



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO DEFINITIVO E STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

ATI:
TECHNITAL s.p.a. (mandataria)
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.
DELTA Ingegneria s.r.l.
INFRATEC s.r.l Consulting Engineering
PROGIN s.p.a.

I RESPONSABILI DI PROGETTO

Dott. Ing. M. Raccosta
Ordine Ing. Verona n° A1665
Prof. Ing. A. Bevilacqua
Ordine Ing. Palermo n° 4058
Dott. Ing. M. Carlino
Ordine Ing. Agrigento n° A628
Dott. Ing. N. Troccoli
Ordine Ing. Potenza n° 836
Dott. Ing. S. Esposito
Ordine Ing. Roma n° 20837

IL RESPONSABILE DEL SIA

Dott. Ing. Nicola D'Alessandro
Ordine degli Ingegneri di Agrigento n° A995

VISTO:IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Massimiliano Fidenzi

VISTO:IL RESPONSABILE DEL
SERVIZIO PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Antonio Valente

DATA

PROTOCOLLO

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

RELAZIONE - PARTE III

Componente Atmosfera

CODICE PROGETTO

LO407B D 0501

NOME FILE

IA30_AMB_RE03.DOC

REVISIONE

B

FOGLIO

DI

SCALA:

D

C

B

REVISIONE a seguito istruttoria ANAS 19/03/07

Aprile 2007

F. R. letto

F. Arciuli

C. Marro

A

EMISSIONE

Ottobre 2006

F. R. letto

F. Arciuli

C. Marro

REV.

DESCRIZIONE

DATA

VERIFICATO
RESP. TECNICO

CONTROLLATO
RESP. D'ITINERARIO

APPROVATO
RESP. DI SETTORE

INDICE

1	ATMOSFERA	3
1.1	Premessa	3
1.2	Inquadramento normativo	4
1.2.1	Normativa europea	4
1.2.2	Normativa nazionale	4
1.2.3	Normativa regionale	7
1.3	Descrizione degli inquinanti considerati	7
1.3.1	Il monossido di carbonio	7
1.3.2	Gli ossidi di azoto	8
1.3.3	Il particolato	10
1.3.4	Il benzene	12
1.4	Quadro meteo climatico a scala regionale	12
1.5	Quadro meteo climatico a scala locale	13
1.5.1	Dominio di indagine	14
1.5.2	Caratterizzazione meteorologica	15
1.5.2.1	Vento	15
1.5.2.2	Temperatura	16
1.5.2.3	Radiazione	17
1.5.2.4	Stabilità atmosferica	18
1.6	Descrizione delle sorgenti di inquinamento e dei ricettori sensibili	19
1.7	Caratterizzazione dell'aria allo stato attuale	19
1.7.1	Premessa	19
1.7.2	Rete di monitoraggio della provincia di Caltanissetta	20
1.7.3	Campagna di monitoraggio con mezzo mobile	26
1.8	Quadro emissivo ante/post operam	27
1.8.1	Metodologia impiegata per le emissioni da traffico stradale	27
1.8.2	Calcolo delle emissioni da traffico stradale	31
1.8.2.1	Parco veicoli circolanti al 2006 e stima del rinnovo al 2011	31
1.8.2.2	Scenari emissivi considerati	36
1.8.2.2.1	Stato attuale: scenario al 2006	36
1.8.2.2.2	Stato di progetto: scenario al 2011	37
1.8.2.3	Risultati della stima delle emissioni	39
1.8.2.4	Profili temporali di modulazione delle emissioni	40
1.9	Simulazioni modellistiche ante/post - operam	41
1.9.1	Modello matematico gaussiano Aria Impact TM	41
1.9.2	Descrizione delle simulazioni effettuate	43
1.9.3	Risultati delle simulazioni	44
1.9.3.1	Inquinante CO	46
1.9.3.2	Inquinante NOx	46
1.9.3.3	Inquinante PM10	46
1.9.3.4	Inquinante Benzene	46
1.10	Conclusioni	46
1.11	Qualità dell'aria in fase di cantiere	47
1.11.1	Individuazione delle principali sorgenti di emissione	47

1.11.2	Stima delle emissioni.....	51
1.11.3	Dati di base utilizzati.....	52
1.11.4	Interventi di mitigazione.....	56
1.12	Bibliografia.....	57

1 ATMOSFERA

1.1 Premessa

La presente relazione sviluppa lo studio di dispersione atmosferica degli inquinanti emessi dal traffico stradale del progetto di ammodernamento ed adeguamento della ss 640 “di Porto Empedocle “ alla categoria B del D.M. 5.11.2001 nel tratto compreso fra il Km 44+000 e lo svincolo con l’A19. Il tracciato avrà una lunghezza di 27 Km circa e sarà costituito da:

- circa 16,5 Km di strada in trincea/rilevato;
- circa circa 6 Km in galleria, di cui circa 4 Km costituiti da un tratto continuo;
- circa 4 Km in viadotto;
- 5 svincoli siti all’altezza del Km 1+300, del Km 7+700, del Km 12+500, del Km 19+300 ed infine, del Km 26+300.

Lo studio ha considerato anche l’attuale condizione di carico della SS 640.

Sono stati considerati i seguenti principali aspetti:

- quadro di riferimento normativo;
- caratterizzazione del sito di intervento rispetto a meteo-climatologia, fonti emissive presenti, ricettori sensibili, stato attuale di qualità dell’aria;
- stima delle emissioni stradali per i due scenari considerati (stato attuale e post – operam) con riferimento ai seguenti parametri CO, NOX, PM10, Benzene;
- simulazioni d’impatto atmosferico dei due scenari e relativi confronti.

Per ciascuno dei due scenari, è stata condotta una stima delle emissioni da traffico stradale, utilizzando il codice TREFIC (TRaffic Emission Factor Improved Calculation), processore delle emissioni da traffico stradale basato sulla metodologia ufficiale europea COPERT III (COMputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) e i più recenti Fattori di Emissione disponibili in letteratura internazionale (TNO, IIASA, ecc.).

Per quantificare l’impatto è stato utilizzato il pacchetto software ARIA Impact TM di proprietà ARIA Technologies S.A. Si tratta di un pacchetto di modellistica di tipo gaussiano che consente di calcolare interattivamente l’impatto di emissioni inquinanti provenienti da sorgenti lineari o puntuali, producendo mappe di concentrazione al suolo per i diversi tipi di inquinanti considerati. Poiché le simulazioni sono state condotte su una serie meteorologica annuale completa, è stato possibile

ricostruire statistiche di concentrazione annuali confrontabili con i vigenti limiti di legge.

Allo studio condotto sono allegati i seguenti elaborati cartografici:

Concentrazioni inquinanti ante operam – inquinante NOx : valore medio annuo (scala 1:10000)

Concentrazioni inquinanti ante operam – inquinante NOx : valore 99,8° percentile (scala 1:10000)

Concentrazioni inquinanti post operam – inquinante NOx : valore medio annuo (scala 1:10000)

Concentrazioni inquinanti post operam – inquinante NOx : valore 99,8° percentile (scala 1:10000)

1.2 Inquadramento normativo

1.2.1 Normativa europea

Attualmente le direttive di riferimento sono le seguenti:

- Dir 96/62/CE (“Direttiva madre”) - In materia di valutazione e di gestione della qualità dell’aria ambiente;
- Dir 99/30/CE - Concernente i valori limite di qualità dell’aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido d’azoto, gli ossidi d’azoto, le particelle e il piombo;
- Dir 2000/69/CE - Concernente i valori limite per il benzene e il monossido di carbonio nell’aria ambiente;
- Dir 2002/03/CE - Concernente i valori limite per l’ozono (non ancora recepita dalla normativa nazionale);
- Dir 2004/107/CE – Concernente l’arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell’aria ambiente (non ancora recepita dalla normativa nazionale).

1.2.2 Normativa nazionale

I principali riferimenti sono rappresentati da:

- DPCM 28/3/1983 - Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell’aria nell’ambiente esterno;
- DPR 203/88 (relativamente agli impianti preesistenti) ed altri decreti attuativi - Attuazione Direttive n. 80/779, 82/884, 84/360, 85/203 concernenti norme in ma-

teria di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali ai sensi dell'art. 15 della Legge 16/4/87 n. 183;

- DM 20/5/1991 - Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria;
- DM 15/4/1994 - Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli artt. 3 e 4 del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 e dell'art. 9 del D.M. 20 maggio 1991;
- DM 25/11/1994 - Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15 aprile 1994;
- DM 16/5/1996 - Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono;
- DL 4/8/99 n. 351 - Attuazione della direttiva 96/62 in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria;
- DM 2/4/2002 n. 60 - Decreto concernente i valori limite di qualità dell'ambiente per alcuni inquinanti; in particolare, in recepimento delle successive Direttive CE, abroga alcuni articoli del DPR 203/88 fissando nuovi limiti per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle, il piombo, il benzene ed il monossido di carbonio;
- DM 1/10/2002 n. 261 - Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione dei piani e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351.

I diversi limiti attualmente in vigore, limitatamente agli inquinanti considerati in questo studio, sono riassunti nelle tabelle 1 e 2.

Tabella 1 - Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria indicati dal DM 60/2002 in recepimento della dir 2000/69/CE

Inquinante	Tipo di limite	Limite	Tempo di mediazione dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Monossido di carbonio	valore limite per la protezione della salute umana	10 mg/m ³	media massima giornaliera su 8 ore	6 mg/m ³ (*)	1/1/2005
Benzene	valore limite per la protezione della salute umana	5 µg/m ³	media annuale	100%**)	1/1/2010

(*) All'entrata in vigore della direttiva 2000/69/CE, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2003 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2005

(**) All'entrata in vigore della direttiva 2000/69/CE, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2006 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2010.

Tabella 2 - Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria indicati dal DM 60/2002 in recepimento della dir 1999/30/CE

Inquinante	Tipo di limite	Limite (µg/m ³)	Tempo di mediazione dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Biossido di azoto	valore limite per la protezione della salute umana (da non superare più di 18 volte l'anno)	250	media oraria	50% (**)	1/1/2005
		240			1/1/2006
		230			1/1/2007
		200			1/1/2010
	valore limite per la protezione della salute umana	50	media annuale	50% (**)	1/1/2005
		48			1/1/2006
		46			1/1/2007
		40			1/1/2010
Ossidi di azoto	valore limite per la protezione degli ecosistemi	30	media annuale	nessuno	19/7/2010

PM10 (fase 1)	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 35 volte l'anno)	media nelle 24 ore	50% (**)	1/1/2005
	valore limite per la protezione della salute umana	40	media anno	20% (*)	1/1/2005
PM10 (fase 2)	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 7 volte l'anno)	media nelle 24 ore	(in base ai dati; deve essere equivalente al val.lim.fase 1)	1/1/2010
	valore limite per la protezione della salute umana	20	media annuale	50% (***)	1/1/2010 ¹

(*) All'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2005.

(**) All'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2010.

(***) Al 1 gennaio 2005 con riduzione ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% entro il 1 gennaio 2010.

1.2.3 Normativa regionale

Non sono al momento in atto normative di tipo regionale a riguardo della qualità dell'aria.

1.3 Descrizione degli inquinanti considerati

Le caratteristiche degli inquinanti considerati sono di seguito sinteticamente descritte.

1.3.1 Il monossido di carbonio

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico. E' gassoso a temperature superiori a $-192\text{ }^{\circ}\text{C}$; non è apprezzabilmente solubile in acqua, ed ha un peso pari al 96,5% del peso dell'aria. Si forma durante le combustioni delle sostanze organiche, quando sono incomplete per difetto di aria (cioè per mancanza di ossigeno). Il monossido di carbonio è estremamente diffuso soprattutto nelle aree urbane a causa dell'inquinamento prodotto dagli scarichi degli autoveicoli che rappresenta una delle maggiori fonti di produzione.

¹ Il valore limite per la protezione della salute umana per gli anni 2006 e 2007 è pari a $30\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$

Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili, mentre gli effetti sull'uomo sono particolarmente pericolosi. Per le sue caratteristiche l'ossido di carbonio rappresenta un inquinante molto insidioso, soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni letali. Tali situazioni sono purtroppo frequenti e innumerevoli sono i casi di avvelenamento e gli incidenti anche mortali imputabili alle stufe o agli scaldabagni difettosi o non controllati. Essendo il CO incolore, insapore, inodore e non irritante, può causare morti accidentali senza che le vittime si rendano conto di quel che sta loro succedendo.

Una volta respirato, il CO si lega all'emoglobina con una affinità che è 220 volte superiore a quella dell'ossigeno, formando un composto inattivo fisiologicamente che viene chiamato carbossiemoglobina. Questa sostanza, al contrario dell'emoglobina, non è in grado di garantire l'ossigenazione ai tessuti, in particolare al cervello ed al cuore. La morte sopravviene pertanto per asfissia. L'effetto del CO risulta maggiore in altitudine, per la ridotta percentuale di ossigeno nell'aria.

Le principali emissioni naturali sono dovute agli incendi delle foreste, alle eruzioni dei vulcani, alle emissioni da oceani e paludi e all'ossidazione del metano e degli idrocarburi in genere emessi naturalmente in atmosfera.

La fonte principale di emissione da parte dell'uomo è costituita dall'utilizzo dei combustibili fossili per i motori a scoppio degli autoveicoli e per le attività industriali (soprattutto impianti siderurgici e raffinerie di petrolio).

Le emissioni nazionali di CO per il 1994 sono state stimate in 9230910 tonnellate. La distribuzione percentuale calcolata per sorgenti è riportata in tabella 3.

Tabella 3 - Emissioni italiane di CO stimate per il 1994

Settore emissivo	CO
Trasporto su strada	63%
Trattamento dei rifiuti	17%
Altre forme di trasporto	7%
Processi di produzione	5%
Combustione nell'industria manifatturiera	4%
Impianti di combustione non industriale	3%
Altri processi	1%

1.3.2 Gli ossidi di azoto

Con il termine NO_x si intende la somma del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO₂). L'ossido di azoto (NO) è un gas incolore, insapore ed inodore. E' prodotto, insieme al biossido di azoto (NO₂) (che costituisce meno del 5% degli NO_x totali emessi), principalmente da processi di combustione ad alta temperatura, come quelle che avvengono nei motori degli autoveicoli; l'elevata temperatura che

si origina durante lo scoppio provoca la reazione fra l'azoto dell'aria e l'ossigeno formando monossido di azoto. Una volta in atmosfera viene ossidato dall'ossigeno e dall'ozono producendo biossido di azoto. La tossicità del monossido di azoto è limitata, al contrario di quella del biossido di azoto che risulta invece notevole. Quest'ultimo è un gas di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un energico ossidante, molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Esiste nelle due forme N_2O_4 (forma dimera) e NO_2 che si forma per dissociazione delle molecole dimere. Questo composto è causa del colore giallastro della foschia che ricopre le zone abitate con elevato traffico. Si tratta di un inquinante secondario dato che deriva, per lo più, dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto. Esso ricopre un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari molto pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso, gli alchilnitriti, i perossiacetilnitriti.

Recenti studi dimostrano che gli ossidi di azoto contribuiscono per il 30% alla formazione delle piogge acide (il restante è imputabile al biossido di zolfo e ad altri inquinanti). Gli NO_x vengono per lo più emessi da sorgenti al suolo e sono solo parzialmente solubili in acqua, questo influenza notevolmente il trasporto e gli effetti a distanza.

La produzione di ossido di azoto è tanto più elevata quanto maggiore è la temperatura di combustione e quanto più veloce è il successivo raffreddamento dei gas prodotti, che impedisce la decomposizione in azoto ed ossigeno.

Le miscele "ricche" (cioè con poca aria) generano emissioni con basso tenore di monossido di azoto (ma elevate emissioni di idrocarburi e monossido di carbonio per effetto di combustioni incomplete) a causa della bassa temperatura raggiunta nella camera di combustione. Miscele "povere" (cioè con elevata quantità di aria) danno ancora luogo a basse concentrazioni di NO nelle emissioni, ma impediscono una buona resa del motore perché l'eccesso di aria raffredda la camera di combustione. Quando i fumi vengono mescolati con aria allo scarico si forma una significativa quantità di biossido di azoto per ossidazione del monossido ad opera dell'ossigeno.

In generale i motori diesel emettono più ossidi di azoto e particolati (fumo) rispetto ai motori a benzina, i quali però emettono più ossido di carbonio e idrocarburi. Si stima che in Italia vengano emesse in atmosfera circa 2 milioni di tonnellate all'anno di ossidi di azoto, di cui circa la metà è dovuta al traffico degli autoveicoli.

Altre importanti fonti di ossidi di azoto sono gli impianti termici e le centrali termoelettriche; le quantità emesse sono comunque relativamente minori dato che nel corso della combustione vengono raggiunte temperature di fiamma più basse. Sorgenti antropogeniche di ossidi di azoto sono inoltre la produzione dei fertilizzanti azotati, la produzione di acido nitrico per ossidazione dell'ammoniaca e la fabbricazione

degli esplosivi, tutti i processi chimici che impiegano acido nitrico (come ad esempio la dissoluzione di metalli).

In condizioni di emissioni continuative (in genere dagli autoveicoli) si assiste ad un ciclo giornaliero di formazione di inquinanti secondari: il monossido di azoto viene ossidato tramite reazioni fotochimiche (catalizzate dalla luce) a biossido di azoto; si forma così una miscela NO-NO₂, che raggiunge il picco di concentrazione nelle zone e nelle ore di traffico più intenso. Attraverso una serie di reazioni, ancora catalizzate dalla luce solare, si giunge alla formazione di ozono e di composti organici ossidanti (vedi smog fotochimico). Durante la notte queste sostanze decadono formando composti organici nitrati, perossidi ed aerosol acidi.

