



***Convenzione tra l'Istituto Superiore di Sanità e il
Comune di Verona per la realizzazione, in
collaborazione, di uno studio su:
Valutazione dei possibili effetti ambientali e
sanitari connessi alla realizzazione del Passante
Nord della città di Verona.***

***RELAZIONE
Novembre 2010***

***Responsabile Scientifico:
Dott. Loredana Musmeci***

Sommario

Premessa.....	2
1. Aree urbane, mobilità ed inquinamento dell'aria	4
1.2 Influenza della meteorologia sull'inquinamento dell'aria	7
2. La normativa nazionale sulla qualità dell'aria	9
3. Effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico	13
3.1 Introduzione.....	13
3.2 Inquinamento atmosferico urbano e salute in Italia	15
4. La qualità dell'aria a Verona	20
4.1 Analisi meteorologica.....	21
5. Descrizione sommaria dell'opera viaria	30
6. Sima delle emissioni veicolari	33
6.1 Emissioni da combustione	33
6.2 Emissioni per erosione meccanica.....	55
6.3 Rumore da traffico.....	58
7. Problematiche di inquinamento atmosferico connesse ai cantieri stradali	59
7.1 Modalità di mitigazione degli impatti	63
7.2.1 Processi di lavoro meccanici:	63
7.2.2 Processi di lavoro termici e chimici:	64
7.2.3 Requisiti di macchine e apparecchi	64
8. Problematiche connesse all'esercizio del tunnel naturale	70
9. L'informazione tecnico-scientifica, la comunicazione del rischio e il coinvolgimento della popolazione nel processo decisionale	73
9.1 Metodologia.....	73
9.2 Aspetti generali della comunicazione del rischio e della partecipazione dei cittadini alle scelte del processo decisionale	73
9.2.1 I determinanti della percezione del rischio	75
9.2.2 Analisi delle motivazioni del non-consenso	76
9.3 Analisi delle dinamiche della protesta a Verona	78
9.3.1 Le ragioni dell'ente locale	78
9.3.2 Le ragioni del Comitato pro referendum	79
9.4 Suggerimenti per l'Amministrazione locale.....	80
9.4.1 Il processo informativo e partecipativo locale.....	81
10. Valutazione degli impatti dell'opera viaria	84
10.1 Valutazione dell'impatto sull'inquinamento atmosferico	84
10.2 Stima delle concentrazioni di PM e NO _x in prossimità dell'opera viaria.....	86
10.3 Valutazione dell'impatto sull'esposizione della popolazione	91
10.3.1 Premessa e metodi	91
10.3.2 Risultati.....	93
Considerazioni e raccomandazioni preliminari	100
Bibliografia	105
ALLEGATI.....	112
Allegato 1	113
Allegato 2	115

Premessa

In risposta ad una precisa richiesta del Comune di Verona finalizzata ad acquisire un parere da parte dell'Istituto Superiore di Sanità in merito ai possibili effetti ambientali e sanitari connessi alla realizzazione di un'opera di viabilità (ISS - Presidenza 21/05/2010 - 02200), è stata attivata una apposita Convenzione tra l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e il Comune di Verona per la realizzazione, in collaborazione, di uno studio su: Valutazione delle possibili conseguenze sulla salute dei cittadini e sull'inquinamento atmosferico derivanti dalla realizzazione di un Passante Nord-traforo delle Torricelle. Obiettivo dello studio è stato quello di effettuare una valutazione dei possibili effetti ambientali e sanitari connessi alla realizzazione di un'opera di viabilità, già individuata ed indicata dal Comune di Verona. In **allegato 1** si riporta, in esteso, il testo di detta Convenzione.

Nella presente "Relazione preliminare" dello studio si è preso in considerazione esclusivamente il complesso delle informazioni e della documentazione tecnica trasmessa all'ISS a vario titolo: fornita dal Comune o reperita nel corso dei sopralluoghi (in particolare per quanto riguarda tracciato, tipologia delle carreggiate e dei tunnel, attività dei cantieri, previsioni di variazione degli scenari di viabilità, traffico veicolare *ante/post operam* all'interno della città e nelle aree adiacenti interessate, mobilità dei residenti, realizzazione di opere ed attività compensative e di mitigazione ambientale, ecc.) e fornita dal "Comitato promotore referendum" nel corso dell'incontro presso l'ISS o inviata in seguito (a tale proposito si veda l'elenco in **allegato 2**).

