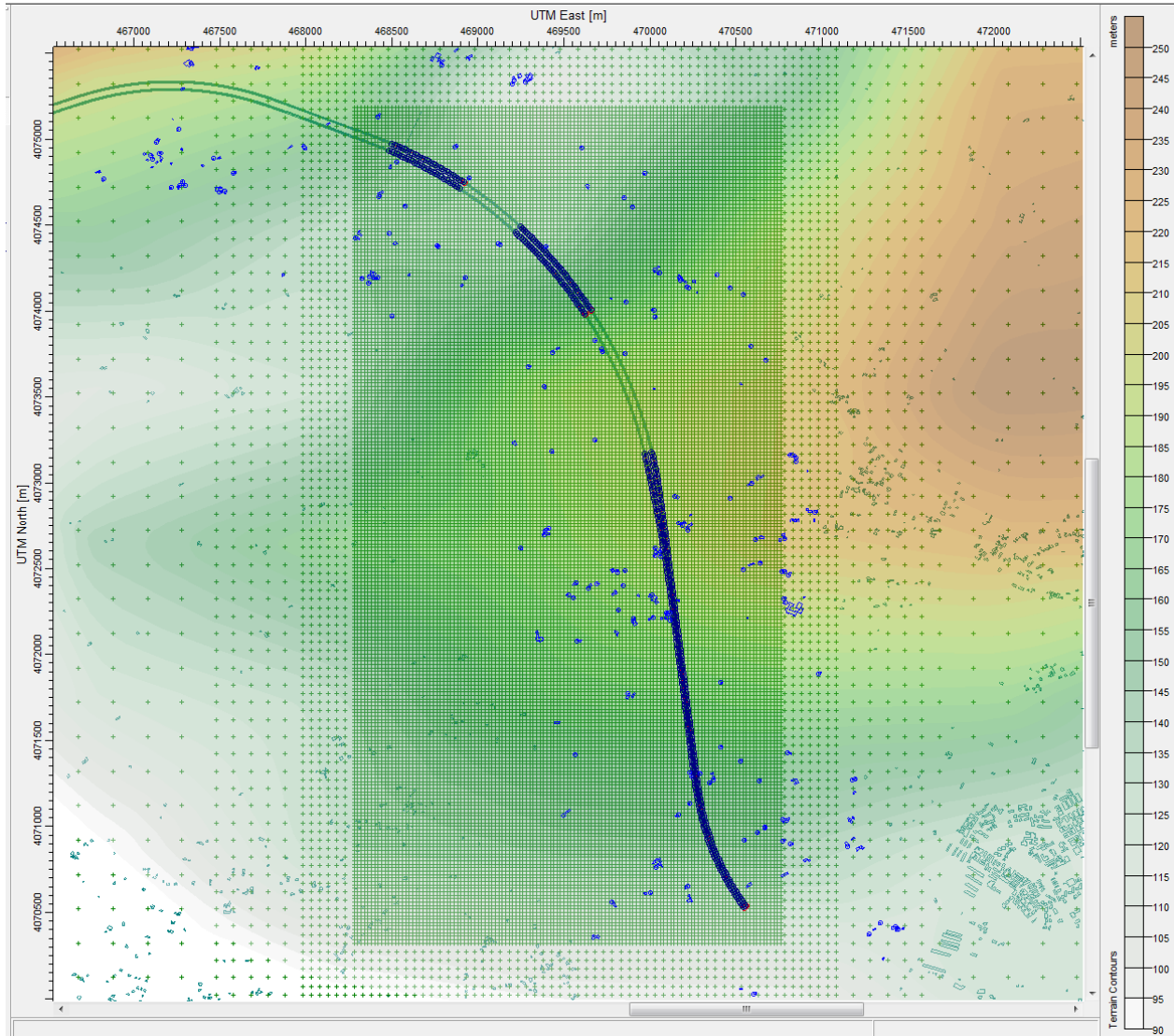



Fig. 7.7 - Vista planimetrica – Schematizzazione modello dispersivo AERMOD-View

 <b>REGIONE SICILIANA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 56
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev					

## 7.4. Caratteristiche della sorgente

Gli inquinanti analizzati dal modello, nel presente studio sono: monossido di carbonio (CO) quale inquinante primario, biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) quale inquinante secondario e particolato (PTS); di quest'ultimo è stata considerata la frazione più pericolosa rappresentata dal PM<sub>10</sub>.

### 7.4.1. Emissioni da traffico


Per quantificare il carico inquinante dovuto al traffico veicolare sono stati stimati i fattori di emissione degli inquinanti dovuti ai gas di scarico. I valori medi di riferimento adoperati nelle simulazioni, utilizzati per ottenere i carichi inquinanti per ogni singolo arco, sono stati calcolati in base ai fattori di emissione e al numero di mezzi (leggeri e pesanti) circolanti.

Il calcolo dei fattori di emissione da applicare è stato eseguito applicando la metodologia COPERT IV ai dati disponibili sul parco veicolare per la Regione Sicilia (Fonte: ACI), seguendo le indicazioni fornite dal manuale dell'Agenzia Europea per l'Ambiente per gli inventari emissioni (Emission Inventory Guidebook).