La concentrazione ambientale del biossido di azoto oscilla tra 1 e 9 µg/m³; nei Paesi Occidentali la media annuale è compresa fra 20 e 90 µg/m³, mentre nelle città in genere non supera i 40 µg/m³.

L'azione sull'uomo dell'ossido di azoto è relativamente blanda mentre il biossido di azoto è un gas irritante per le mucose e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare. Lunghe esposizioni anche a basse concentrazioni provocano una drastica diminuzione delle difese polmonari con conseguente aumento di rischio di affezioni alle vie respiratorie.

Gli effetti del biossido di azoto si manifestano generalmente parecchie ore dopo l'esposizione. Brevi esposizioni a 50-150 mg/m³ provocano risentimenti polmonari; 100 mg/m³, inalati per 1 minuto, provocano notevoli danni al tratto respiratorio; concentrazioni di 300-400 mg/m³ portano alla morte per fibrosi polmonare.

Per quanto riguarda l'impatto sulla vegetazione in alcuni casi, brevi periodi di esposizione a basse concentrazioni possono incrementare i livelli di clorofilla; lunghi periodi causano invece la senescenza e la caduta delle foglie più giovani.

Il meccanismo principale di aggressione, comunque, è costituito dall'acidificazione del suolo (piogge acide); gli inquinanti acidi causano un impoverimento del terreno per la perdita di ioni calcio, magnesio, sodio e potassio e conducono alla liberazione di ioni metallici tossici per le piante. Inoltre, l'abbassamento del pH compromette anche molti processi microbici del terreno, fra cui l'azotofissazione.

Gli ossidi di azoto e i loro derivati danneggiano anche edifici e monumenti, provocando un invecchiamento accelerato in molti casi irreversibile.

1.3.3 Il particolato

L'insieme complessivo delle particelle presenti in atmosfera prende il nome di PTS (Particolato Totale Sospeso). Con la terminologia *aerosol atmosferici* si intende l'insieme delle particelle la cui dimensione può variare da qualche decimo a qualche centinaio di *micron* (µm). Particelle di diametro inferiore a 2.5µm (generalmente in-

dicate con la sigla PM2.5) sono dette particolato fine (*fine particles*), quelle di dimensione superiore genericamente polveri (*coarse particles*). Si definisce inoltre la classe PM10 che rappresenta la porzione di particolato con diametro inferiore ai 10µm e sulla quale è attualmente concentrata l'attenzione in termini sia scientifici sia legislativi.

I particolati presenti in atmosfera provengono anche da processi naturali, quali le eruzioni vulcaniche e l'azione del vento sulla polvere e sul terreno, processi che solo raramente provocano vero e proprio inquinamento (tranne localmente, a fronte di eventi particolarmente intensi). La sorgente principale è infatti da ricercarsi nelle attività dell'uomo, tipicamente l'industria (costruzioni e fonderie) e i processi di combustione incompleta (fumi). Per quanto riguarda gli impianti di combustione fissi, il maggior contributo è fornito dalle centrali termoelettriche. Il traffico contribuisce all'inquinamento dell'aria da particolato sia a causa del processo di combustione, sia attraverso la lenta polverizzazione della gomma dei pneumatici, dei freni e dell'asfalto; nondimeno, anche il risollevarsi della polvere depositata al suolo dovuto al moto dei veicoli (risospensione) produce un contributo emissivo rilevante. Il diametro delle particelle in sospensione è indicativamente correlato alla fonte di provenienza, come indicato in Tabella 4.

Tabella 4 - Dimensioni ed emissioni di particolato.

Diametro	Provenienza
>10 µm	processi meccanici (es. erosione del vento, macinazione e diffusione), polverizzazione di materiali da parte di veicoli;
tra 1µm e 10µm	provenienza da particolari tipi di terreno, da polveri e prodotti di combustione di determinate industrie e da sali marini in determinate località;
tra 0.1µm e 1µm	combustione ed aerosol fotochimici;
≤0.1 µm	particelle non sempre identificabili chimicamente, originate apparentemente quasi del tutto da processi di combustione.

Le particelle che possono produrre degli effetti indesiderati sull'uomo sono sostanzialmente quelle di dimensioni più ridotte, infatti nel processo della respirazione le particelle maggiori di 15 micron vengono generalmente rimosse dal naso. Il particolato che si deposita nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (cavità nasali, faringe e laringe) può generare vari effetti irritativi come l'infiammazione e la secchezza del naso e della gola; tutti questi fenomeni sono molto più gravi se le particelle hanno assorbito sostanze acide (come il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto).

1.3.4 Il benzene

Fra i composti organici non metanici (NMVOC) assume particolare importanza il benzene; è un composto naturale del petrolio e dei suoi derivati, e si forma anche, come sottoprodotto, durante il ciclo di produzione delle benzine, ad opera di precursori a base aromatica e naftenica che sono naturalmente presenti nel greggio. A causa della sua naturale opposizione all'ossidazione, il benzene è rilasciato in seguito al processo di combustione, nonché a seguito dei processi evaporativi. La sorgente naturale di maggior rilievo è la combustione incontrollata di piante e di residui di agricoltura.

Il benzene è una sostanza cancerogena che può produrre, a lungo termine, una varietà di tumori che comprendono linfomi e leucemia.

Secondo le stime dell'ANPA relative agli anni 1994, 1996 e 1997, circa l'80% del contributo proviene dal traffico veicolare, il 13.4% da altre fonti mobili ed il restante 6.2% da altre attività come processi industriali e uso dei solventi.

1.4 Quadro meteo climatico a scala regionale

L'orografia della Sicilia, con le sue montagne e le sue colline, contribuisce ad attenuare, nel passo di pochi chilometri, quello che altrimenti sarebbe un clima totalmente mediterraneo, soggetto ad influssi marittimi.

Nella parte più interna dell'isola, il clima semicontinentale, con estati molto calde ed inverni spesso rigidi e con escursione termica rilevante, si contrappone a quello sicuramente più temperato di tipo mediterraneo-subtropicale delle zone più vicine alla costa. Nonostante questa varietà di climi, si riscontra una certa uniformità nelle temperature estive con medie comunque superiori a 25 °C e punte massime fino a 40 °C; queste, ovviamente vanno via via abbassandosi notevolmente a mano a mano che si sale di quota. Gli inverni, rigidi e con temperature che non di rado scendono sotto lo zero nelle zone interne, sono, invece, miti nelle fasce costiere, con medie che si aggirano intorno ai 10 °C. Ad esempio, a Messina e Palermo, la temperatura media di gennaio, mese più freddo è vicina agli 11 °C; a Tindari e Licata ed altre località site sulla costa, si aggira intorno ai 10 °C; si scende rapidamente a 6,6 °C a Lercara Friddi (600 msl) e a 4,5 °C ad Enna (950 msl), fino a scendere sotto lo zero in rilievi più importanti (m.te Etna 1800 msl). Si tratta dunque di tre principali ambienti termici: i litorali, le zone interne e la cuspide montana nord-orientale.

Nello scenario meteorologico regionale non si deve sottovalutare lo Scirocco, vento caldo e umido, da SE, generato da un sistema depressionario sul Mediterraneo rispetto al quale spira sulla parte orientale. E' più frequente in primavera e autunno, ed è legato ad una diminuzione della visibilità, a un forte aumento dell'umidità (80%-90%) e ad un aumento della temperatura. La pressione diminuisce e spesso la pioggia di Scirocco è carica di sabbia trasportata per centinaia di chilometri dalle

zone aride dell’Africa verso la nostra penisola ed in particolare sulla Sicilia. Spesso spira con irregolare periodicità, per due o tre giorni di seguito, ed è accertato che parecchie colture di pregio non riescono a prosperare, senza un’adeguata irrigazione, e parallelamente anche il ritmo di vita umana soffre in presenza di questo tipo di situazione meteorologica.

Le precipitazioni si distribuiscono con grande irregolarità sia spaziale che temporale; inoltre, gli scostamenti dalle medie possono essere notevoli da un anno all'altro. In linea di massima, si evidenziano due stagioni: una piovosa, che va da ottobre inoltrato a marzo, con massimi tra novembre e gennaio; l'altra asciutta, che all'interno di un arco semestrale con poca pioggia che va da aprile a settembre, vede un trimestre siccitoso (giugno-agosto). Le regioni più piovose risultano l'area montana di nord-est, i rilievi che coronano a Conca d'Oro, i Sicani, le più elevate zone dei tavolati iblei e dell'Ennese. Invece, davvero siccitose sono alcune cimose litoranee del Sud estremo. I due terzi dell'isola, comunque, non ricevono più di 700 mm annui: non è una quantità esigua, ma più sfavorito è appunto il versante africano, ove, peraltro, abbondano le argille impermeabili (con la conseguente scarsa capacità dei terreni di assorbire l'acqua), sicché le sorgenti sono modeste.

La lunghezza della stagione asciutta, poi, determina senz'altro condizioni di forte evaporazione - ed il ciclo vegetativo delle piante ne risente – ma comunque, l'indice di aridità, che deriva dal rapportare temperature e precipitazioni (minore l'indice, maggiore l'aridità) oscilla tra 10 e 15 (indicando cioè semiaridità intensa) in cimose ristrette e nella calda piana di Catania, e tra 15 e 20 (semiaridità) su buona parte della facciata litoranea e collinare meridionale; invece, la maggior parte del territorio siciliano è compreso tra 20 e 30, ossia in un'area di semiaridità estiva, e le zone dei rilievi principali salgono da 30 a 60 (umidità netta) sull'Etna e gli alti Nebrodi

1.5 Quadro meteo climatico a scala locale

La zona interessata dall’opera in esame si estende in una zona che va dai 400 m slm c.a. verso il mare, fino ai 600m slm c.a. della zona attorno a Caltanissetta; si sviluppa quindi in una zona prevalentemente collinare ad una distanza minima dal mare che è di circa 30 km.

Poiché ci troviamo in una zona abbastanza interna, è naturale aspettarsi, come sopra accennato, degli inverni rigidi (infatti a Caltanissetta la media delle temperature in gennaio è di 6,7 °C) con estati temperate (T massima 30 °C sempre a Caltanissetta) e siccitose (media estiva di appena 0,7 mm/giorno, per un totale annuo nel 2004 di 450mm circa).

I venti sono moderati con punte massime di oltre 12 m/s ma con una media molto più bassa (2,2 m/s); è indicativo il fatto che circa il 25% dei dati di velocità del vento risultano essere minori di 1 m/s. Non si riscontrano direzioni preferenziali di provenienza del vento.

1.5.1 Dominio di indagine

Il dominio di indagine si estende in una regione prevalentemente collinosa e può essere racchiuso in un rettangolo di lato parallelo alla strada di circa 27 Km e con il lato perpendicolare al tracciato di circa 10 Km (vedi Figura 1).

Figura 1– dominio di indagine



Il suolo circostante l’area di progetto è ad uso prevalentemente agricolo e la densità abitativa è molto scarsa lungo tutto il tracciato, anche nel tratto all’altezza del IV° svincolo dove lambisce la periferia nord ovest di Caltanissetta. Tale tratto sarà co-

munque deviato, come da progetto al fine di non interessare più tale zona sub-urbana.

Per la caratterizzazione meteo-climatica del dominio di indagine si è fatto riferimento alla stazione meteorologica sita a Caltanissetta in viale Regina Margherita. Tale stazione fa parte della rete provinciale di monitoraggio ed è individuata dal codice di stazione n°004; dall'anno 1990 restituisce automaticamente i valori di temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, irraggiamento solare, velocità e direzione del vento ed altezza di pioggia con una frequenza oraria. Segue una illustrazione dei dati da essa desunti.

1.5.2 Caratterizzazione meteorologica

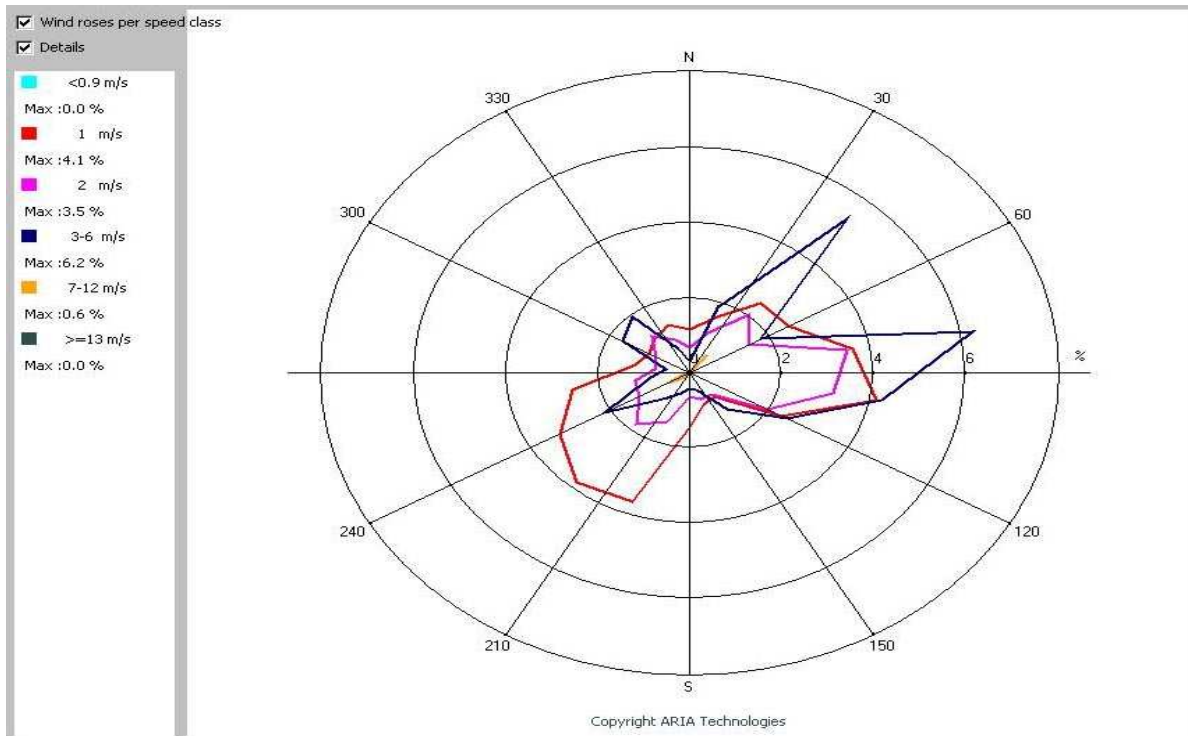
Di seguito sono rappresentati i risultati dell'analisi meteo-climatica.

1.5.2.1 Vento

Come si vede dalla Figura 2, i valori di intensità del vento arrivano anche a punte superiori ai 10 m/s, anche se la media di ogni mese non supera mai i 4 m/s.

Si nota anche che le intensità maggiori si raggiungono principalmente nei mesi freddi, mentre sono più limitate nei periodi estivi (medie < 3 m/s; max < 10). È da notare l'elevata frequenza di calme (< 1 m/s): più del 25 % del totale.

Figura 2 – Andamento del vento al variare dei mesi dell'anno

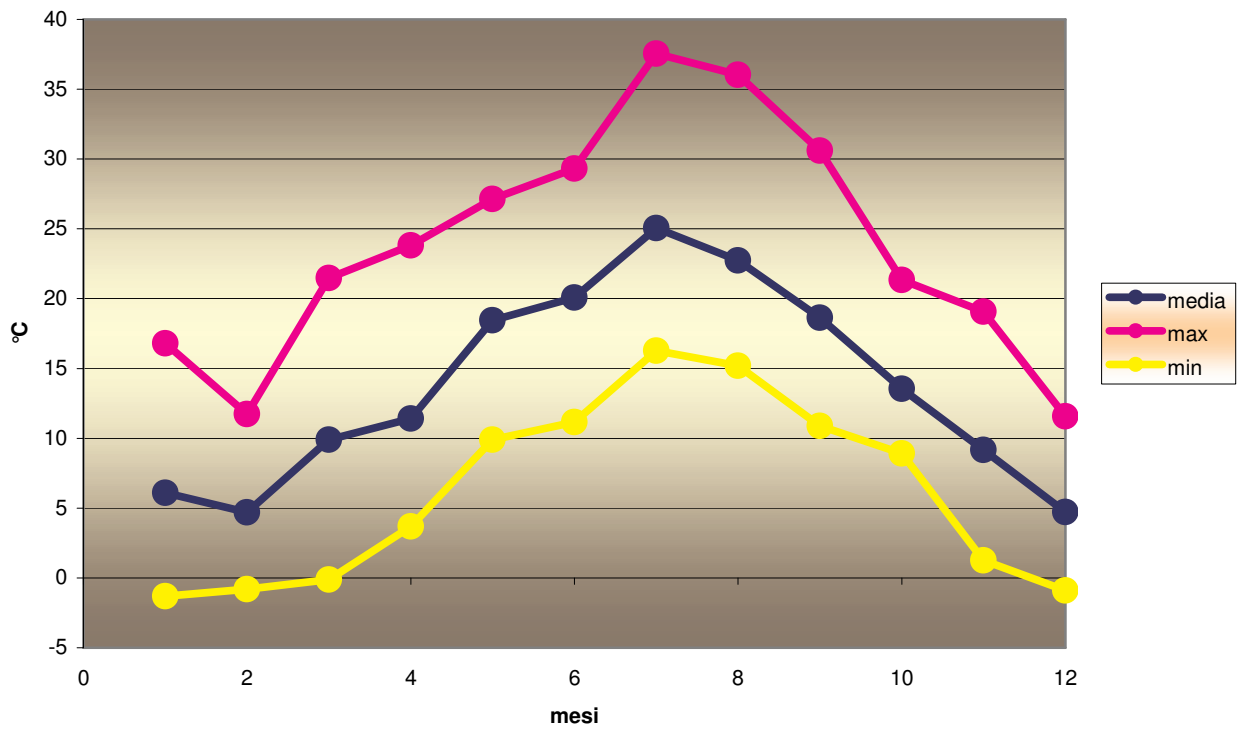


1.5.2.2 Temperatura

Nel grafico di seguito riportato (

Figura 3) si vede l'andamento della temperatura massima, media e minima, in corrispondenza della stazione di Caltanissetta.