Inoltre si sono considerati dati e indicazioni desumibili dalla letteratura scientifica di settore e si sono utilizzati, ove necessari per le diverse valutazioni, modelli matematici di riconosciuta validità tecnico/scientifica. Informazioni sullo specifico tema sono anche state acquisite mediante consultazione di siti informatici e della stampa locale; inoltre sono stati raccolti presso l'Automobile Club d'Italia (ACI) una serie di dati riguardo il parco veicolare del Comune e della Provincia di Verona. Altri dati utili, per quanto attiene gli aspetti ambientali di specifico interesse, è stato possibile reperire grazie alla collaborazione della locale ARPA, mediante un apposito incontro. Infine, una serie di dati relativi alla qualità dell'aria della zona in studio sono stati acquisiti dall'esame della documentazione sulla qualità dell'aria nelle aree urbane prodotta da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

Le valutazioni che vengono riportate in questa Relazione preliminare, e che saranno riportate nella Relazione finale, considerano e considereranno esclusivamente la documentazione progettuale fornita; escludendo, come previsto dalla Convenzione, possibili alternative progettuali. Va inoltre sottolineato che l'opera dovrà essere sottoposta alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) e che quindi in tale ambito dovranno essere considerati anche gli aspetti relativi a eventuali altre opzioni o alternative progettuali.

Tutta la letteratura scientifica di riferimento e le normative nazionali ed estere considerate che vengono citate nello studio sono riportate nella bibliografia per consentire eventuali approfondimenti.

Allo svolgimento dello studio e alla estensione della presente relazione hanno partecipato i seguenti esperti, di diversi Reparti afferenti al Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria (AMPP) dell'Istituto Superiore di Sanità:

per la Commissione:

- dott. Loredana Musmeci (Presidente della Commissione, Responsabile scientifico della Convenzione, Direttore del Dipartimento AMPP)
- dott. Elena De Felip (Reparto Chimica Tossicologica)
- dott. Ivano Iavarone (Reparto Epidemiologia Ambientale)
- dott. Gaetano Settimo (Reparto Igiene dell'Aria)
- dott. Giuseppe Viviano (Reparto Igiene dell'Aria)
- dott. Giovanni Ziemacki (Reparto Suolo e Rifiuti)

Altri esperti dell'Istituto che hanno contribuito alla realizzazione dello studio:

- dott. Caterina Vollono (Reparto Igiene dell'Aria)
- dott. Maria Eleonora Soggiu (Reparto Igiene dell'Aria)
- dott. Anna Bastone (Reparto Igiene dell'Aria)

1. Aree urbane, mobilità ed inquinamento dell'aria

L'urbanizzazione è un fenomeno globale previsto in aumento per i prossimi decenni (OECD, 2006; UN, 2008) e nel 2009 è stato stimato che la popolazione mondiale urbana ha superato quella residente in aree rurali (UN, 2010). Nei paesi aderenti alla Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) attualmente circa il 70% della popolazione vive in aree urbane con la previsione di arrivare all'86% nel 2050.

In Italia la stima al 2009 di popolazione residente in aree urbane è di circa il 68% con una previsione di crescita annua di circa lo 0,3%, con una stima all'81,2% per il 2050 di popolazione in area urbana. Le città sono quindi diventate il luogo di maggior richiesta e uso di energia per i tre specifici settori: elettricità, riscaldamento e trasporto. Si stima che in Europa la mobilità nelle aree urbane contribuisca con il 40% all'emissione totale di CO₂ da trasporto stradale e con il 70% per quello che riguarda gli altri inquinanti. Per l'Italia, l'OECD ha stimato che il trasporto è responsabile del 31% di tutte le emissioni di CO₂, con il contributo predominante del trasporto su strada (82%).