La metodologia COPERT IV (Ntziachristos e Samaras, 2006) è il riferimento per la stima delle emissioni da trasporto su strada in ambito europeo. Tale metodologia fornisce i fattori di emissione medi di numerosi inquinanti, in funzione della velocità dei veicoli, per più di 100 classi veicolari.

La metodologia permette di stimare le emissioni di tutti i principali inquinanti associati al traffico veicolare: ossidi di azoto, monossido di carbonio, polveri, composti organici volatili (da cui attraverso i profili di speciazione è possibile ricavare i singoli composti, come il benzene), metano, anidride solforosa, anidride carbonica, piombo, altri metalli pesanti.

Le emissioni in atmosfera, associate al traffico stradale, sono normalmente distinte in emissioni allo scarico ed emissioni evaporative. Le emissioni allo scarico sono ulteriormente distinte in emissioni a caldo, associate al funzionamento del motore a regime,

 <b>MINISTERO DEI TRASPORTI E INFRASTRUTTURE</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 57
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

quindi dipendono da una serie di fattori, tra i quali la distanza percorsa dal veicolo, la velocità, l'età del veicolo e la cilindrata del motore ed emissioni a freddo in corrispondenza della fase di riscaldamento del motore.

Le emissioni evaporative sono dovute all'evaporazione del carburante attraverso le varie parti del veicolo connesse al sistema di alimentazione e sono costituite dalla componente più volatile di esso. L'entità di queste emissioni dipende dal fatto che il veicolo sia in movimento o in sosta a motore caldo e dalla escursione termica giornaliera quando il veicolo è fermo.

Le categorie veicolari della metodologia COPERT sono riassunte in una specifica tabella, ad ognuna delle quali è associato un fattore di emissione, calcolato sulla base di una serie di variabili:

- tipo di combustibile utilizzato (benzina, gasolio, GPL);
- anno di immatricolazione (in relazione alle normative europee che introducono dispositivi di riduzione delle emissioni);
- cilindrata (per auto e veicoli a 2 ruote) e peso complessivo (per i veicoli commerciali);
- regime di conduzione del veicolo (in area urbana, in ambito rurale, in autostrade o strade a grande velocità);
- velocità di marcia;
- condizioni climatiche (temperatura ambiente).

Il modello COPERT IV fornisce una stima piuttosto accurata dei fattori di emissione espressi in g/km/veh degli inquinanti atmosferici, nel presente studio sono stati considerati i seguenti inquinanti:

- CO
- NO<sub>x</sub>
- PM<sub>10</sub>

La classificazione dei veicoli secondo la metodologia COPERT IV (CORINAIR) è riportata nella Tab. 7.8.

Tab. 7.8 - Classificazione veicoli secondo la metodologia COPERT IV.

Categoria veicolo	Classifica	Normativa	Categoria veicolo	Classificazione	Normativa
<b>Veicoli passeg.</b>	Benzina: <1.4l 1.4 - 2.0l >2.0l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Improved Conventional Gasoline 1.4 - 2.0l Open Loop Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 Euro V - EC 715 Stage 2007 Euro VI - EC 715 Stage 2007	<b>Veicoli comm. pesanti</b>	Benzina >3.5t	Conventional
	Diesel: <2.0l >2.0l	Conventional Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Diesel Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 Euro V - EC 715 Stage 2007 Euro VI - EC 715 Stage 2007		Diesel :  Rigid <=7.5t Rigid 7.5-12t Rigid 12-14t Rigid 14-20t Rigid 20-26t Rigid 26-28t Rigid 28-32t Rigid >32t Articulated 14-20t Articulated 20-28t Articulated 28-34t Articulated 34-40t Articulated 40-50t Articulated 50-60t	Conventional Euro I - 91/542/EEC Stage I Euro II - 91/542/EEC Stage II Euro III -2000 Standard Euro IV -2005 Standard Euro V -2008 Standard Euro VI
	GPL	Conventional Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 Euro V - EC 715 Stage 2007 Euro VI - EC 715 Stage 2007		Diesel: <u>BUS urbani:</u> <15t 15-18t >18t  <u>Pulman:</u> <18t >18t	Conventional Euro I - 91/542/EEC Stage I Euro II - 91/542/EEC Stage II Euro III -2000 Standard Euro IV -2005 Standard Euro V -2008 Standard Euro VI
	Ibrido <1.6l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005			
<b>Veicoli comm. leggeri</b>	Benzina: <3.5t	Conventional Euro I - 93/59/EEC Euro II - 96/69/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 Euro V - 2008 Standard Euro VI -	<b>Ciclomotori (cm3)</b>	<50	Conventional 97/24/EC Stage I 97/24/EC Stage II Euro III proposal
	Diesel: <3.5t	Conventional Euro I - 93/59/EEC Euro II - 96/69/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 Euro V - 2008 Standard Euro VI -	<b>Motocicli (cm3)</b>	2 Stroke >50 4 stroke 50 - 250 4 stroke 250 - 750 4 stroke >750	Conventional 97/24/EC 2002/51/EC Stage I 2002/51/EC Stage II

L'applicazione della metodologia COPERT richiede la conoscenza del parco veicolare immatricolato per l'area di interesse che viene utilizzato per ripartire statisticamente i veicoli di una data categoria veicolare nelle relative classi COPERT.