Figura 3 – Andamento della temperatura al variare dei mesi dell'anno

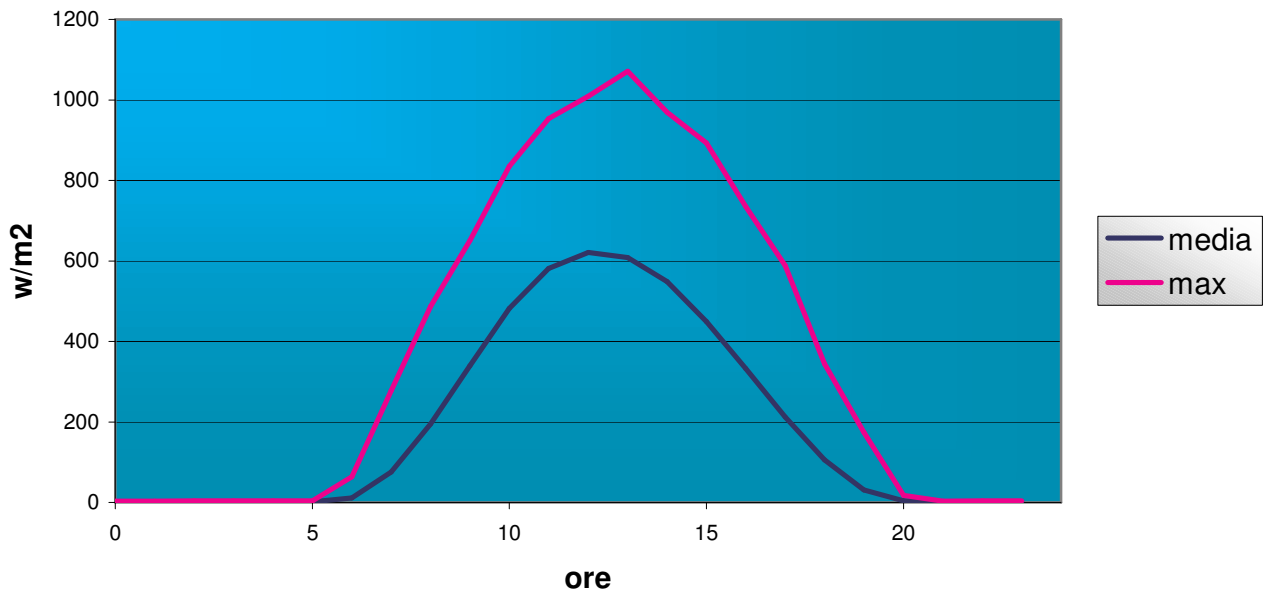


1.5.2.3 Radiazione

La Figura 4 mostra l’andamento della radiazione solare globale al variare delle ore del giorno.

Questa viene utilizzata, assieme ad altri parametri come la velocità del vento, per calcolare la stabilità atmosferica, a sua volta indispensabile per definire la dispersione degli inquinanti.

Figura 4 – Andamento della radiazione solare globale al variare delle ore del giorno



1.5.2.4 Stabilità atmosferica

Per calcolare la dispersione degli inquinanti derivante dalla turbolenza, il modello necessita di un parametro rappresentativo: la stabilità atmosferica.

In base alla velocità del vento, alla temperatura ed alla copertura nuvolosa, il modello stesso calcolerà tale parametro. Poiché la copertura delle nubi non era un dato in nostro possesso, abbiamo dovuto calcolarla a partire dalla radiazione solare totale e dalla piovosità. La stabilità verrà parametrizzata tramite le classi di Pasquill, secondo cui un'atmosfera con caratteristiche prevalentemente convettive è detta instabile, e viene rappresentata con le classi di stabilità A e B. Al diminuire della turbolenza si avranno le classi C e D diurne e D ed E notturne, che esprimono, rispettivamente, un'atmosfera debolmente instabile, neutra e moderatamente stabile; nei casi in cui ci si trovi in presenza di un'atmosfera particolarmente stabile, tipica delle notti con vento debole (inferiore a 2m/s) e cielo sereno, si utilizza la classe F, che può essere caratterizzata addirittura da forti gradienti verticali di inversione termica, con turbolenza praticamente assente e forte attitudine al ristagno atmosferico. Nel caso di condizioni instabili, gli inquinanti sono facilmente dispersi in atmosfera, per effetto della turbolenza convettiva e/o meccanica. In condizioni stabili, d'altra parte, gli inquinanti tendono a rimanere confinati in uno stretto strato atmosferico, all'altezza della sorgente che li emette, a causa della scarsa capacità di diluizione. Le classi di stabilità A, B, C sono diurne, scalate in base alla radiazione solare e al vento (tipicamente A = forte radiazione e vento debole, C = vento forte), E ed F notturne (tipicamente E per condizioni isoterme e F per condizioni di inversione). La classe D

corrisponde a situazioni di cielo coperto, oppure a presenza di precipitazioni o di vento forte (>6 m/s), con prevalenza quindi di turbolenza di natura meccanica.

1.6 Descrizione delle sorgenti di inquinamento e dei ricettori sensibili

Nell'ambito considerato non si riscontrano fonti di inquinamento di origine industriale; dal censimento effettuato per l'individuazione di recettori e di sorgenti emmissive, non si riscontrano sorgenti di tipo industriale di particolare rilevanza. Per quanto riguarda le emissioni dovute a riscaldamento domestico, gli unici dati reperibili sono quelli dell'Inventario Nazionale delle Emissioni in Atmosfera dell'APAT. Questi dati però sono riferiti ad una scala provinciale, quindi molto più ampia dell'ambito investigato.

Non è stato possibile, inoltre, calcolare le emissioni a partire dal numero di abitazioni che rientrano nel dominio di indagine, per una mancanza di informazioni che rende impossibile la valutazione del flusso emissivo (tipologia di combustibile utilizzato, tipologia di impianti utilizzati, tempo medio annuo di utilizzo, ecc.).

Nella caratterizzazione ante operam, in realtà, si sono utilizzati dati che, provenendo da stazioni presenti sul territorio, si riferiscono alle concentrazioni derivanti dalla totalità delle sorgenti (ivi incluse quelle relative al riscaldamento domestico); tali dati sono dati globali, da cui non è possibile estrapolare la quota parte del flusso di inquinanti derivante da una tipologia di sorgenti piuttosto che da un'altra.

Per l'individuazione dei ricettori è stato tenuto conto della distanza dall'asse stradale, della morfologia della zona, della presenza o meno di barriere naturali o artificiali esistenti e della posizione altimetrica rispetto alla sorgente dell'inquinamento.

A fronte di tali considerazioni si è ritenuto che le ubicazioni dei ricettori sensibili per la componente atmosfera coincidessero con quelle individuate e descritte per la componente rumore. Per la lettura grafica si rimanda pertanto all'elaborato "Carta dei ricettori e dei punti di misura (IA35AMBCT01)".

1.7 Caratterizzazione dell'aria allo stato attuale

1.7.1 Premessa

Per la caratterizzazione delle condizioni di qualità dell'aria nello stato ante – operam dell'ambito interessato dalla realizzazione/esercizio del tracciato è stata effettuata una campagna di monitoraggio di una settimana con mezzo mobile e sono stati raccolti i dati delle stazioni di monitoraggio della Provincia di Caltanissetta.

In questo studio al fine di operare una rappresentazione di maggiore dettaglio, si è scelto di considerare come se fossero scoperti i tratti in galleria inferiori ad 1 Km (in genere negli studi di impatto della qualità dell'aria, le gallerie di lunghezza inferiore a 2 Km vengono considerate come se fossero tratti scoperti). Le motivazioni che

hanno portato a questa decisione sono le seguenti: 1) considerando il tratto coperto le emissioni andrebbero ripartite in due parti (ingresso ed uscita), quindi ogni parte subirebbe il carico inquinante di circa 500 m di tratto in galleria; 2) per la modellizzazione, vista l'estensione del dominio di calcolo (circa 300 Km²) si è scelto di operare con una griglia con un passo di 240 m. Presa un qualsiasi punto non coincidente con i nodi della griglia di calcolo, il modello valuta la concentrazione delle sostanze ad essa relativa operando una interpolazione tra i valori dei quattro nodi più vicini. Questo significa che cercare delle informazioni con risoluzione troppo alta significherebbe ottenere dei risultati non realistici

1.7.2 Rete di monitoraggio della provincia di Caltanissetta

La provincia di Caltanissetta dispone di una rete di monitoraggio dei parametri meteorologici e di qualità dell'aria. Per l'anno 2005 ha fornito i seguenti dati:

- Dati meteo (temperatura, velocità e direzione del vento, umidità relativa, pressione atmosferica, pioggia, radiazione solare) provenienti dalla stazione sita nel Palazzo della Provincia di Caltanissetta in V.le Regina Margherita.
- Dati relativi alle concentrazioni di CO, provenienti dalle stazioni di via F.Turati (CL) e di via Cavour a S. Cataldo (CL).
- Dati relativi alle concentrazioni di CO, NO_x, NO, NO₂, provenienti dalla stazione di p.za Capuana (CL).
- Dati relativi alle concentrazioni di CO, NO_x, NO, NO₂, O₃, Idrocarburi, Idrocarburi Totali, PM₁₀, Idrocarburi non Metanici, provenienti dalla stazione sita nel Centro Storico di Caltanissetta.
- Dati relativi alle concentrazioni di Idrocarburi, CO, PM₁₀, SO₂, NO_x, NO, NO₂, O₃, provenienti dalla stazione sita in Via Venezia a Gela (CL).
- Dati relativi alle concentrazioni di SO₂, CO, polveri sospese, provenienti dalla stazione sita a via Minerbio a Gela (CL).
- Dati relativi alle concentrazioni di SO₂, polveri sospese, provenienti dalla stazione sita presso “AGIP mineraria” a Gela (CL).
- Dati relativi alle concentrazioni di SO₂, provenienti dalla stazione sita presso “AGIP pozzo 57” a Gela (CL).

- Dati relativi alle concentrazioni di SO₂, provenienti dalla stazione sita presso il cimitero Farello a Gela (CL).
- Dati relativi alle concentrazioni di CO, PM₁₀, O₃, polveri sospese, CH₄ e idrocarburi totali, provenienti dalla stazione sita in Via Palazzi a Gela (CL).
- Dati relativi alle concentrazioni di SO₂, provenienti dalla stazione sita presso il Liceo Scientifico a Niscemi (CL).
- Dati relativi alle concentrazioni di CO, NO_x, polveri sospese, provenienti dalla stazione sita in Via Gorii a Niscemi (CL).

Per caratterizzare il sito di intervento è stata effettuata una selezione delle stazioni di monitoraggio di potenziale interesse in riferimento a due principali parametri: la distanza dall'asse stradale (alcune stazioni sono troppo distanti come nel caso di quelle site nei dintorni di Gela e di Niscemi per consentire una reale caratterizzazione dell'ambito di intervento); le situazioni di traffico che, in alcuni casi, risultano troppo dissimili da quella in esame (come, ad esempio, le stazioni site nel centro storico di Caltanissetta).

Si è scelto, pertanto, di considerare solamente i dati provenienti dalle seguenti stazioni:

- via F. Turati a Caltanissetta (Figura 5; Figura 6)
- via Cavour a S. Cataldo (CL) (Figura 8; Figura 9).

In tali stazioni è monitorato solamente il monossido di carbonio (CO)

In particolare, dalla stazione di Via F. Turati si ricavano le misure di concentrazione di CO con cadenza oraria relative al periodo che va dal 01/01/2005 al 31/12/2005 (Nella Figura 7, sono riassunti i dati provenienti dalla stazione citata, con evidenziati il valore medio e quello massimo).

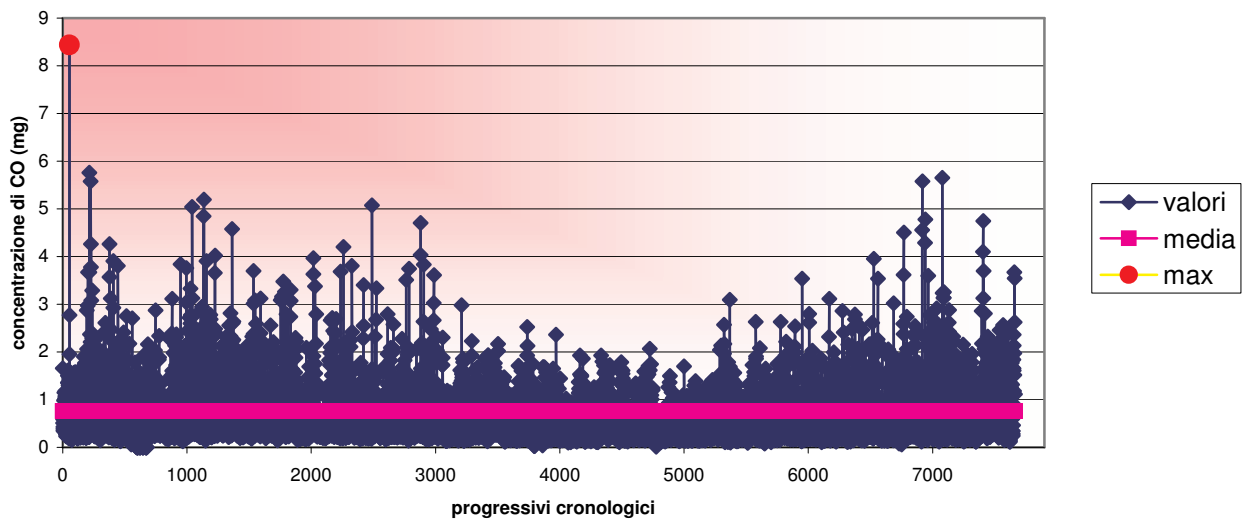
Figura 5 - Ubicazione della stazione di via Turati



Figura 6 - Stazione di via Turati



Figura 7 – dati di concentrazione di CO provenienti dalla stazione di via F. Turati



Tutti i valori di concentrazione sono al di sotto dei 10 mg/mc corrispondente al valore limite della media massima giornaliera sulle 8 ore (il valore max di media oraria registrato è pari a 8,5 mg/mc e solo 8 volte viene superato il valore di 5 mg/mc).

Dalla stazione di Via Cavour a S. Cataldo (CL) si ricavano misure di concentrazione di CO con cadenza oraria relative al periodo che va dal 01/01/2005 al 31/12/2005.

Nella Figura 10, sono riassunti i dati provenienti dalla stazione citata, con evidenziati il valore medio e quello massimo.