E' vero infatti che il trasporto ancora si basa quasi esclusivamente (97%) sull'utilizzo di combustibili fossili. Studi condotti dall'Agenzia di Protezione Ambientale Statunitense (USEPA) hanno potuto stimare, ad esempio, che negli USA il contributo dell'industria all'emissione di CO₂, predominante nei decenni scorsi, si sia negli anni ridotto fino a contribuire, al 2008, con il 31,4%.

Il fenomeno dell'intensa urbanizzazione in Italia ha determinato una concentrazione delle attività produttive nelle aree urbane (circa il 70%) ed una crescente mobilità della popolazione in tali aree; si stima, infatti, che circa il 60% di tutti gli spostamenti giornalieri venga effettuato in aree urbane.

Nel caso specifico di Verona, l'indagine sulla mobilità ha evidenziato che il 50% dei 250.000 spostamenti giornalieri in automobile sono generati e diretti all'interno del territorio comunale, mentre il 35% proviene dalle aree esterne diretto all'interno del comune, mentre solo il 15%, generato all'interno del territorio comunale, è diretto ad aree esterne.

In molte città europee ed italiane l'uso della vettura privata con un unico passeggero è il modo predominante di trasporto passeggeri; esso è responsabile del 75% dei chilometri passeggeri, con percorsi che nel 50% dei casi sono inferiori a 5 km e nel 30% inferiori a 3 km. Diversamente, il trasporto pubblico è responsabile mediamente solo del 10% del trasporto passeggeri, mentre il trasporto di merci in area urbana è responsabile del 10%-20% del traffico urbano. Gli scenari della Comunità Europea proiettati al 2030 prevedono ancora un aumento del traffico su strada sia per passeggeri che per merci (CE, 2007).

Nel nostro Paese, l'indice di motorizzazione si è decuplicato nell'ultimo trentennio (da 0,05 a 0,5 autovetture *pro capite*), risultando tra i più elevati a livello mondiale e superiore agli indici medi dei Paesi aderenti alla OECD. Rapportando il numero di veicoli alla popolazione residente si evidenzia l'elevato tasso di motorizzazione: in Italia circola un veicolo ogni 1,72 abitanti, contro l'1,96 della Germania, il 2,04 della Francia e il 2,61 del Regno Unito.

La crisi economica globale ha solo di poco rallentato l'incremento annuale del parco circolante per le autovetture (dal 1990 al 2009 il parco autovetture è cresciuto del

33%, con un incremento medio annuo del 1,75%) e le incentivazioni pubbliche alla rottamazione hanno contribuito al rinnovamento del parco circolante con vetture meno inquinanti. Altro aspetto della problematica del trasporto urbano, caratteristica dello scenario italiano, è la presenza nelle aree urbane di un elevato numero di ciclomotori, che dal 1990 al 2009 hanno quasi triplicato il loro numero.

Il fenomeno dell'alta urbanizzazione, con conseguente aumento della mobilità privata, ha determinato un problema rilevante di qualità dell'aria nelle città. La problematica dell'inquinamento dell'aria si presenta in tutte le aree urbane del mondo; la Commissione delle Comunità Europee (CE, 2006) osserva come si assista a cambiamenti dello stile di vita (crescente dipendenza dai veicoli privati, aumento dei nuclei familiari composti da una sola persona, aumento del tasso di utilizzo pro capite delle risorse) e variazioni demografiche che comportano inevitabili ripercussioni anche sugli aspetti ambientali.

A livello comunitario negli ultimi vent'anni si è lavorato su due aspetti principali: ridurre i livelli di emissione dei nuovi veicoli immessi sul mercato (normative sulle emissioni per i nuovi veicoli standard Euro I-VI) e sui carburanti con l'eliminazione/riduzione graduale di inquinanti quali piombo, zolfo e benzene.