Il totale dei veicoli immatricolati nella Regione Sicilia al 2009 era di circa 4.5 milioni di mezzi. La suddivisione in categorie veicolari (ciclomotori e moto, autovetture, veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti, veicoli commerciali autoarticolati, bus e pullman) e la ripartizione percentuale di ogni categoria sul parco veicolare complessivo è riassunta nella Fig. 7.8.

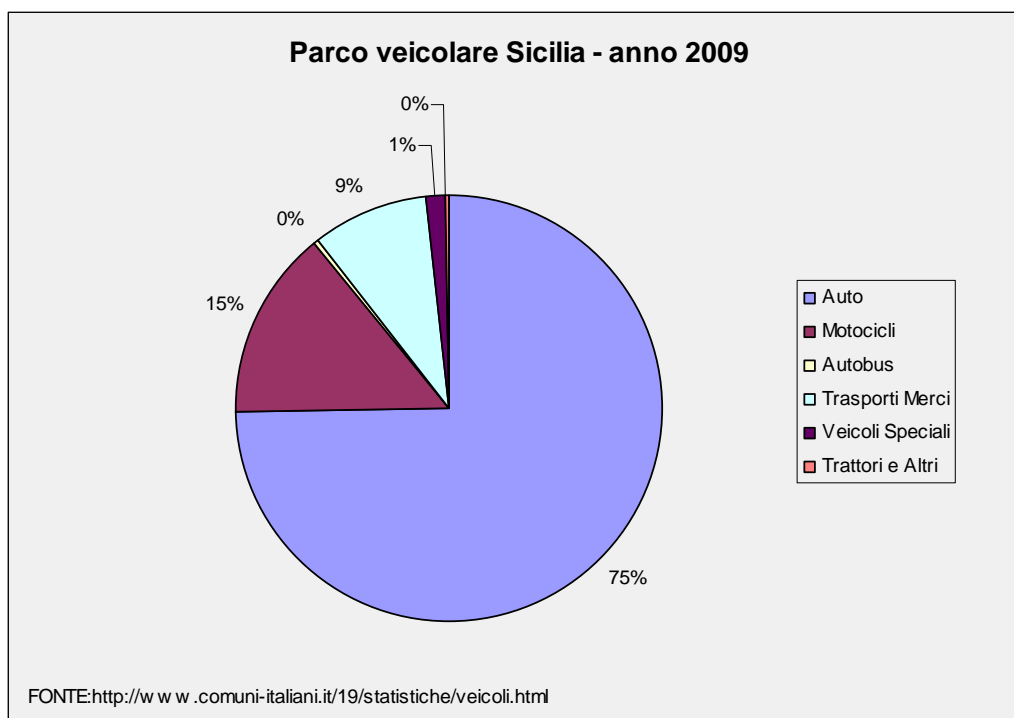


Fig. 7.8 - Ripartizione percentuale di ogni categoria sul parco veicolare della Sicilia.

Nella Tab. 7.9, viene riportata la consistenza del parco veicolare della Sicilia secondo il tipo veicolo, di combustibile, di cilindrata e di categoria Euro che l'Automobile Club d'Italia ("Autoritratto 2009", disponibile su internet) mette a disposizione di chi, per motivi di amministrazione della cosa pubblica, di studio o di lavoro, abbia necessità di trarne le dovute informazioni.

Tab. 7.9 - Parco veicolare circolante Sicilia Autoritratto 2009.