Figura 8 - Ubicazione della stazione di S. Cataldo

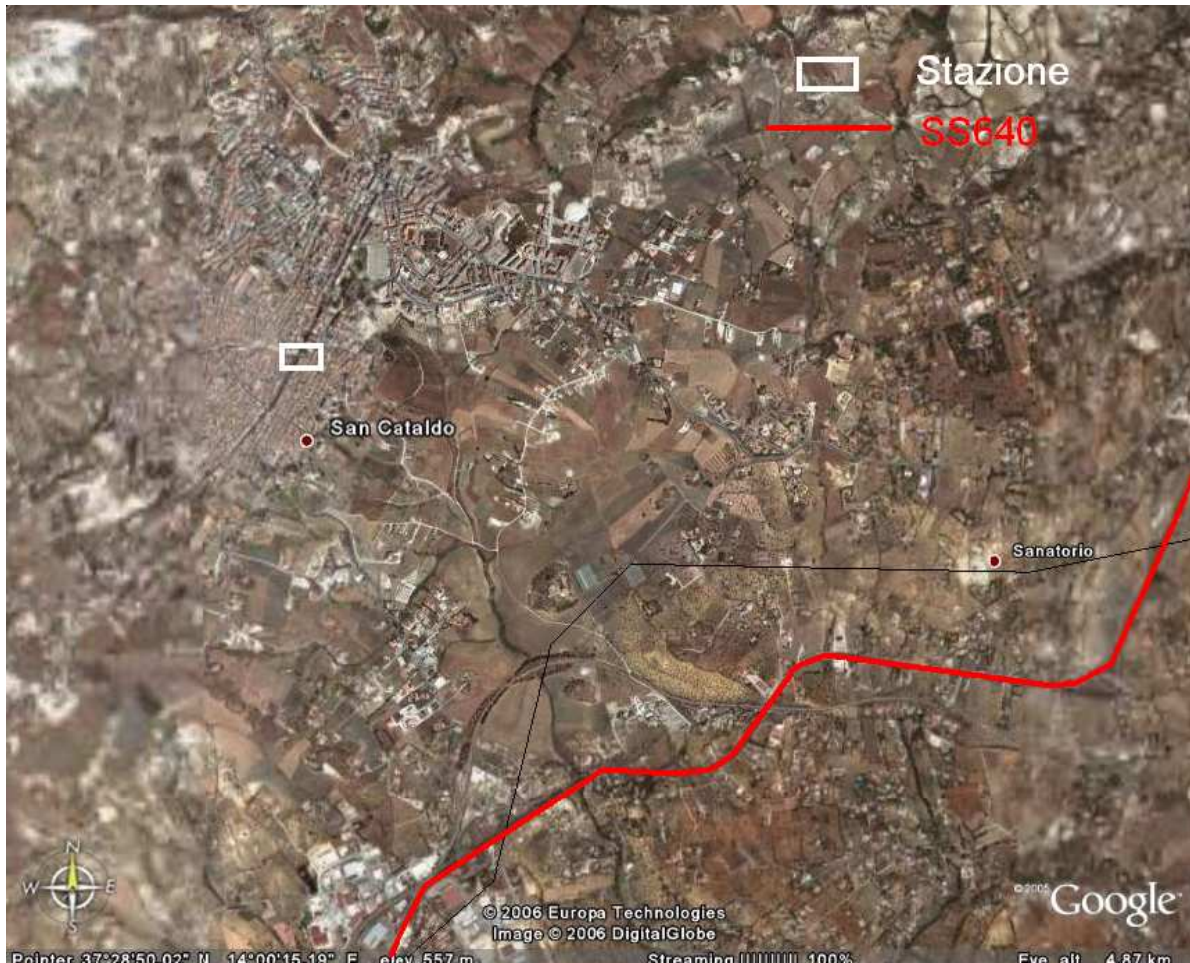
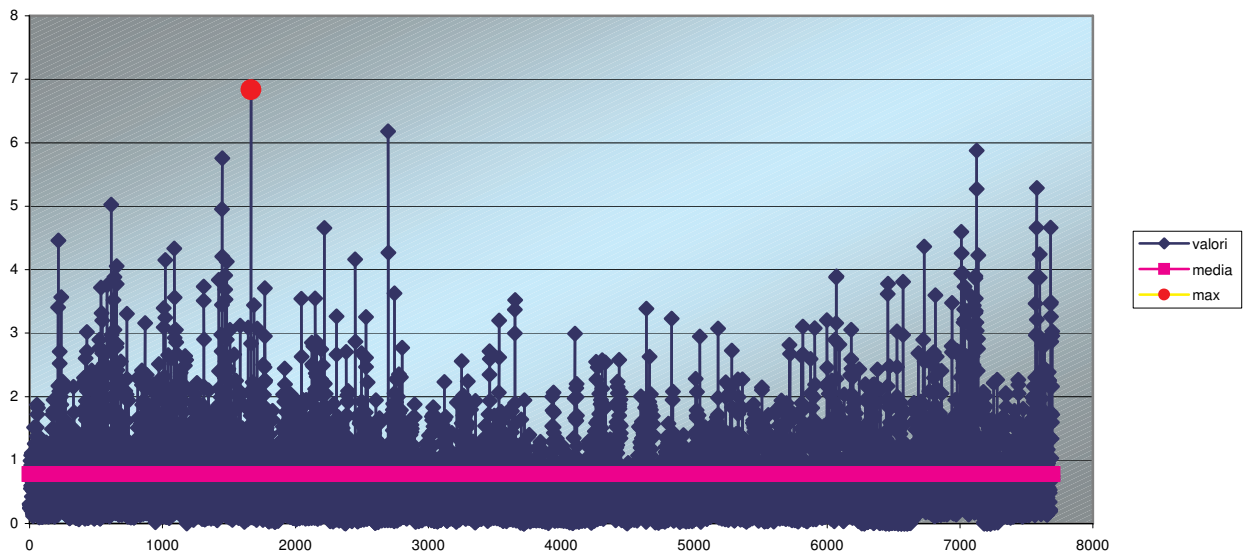


Figura 9 - Stazione di S. Cataldo



Figura 10 - dati di concentrazione di CO provenienti dalla stazione di S. Cataldo

Grafico_SCataldo



Anche in questo caso i valori sono ben al di sotto dei valori limite sopra definiti (il valore max di media oraria registrato è pari a 6,8 mg/mc e solo 7 volte viene superato il valore di 5 mg/mc).

1.7.3 Campagna di monitoraggio con mezzo mobile

Per la caratterizzazione dello stato ante operam dell’ambito interessato dal progetto di ampliamento della SS 640 (II tratto) è stata effettuata una campagna di monitoraggio dei parametri di qualità dell’aria mediante laboratorio mobile presso l’esercizio commerciale Scaringi, al km 57+650 della SS 640 (comune di Caltanissetta). L’ubicazione del punto di monitoraggio è di seguito riportata (Figura 11).

Figura 11 – ubicazione del punto di monitoraggio della qualità dell’aria.



Nel corso della campagna, della durata di 7 giorni, sono stati monitorate le concentrazioni dei seguenti parametri:

- Polveri con diametro inferiore a 10 µg (*PM10*)

- Polveri totali sospese (Pts)
- Benzene, Toluene e Xilene (BTX)
- Ossido di azoto (NO)
- Biossido di azoto (NO₂)
- Anidride solforosa (SO₂)
- Idrocarburi non metanici (NMHC)
- Ozono (O₃)
- Ossido di carbonio (CO)
- Metano (CH₄)

A questi sono state associate delle rilevazioni meteo che restituiscono medie orarie di temperatura, direzione ed intensità del vento, radiazione netta e radiazione globale, umidità relativa, altezza di pioggia, pressione atmosferica.

Si evidenzia che i dati meteorologici raccolti nel corso della campagna di monitoraggio non saranno impiegati nelle applicazioni modellistiche perchè relativi ad un periodo di tempo limitato e, quindi, poco significativo per caratterizzare le condizioni meteo del sito di intervento. D'altronde va considerato che per costruire un quadro meteo significativo bisognerebbe effettuare misurazioni che vanno a considerare periodi relativi a tutte e quattro le stagioni.

Per la costruzione di un quadro meteo climatico significativo si è fatto riferimento alla rete di monitoraggio della provincia di Caltanissetta dai cui, come indicato nel precedente paragrafo, sono stati reperiti dati temperatura, velocità e direzione del vento, umidità relativa, pressione atmosferica, pioggia, radiazione solare provenienti dalla stazione sita nel Palazzo della Provincia di Caltanissetta in V.le Regina Margherita.

Nell'allegato 1 si illustrano i risultati della campagna effettuata.

1.8 Quadro emissivo ante/post operam

1.8.1 Metodologia impiegata per le emissioni da traffico stradale

Lo sviluppo di metodologie di stima delle emissioni inquinanti da traffico stradale è oggetto della metodologia ufficiale europea che mantiene aggiornate, sulla base delle nuove informazioni messe a disposizione dalla ricerca, le indicazioni per la stima delle emissioni a partire dai fattori d'emissione ("Emission Factors" = EF, valori di emissione per unità di percorrenza), relativi ai singoli veicoli appartenenti a categorie codificate. Tale metodologia è implementata in un programma informatico, denominato COPERT, concepito per calcolare emissioni da traffico aggregate a

livello nazionale. Il programma COPERT è stato diffuso liberamente in versione 3 (COPERT III) nel corso del 2000 (N. Ntziachristos e Z. Samaras, 2000).

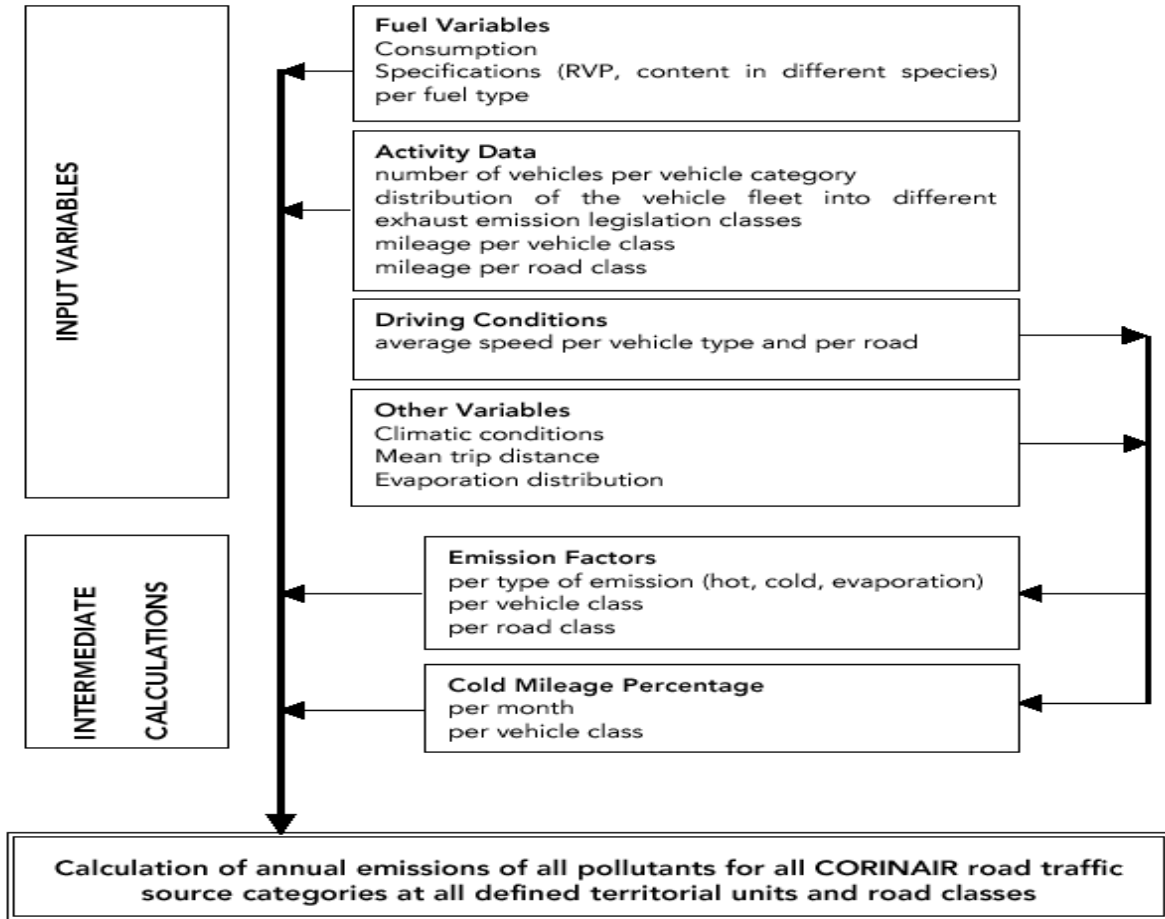
Sulla base della metodologia COPERT, è stato sviluppato un programma di calcolo delle emissioni inquinanti da traffico stradale denominato TREFIC (*TRaffic Emission Factor Improved Calculation*) che è annesso al software ARIA_IMPACT. TREFIC prevede, per molti degli inquinanti atmosferici tipici del traffico (NO_x , N_2O , SO_x , VOC, CH_4 , CO, CO_2 , NH_3 , particolato, metalli pesanti, diossine e furani), la valutazione degli EF in termini di massa d'inquinante emessa per unità di percorrenza (g/km). Tali coefficienti dipendono (Figura 12):

- dal tipo di carburante (benzina con o senza piombo, gasolio, gpl);
- dal tipo di veicolo (motociclo, autovettura, veicolo commerciale leggero o pesante, autobus ...);
- dalla velocità media di percorrenza o dal tipo di strada percorsa (urbana, extraurbana, autostrada);
- dalla cilindrata del motore per i veicoli passeggeri e dalla portata nel caso di veicoli commerciali;
- dall'età del veicolo, o più precisamente dall'anno di costruzione.

L'età del veicolo permette di risalire alla tecnologia costruttiva, normata dalle varie direttive che in ambito europeo hanno nel tempo regolamentato le massime emissioni dei nuovi motori prodotti. Tale informazione consente anche di legare il fattore d'emissione allo stato di efficienza e di manutenzione del veicolo stesso.

Tra le categorie di veicoli contemplate nel progetto COPERT, alcune riguardano tecnologie costruttive normate da particolari legislazioni nazionali non vigenti nel nostro paese. La distinta delle categorie di veicoli COPERT III è presentata nella Tabella 5

Figura 12 - Coefficienti che determinano l'entità dei fattori di emissione



Flow chart of the application of the baseline methodology

Tabella 5 - Categorie di veicoli stradali considerati nella metodologia COPERT III

Vehicle Category	Class	Legislation	Vehicle Category	Class	Legislation
Passenger Cars	Gasoline <1,4l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Improved Conv. 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	Light Duty Vehicles	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
	Gasoline 1,4 - 2,0l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Improved Conv. 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	Heavy Duty Vehicles	Gasoline >3,5t	Conventional
				Diesel <7,5t	Conventional Euro I - 91/542/EEC Stage I Euro II - 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
				Diesel 7,5 - 16t	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
	Gasoline >2,0l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	Buses	Diesel 16-32t	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
				Diesel >32t	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
	Diesel <2,0l	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	Urban buses	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776	
	Diesel >2,0l	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			
	LPG	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	Coaches	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776	
	2 Stroke	Conventional	Mopeds	<50cm ³ Conventional 97/24/EC Stage I 97/24/EC Stage II	
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t Euro I - 93/59/EEC Euro II - 96/69/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	Motorcycles	2 Stroke >50cm ³	Conventional 97/24/EC	
			4 stroke 50 - 250cm ³	Conventional 97/24/EC	
			4 stroke 250 - 750cm ³	Conventional 97/24/EC	
			4 stroke >750cm ³	Conventional 97/24/EC	

1.8.2 Calcolo delle emissioni da traffico stradale

1.8.2.1 Parco veicoli circolanti al 2006 e stima del rinnovo al 2011

L'input del programma TREFIC III, costituito dai flussi di traffico sulle strade considerate, è stato predisposto sulla base di dati ACI relativi alla consistenza del parco veicolare sul territorio nazionale, aggiornati al 31/12/2004. Sono stati trascurati, perché modesti, i cambiamenti nel parco veicolare tra il 2004 e il 2006, anno di riferimento delle simulazioni dello scenario attuale.

La Tabella 6 mostra la ripartizione in categorie COPERT del parco utilizzato per l'anno 2006, in termini di numero di veicoli e percentuale sul totale della macrocategoria veicolare.

Il parco veicolare relativo al 2011 è stato ricostruito ipotizzando l'evoluzione della distribuzione dei veicoli circolanti in categorie COPERT. In particolare è stato ipotizzato che la distribuzione delle età dei veicoli circolanti nel 2011 sia uguale a quella del 2002, ossia l'anno più recente in cui sono disponibili i relativi dati statistici dell'ACI (a livello nazionale). La curva di distribuzione dell'età è riportata in Figura 13.

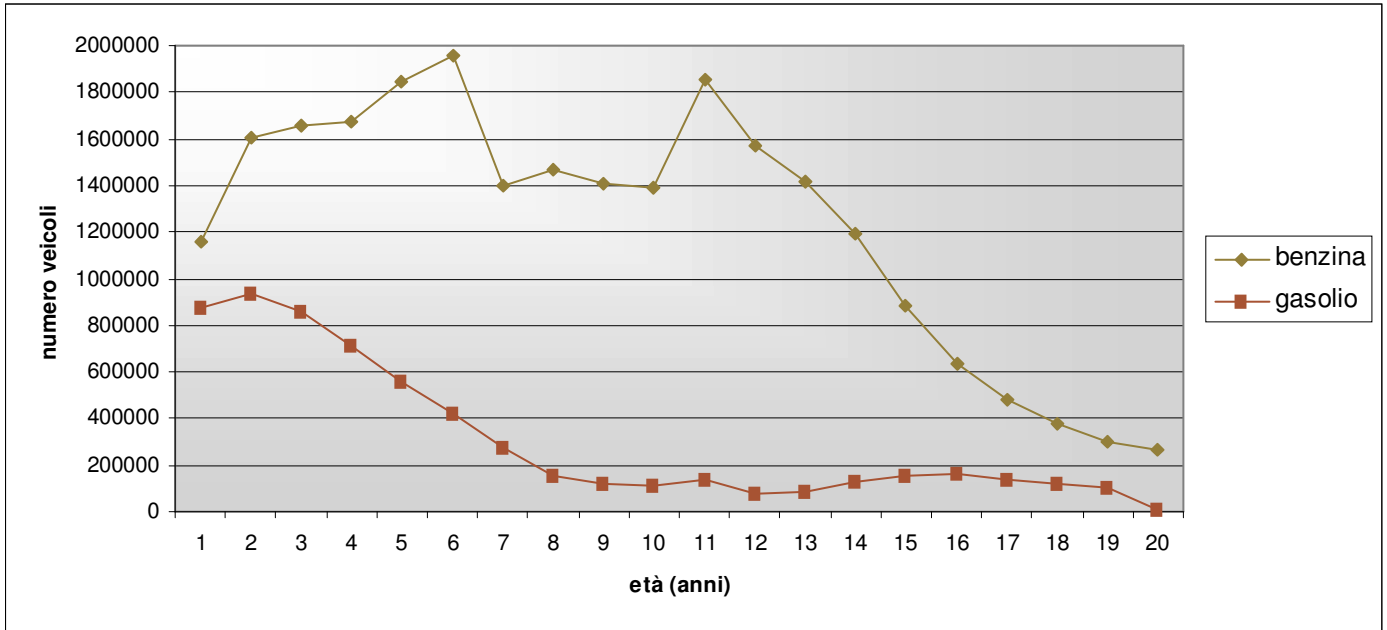
Tabella 6 - ripartizione in categorie COPERT del parco veicolare circolante sul territorio nazionale nell'anno 2004 (dati ACI) e 2011 (proiezione sulla base di dati ACI)