Tuttavia, si evidenzia una difficoltà a ridurre la concentrazione di inquinanti che presentano una componente secondaria (ovvero che non provengono direttamente dalla sorgente emissiva primaria, ma che si formano in atmosfera a seguito di complessi processi chimico-fisici), quali ozono (O_3), materiale particolato fine (PM_{10}) e biossido di azoto (NO_2). Infatti, per tali inquinanti le concentrazioni che si misurano nell'aria non sono legate in maniera semplice, diretta e lineare alle fonti di emissione, come può essere per biossido di zolfo (SO_2), piombo (Pb), benzene (C_6H_6) e monossido di carbonio (CO). Tale componente secondaria contribuisce all'inquinamento nelle aree urbane mediamente per il 50% e più, e nelle aree rurali può arrivare anche oltre al 70-80%. Pertanto, in questo contesto, il problema che appare di più difficile soluzione è quello legato alla concentrazione del PM; infatti, nella Relazione Conclusiva della Commissione Nazionale Emergenza Inquinamento Atmosferico (CNEIA, 2006) si riporta che *“L'analisi condotta sulla situazione della qualità dell'aria in altri stati membri (Germania, Regno Unito, Svezia, Olanda, Spagna, Portogallo, Austria e Francia) rileva, in generale, una diffusa preoccupazione per le difficoltà incontrate nel rispettare gli standard per il PM_{10} e per la scarsa efficacia delle misure intraprese”*.

Va inoltre considerato che i processi di dispersione e trasporto in atmosfera distribuiscono su aree molto vaste i precursori e le stesse polveri secondarie, caratterizzando il fenomeno in termini sovraregionali e addirittura transfrontalieri. Pertanto la riduzione delle concentrazioni in aria di questi inquinanti è molto più complicata rispetto agli inquinanti primari (Cirillo, 2008).

L'Annuario dei dati ambientali edito dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, 2009a), riporta che gli inquinanti più critici continuano ad essere l'ozono nei mesi estivi, il PM_{10} e il biossido di azoto nei mesi invernali. Ed ancora, che di queste criticità, comuni alla gran parte dei Paesi Europei, e della difficoltà a rientrare nei valori limite è stato preso atto dalla Unione Europea nella ultima direttiva sulla qualità dell'aria (Direttiva 2008/50/CE) che, mantenendo invariati i valori limite rispetto alla normativa precedente, con l'art. 22 consente agli Stati membri, sulla base di dati e documentazioni attendibili, di chiedere, in riferimento ai valori limite, proroghe e deroghe.

In Italia la fonte di informazioni sullo stato della qualità dell'aria è rappresentata dal monitoraggio eseguito nelle circa 480 stazioni distribuite sul territorio nazionale (ISPRA, 2009b). Per il PM₁₀, la normativa stabilisce un *valore limite giornaliero* di 50 µg/m³, da non superare per più di 35 volte in un anno, e un *valore limite annuale* di 40 µg/m³. Detti limiti sono spesso superati, soprattutto il più stringente limite giornaliero che, nel 2008, è stato superato nel 52% delle stazioni. L'analisi evidenzia la ben nota criticità delle grandi città, in particolare dell'area padana, dove i livelli raggiungono più frequentemente i valori più alti.

Nonostante il trend di diminuzione delle emissioni di PM₁₀, di ossidi di azoto (NO_x) e composti organici volatili non metanici (COVNM) registrata dal 1990 al 2007 (ISPRA, 2009c), nei livelli di concentrazione atmosferiche si assiste attualmente a una situazione di stabilità, dopo un iniziale andamento di riduzione. Questo non esclude, ovviamente, la presenza di situazioni locali di miglioramento o di peggioramento. Ciò conferma la complessità del fenomeno inquinamento dell'aria, in special modo per il particolato, che avendo una prevalente componente secondaria e non essendo un singolo composto chimico comporta, rispetto ad altri inquinanti, una più difficile comprensione dei fenomeni di inquinamento e l'efficacia di misure di mitigazione.

Le difficoltà riscontrate per raggiungere gli obiettivi, hanno stimolato il dibattito a livello europeo e la Commissione ha prodotto una comunicazione per il Parlamento ed il Consiglio Europeo, per il Comitato economico e sociale ed il Comitato delle Regioni al fine di *“stimolare le autorità locali a cooperare per stabilire e migliorare i piani di trasporto urbano sostenibile (SUTP), per prevenire e ridurre le pressioni sull'ambiente e la salute delle popolazioni esposte. L'obiettivo generale di questi piani è quello assicurare un sistema di trasporto che risponda ai bisogni economici, sociali ed ambientali della società, minimizzando gli impatti indesiderati”* (CE, 2009).