CATEGORIA VEICOLO	ALIMENTAZIONE	FASCIA	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	TOTALE
Autoveiture	BENZINA	Fino a 1400	445 557	174 633	457 670	251 651	293 079	5 523	<b>1 630 200</b>
		1401 - 2000	69 435	47 558	85 805	27 143	25 912	585	<b>256 655</b>
		Oltre 2000	5 638	1 942	3 330	2 819	4 382	169	<b>18 302</b>
	BENZINA O GAS LIQUIDO	Fino a 1400	10 638	3 213	7 317	1 609	20 035	240	<b>43 064</b>
		1401 - 2000	14 715	8 528	10 265	1 486	2 077	1	<b>37 082</b>
		Oltre 2000	498	162	272	137	182		<b>1 252</b>
	BENZINA O METANO	Fino a 1400	473	228	707	231	3 544	398	<b>5 581</b>
		1401 - 2000	386	331	750	297	404		<b>2 169</b>
		Oltre 2000	16	12	18	15	24		<b>85</b>
	GASOLIO	Fino a 1400	14 406	1 701	1 079	50 837	177 566	1 120	<b>246 720</b>
		1401 - 2000	38 774	33 759	157 054	255 627	191 013	5 887	<b>682 153</b>
		Oltre 2000	24 564	12 604	37 942	43 403	27 192	1 086	<b>146 819</b>
DATO NON IDENTIFICATO	Fino a 1400	86		2				<b>95</b>	
	1401 - 2000	7		1		1		<b>10</b>	
	Oltre 2000				2			<b>2</b>	
Veicoli industriali leggeri	BENZINA	Fino a 3,5	5 273	4 732	5 963	3 634	1 900		<b>21 536</b>
	BENZINA O GAS LIQUIDO	Non contemplato	485	165	119	93	438	5	<b>1 462</b>
	BENZINA O METANO	Non contemplato	22	25	29	36	217	46	<b>382</b>
	GASOLIO	Fino a 3,5	63 199	31 667	47 045	61 344	30 905	478	<b>234 690</b>
		Non identificato	6 445	246	14	17	1	1	<b>6 868</b>
ALTRE	Non contemplato	346		20				<b>486</b>	
Veicoli industriali pesanti	BENZINA	Oltre 3,5	640	12	4	3	2		<b>664</b>
	GASOLIO	3,6 - 7,5	29 150	1 807	1 948	1 256	923	136	<b>35 279</b>
		7,6 - 12	14 077	1 148	1 148	858	411	66	<b>17 735</b>
		12,1 - 14	3 493	98	54	71	72	1	<b>3 803</b>
		14,1 - 20	5 920	604	842	931	429	69	<b>8 825</b>
		20,1 - 26	11 560	900	1 544	1 220	421	130	<b>15 790</b>
		26,1 - 28	88	2					<b>90</b>
		28,1 - 32	96	198	732	1 209	520	82	<b>2 837</b>
Oltre 32	383	24	23	13	28		<b>471</b>		
Motocicli	Fino a 125	72 837	25 897	25 607	35 699		233	<b>160 273</b>	
	126 - 250	65 983	51 950	59 308	47 835		99	<b>225 175</b>	
	<250	138 820	77 847	84 915	83 534	0	332	<b>385 448</b>	
	251 - 750	63 028	26 837	39 444	39 698		47	<b>169 054</b>	
	Oltre 750	13 819	14 998	8 659	10 474		8	<b>47 958</b>	
Totale			<b>1 120 857</b>	<b>523 828</b>	<b>1 039 630</b>	<b>923 182</b>	<b>781 678</b>	<b>16 742</b>	<b>4 409 015</b>

Tutte le categorie veicolari sono state scomposte nelle relative classi COPERT secondo il seguente metodo:

- auto: per alimentazione, anno di immatricolazione, cilindrata;
- ciclomotori e moto: per cilindrata, tipo di motore (a 2 o 4 tempi) e anno di immatricolazione;
- veicoli commerciali leggeri e pesanti: per alimentazione, peso, anno di immatricolazione;
- autoarticolati (alimentati esclusivamente a gasolio): per peso, anno di immatricolazione;
- autobus urbani e pullman (alimentati a gasolio): per anno di immatricolazione.

Quale risultato dell'applicazione della metodologia COPERT IV all'area di studio, sono stati calcolati i fattori medi di emissione per gli inquinanti stimati e per specifica categoria veicolare. Per fattore medio di emissione si intende il quantitativo di inquinante emesso per un Km percorso da un singolo veicolo della categoria veicolare considerata. Tale valore viene ottenuto come somma pesata dei fattori medi specifici delle classi COPERT afferenti alla data categoria, pesati secondo la composizione del parco veicolare ACI considerato.

Nella Tab. 7.10 vengono indicati i fattori medi di emissione utilizzati per le analisi effettuate per il caso in esame.

*Tab. 7.10 - Fattori di emissione da traffico veicolare utilizzati nel modello.*

Tipo strada	Tipo veicolo	CO	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
		g/km*veic	g/km*veic	g/km*veic
Autostrada	Veicoli leggeri	4.41	0.63	0.02
	Veicoli pesanti	1.38	6.01	0.21
Svincoli	Veicoli leggeri	3.01	0.48	0.02
	Veicoli pesanti	2.33	7.22	0.35

I valori dei fattori di emissione calcolati sono stati moltiplicati per la consistenza del parco veicolare nel territorio in esame, calcolati come media pesata rapportata alle percentuali di veicoli pesanti e leggeri.

## 7.5. Flussi di traffico veicolare

Il flusso di traffico veicolare nella configurazione operativa post-operam è stato ricavato dagli studi di settore, che hanno stimato il Traffico Giornaliero Medio (TGM) al 2020 in 18338 veicoli. Nella Tab. 7.11 vengono sintetizzati i valori presi in considerazione per le simulazioni dove la percentuale di veicoli pesanti è stata assunta pari al 15% dei veicoli totali.

Tab. 7.11 - Flussi di traffico nella configurazione post-operam (veic/ora)

Tipo strada	Num. corsie	Veicolo/ora
Autostrada	2 corsie	764
Svincolo/Bretella	1 corsia	100
	2 corsie	200


Sulla base dei dati di traffico e dei fattori di emissione, come sopra riportato, sono state calcolate le emissioni specifiche di ogni inquinante (in g/km) rilasciati negli tratti autostradali considerati.