		veicoli 2004	% 2004	% 2011
1	CC<1400 PRE ECE	81.217	2,90	0,46
2	CC<1400 ECE 00-01	48.185	1,72	1,06
3	CC<1400 ECE 02	38.174	1,36	1,20
4	CC<1400 ECE 03	53.777	1,92	1,91
5	CC<1400 ECE 04	522.044	18,64	19,69
6	CC<1400 IMPROVED CONVENTIONAL	0	0,00	0,00
7	CC<1400 OPEN LOOP	0	0,00	0,00
8	CC<1400 EURO I - 91/441/EEC	287.026	10,25	2,79
9	CC<1400 EURO II - 94/12/EEC	409.463	14,62	16,04
10	CC<1400 EURO III - 98/69/EC Stage 2000	300.669	10,74	12,82
11	CC<1400 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005	27.407	0,98	4,81
12	1400<CC<2000 PRE ECE	4.256	0,15	0,02
13	1400<CC<2000 ECE 00-01	3.621	0,13	0,08
14	1400<CC<2000 ECE 02	4.686	0,17	0,15
15	1400<CC<2000 ECE 03	7.511	0,27	0,27
16	1400<CC<2000 ECE 04	108.764	3,88	4,10
17	1400<CC<2000 IMPROVED CONVENTIONAL	0	0,00	0,00
18	1400<CC<2000 OPEN LOOP	0	0,00	0,00
19	1400<CC<2000 EURO I - 91/441/EEC	92.365	3,30	0,90
20	1400<CC<2000 EURO II - 94/12/EEC	81.963	2,93	3,21
21	1400<CC<2000 EURO III - 98/69/EC Stage 2000	38.095	1,36	1,62
22	1400<CC<2000 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005	3.252	0,12	0,57
23	CC>2000 PRE ECE	1.084	0,04	0,01
24	CC>2000 ECE 00-01	614	0,02	0,01
25	CC>2000 ECE 02	578	0,02	0,02
26	CC>2000 ECE 03	591	0,02	0,02
27	CC>2000 ECE 04	3.483	0,12	0,13
28	CC>2000 EURO I - 91/441/EEC	1.574	0,06	0,02
29	CC>2000 EURO II - 94/12/EEC	3.210	0,11	0,13
30	CC>2000 EURO III - 98/69/EC Stage 2000	3.676	0,13	0,16
31	CC>2000 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005	418	0,01	0,07
49	diesel <2.5t <2000cc CONVENTIONAL	92.685	3,31	5,27
50	diesel <2.5t <2000cc EURO I - 91/441/EEC	28.108	1,00	1,58
51	diesel <2.5t <2000cc EURO II - 94/12/EEC	148.632	5,31	8,27
52	diesel <2.5t <2000cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000	227.562	8,13	5,15
53	diesel <2.5t <2000cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005	19.690	0,70	0,88
54	diesel <2.5t >2000cc CONVENTIONAL	36.615	1,31	2,08
55	diesel <2.5t >2000cc EURO I - 91/441/EEC	8.582	0,31	0,48
56	diesel <2.5t >2000cc EURO II - 94/12/EEC	28.576	1,02	1,59
57	diesel <2.5t >2000cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000	29.271	1,05	0,66

58	diesel <2.5t >2000cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005	456	0,02	0,02
100	GPL CONVENTIONAL	21.409	0,76	1,19
101	GPL EURO I - 91/441/EEC	20.869	0,75	0,21
102	GPL <1400cc EURO II - 94/12/EEC	4.332	0,15	0,15
103	GPL <1400cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000	255	0,01	0,01
104	GPL <1400cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005	8	0,00	0,00
105	GPL 1400<cc<2000 EURO II - 94/12/EEC	5.433	0,19	0,18
106	GPL 1400<cc<2000 EURO III - 98/69/EC Stage 2000	411	0,01	0,02
107	GPL 1400<cc<2000 EURO IV - 98/69/EC Stage 2005	18	0,00	0,00
108	GPL >2000cc EURO II - 94/12/EEC	105	0,00	0,00
109	GPL >2000cc EURO III - 98/69/EC Stage 2000	19	0,00	0,00
110	GPL >2000cc EURO IV - 98/69/EC Stage 2005	1	0,00	0,00
111	due tempi CONVENTIONAL	0	0,00	0,00
	TOTALE AUTO	2.800.740	100,00	100,00
32	BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t CONVENTIONAL	11.857	6,39	2,11
33	BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO I - 93/59/EEC	3445	1,86	0,52
34	BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO II - 96/69/EEC	1961	1,06	0,60
35	BENZINA COMM. LEGGERI <3.5 t EURO III - 98/69/EEC Stage 2000	2934	1,58	1,15
59	DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t CONVENTIONAL	86.628	46,71	45,36
60	DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO I - 93/59/EEC	20.845	11,24	11,96
61	DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO II - 96/69/EEC	21.672	11,68	1,78
62	DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO III - 98/69/EEC Stage 2000	36.136	19,48	2,47
63	DIESEL COMM. LEGGERI <3.5 t EURO IV - 98/69/EEC Stage 2005	0	0,00	29,30
	TOTALE COMM LEGGERI	185.478	100,00	100,00
37	BENZINA COMMERCIALI PESANTI >3.5 T	700	0,89	1,25
64	DIESEL COMM. PESANTI <7.5t CONVENTIONAL	25.814	32,86	11,41
65	DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO I - 91/542/EEC Stage I	967	1,23	1,48
66	DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO II - 91/542/EEC Stage II	2.204	2,81	3,65
67	DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO III - COM(97) 627	1.317	1,68	0,29
68	DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO IV - COM(1998) 776	2590	3,30	1,29
69	DIESEL COMM. PESANTI <7.5t EURO V - COM(1998) 776	1554	1,98	2,02
70	DIESEL COMM. PESANTI 7.5+16t CONVENTIONAL	16.245	20,68	30,88
71	DIESEL COMM. PESANTI 7.5+16t EURO I - 91/542/EEC Stage I	822	1,05	1,26
72	DIESEL COMM. PESANTI 7.5+16t EURO II - 91/542/EEC Stage II	1.222	1,56	2,02
73	DIESEL COMM. PESANTI 7.5+16t EURO III - COM(97) 627	717	0,91	0,16
74	DIESEL COMM. PESANTI 7.5+16t EURO IV - COM(1998) 776	1813	2,31	0,70
75	DIESEL COMM. PESANTI 7.5+16t EURO V - COM(1998) 776	518	0,66	1,10
76	DIESEL COMM. PESANTI 16+32t CONVENTIONAL	11.732	14,94	22,30
77	DIESEL COMM. PESANTI 16+32t EURO I - 91/542/EEC Stage I	478	0,61	0,73
78	DIESEL COMM. PESANTI 16+32t EURO II - 91/542/EEC Stage II	1.363	1,74	2,25
79	DIESEL COMM. PESANTI 16+32t EURO III - COM(97) 627	1.067	1,36	0,23
80	DIESEL COMM. PESANTI 16+32t EURO IV - COM(1998) 776	0	0,00	1,05
81	DIESEL COMM. PESANTI 16+32t EURO V - COM(1998) 776	0	0,00	1,64
82	DIESEL COMM. PESANTI >32t CONVENTIONAL	132	0,17	0,25

83	DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO I - 91/542/EEC Stage I	5	0,01	0,01
84	DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO II - 91/542/EEC Stage II	15	0,02	0,02
85	DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO III - COM(97) 627	10	0,01	0,00
86	DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO IV - COM(1998) 776	0	0,00	0,01
87	DIESEL COMM. PESANTI >32t EURO V - COM(1998) 776	0	0,00	0,02
88	BUS URBANI CONVENTIONAL	186	0,24	0,35
89	BUS URBANI EURO I - 91/542/EEC Stage I	18	0,02	0,03
90	BUS URBANI EURO II - 91/542/EEC Stage II	38	0,05	0,06
91	BUS URBANI EURO III - COM(97) 627	18	0,02	0,01
92	BUS URBANI EURO IV - COM(1998) 776	0	0,00	0,02
93	BUS URBANI EURO V - COM(1998) 776	0	0,00	0,03
94	BUS GRAN TURISMO CONVENTIONAL	4310	5,49	8,19
95	BUS GRAN TURISMO EURO I - 91/542/EEC Stage I	599	0,76	0,92
96	BUS GRAN TURISMO EURO II - 91/542/EEC Stage II	1407	1,79	2,33
97	BUS GRAN TURISMO EURO III - COM(97) 627	691	0,88	0,29
98	BUS GRAN TURISMO EURO IV - COM(1998) 776	0	0,00	0,68
99	BUS GRAN TURISMO EURO V - COM(1998) 776	0	0,00	1,06
	TOTALE COMM PESANTI	78552	100,00	100,00
38	motocicli < 50cc CONVENTIONAL	0	0,00	0,00
39	motocicli < 50cc 97/24/EC Stage I	0	0,00	0,00
40	motocicli < 50cc 97/24/EC Stage II	0	0,00	0,00
41	motocicli > 50cc 2 tempi CONVENTIONAL	48917,6	11,87	8,37
42	motocicli > 50cc 2 tempi 97/24/EC	58908	14,30	18,14
43	motocicli 4 tempi 50+250cc CONVENTIONAL	73376,4	17,81	12,56
44	motocicli 4 tempi 50+250cc 97/24/EC	88362	21,45	27,21
45	motocicli 4 tempi 250+750cc CONVENTIONAL	59718	14,49	10,22
46	motocicli 4 tempi 250+750cc 97/24/EC	50364	12,22	15,51
47	motocicli 4 tempi >750cc CONVENTIONAL	14427	3,50	2,47
48	motocicli 4 tempi >750cc 97/24/EC	17922	4,35	5,52
	TOTALE MOTOCICLI	411995	100,00	100,00
	TOTALE VEICOLI	3.476.765		

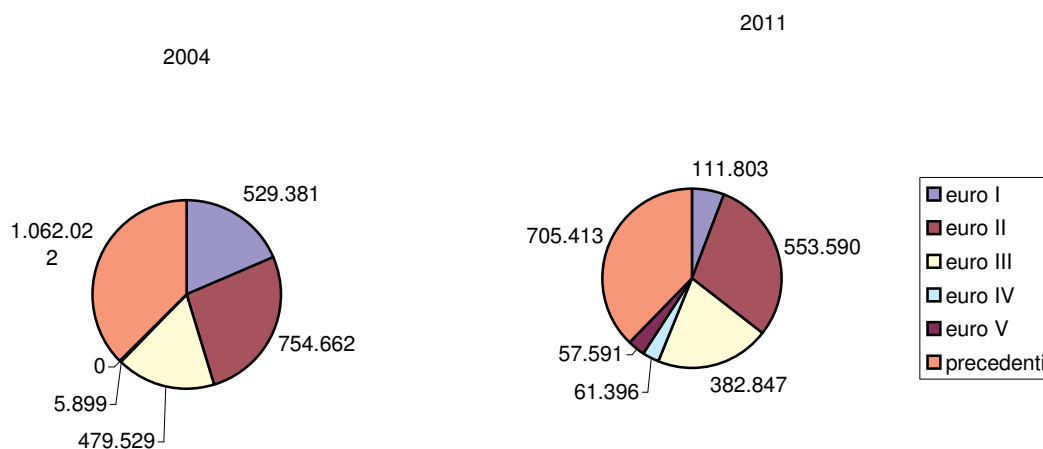
Figura 13 curve di invecchiamento dei veicoli.



Con questo metodo si tiene conto del rinnovo fisiologico del parco, attraverso l'eliminazione dei veicoli più vecchi e l'entrata sul mercato di veicoli nuovi; infatti, la traslazione della curva di età provoca una diminuzione della percentuale dei veicoli più vecchi (categorie pre-ECE, ECE, Euro I e II) e un aumento della percentuale di veicoli nuovi (Euro III, IV e V). La Tabella 6 precedentemente menzionata riporta il parco veicolare del 2011 risultante dall'estrapolazione, in termini di percentuale sul totale, della macrocategoria veicolare.

E' da sottolineare che il metodo utilizzato non tiene conto di eventuali cambiamenti futuri della ripartizione dei veicoli circolanti (per esempio, dell'aumento percentuale dei veicoli diesel nuovi, in atto da alcuni anni). Tali fenomeni sono difficilmente quantificabili in termini numerici, allo stato attuale, per la mancanza di statistiche e studi specifici sull'argomento.

Nella Figura 14 è riportata la composizione del parco circolante in termini di categorie COPERT riguardo le sole autovetture a benzina, rispettivamente nel 2004 e nel 2011. Si nota una forte diminuzione delle categorie di veicoli più vecchie (i veicoli precedenti alla categoria euro I diminuiscono del 33,6 % dal 2004 al 2011), minore per quelle intermedie (euro II: - 26 %; euro III -20 %) ed infine un netto aumento delle categorie più nuove (euro IV +90%; euro V passa da 0 a 57.590 unità).

Figura 14 - Composizione del parco circolante nel 2004 e nel 2011**1.8.2.2 Scenari emissivi considerati**

La stima delle emissioni inquinanti per il dominio in esame è stata effettuata per due scenari di riferimento:

1.8.2.2.1-stato attuale al 2006;

1.8.2.2.2-scenario di progetto al 2011;

In tutti gli scenari presentati, la percentuale di veicoli commerciali pesanti rispetto al totale è stata presa pari al 2,5%.

1.8.2.2.1 Stato attuale: scenario al 2006

Lo stato attuale è costituito dall'odierno tracciato della Strada Statale 640 che collega Porto Empedocle (AG) all'autostrada A19 Palermo- Catania immediatamente a Nord di Caltanissetta.

L'intervento interessa il tratto della SS 640 compreso tra il Km 44+000 e l'innesto con la suddetta autostrada e conterà di un intervento di adeguamento ed ammodernamento. Per meglio caratterizzare la situazione della qualità dell'aria, si è scelto di prendere in considerazione anche la viabilità principale limitrofa alla strada stessa, comprendendo nel quadro anche gli svincoli e gli incroci all'interno dell'area considerata. La Tabella 7 riassume la situazione nei vari tratti

Le velocità medie di percorrenza sono state considerate pari a 80 Km/h sulla ss 640, 60 Km/h sulle strade della rete secondaria e 50 Km/h sugli svincoli.

Tabella 7 - Stato viabilistico della rete per lo stato attuale

progressivo	tratto	velocità media Km/h	lunghezza	tgm leggeri	tgm pesanti
1	ss 640 I°	80	2071	9209	748
2	Svincolo Km 46+100	50	-----	5554	451
3	contrada Grottarossa	60	462	1815	147
4	ss 640 II°	80	9485	11024	896
5	Svincolo Km 56+200	50	-----	5556	451
6	ss 640 →S. Cataldo	60	2422	8125	660
7	S.Cataldo→C.da Giulfo	60	2087	717	58
8	ss 640 III°	80	2717	15669	1273
9	Svincolo Km 59+000	50	-----	9848	800
10	ss 640 IV°	80	2100	13713	1114
11	Svincolo Km 61+400	50	-----	3993	324
12	sp 29	60	4126	11937	970
13	via Babaurra	60	176	17451	1418
14	v.le L. Monaco	60	4736	5514	448
15	ss 640 V°	80	3652	8903	732
16	Svincolo Km 65+200	50	-----	3189	259
17	Caltanissetta→S.Caterina	60	4166	1702	138
18	Caltanissetta→S.Caterina	60	3228	1829	149
19	ss 640 VI°	80	7048	7965	647
20	Svincolo Km 72+500	50	-----	3167	183
21	ss 640 VII°	80	1605	14026	1140
22	ss 626	60	11801	6060	492
23	svincolo c.da Luculia	50	-----	5741	466
24	ss 626 c.da Luculia	60	518	4316	351
25	Caltanissetta→Pietraperzia	60	424	6458	525
26	Caltanissetta→Pietraperzia	60	5518	7309	594
27	Caltanissetta→Pietraperzia	60	2392	12686	1031
28	svincolo via Averna	50	-----	3398	276
29	via Averna	60	2316	3661	297
30	via Averna	60	841	1717	139

1.8.2.2.2 Stato di progetto: scenario al 2011

Il progetto prevede il potenziamento per alcuni tratti dell'attuale ss 640 e la realizzazione di nuovi tratti in alternativa al tracciato esistente, il quale resterà come viabilità ad uso locale.

Le velocità medie di percorrenza sono state considerate pari a 80 Km/h sulla ss 640, 60 Km/h sulle strade della rete secondaria e 50 Km/h sugli svincoli.

Nel calcolo delle concentrazioni e della dispersione degli inquinanti, si è deciso di considerare i tratti in galleria inferiori ad 1 Km di lunghezza come se fossero a cielo aperto; infatti la propagazione delle sostanze verrebbe comunque influenzata da queste ultime in misura molto ridotta. Lungo il tracciato è presente un tratto in galleria di lunghezza di circa 4 Km, per il quale si sono considerate nulle le emissioni lungo la sua estensione, che sono state pensate concentrate nei tratti di ingresso/uscita.

La Tabella 8 riassume la situazione nei vari tratti.

Tabella 8 - Stato viabilistico della rete per lo scenario di progetto

progressivo	tratto	velocità media	lunghezza	tgm leggeri	tgm pesanti
1	ss 640 I°	80	1364	9834	797
2	Svincolo Km 1+300	50	-----	3519	285
3	ss 640 II°	80	6137	11971	971
4	Svincolo Km 7+700	50	-----	6530	529
5	ss 640 III°	80	4499	9887	802
6	Svincolo Km 12+500	50	-----	9777	792
7	ss 640 IV°	80	251	7887	640
8	ss 640-GALLERIA	60	4025	7887	640
9	ss 640 V°	60	2248	7887	640
10	Svincolo 19+300	50	-----	6426	521
11	Caltanissetta→S.Caterina	60	3239	1847	149
12	Caltanissetta→S.Caterina	60	4037	1718	139
13	ss 640 VI°	80	6825	9685	785
14	Svincolo 26+300	50	-----	4926	399
15	ss 640 VII°	80	1695	14978	1214
16	ss 626	60	11499	5208	422
17	ss 626 c.da Luculia	60	540	3112	252
18	Svincolo c.da Luculia	50	-----	5749	466
19	Caltanissetta→Pietraperzia	60	466	6526	529
20	Caltanissetta→Pietraperzia	60	5647	6270	508
21	svincolo via Aversa	50	-----	3502	284
22	via Aversa	60	2168	3698	300
23	via Aversa	60	799	10044	814
24	Caltanissetta→Pietraperzia	60	2262	13735	1113
25	Vecchio III°svincolo	50	-----	7944	644
26	giunto_tr_vecchio	60	1895	8364	678
27	Vecchio IV°svincolo	50	-----	2502	203
28	vecchia ss640 VI°	60	1535	2445	198
29	via Babaurra	60	207	13392	1085
30	sp 29	60	3986	11691	947

31	v.le L. Monaco	60	4417	7114	576
32	vecchia ss640 V°	60	902	11256	912
33	vecchia ss640 IV°	60	1685	6108	495
34	Vecchio II°svincolo	50	-----	2246	182
35	c.da Bifaria	60	4105	581	47
36	vecchia ss640 III°	60	2849	1386	112
37	ss 640 →S. Cataldo	60	2131	8079	655
38	S.Cataldo→C.da Giulfo	60	2022	537	43

1.8.2.3 Risultati della stima delle emissioni

La Tabella 9 presenta le emissioni aggregate calcolate per i quattro inquinanti considerati sul solo tracciato principale. I fattori di emissione del PM10 calcolati con TREFIC sono stati ricavati dalla raccolta pubblicata dall'istituto internazionale IIASA nell'ambito del programma *RAINS Europe* (IIASA, 2001).

Si noti come, in tratti presenti in entrambi i tracciati (I°;II°;VI°;VII°), dal 2006 al 2011 si abbia una diminuzione di tutti gli inquinanti nonostante il previsto aumento di carico di traffico. Ciò deriva dal fatto che per lo scenario del 2011 si è considerato un parco auto con una percentuale maggiore di auto con tecnologie che permettono emissioni complessivamente più basse.

Tabella 9 - Emissioni medie annuali calcolate per gli inquinanti considerati nello scenario attuale ed in quello di progetto.

Scenario	Tracciato	CO (kg/anno)	NO _x (Kg/anno)	PM10 (Kg/anno)	Benzene (Kg/anno)
Stato Attuale 2006	Tratto I°	10633.6	2726.6	178.5	72.1
	Tratto II°	9203.6	2356.1	154.6	62.4
	Tratto III°	7864.0	2013.2	132.1	53.3
	Tratto IV°	9485.7	2428.3	159.3	64.3
	Tratto V°	9062.9	2320.1	152.2	61.4
	Tratto VI°	3911.9	1001.4	65.7	26.5
	Tratto VII°	7528.4	1927.3	126.5	51.0
Progetto 2011	Tratto I°	6014.2	1850.0	136.5	43.5
	Tratto II°	5811.1	1787.5	131.9	42.1
	Tratto III°	4272.1	1314.1	97.0	30.9
	Tratto IV°	1331.0	409.4	30.2	9.6
	Tratto in Galleria	14052.9	4127.8	315.2	124.3

	Tratto V°	2943.8	864.7	66.0	26.0
	Tratto VI°	3291.5	1012.5	74.7	23.8
	Tratto VII°	5689.6	1750.1	129.2	41.2

Nell'allegato 2 sono riportati il quadro delle emissioni per gli scenari ante operam e di progetto.

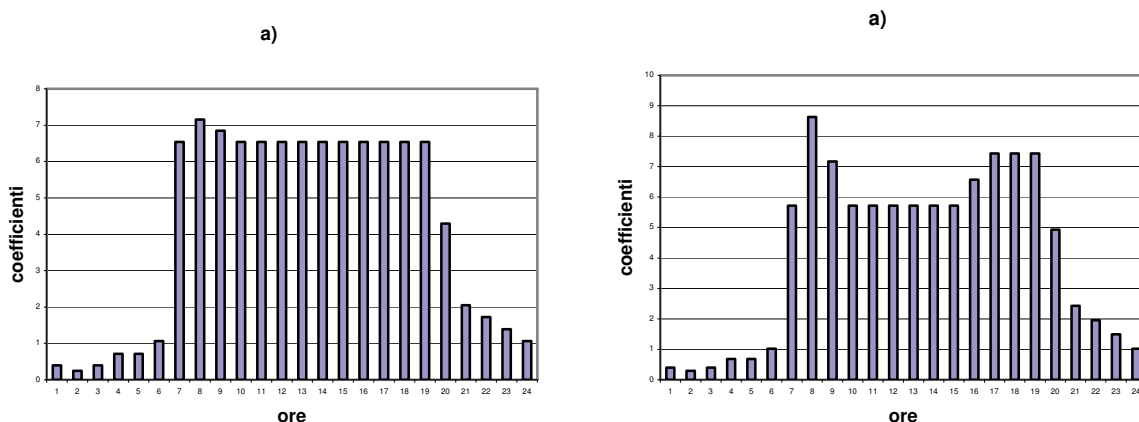
1.8.2.4 Profili temporali di modulazione delle emissioni

Le emissioni calcolate come descritto si riferiscono alla media giornaliera. È tuttavia noto che nell'arco delle ventiquattro ore, il flusso di traffico può variare anche sensibilmente. Questo significa che, considerando le emissioni equamente distribuite nell'arco della giornata, si potrebbe incorrere in un errore anche importante, soprattutto nel calcolo dei percentili, in quanto questi si riferiscono a situazioni estreme (es. il 98° percentile è quel valore di concentrazione che ha solamente il 2 % di probabilità di essere superato).

Il modello adottato (*ARIA Impact™*) consente di introdurre tale variabilità temporale, mediante dei coefficienti moltiplicativi che rappresentano la modulazione oraria dei flussi di traffico giornalieri.

Nel calcolo di questi coefficienti si è visto che il primo e l'ultimo tratto della strada in esame, meno interessati da traffico locale seguono una modulazione di tipo a) (Figura 15), con distribuzione del flusso abbastanza uniforme nelle ore diurne e notturne. I restanti tratti della ss 640 e delle strade limitrofe seguono invece una modulazione di tipo b) con un picco corrispondente alle ore tra le 8 e le 9, corrispondente all'orario di uscita dalle abitazioni, ed un picco distribuito nell'arco di più ore (tra le 16 e le 19) corrispondente al rientro dai luoghi di lavoro. Entrambi i diagrammi presentano un'ora di morbida tra le ore 1 e le 2. In tutti e due i casi si ha una forte differenza tra i volumi di traffico nelle ore diurne e quelli nelle ore notturne.

Figura 15 - Profili temporali di modulazione delle emissioni adottati nelle simulazioni. a) - tratti iniziale e finale della ss 640; b) - restanti tratti



1.9 Simulazioni modellistiche ante/post - operam

1.9.1 Modello matematico gaussiano Aria Impact™

La stima d'impatto sulla qualità dell'aria del del tracciato di progetto della SS. 640 nel tratto in esame è stata condotta utilizzando il pacchetto software **ARIA Impact™**, composto di un modulo amichevole d'interfaccia a finestre grafiche e di un modello gaussiano coerente con le raccomandazioni della US E.P.A. (Environmental Protection Agency).

Le equazioni di base del modello gaussiano sono quelle classiche che descrivono la dispersione rettilinea di un pennacchio in condizioni stazionarie. Tali equazioni, con alcune modifiche, sono usate per trattare diverse tipologie di sorgenti, classificabili in tre categorie principali: sorgenti di tipo puntiforme, sorgenti di tipo areale e sorgenti di tipo lineare.

L'equazione gaussiana di base, relativa ad una sorgente puntiforme con pennacchio stazionario, utilizzata per il calcolo della concentrazione media oraria ad una distanza sottovento x e ad una distanza laterale y , è la seguente:

$$\chi = \frac{QKVD}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2}$$

dove:

- χ concentrazione oraria (massa per unità di volume)
- Q rateo di emissione (massa per unità di tempo)
- K coefficiente per trasformazione le concentrazioni nelle unità di misura desiderate

V	<i>termine di dispersione verticale</i>
D	<i>termine di decadimento</i>
σ_y	<i>deviazione standard della distribuzione laterale delle concentrazioni (m)</i>
σ_z	<i>deviazione standard della distribuzione verticale delle concentrazioni (m)</i>
u_s	<i>velocità del vento media alla quota di rilascio (m/s)</i>

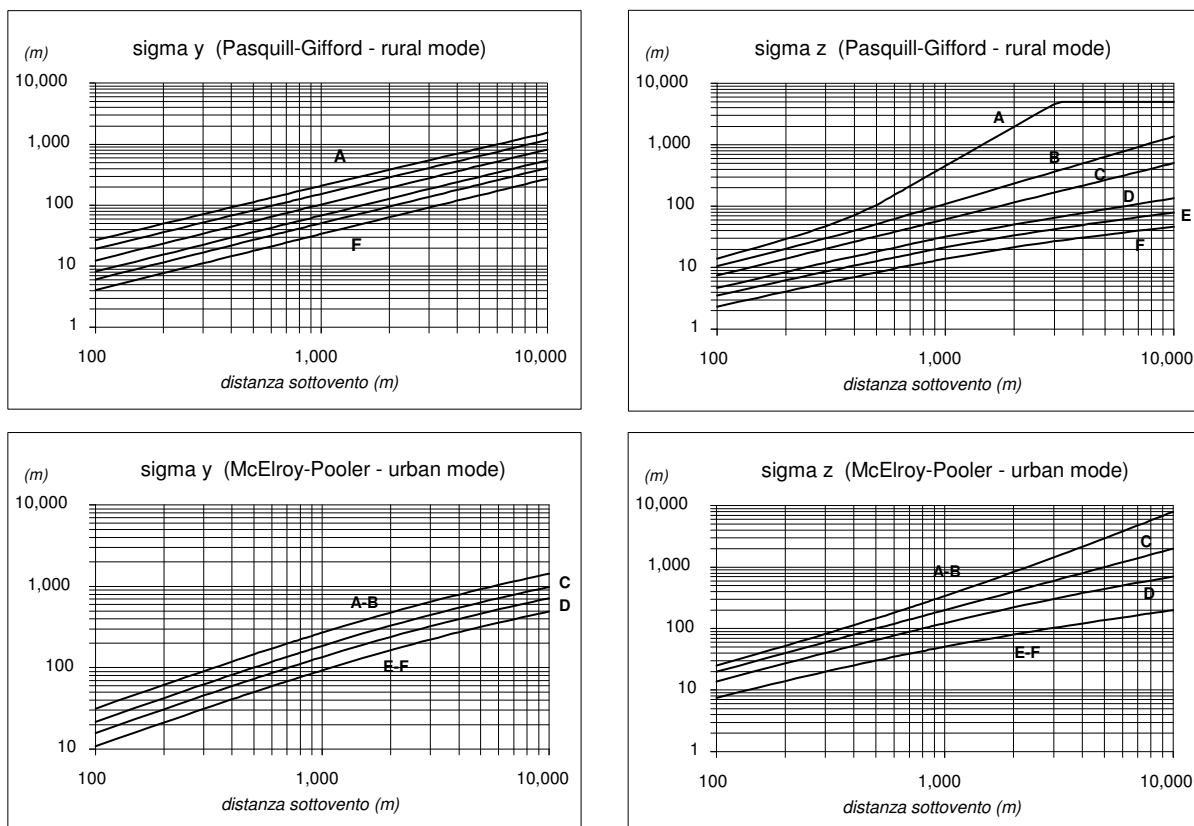
Il termine di dispersione verticale V , include gli effetti dovuti all'altezza fisica del camino, all'innalzamento del pennacchio (Briggs, 1975), alla quota dei recettori, allo strato di rimescolamento alla deposizione secca, ecc.

La velocità del vento, se necessario, viene estrapolata alla quota di emissione secondo la seguente legge di potenza:

$$u_s = u_m \left(\frac{h_s}{z_m} \right)^p$$

dove u_m è la velocità del vento misurata alla quota z_m , mentre all'esponente p , in mancanza di informazioni fornite dall'utente, vengono assegnati dal modello valori standard funzione della categoria di stabilità.

I parametri di dispersione orizzontale e verticale del pennacchio per una sorgente puntiforme, sono rappresentati nei grafici seguenti in funzione della distanza sottovenuto, della categoria di stabilità secondo Pasquill e dell'opzione "rural" o "urban" mode.

Figura 16 - Parametri di dispersione orizzontale e verticale

1.9.2 Descrizione delle simulazioni effettuate

Il software **ARIA Impact™** è stato utilizzato per la simulazione della dispersione in atmosfera degli inquinanti in corrispondenza di entrambi gli scenari considerati (scenario attuale – 2006; scenario di progetto al 2011).

Tra gli inquinanti emessi dal traffico veicolare, sono stati considerati nelle simulazioni modellistiche CO, NO_x, PM10 e Benzene, per via della loro criticità ambientale codificata nei vigenti limiti di legge. Tra i parametri statistici calcolati, sono stati compresi tutti i principali standard di qualità dell'aria, in modo che fosse possibile un confronto con i limiti di legge attualmente in vigore (richiamati nel paragrafo 1.2).

Tra le opzioni modellistiche adottate sono da segnalare:

- l'uso dei coefficienti di dispersione di Briggs “urban”, dettato da considerazioni circa la turbolenza indotta dal moto dei veicoli, che può essere significativa su strade con velocità media di percorrenza elevata, e circa il comportamento del modello in analogia con i modelli di dispersione più evoluti;

- il vento minore di 1 m/s è stato riportato sempre all'intensità minima di 1 m/s; questa scelta è dovuta alla necessità di non appesantire in maniera eccessiva il calcolo delle concentrazioni da parte del modello;
- il passo di griglia scelto è di 240m;
- nell'imputazione dei dati nel modello si è considerata anche la viabilità principale nelle vicinanze della ss 640.

1.9.3 Risultati delle simulazioni

Le tabelle

Tabella 10 e Tabella 11 riportano in maniera riassuntiva un confronto tra i valori calcolati (in forma del massimo di dominio) relativamente allo stato attuale e gli standard di legge che entreranno in vigore dal 2010. Occorre osservare come la posizione dei massimi dei vari parametri stimati lungo l'itinerario stradale potrebbe non coincidere.

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, il confronto è presentato tra i limiti di legge per NO₂ ed i livelli calcolati di NO_x: ciò costituisce una assunzione cautelativa in quanto NO₂ rappresenta soltanto una frazione degli ossidi di azoto totali (NO_x), variabile, in funzione della distanza dalla sorgente, tra circa il 20% nei pressi della sede stradale (dove sono calcolati i livelli di NO_x più elevati) ed il 70% per distanze superiori. I livelli di CO presentati si riferiscono a massimi orari piuttosto che 8-orari come previsto dallo standard di qualità dell'aria, ciò costituisce una scelta conservativa e dunque cautelativa.

Tabella 10 - Confronto valori massimi calcolati con gli standard di legge per lo stato attuale (2006)

Inquinante	SQA (µg/m ³)	Valori massimi calcolati (µg/m ³)	
		Valore Max	Località
CO	10000 media massima giornaliera su 8 ore (DM 60/2002)	613,3	In corrispondenza del quarto svincolo
NO ₂	200 99.8° percentile annuale delle concentrazioni medie orarie (DM 60/2002)	96,4 (95,3)	Nell'immediato Sud del terzo svincolo (il dato tra parentesi si riferisce ad un punto vicino al quarto svincolo che raggiunge un valore prossimo al massimo)
	40 Media annuale delle concentrazioni medie orarie (DM 60/2002)	10,56	Nell'immediato Sud del terzo svincolo

PM10	50 98° percentile annuale delle concentrazioni medie giornaliere (DM 60/2002)	1,54	In corrispondenza del terzo svincolo
	20 Media annuale delle concentrazioni medie giornaliere (DM 60/2002)	0,71	In corrispondenza del terzo svincolo
Benzene	5 media annuale delle concentrazioni medie orarie (DM 60/2002)	0,35	In corrispondenza del terzo svincolo

Tabella 11 - Confronto valori massimi calcolati con gli standard di legge per lo stato di progetto (2011)

Inquinante	SQA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valori massimi calcolati ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		Valore Max	Località
CO	10000 media massima giornaliera su 8 ore (DM 60/2002)	346,4	In corrispondenza del terzo svincolo
NO ₂	200 99.8° percentile annuale delle concentrazioni medie orarie (DM 60/2002)	67 (64)	In corrispondenza del terzo svincolo (il dato tra parentesi si riferisce ad un punto vicino al vecchio terzo svincolo che raggiunge un valore prossimo al massimo)
	40 Media annuale delle concentrazioni medie orarie (DM 60/2002)	7,69 (7,46)	In corrispondenza del terzo svincolo (il dato tra parentesi si riferisce ad un punto vicino al vecchio terzo svincolo che raggiunge un valore prossimo al massimo)
PM10	50 98° percentile annuale delle concentrazioni medie giornaliere (DM 60/2002)	1,29	In corrispondenza del terzo svincolo
	20 Media annuale delle concentrazioni medie giornaliere (DM 60/2002)	0,59 (0,57)	In corrispondenza del terzo svincolo (il dato tra parentesi si riferisce ad un punto vicino al vecchio terzo svincolo che raggiunge un valore prossimo al massimo)
Benzene	5 media annuale delle concentrazioni medie orarie (DM 60/2002)	0,23 (0,22)	In corrispondenza del terzo svincolo (il dato tra parentesi si riferisce ad un punto vicino al vecchio terzo svincolo che raggiunge un valore prossimo al massimo)

La distribuzione spaziale dell'inquinamento al suolo che deriva dalle simulazioni modellistiche è presentata nell'allegato 3 per lo scenario ante – operam e nell'allegato 4 per lo scenario post - operam.