Inoltre sono stati introdotti i valori di fondo per gli inquinanti dedotti dall'analisi eseguita sull'attuale condizione della qualità dell'aria, già riportati nella Tab. 6.4 e qui riprodotti per comodità di lettura:

- CO: 1.0 mg/m<sup>3</sup>
- NO<sub>2</sub>: 25 µg/m<sup>3</sup>
- PM<sub>10</sub>: 30 µg/m<sup>3</sup>

In queste analisi le concentrazioni di NO<sub>x</sub> calcolate vengono convertite in NO<sub>2</sub> utilizzando un rateo di conversione NO<sub>x</sub> → NO<sub>2</sub> del 75%, in accordo con quanto raccomandato nelle linee guida US-EPA per i modelli di qualità dell'aria (EPA 40 CFR Part 51).



 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 63
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

## 7.6. Risultati

L'obiettivo dello studio previsionale post-operam è caratterizzare dal punto di vista dell'impatto atmosferico lo scenario futuro, analizzando i livelli di concentrazione delle emissioni prodotte dal traffico (2020) quando il tratto stradale opererà a regime.

Lo studio d'impatto atmosferico è stato eseguito con il modello di calcolo AERMOD-View sui ricettori puntuali scelti e sull'intera area d'interesse attraverso delle mappe dei livelli di concentrazione.

Sono state determinate le concentrazioni degli inquinanti indagati (CO, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>) a partire dai dati di input riportati nel paragrafo 7.1, in relazione al tipo di inquinante considerato ed ai suoi eventuali effetti sulla salute umana in condizioni di esposizione cronica ed acuta, ai sensi della normativa vigente.


Per analizzare gli impatti indotti dalla realizzazione della strada nella configurazione post-operam sono stati scelti 63 ricettori puntuali identificativi di gruppi di case o case isolate, edifici abitativi, potenzialmente più esposti all'inquinamento atmosferico.

Per la localizzazione dei ricettori sul territorio si rimanda alla tavola Tav\_C1-ATM01 in allegato allo studio.

I valori calcolati sono stati poi confrontati con gli appropriati limiti di legge, validi secondo la normativa vigente per ciascun inquinante (CO, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>):

I valori calcolati di concentrazione oraria media di NO<sub>2</sub> sono stati confrontati con il limite di 200 µg/m<sup>3</sup>, valore limite per il 98° percentile delle concentrazioni orarie medie rilevate nell'arco di un anno, e con il limite di 40 µg/m<sup>3</sup>, come valore medio annuale.

I valori calcolati di concentrazione oraria di CO sono confrontati con il limite di 10 mg/m<sup>3</sup>, valore limite della concentrazione media su 8 ore per la protezione della salute umana.

 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 64
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

I valori di concentrazione oraria media di PM<sub>10</sub> (polveri sottili) calcolati con il modello, sono stati confrontati con il limite di 50 µg/m<sup>3</sup>, come valore limite giornaliero da non superarsi più di 35 volte l'anno, e con il limite di 40 µg/m<sup>3</sup>, come valore medio annuale.

Nell'allegato "A" alla presente relazione, sono presentate le mappe dei livelli di concentrazione degli inquinanti stimate con il modello previsionale AERMOD-View nella configurazione post-operam:

- Tav\_C1-ATM02 – Mappe delle curve di isolivello di CO – concentrazione media sulle 8 ore;
- Tav\_C1-ATM03 – Mappe delle curve di isolivello di NO<sub>2</sub> – concentrazione media annuale;
- Tav\_C1-ATM04 – Mappe delle curve di isolivello di NO<sub>2</sub> – concentrazione media oraria;
- Tav\_C1-ATM05 – Mappe delle curve di isolivello PM<sub>10</sub> – concentrazione media annuale ;
- Tav\_C1-ATM06 – Mappe delle curve di isolivello PM<sub>10</sub> – concentrazione media giornaliera.


Nella Tab. 7.12 sono riportati, per tutti gli inquinanti indagati, il valore della concentrazione calcolata in corrispondenza dei 63 ricettori scelti, a confronto con gli appropriati limiti di legge.

Tab. 7.12 - Risultati delle simulazioni sui ricettori puntuali (post-operam)

Rec.	CO (mg/m <sup>3</sup> )			NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )						PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )					
	Media sulle 8 ore (val. limite: 10 mg/m <sup>3</sup> )			Media oraria (val. limite: 200 µg/m <sup>3</sup> )			Media annuale (val. limite: 40 µg/m <sup>3</sup> )			Media giornaliera (val. limite: 50 µg/m <sup>3</sup> )			Media annuale (val. limite: 40 µg/m <sup>3</sup> )		
	calc.	fondo	totale	calc.	fondo	totale	calc.	fondo	totale	calc.	fondo	totale	calc.	fondo	totale
R_01	0.05	1.00	1.05	6.96	25.00	31.96	1.02	25.00	26.02	0.44	30.00	30.44	0.06	30.00	30.06
R_02	0.19	1.00	1.19	20.99	25.00	45.99	2.85	25.00	27.85	1.30	30.00	31.30	0.17	30.00	30.17
R_03	0.42	1.00	1.42	45.43	25.00	70.43	3.63	25.00	28.63	2.53	30.00	32.53	0.20	30.00	30.20
R_04	0.40	1.00	1.40	43.03	25.00	68.03	3.85	25.00	28.85	2.40	30.00	32.40	0.21	30.00	30.21
R_05	0.29	1.00	1.29	31.32	25.00	56.32	2.80	25.00	27.80	1.75	30.00	31.75	0.16	30.00	30.16
R_06	0.09	1.00	1.09	10.44	25.00	35.44	1.26	25.00	26.26	0.58	30.00	30.58	0.07	30.00	30.07
R_07	0.07	1.00	1.07	7.50	25.00	32.50	0.92	25.00	25.92	0.42	30.00	30.42	0.05	30.00	30.05
R_08	0.40	1.00	1.40	42.58	25.00	67.58	4.82	25.00	29.82	2.38	30.00	32.38	0.27	30.00	30.27
R_09	0.76	1.00	1.76	83.42	25.00	108.42	7.49	25.00	33.49	4.65	30.00	34.65	0.42	30.00	30.42
R_10	0.38	1.00	1.38	42.64	25.00	67.64	4.17	25.00	29.17	2.38	30.00	32.38	0.23	30.00	30.23
R_11	0.32	1.00	1.32	37.04	25.00	62.04	3.07	25.00	28.07	2.07	30.00	32.07	0.17	30.00	30.17
R_12	0.27	1.00	1.27	30.55	25.00	55.55	2.33	25.00	27.33	1.70	30.00	31.70	0.13	30.00	30.13
R_13	0.19	1.00	1.19	20.45	25.00	45.45	2.31	25.00	27.31	1.14	30.00	31.14	0.13	30.00	30.13
R_14	0.17	1.00	1.17	18.93	25.00	43.93	2.10	25.00	27.10	1.06	30.00	31.06	0.12	30.00	30.12
R_15	0.20	1.00	1.20	20.69	25.00	45.69	2.62	25.00	27.62	1.15	30.00	31.15	0.15	30.00	30.15
R_16	0.08	1.00	1.08	9.03	25.00	34.03	0.92	25.00	25.92	0.50	30.00	30.50	0.05	30.00	30.05
R_17	0.12	1.00	1.12	12.61	25.00	37.61	1.47	25.00	26.47	0.70	30.00	30.70	0.08	30.00	30.08
R_18	0.19	1.00	1.19	20.90	25.00	45.90	3.03	25.00	28.03	1.17	30.00	31.17	0.17	30.00	30.17
R_19	0.17	1.00	1.17	18.71	25.00	43.71	2.48	25.00	27.48	1.04	30.00	31.04	0.14	30.00	30.14
R_20	0.09	1.00	1.09	10.35	25.00	35.35	1.19	25.00	26.19	0.58	30.00	30.58	0.07	30.00	30.07
R_21	0.28	1.00	1.28	30.89	25.00	55.89	2.25	25.00	27.25	1.72	30.00	31.72	0.13	30.00	30.13
R_22	0.63	1.00	1.63	66.89	25.00	91.89	8.08	25.00	33.08	3.73	30.00	33.73	0.45	30.00	30.45
R_23	0.46	1.00	1.46	52.14	25.00	77.14	5.16	25.00	30.16	2.91	30.00	32.91	0.29	30.00	30.29
R_24	0.51	1.00	1.51	56.64	25.00	81.64	4.98	25.00	29.98	3.16	30.00	33.16	0.28	30.00	30.28
R_25	0.35	1.00	1.35	37.56	25.00	62.56	2.95	25.00	27.95	2.10	30.00	32.10	0.16	30.00	30.16
R_26	0.36	1.00	1.36	39.25	25.00	64.25	2.88	25.00	27.88	2.19	30.00	32.19	0.16	30.00	30.16
R_27	0.53	1.00	1.53	56.35	25.00	81.35	6.28	25.00	31.28	3.14	30.00	33.14	0.35	30.00	30.35
R_28	0.29	1.00	1.29	31.02	25.00	56.02	4.17	25.00	29.17	1.73	30.00	31.73	0.23	30.00	30.23
R_29	0.32	1.00	1.32	34.60	25.00	59.60	2.47	25.00	27.47	1.93	30.00	31.93	0.14	30.00	30.14
R_30	0.34	1.00	1.34	36.94	25.00	61.94	2.80	25.00	27.80	2.06	30.00	32.06	0.16	30.00	30.16
R_31	0.30	1.00	1.30	33.01	25.00	58.01	2.41	25.00	27.41	1.84	30.00	31.84	0.13	30.00	30.13
R_32	0.09	1.00	1.09	12.55	25.00	37.55	1.68	25.00	26.68	0.70	30.00	30.70	0.09	30.00	30.09
R_33	0.13	1.00	1.13	17.64	25.00	42.64	2.10	25.00	27.10	0.98	30.00	30.98	0.12	30.00	30.12
R_34	0.17	1.00	1.17	20.85	25.00	45.85	2.32	25.00	27.32	1.15	30.00	31.15	0.13	30.00	30.13
R_35	0.40	1.00	1.40	43.52	25.00	68.52	3.46	25.00	28.46	2.42	30.00	32.42	0.19	30.00	30.19
R_36	0.11	1.00	1.11	11.98	25.00	36.98	0.21	25.00	25.21	0.67	30.00	30.67	0.01	30.00	30.01
R_37	0.10	1.00	1.10	11.21	25.00	36.21	0.19	25.00	25.19	0.62	30.00	30.62	0.01	30.00	30.01
R_38	0.17	1.00	1.17	26.71	25.00	51.71	1.08	25.00	26.08	1.44	30.00	31.44	0.06	30.00	30.06
R_39	0.02	1.00	1.02	5.50	25.00	30.50	0.24	25.00	25.24	0.27	30.00	30.27	0.01	30.00	30.01