1.9.3.1 Inquinante CO

Relativamente allo stato attuale, nonostante l'aver considerato i valori mediati sull'ora anziché su otto ore, come previsto dal DM 60/2002, le concentrazioni calcolate di CO risultano assai limitate (si raggiunge meno del 7% dello standard di legge) e tali da non impensierire rispetto ai livelli limite.

Passando allo stato di progetto è prevista addirittura un miglioramento della situazione relativa alle concentrazioni del CO (meno del 4% dello standard di legge).

1.9.3.2 Inquinante NOx

Anche in questo caso si hanno dei valori assolutamente inferiori a quelli di riferimento, sia per quanto riguarda lo stato attuale dell'opera (meno del 50% dello standard per quanto riguarda il 99,8° percentile; poco superiore al 25% se si considera la media annua), che, ancor più evidente, se si considera lo stato di progetto (meno del 35% dello standard per quanto riguarda il 99,8° percentile; non raggiunge il 20% se si considera la media annua).

Essendo questo il caso in cui più ci si avvicina ai limiti imposti dalla legge, per dettagliare al meglio l'analisi condotta in risposta anche a quanto richiesto dal capitolato ANAS, si è scelto di produrre le mappe di isoconcentrazione in scala 1:10.000 relativamente allo stato attuale e post-operam per il valore medio e percentile (elab. IA31AMBCT01/CT20)

1.9.3.3 Inquinante PM10

Per il PM10 i livelli massimi di griglia calcolati risultano assai distanti dai limiti di legge sia nel caso dello stato attuale (<4% se si considera la media annuale; poco superiore al 3% se consideriamo il 98%), che nel caso in cui si consideri la situazione post-operam (comunque sotto al 3% dei limiti normativi). Occorre però tenere presente che, generalmente, è presente un fondo d'inquinamento pari ad oltre le metà di quanto misurato, a causa dei contributi di altre sorgenti antropiche, della risospensione, delle componenti naturali (polveri sahariane, aerosol marino, ecc.) e della componente secondaria (particolato formato da altri gas a seguito di trasformazioni chimico-fisiche in atmosfera). Nello studio è invece stato considerato esclusivamente il contributo primario del traffico, inclusi i termini di abrasione di freni, pneumatici e manto stradale.

1.9.3.4 Inquinante Benzene

Come per il CO, anche per il benzene i livelli d'inquinamento calcolati risultano assai poco significativi rispetto ai limiti di legge (<5% nel quadro ante-operam; <7% in quello post-operam).

1.10 Conclusioni

Lo studio d'impatto sulla locale qualità dell'aria dell'ambito interessato dalla realizzazione/esercizio del tracciato proposto è stato condotto utilizzando un modello di dispersione di tipo gaussiano classico, in modo da trattare serie meteorologiche annuali

e quindi di ricostruire i vigenti standard di qualità dell'aria nazionali. La situazione è stata studiata nel suo complesso, considerando anche la viabilità limitrofa al tracciato interessata dall'opera.

La meteorologia alla base di questo studio è stata ottenuta dalla rete di monitoraggio della provincia di Caltanissetta, dalla stazione sita in V.le Regina Margherita a Caltanissetta. Sono stati considerati due scenari emissivi: stato attuale al 2006 e scenario di progetto al 2011. Grazie all'evoluzione del parco circolante, il trend delle emissioni è atteso in forte decrescita per tutti gli inquinanti eccetto il PM10, per il quale la frazione dovuta alle abrasioni meccaniche non è prevista in diminuzione e per il quale quindi si attende un decremento delle emissioni in misura minore.

Le simulazioni hanno considerato quattro inquinanti (CO, NO_x, PM10, benzene).

Le concentrazioni calcolate di CO nello stato di ante operam risultano assai limitate (si raggiunge meno del 7% dello standard di legge) come d'altronde nello stato di progetto (meno del 4% dello standard di legge); anche nel caso dell'NO_x si hanno dei valori assolutamente inferiori a quelli di riferimento, sia per quanto riguarda lo stato attuale dell'opera (meno del 50% dello standard per quanto riguarda il 99,8° percentile; poco superiore al 25% se si considera la media annua), che, ancor più evidentemente per lo stato di progetto (meno del 35% dello standard per quanto riguarda il 99,8° percentile; non raggiunge il 20% se si considera la media annua).

Per il PM10 i livelli massimi di griglia calcolati risultano ancora assai distanti dai limiti di legge sia nel caso dello stato attuale (<4% se si considera la media annuale; poco superiore al 3 % se consideriamo il 98%), che nel caso in cui si consideri la situazione post-operam (comunque sotto al 3% dei limiti normativi); Come per gli altri inquinanti, anche per il benzene i livelli d'inquinamento calcolati risultano assai poco significativi rispetto ai limiti di legge (<5% nel quadro ante-operam; <7% in quello post-operam). È bene comunque ricordare che si sono considerati solamente i valori relativi alle emissioni di traffico veicolare, senza prendere in esame altri fattori come la risospensione o la presenza naturale di polveri in atmosfera. I livelli calcolati per NO_x risultano significativi (soprattutto per quanto riguarda, rispettivamente, i percentili 99.8 orario e 98 giornaliero) ma lontani dai limiti di legge. Le zone in cui, per tutti gli inquinanti considerati, risultano delle concentrazioni più rilevanti sono quelli compresi tra il terzo ed il quarto svincolo nella situazione attuale, e quelli tra il terzo svincolo ed il vecchio terzo svincolo nello stato di progetto.

1.11 Qualità dell'aria in fase di cantiere

1.11.1 Individuazione delle principali sorgenti di emissione

Le tipologie di lavorazioni previste per la realizzazione del tracciato di progetto comportano due principali forme di inquinamento atmosferico:

- la prima deriva da sostanze gassose e da particolati generati dai motori a combustione interna delle macchine operatrici impiegate nei cantieri e degli autocarri utilizzati per la movimentazione di materiali, sia sulla viabilità di cantiere interna che su quella esterna. Le relative emissioni dipendono sostanzialmente sia dalle caratteristiche tecniche dei mezzi, sia dal loro stato di manutenzione.

- La seconda dipende dalla produzione di polveri generata dalle attività di movimento terra all'interno delle aree di cantiere e dal transito dei mezzi sui piazzali e sulle piste di cantiere.

I cantieri previsti dal progetto sono di due tipologie, per un totale di nove aree: quattro di queste aree sono adibite allo stoccaggio di mezzi e materiale per la realizzazione di due gallerie naturali; le altre cinque sono invece previste come punti di raccolta per mezzi e materiali necessari a realizzare i restanti tratti dell'opera in oggetto.

I vari cantieri sono distribuiti lungo il tracciato di progetto che è stato suddiviso in quattro tratti (dal Km 0+000 al Km7+800;dal Km 7+800 al Km 12+700; dal Km 12+700 al Km 19+200; dal Km 19+200 al Km 28+082):

- *Area cantiere n° 1:* è sito all'altezza del Km 1+500 del tracciato di progetto; è costituito da un'area di 10.700 m²; in quest'area sono previsti da un minimo di 35 veicoli (5 autocarri; 5 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 2 autogru; 1 bulldozer; 5 escavatori; 3 pale; 4 rulli; 2 motograder; 2 vibrofinitrici; 3 trivelle) ad un massimo di 50 veicoli (10 autocarri; 10 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 2 autogru; 1 bulldozer; 10 escavatori; 3 pale; 4 rulli; 2 motograder; 2 vibrofinitrici; 3 trivelle). Sono inoltre previsti all'interno della superficie,dei fabbricati, degli impianti e delle zone di stoccaggio, di diversa tipologia: 6 fabbricati con funzioni di uffici, spogliatoi-servizi e magazzino; 1 deposito di inerti ed 1 di cassieri, armature e centine; impianti vari quali compressori, cabine elettriche, cisterne carburanti e cisterne acqua. Sono assegnati a tale area 10-20 addetti con mansioni operative.
- *Area cantiere n° 2:* è sito all'altezza del Km 7+800 del tracciato di progetto; è costituito da un'area di 13.500 m²; in quest'area sono previsti da un minimo di 37veicoli (5 autocarri; 5 autobetoniere; 4 pompe per CLS; 3 autogru; 1 bulldozer; 5 escavatori; 3 pale; 4 rulli; 2 motograder; 2 vibrofinitrici; 3 trivelle) ad un massimo di 52 veicoli (10 autocarri; 10 autobetoniere; 4 pompe per CLS; 3 autogru; 1 bulldozer; 10 escavatori; 3 pale; 4 rulli; 2 motograder; 2 vibrofinitrici; 3 trivelle). Sono inoltre previsti all'interno della superficie,dei fabbricati, degli impianti e delle zone di stoccaggio, di diversa tipologia: 14 fabbricati con funzioni di uffici, laboratorio, officina, mensa, ambulatorio, dormitorio, spogliatoi-servizi e magazzino; 1 deposito di inerti ed 1 di cassieri, armature e centine; impianti vari quali compressori, cabine elettriche, cisterne carburanti, cisterne oli e cisterne acqua. Sono assegnati a tale area 10-20 addetti con mansioni operative e 5-10 operai con mansioni logistiche
- *Area cantiere n° 3:* è sito all'altezza del Km 12+500 del tracciato di progetto; è costituito da un'area di 6.600 m²; in quest'area sono previsti da un minimo di 57 veicoli (10 autocarri; 15 autobetoniere; 5 pompe per CLS; 5 autogru; 1 bulldozer; 5 escavatori; 4 pale; 4 rulli; 3 motograder; 2 vibrofinitrici; 3 trivelle) ad un massimo di 77 veicoli (15 autocarri; 20 autobetoniere; 10 pompe per CLS; 5 autogru; 1 bulldozer; 10 escavatori; 4 pale; 4 rulli; 3 motograder; 2 vibrofinitrici; 3 trivelle). Sono inoltre previsti all'interno della superficie,dei fabbricati, degli impianti e delle zone di stoccaggio, di diversa tipologia: 8 fabbricati con funzioni di uffici, spogliatoi-servizi e magazzino; 1 deposito di inerti ed 1 di cassieri, arma-

ture e centine; impianti vari quali compressori, cabine elettriche, cisterne carburanti e cisterne acqua. Sono assegnati a tale area 20-30 addetti con mansioni operative.

- *Area cantiere n° 4:* è sito all'altezza del Km 19+300 del tracciato di progetto; è costituito da un'area di 16.200 m²; in quest'area sono previsti da un minimo di 60 veicoli (15 autocarri; 10 autobetoniere; 5 pompe per CLS; 4 autogru; 2 bulldozer; 10 escavatori; 3 pale; 3 rulli; 3 motograder; 2 vibrofinitrici; 3 trivelle) ad un massimo di 80 veicoli (20 autocarri; 15 autobetoniere; 10 pompe per CLS; 4 autogru; 2 bulldozer; 15 escavatori; 3 pale; 3 rulli; 3 motograder; 2 vibrofinitrici; 3 trivelle). Sono inoltre previsti all'interno della superficie, dei fabbricati, degli impianti e delle zone di stoccaggio, di diversa tipologia: 13 fabbricati con funzioni di uffici, laboratorio, officina, mensa, ambulatorio, dormitorio, spogliatoi-servizi e magazzino; 1 deposito di inerti ed 1 di cassieri, armature e centine; impianti vari quali cabine elettriche, cisterne carburanti, cisterne oli e cisterne acqua. Sono assegnati a tale area 10-20 addetti con mansioni operative e 5-10 operai con mansioni logistiche.
- *Area cantiere n° 5:* è sito all'altezza del Km 28+082 del tracciato di progetto; è costituito da un'area di 16.200 m²; in quest'area sono previsti da un minimo di 35 veicoli (5 autocarri; 5 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 2 autogru; 1 bulldozer; 5 escavatori; 3 pale; 4 rulli; 2 motograder; 2 vibrofinitrici; 3 trivelle) ad un massimo di 50 veicoli (10 autocarri; 10 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 2 autogru; 1 bulldozer; 10 escavatori; 3 pale; 4 rulli; 2 motograder; 2 vibrofinitrici; 3 trivelle). Sono inoltre previsti all'interno della superficie, dei fabbricati, degli impianti e delle zone di stoccaggio, di diversa tipologia: 5 fabbricati con funzioni di uffici e spogliatoi-servizi; 1 deposito di inerti ed 1 di cassieri, armature e centine; impianti vari quali cabine elettriche, cisterne carburanti, cisterne oli e cisterne acqua. Sono assegnati a tale area 10-20 addetti con mansioni operative.
- *Area cantiere galleria Papazzo n° 1:* è sito all'altezza del Km 10+200 del tracciato di progetto; è costituito da un'area di 4.400 m²; in quest'area sono previsti da un minimo di 22 veicoli (5 autocarri; 5 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 1 bulldozer; 5 escavatori; 3 pale) ad un massimo di 37 veicoli (10 autocarri; 10 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 1 bulldozer; 10 escavatori; 3 pale). Sono inoltre previsti all'interno della superficie, dei fabbricati, degli impianti e delle zone di stoccaggio, di diversa tipologia: 5 fabbricati con funzioni di uffici e spogliatoi-servizi; 1 deposito di inerti ed 1 di cassieri, armature e centine; impianti vari quali cabine elettriche, cisterne carburanti, cisterne oli e cisterne acqua. Sono assegnati a tale area 10-20 addetti con mansioni operative.
- *Area cantiere galleria Papazzo n° 2:* è sito all'altezza del Km 11+000 del tracciato di progetto; è costituito da un'area di 2.500 m²; in quest'area sono previsti da un minimo di 22 veicoli (5 autocarri; 5 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 1 bulldozer; 5 escavatori; 3 pale) ad un massimo di 37 veicoli (10 autocarri; 10 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 1 bulldozer; 10 escavatori; 3 pale). Sono inoltre previsti all'interno della superficie, dei fabbricati, degli impianti e delle zone di stoccaggio, di diversa tipologia: 5 fabbricati con funzioni di uffici e spogliatoi-servizi; 1 deposito di inerti ed 1 di cassieri, armature e centine; impianti vari

quali cabine elettriche, cisterne carburanti, cisterne oli e cisterne acqua. Sono assegnati a tale area 10-20 addetti con mansioni operative.

- *Area cantiere galleria Caltanissetta n° 1:* è sito all'altezza del Km 12+800 del tracciato di progetto; è costituito da un'area di 4.200 m²; in quest'area sono previsti da un minimo di 22 veicoli (5 autocarri; 5 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 1 bulldozer; 5 escavatori; 3 pale) ad un massimo di 37 veicoli (10 autocarri; 10 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 1 bulldozer; 10 escavatori; 3 pale). Sono inoltre previsti all'interno della superficie, dei fabbricati, degli impianti e delle zone di stoccaggio, di diversa tipologia: 5 fabbricati con funzioni di uffici e spogliatoi-servizi; 1 deposito di inerti ed 1 di cassieri, armature e centine; impianti vari quali cabine elettriche, cisterne carburanti, cisterne oli e cisterne acqua. Sono assegnati a tale area 10-20 addetti con mansioni operative.
- *Area cantiere galleria Caltanissetta n° 2:* è sito all'altezza del Km 17+000 del tracciato di progetto; è costituito da un'area di 2.500 m²; in quest'area sono previsti da un minimo di 22 veicoli (5 autocarri; 5 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 1 bulldozer; 5 escavatori; 3 pale) ad un massimo di 37 veicoli (10 autocarri; 10 autobetoniere; 3 pompe per CLS; 1 bulldozer; 10 escavatori; 3 pale). Sono inoltre previsti all'interno della superficie, dei fabbricati, degli impianti e delle zone di stoccaggio, di diversa tipologia: 5 fabbricati con funzioni di uffici e spogliatoi-servizi; 1 deposito di inerti ed 1 di cassieri, armature e centine; impianti vari quali cabine elettriche, cisterne carburanti, cisterne oli e cisterne acqua. Sono assegnati a tale area 10-20 addetti con mansioni operative.

Nella Tabella 12 sono descritte la quattro zone operative in cui è diviso il progetto. Ad ognuna di esse sono associati la progressiva di inizio e di fine, la lunghezza del tratto, i materiali di ingresso e quelli di uscita, divisi per utilizzo e provenienza. Nell'ultima riga sono i passaggi di automezzi necessari a movimentare i vari materiali, calcolati considerando 240 ore lavorative al mese e la capacità di trasporto media di ogni autocarro pari a 15 m³.

Tabella 12 Descrizione zone operative

		Zona operativa 1	Zona operativa 2	Zona operativa 3	Zona operativa 4
	<i>Progressiva di inizio</i>	0+000	7+800	12+700	19+200
	<i>Progressiva di fine</i>	7+800	12+700	19+200	28+082
	<i>Lunghezza (m)</i>	7.800	4.900	6.500	8.818
Materiali in ingresso	<i>Totale materiale in ingresso (m³)</i>	926.691	793.906	1.243.348	2.903.080
	<i>Inerti per rilevati e fondazioni (m³)</i>	709.139	458.369	320.707	2.565.381
	<i>Conglomerati bituminosi (m³)</i>	75.114	46.505	46.624	62.905
	<i>Conglomerati cementizi (m³)</i>	103.331	261.003	854.871	142.875
	<i>Acqua per le aree di cantiere, uso personale, ecc (m³)</i>	39.107	28.028	21.145	131.919
Materiali in uscita	<i>Totale materiale in uscita (m³)</i>	1.083.761	854.798	1.772.688	952.905
	<i>Sterro (m³)</i>	1.072.487	847.659	1.772.688	919.036

	Demolizioni di muri, viadotti, ecc (m ³)	4.690	3.585	0	25.344
	Risultanti da scarifica di conglomerati bituminosi (m ³)	6.584	3.554	0	8.526
	Passaggi automezzi / giorno (m ³)	18	15	27	34

1.11.2 Stima delle emissioni

La stima delle emissioni in atmosfera derivanti dall'attività di cantiere è stata effettuata utilizzando il Road Construction Emission Model, modello sviluppato dal Sacramento Metropolitan Air Quality Management District ed aggiornato al 2003. Tale strumento permette di stimare due tipi di emissione:

- emissioni esauste, derivanti dalla combustione di veicoli a motore circolanti nell'area (camion e macchine da cantiere);
- emissioni di PM10, derivanti dal risollevarimento delle polveri a seguito delle attività di cantiere.