Tab. 7.12 - Risultati delle simulazioni sui ricettori puntuali (post-operam) -cont.

Rec.	CO (mg/m <sup>3</sup> )			NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )						PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )					
	Media sulle 8 ore (val. limite: 10 mg/m <sup>3</sup> )			Media oraria (val. limite: 200 µg/m <sup>3</sup> )			Media annuale (val. limite: 40 µg/m <sup>3</sup> )			Media giornaliera (val. limite: 50 µg/m <sup>3</sup> )			Media annuale (val. limite: 40 µg/m <sup>3</sup> )		
	calc.	fondo	totale		calc.	fondo	totale		calc.		fondo	totale		calc.	fondo
R_40	0.04	1.00	1.04	10.49	25.00	35.49	0.42	25.00	25.42	0.52	30.00	30.52	0.02	30.00	30.02
R_41	0.01	1.00	1.01	1.48	25.00	26.48	0.09	25.00	25.09	0.07	30.00	30.07	0.00	30.00	30.00
R_42	0.01	1.00	1.01	1.44	25.00	26.44	0.14	25.00	25.14	0.07	30.00	30.07	0.01	30.00	30.01
R_43	0.02	1.00	1.02	4.41	25.00	29.41	0.24	25.00	25.24	0.22	30.00	30.22	0.01	30.00	30.01
R_44	0.02	1.00	1.02	5.94	25.00	30.94	0.27	25.00	25.27	0.30	30.00	30.30	0.01	30.00	30.01
R_45	0.11	1.00	1.11	14.72	25.00	39.72	0.28	25.00	25.28	0.80	30.00	30.80	0.01	30.00	30.01
R_46	0.14	1.00	1.14	18.26	25.00	43.26	0.30	25.00	25.30	1.00	30.00	31.00	0.02	30.00	30.02
R_47	0.08	1.00	1.08	17.30	25.00	42.30	0.71	25.00	25.71	0.85	30.00	30.85	0.03	30.00	30.03
R_48	0.34	1.00	1.34	37.22	25.00	62.22	1.10	25.00	26.10	2.07	30.00	32.07	0.06	30.00	30.06
R_49	0.27	1.00	1.27	30.27	25.00	55.27	0.97	25.00	25.97	1.68	30.00	31.68	0.05	30.00	30.05
R_50	0.16	1.00	1.16	17.77	25.00	42.77	0.65	25.00	25.65	0.99	30.00	30.99	0.04	30.00	30.04
R_51	0.01	1.00	1.01	1.53	25.00	26.53	0.23	25.00	25.23	0.08	30.00	30.08	0.01	30.00	30.01
R_52	0.01	1.00	1.01	3.62	25.00	28.62	0.65	25.00	25.65	0.18	30.00	30.18	0.03	30.00	30.03
R_53	0.17	1.00	1.17	34.40	25.00	59.40	2.94	25.00	27.94	1.70	30.00	31.70	0.14	30.00	30.14
R_54	0.06	1.00	1.06	12.17	25.00	37.17	1.01	25.00	26.01	0.54	30.00	30.54	0.04	30.00	30.04
R_55	0.13	1.00	1.13	22.71	25.00	47.71	1.67	25.00	26.67	1.07	30.00	31.07	0.07	30.00	30.07
R_56	0.08	1.00	1.08	18.31	25.00	43.31	0.38	25.00	25.38	0.93	30.00	30.93	0.02	30.00	30.02
R_57	0.06	1.00	1.06	12.67	25.00	37.67	0.44	25.00	25.44	0.62	30.00	30.62	0.02	30.00	30.02
R_58	0.16	1.00	1.16	36.70	25.00	61.70	1.61	25.00	26.61	1.81	30.00	31.81	0.07	30.00	30.07
R_59	0.03	1.00	1.03	7.79	25.00	32.79	0.17	25.00	25.17	0.35	30.00	30.35	0.01	30.00	30.01
R_60	0.05	1.00	1.05	5.33	25.00	30.33	0.06	25.00	25.06	0.30	30.00	30.30	0.00	30.00	30.00
R_61	0.04	1.00	1.04	8.50	25.00	33.50	0.17	25.00	25.17	0.43	30.00	30.43	0.01	30.00	30.01
R_62	0.04	1.00	1.04	6.88	25.00	31.88	0.12	25.00	25.12	0.36	30.00	30.36	0.01	30.00	30.01
R_63	0.04	1.00	1.04	7.16	25.00	32.16	0.12	25.00	25.12	0.37	30.00	30.37	0.01	30.00	30.01


 <b>PROGETTA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 67
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

Dall'analisi dei dati di concentrazione puntuali stimati con il modello previsionale A-ERMOD-View, si evidenziano dei valori di concentrazione oraria degli inquinanti indagati al di sotto dei limiti previsti dalla normativa di settore.

Il valore massimo stimato per il PM<sub>10</sub> non supera i 35 µg/m<sup>3</sup> (media giornaliera) pur partendo da un fondo di 30 µg/m<sup>3</sup>; per la CO si hanno invece valori inferiori a 1.8 mg/m<sup>3</sup>, ben al di sotto dei limiti di legge.

Per quanto riguarda il parametro NO<sub>2</sub> viene evidenziata una maggiore criticità con valori alquanto alti nei ricettori posti in vicinanza del tracciato, senza che però siano stati osservati dei superamenti del valore limite. Il valore massimo è stimato in 108.4 µg/m<sup>3</sup> come valore medio orario e in 33.5 µg/m<sup>3</sup> come valore medio annuo. E' comunque da sottolineare che tale risultato è sicuramente condizionato dal valore di fondo utilizzato, pari a 25 µg/m<sup>3</sup>.

Da queste considerazioni si evince che l'impatto atmosferico nella configurazione operativa post-operam, indotto dalla realizzazione della nuova infrastruttura viaria, risulta di modesta entità e nel rispetto di quanto prescritto dalla normativa vigente.

 <b>REGIONE SICILIANA</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 68
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev							

## 8. CONCLUSIONI

Lo studio d’impatto atmosferico per la realizzazione della infrastruttura stradale riguarda il Lotto 10 denominato “Irminio” del tronco 2 “Rosolini – Ragusa” in cui è stata suddivisa l’Autostrada Siracusa – Gela.

Per caratterizzare i meccanismi di trasporto e diffusione degli inquinanti sono stati ricercati e trattati i dati sulla condizione meteo climatica della zona.

È’ stata compiuta un’analisi sulla qualità dell’aria attuale a livello regionale, per caratterizzare la concentrazione degli inquinanti in atmosfera, che ha evidenziato dei superamenti per le concentrazioni di ossidi di azoto, derivanti dal traffico veicolare e dal riscaldamento domestico, nelle città di Catania, Palermo e Siracusa.


Bisogna notare che i dati di concentrazione sulla qualità dell’aria si riferiscono a rilievi effettuati in aree ad elevata densità abitativa o su ricettori abitativi posti attorno ad aree industriali.

Le criticità riscontrate non sono state rilevate attorno all’area oggetto di studio che è altresì caratterizzata da rari piccoli gruppi di case, alcuni edifici isolati e alcune pertinenze agricole sulle quali ci si aspettano valori per le concentrazioni degli inquinanti notevolmente inferiori a quelli rilevati nelle centraline.

Attraverso l’utilizzo del modello previsionale AERMOD-View, sono stati stimati i livelli di concentrazione degli inquinanti, dovuti alla messa in esercizio dell’infrastruttura (traffico) in corrispondenza dei 63 ricettori potenzialmente esposti all’opera in progetto (studio post-operam).

Dallo studio effettuato nella configurazione operativa futura, con il calcolo dei livelli di concentrazione degli inquinanti CO, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> e nel rispetto di quanto espressamente richiesto dalla normativa di settore, si evince che sui ricettori puntuali identificati:

- in riferimento alle condizioni di esposizione cronica, i valori di concentrazione degli inquinanti indagati, calcolati laddove richiesto su base annuale, sui 63 ri-

 <b>GENERALI</b>	E	A	1	8	1	0	T	0	0	S	G	C	1	A	M	B	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 69
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

ettori puntuali scelti, sono al di sotto dei limiti di immissione previsti dalla normativa

- in riferimento alle condizioni di esposizione acuta, la realizzazione dell’opera in progetto comporta aumenti generalizzati dei livelli di concentrazione per il NO<sub>2</sub> ed il PM<sub>10</sub>. Tali aumenti sono di esigua entità per il PM<sub>10</sub> e più consistenti per l’NO<sub>2</sub>, ma comunque conformi alla normativa di settore e dunque inferiori ai limiti di legge.
- Il CO non presenta nessuna criticità.

L’impatto sulla componente atmosfera indotto dalla fase di funzionamento a regime dell’ infrastruttura è nei limiti della normativa vigente e, in alcuni casi, risulta anche trascurabile.