La valutazione delle emissioni esauste viene effettuata considerando i tipi e la quantità dei veicoli utilizzati nel cantiere. La stima delle emissioni da risollevarimento si sviluppa in base alla superficie massima coinvolta giornalmente dall'attività di cantiere, alla granulometria prevalente e alla quantità dei materiali inerti utilizzati. Le emissioni giornaliere vengono poi moltiplicate per la durata delle varie fasi per calcolare le emissioni totali.

Le emissioni sono state calcolate applicando le “peggiori condizioni possibili”, non considerando, quindi, eventuali interventi volti ad impedire il sollevamento delle polveri o il contenimento delle stesse, in modo da permettere una stima massima e, quindi cautelativa, dei parametri considerati. Il calcolo è stato effettuato, inoltre, considerando le diverse fasi di cantiere (scorticamento e dissodamento, scavo, drenaggio e opere accessorie, pavimentazione), l'anno di inizio e durata dei lavori, la tipologia prevalente di suolo, la lunghezza e area complessiva del cantiere, la superficie massima complessiva del cantiere, un database di fattori di emissione delle tipologie di mezzi circolanti da utilizzare.

Il tratto di viabilità interessato dai lavori è stato diviso in nove sub-tratte differenti onde facilitare l'imputazione dei dati nel modello.

I tratti considerati sono:

- *tratto n°1*: va dal Km 0+000 alla progressiva 2+300 (è compreso nella zona operativa n°1), per una lunghezza totale di 2.300 m. In questa zona, il progetto prevede un ammodernamento del tratto della ss 640 già esistente.
- *tratto n°2*: va dal Km 2+300 alla progressiva 4+500 (è compreso nella zona operativa n°1), per una lunghezza totale di 2.200 m. In questa zona, il progetto prevede la creazione di un nuovo tratto di strada.

- *tratto n°3*: va dal Km 4+500 alla progressiva 7+800 (è compreso nella zona operativa n°1), per una lunghezza totale di 3.300 m. In questa zona, il progetto prevede un ammodernamento del tratto della ss 640 già esistente.
- *tratto n°4*: va dal Km 7+800 alla progressiva 10+200 (è compreso nella zona operativa n°2), per una lunghezza totale di 2.400 m. In questa zona, il progetto prevede un ammodernamento del tratto della ss 640 già esistente.
- *tratto n°5*: va dal Km 10+200 alla progressiva 11+100 (è compreso nella zona operativa n°2), per una lunghezza totale di 900 m; tutto il tratto è in galleria. In questa zona, il progetto prevede un ammodernamento del tratto della ss 640 già esistente.
- *tratto n°6*: va dal Km 11+100 alla progressiva 12+700 (è compreso nella zona operativa n°3), per una lunghezza totale di 1.600 m. In questa zona, il progetto prevede un ammodernamento del tratto della ss 640 già esistente.
- *tratto n°7*: va dal Km 12+700 alla progressiva 17+000 (è compreso nella zona operativa n°3), per una lunghezza totale di 4.300 m; tutto il tratto è in galleria. In questa zona, il progetto prevede la creazione di un nuovo tratto di strada.
- *tratto n°8*: va dal Km 17+000 alla progressiva 19+300 (è compreso nella zona operativa n°3), per una lunghezza totale di 2.300 m. In questa zona, il progetto prevede la creazione di un nuovo tratto di strada.
- *tratto n°9*: va dal Km 19+300 alla progressiva 28+082 (è compreso nella zona operativa n°4), per una lunghezza totale di 8.782 m. In questa zona, il progetto prevede un ammodernamento del tratto della ss 640 già esistente.

1.11.3 Dati di base utilizzati

Le emissioni esauste dovute all'attività di movimentazione dei materiali e al risollevarimento da terra sono stati calcolati in base ai parametri riassunti nelle tabelle 13 e 14.

Nella tabella 13 compaiono dati validi per tutte le sub-tratte.

Nella tabella 14 sono indicati i dati relativi ad ogni singolo sub – tratto considerato ed in particolare:

- il *tipo di lavori* eseguiti nel tratto;
- la *lunghezza* del tratto;
- l'*area*, calcolata sommando le aree interessate dai lavori lungo il tracciato di progetto (circa 90 m di larghezza) alle aree di cantiere incluse nel tratto stesso;
- la *massima area disturbata ogni giorno*, corrispondente al 10% dell'area totale del sub-tratto;
- la quantità di *materiale importato* nelle aree di lavoro;
- la quantità di *materiale esportato* dalle aree di lavoro;
- i *viaggi giornalieri* necessari alla movimentazione dei materiali;
- il *percorso medio* previsto per i mezzi operativi, dalle aree di raccolta alle zone in lavorazione;
- il *numero di automezzi totali* e divisi per tipologia operanti nel sub-tratto.

Le quantità di materiale previste per ogni tratto ed i viaggi necessari per movimentarlo vengono calcolati considerando la proporzione tra le lunghezze della zona operativa e quelle del tratto considerato.

Per quanto riguarda i mezzi operanti nel tratto in questione, per ogni zona, si sono sommati tutti i mezzi assegnati alle varie aree di cantiere e si è poi operata una proporzione tra le lunghezze della zona operativa e quelle del tratto considerato.

Tabella 13 Dati di input generali:

Durata delle fasi del cantiere (%)	Scorticamento e dissodamento	10
	Scavo	40
	drenaggio e opere accessorie	35
	pavimentazione	15
Capacità media degli autocarri per il trasporto dei suoli		15 mc
Anno di inizio dei lavori		2007
Superficie massima coinvolta giornalmente dal cantiere (%)		10
Tipo di suolo prevalente		Sabbia e/o ghiaia

Tabella 14 Dati specifici per sub - tratto:

sub-tratto n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tipo di lavori	Ammodernamento	Nuovo tratto	Ammodernamento	Ammodernamento	Ammodernamento (galleria)	Ammodernamento	Nuovo tratto (galleria)	Nuovo tratto	Ammodernamento
Lunghezza (m)	2.300	2.200	3.300	2.400	900	1.600	4.300	2.300	8.782
Area tot (mq)	279.250	198.300	465.400	241.500	89.050	319.700	429.000	307.600	870.100
Max area disturbata (mq) /giorno	27.925	19.830	46.540	24.150	8.905	31.970	42.900	30.760	87.010
Materiale importato (mc)	273.255	261.374	392.061	388.851	145.819	259.234	768.912	376.276	2.903.080
Materiale esportato (mc)	319.570	305.676	458.514	418.676	157.003	279.117	1.096.268	536.471	952.905
Viaggi al giorno	42	41	61	59	22	39	134	66	272
Percorso medio (m)	800	2.100	1.700	1.200	250	600	1.000	1.300	1.500
Automezzi totali	34	33	48	78	30	51	78	44	137

Autocarri	6	6	9	18	7	12	20	9	30
Autogru	2	2	3	3	1	2	0	2	6
Bulldozer	1	1	1	2	1	1	2	1	3
Escavatori	6	6	9	15	6	10	20	8	25
Pale	2	2	3	5	2	4	6	2	6
Rulli	3	3	4	2	1	1	4	3	7
Motograder	2	2	2	2	1	1	0	2	5
Trivelle	2	2	3	2	1	1	0	2	6
Altro	10	9	14	29	11	19	26	15	49

Nella zona operativa n°3 ci sono due aree di cantiere (*area di cantiere galleria Caltanissetta 1, area di cantiere galleria Caltanissetta 2*) ed entrambe sono destinate alla costruzione di tratti in galleria. La stessa zona è suddivisa in due sub-tratti : *tratto n°7* in galleria e *tratto n°8* che non è in galleria (sub tratto n°8). Questo significa che al tratto n°8 dovranno essere assegnati mezzi e macchine provenienti da aree di cantiere presenti in un'altra zona (zona operativa n°4), mentre le macchine associate alla zona 3, vengono interamente assegnate al tratto n°7 (l'unico in galleria).

Nella **Tabella 15** si confrontano i valori di emissioni risultanti dal modello, con i dati provenienti dall'*inventario nazionale delle emissioni in atmosfera* fornito dall' APAT.

L'*inventario nazionale delle emissioni* raccoglie i dati di emissioni in atmosfera delle principali sostanze inquinanti. Le emissioni sono classificate secondo la provenienza e sono stimate secondo la metodologia CORINAIR. I dati sono disponibili su scala nazionale, regionale e provinciale. Per il caso in esame, sono stati presi in considerazione i dati relativi alla provincia di Caltanissetta, riguardanti le emissioni totali e quelle prodotte dalla pavimentazione stradale con asfalti; entrambe le serie di dati si riferiscono all'anno 2000 e a tutta la provincia di Caltanissetta. Le emissioni totali (APAT - disponibile solo PM10) sono state confrontate con la somma del massimo valore tra le varie fasi (calcolate tramite il modello Road Construction Emission Model – vedi allegato 5); invece quelle derivanti dalla pavimentazione (APAT) sono state confrontate con la somma dei valori derivanti dal calcolo delle emissioni relative alla sola fase di pavimentazione (vedi allegato 5).

Nella tabella sono riportati i risultati della modellizzazione relativi ad ogni fase lavorativa (preparazione 7 scotico; scavo; servizi stradali; pavimentazione) riferiti al periodo di un anno; in aggiunta si sono riportati le emissioni corrispondenti al massimo tra i valori raggiunti nelle quattro fasi e le emissioni considerate nell'intero periodo di lavorazione.

Tabella 15 Emissioni stimate per fasi lavorative confronto con dati APAT

			Tratto1	Tratto2	Tratto3	Tratto4	Tratto5	Tratto6	Tratto7	Tratto8	Tratto9	Totale	Dati APAT Totali (kg/anno)	Dati APAT pavimen- tazione stradale (km/anno)
NOx	Fasi lavorative	NOx Kg/anno preparazio- ne/scortico	17.175	13.505	30.681	28.647	13.703	20.412	32.901	20.739	56.242	234.006		
		NOx Kg/anno scavo	20.075	20.440	33.855	42.839	26.176	33.003	44.643	26.728	74.994	322.753		
		NOx Kg/anno servizi stradali	19.710	15.695	25.989	22.731	14.245	20.273	24.570	18.609	59.635	211.458		
		NOx Kg/anno pavimen- tazione	17.115	14.965	16.205	24.162	9.234	18.318	25.431	14.995	43.601	184.026		
	NOx Kg/anno max	20.075	15.059	33.855	42.839	26.176	33.003	44.643	26.728	74.994	317.372	6.934.000		
	NOx totale (intero periodo)	58.000	52.000	86.000	93.000	54.000	75.000	101.000	65.000	190.000	735.000			
PM10	Fasi lavorative	PM10 Kg/anno preparazio- ne/scortico	12.775	9.125	21.653	9.964	4.110	14.440	18.546	14.471	39.852	144.935		
		PM10 Kg/anno scavo	12.775	9.490	21.912	10.827	4.831	15.205	19.203	14.845	40.949	149.997		
		PM10 Kg/anno servizi stradali	12.775	9.125	21.505	9.688	4.153	14.485	18.152	14.403	40.149	144.436		
		PM10 Kg/anno pavimen- tazione	1.095	1.095	1.024	1.503	579	1.136	1.620	948	2.757	11.758		15.686
	PM10 Kg/anno max	12.775	9.490	21.912	10.827	4.831	15.205	19.203	14.845	40.949	150.037	1.037.000		
	PM10 tota- le (intero periodo)	32.000	23.000	54.000	26.000	11.000	37.000	47.000	36.000	101.000	367.000			

Come è lecito aspettarsi a causa delle attività di cantiere, le emissioni previste per il periodo della cantierizzazione, sia per il PM10 che per l'NOx, risultano maggiori rispetto a quelle stimate in sede di applicazione modellistica allo stato attuale e allo stato di progetto. Le stesse risultano però molto minori rispetto alle emissioni totali annue riferite alla provincia di Caltanissetta (dati reperiti dagli inventari APAT), soprattutto per quanto riguarda l'inquinante NOx (oltre un ordine di grandezza). Si confrontino inoltre le emissioni di PM10 dovute alla fase di pavimentazione della strada di progetto e quelle registrate negli inventari APAT relative alla pavimentazione stradale con asfalto; si vede come la produzione di polveri volatili prevista si attesti intorno al 75% della

quota provinciale (riferita alle sole emissioni da pavimentazione con asfalto), il che, pur evidenziando l'importanza dell'opera su scala locale, mostra un livello di emissioni sicuramente non allarmante.

1.11.4 Interventi di mitigazione

Nelle note seguenti si illustrano i principali interventi di mitigazione per il contenimento della produzione di polveri e le emissioni di gas e particolato.

La produzione di polveri indotta dalla movimentazione dei mezzi e dalle lavorazioni potrà essere notevolmente diminuita mediante l'adozione di alcuni accorgimenti. In particolare, al fine di contenere il problema legato al sollevamento delle polveri indotto dal passaggio dei mezzi di cantiere occorrerà effettuare la bagnatura periodica delle superfici di cantiere. Tale intervento sarà effettuato tenendo conto del periodo stagionale con aumento della frequenza delle bagnature durante la stagione estiva. L'efficacia del controllo delle polveri con acqua dipende essenzialmente dalla frequenza con cui viene applicato.

Per contenere la produzione di polveri si potrà, inoltre, provvedere alla stabilizzazione delle piste di cantiere. I mezzi di cantiere destinati alla movimentazione dei materiali dovranno essere coperti con teli adeguati aventi caratteristiche di resistenza allo strappo e di impermeabilità. Al fine di evitare il sollevamento delle polveri i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta e dovranno essere lavati giornalmente nell'apposita platea di lavaggio.

Le aree destinate allo stoccaggio dei materiali dovranno essere bagnate o in alternativa coperte al fine di evitare il sollevamento delle polveri dovuto al vento. In particolare si dovrà provvedere alla bagnatura del pietrisco prima della fase di lavorazione ed alla bagnatura dei materiali risultanti dalle demolizioni prima della fase di movimentazione.

Nel caso di presenza di centrali di betonaggio occorrerà prevedere la realizzazione di un impianto di abbattimento delle polveri.

Per il contenimento delle polveri nell'intorno delle aree di cantiere, in presenza di ricettori, potranno inoltre essere adottate pannelli continui di $h = 2.00/2.50$ m o teli di protezione

Nei tratti di viabilità urbana extraurbana impegnati dai transiti dei mezzi di cantieri demandati al trasporto del materiale di approvvigionamento/smaltimento si effettueranno:

- pulizia con acqua dei pneumatici dei veicoli in uscita dal cantiere tramite impianti di lavaggio siti in prossimità degli accessi ;
- copertura dei cassoni dei mezzi con teli in modo da ridurre eventuali dispersioni di polveri durante il trasporto dei materiali.

Per il contenimento delle emissioni di ossidi di azoto, di particolato e polveri provenienti dai mezzi di cantiere questi ultimi dovranno rispondere ai limiti di emissione previsti dalle normative vigenti. Pertanto, i mezzi di cantiere dovranno esser dotati di sistemi di abbattimento di emissione del particolato di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità

dei fumi. Infine, per le macchine di cantiere e gli impianti fissi si dovrà ipotizzare, in alternativa, l'uso di attrezzature con motori elettrici alimentati dalla rete esistente.

1.12 Bibliografia

ARIA Technologies (2003). ARIA Impact - General design and user's manual. Rapport ARIA.

ARIANET (2003). TREFIC (TRaffic Emission Factor Improved Calculation) – manuale utente. R2003.12

EMEP/CORINAIR (1999). Atmospheric Emission Inventory Guidebook – Second edition. <http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR/en>

EPA (1993). Emission factor documentation for AP-42. Section 13.2.1, Paved Roads.

IIASA – International Institute for Applied Systems Analysis – (2001). RAINS-Europe homepage. <http://www.iiasa.ac.at/~rains/>

Nanni A., Brusasca G., Calori G., Finardi S., Silibello C., Tinarelli G., Zublena M., Agnesod G., Pession G., Savoye M. (2002). Integrated assessment of traffic impact in an Alpine region. Seventh Highway & Urban Pollution Symposium, Barcelona (Spain), 20-23 May.

Nanni A., Radice P. (2004). Sensitivity analysis of three EF methodologies for PM10 in use with climatological dispersion modelling on an urban Italian study case. 9th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Garmish, Germany.

Ntziachristos N. e Z. Samaras (2000). COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors (Version 2.1). European Environment Agency, technical report No 49.

Pasquill F. (1983) Atmospheric diffusion, Ellis Horwood.

S.R. Hanna, G.A. Briggs, R.P. Hosker Jr (1982) Handbook on atmospheric diffusion, Technical Information Center, US Department of Energy.

van Ulden A.P. e Holtslag A.A.M. (1985): Estimation of Atmospheric Boundary Layer Parameters for Diffusion Applications. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 24, 11, 1196-1207.