I Piani di risanamento per le aree urbane si impongono ormai con priorità assoluta; il DM 25/11/94 prevedeva la definizione di programmi di intervento per la prevenzione e il controllo anche nel breve termine e di piani regionali e locali per la qualità dell'aria che dovevano includere le valutazioni sullo stato degli inquinamenti causati da PM₁₀, benzene e IPA e le linee guida per gli interventi di prevenzione e gestione delle situazioni critiche. Per un miglioramento della qualità dell'aria nelle aree urbane venivano proposti una serie di interventi da attuare in tempi brevi ed altri in tempi più lunghi.

Tra questi i più importanti vengono di seguito riportati, tenendo presente che ognuno di questi andrà valutato caso per caso e verificato nella sua priorità:

a) Riduzione dei flussi di massa di inquinanti emessi mediante:

- riduzione dei consumi di combustibile e carburante nelle aree urbane;
- miglioramento dell'efficienza degli impianti di riscaldamento;
- recupero energetico dall'incenerimento dei rifiuti;
- miglioramento dell'efficienza degli autoveicoli;
- applicazione di sistemi di ricircolo durante la movimentazione dei carburanti;
- applicazione dei sistemi di contenimento delle emissioni evaporative di carburante.

b) Riduzione del numero delle sorgenti emissive mediante:

- utilizzo di efficienti sistemi centralizzati di riscaldamento,
- diffusione del teleriscaldamento e della cogenerazione anche su piccole scala;
- riduzione del traffico con spostamento della mobilità privata sul trasporto pubblico;
- riduzione delle emissioni diffuse mediante periodico lavaggio delle strade;

c) Miglioramento qualitativo delle emissioni mediante:

- riformulazione delle benzine, in particolare di quelle con additivi al piombo;
- adozione di marmitte catalitiche per gli autoveicoli di servizio pubblico;
- adozione di combustibili gassosi.

d) Allontanamento delle sorgenti mediante:

- ricollocazione di attività artigianali e industriali;
- decentramento di selezionate attività pubbliche;
- utilizzo della trazione elettrificata;
- istituzione di parcheggi di scambio.

e) Altri:

- convogliamento ed espulsione in quota di emissioni da attività domestiche e artigianali;
- utilizzo della vegetazione come fonte di assorbimento di inquinanti e come barriera alla loro diffusione.

L'adozione di piani di risanamento della qualità dell'aria comporta la messa in atto di una serie di azioni strutturali e gestionali che implicano anche il controllo delle varie sorgenti emissive, comprese quelle dovute al traffico veicolare. Nello specifico anche il Comune di Verona, insieme ad altri 18 comuni della provincia, ha previsto un Piano di Azione e di Risanamento della Qualità dell'Aria, a contributo del quale è stato attivato un tavolo tecnico che ha prodotto una proposta di un piano di risanamento. In tale proposta, per l'area di Verona, sono considerati una serie di interventi significativi per un piano di mobilità urbana, che comprende anche il Traforo delle Torricelle. In sintonia con quanto espresso in detto Piano di azione, si considera importante valutare l'opera viaria Passante Nord, quale elemento sinergico ad altri interventi quali tangenziali, trasporto pubblico teleriscaldamento, ecc.. A tale proposito si auspica che il presente studio possa costituire un utile contributo alla elaborazione del più completo ed articolato piano di risanamento della qualità dell'aria di Verona

1.2 Influenza della meteorologia sull'inquinamento dell'aria

Uno dei fattori che maggiormente influenza le concentrazioni ambientali giornaliere di materiale particolato è quello rappresentato dalle condizioni meteorologiche. In particolare, nel periodo invernale condizioni favorevoli all'accumulo delle sostanze inquinanti si verificano con elevata frequenza ed influenzano i livelli medi giornalieri di PM_{10} su tutto il territorio nazionale.

Per quanto riguarda la velocità del vento, si può concludere che gli eventi influenti ai fini della riduzione delle concentrazioni siano quelli caratterizzati da un vento medio-forte persistente (ore o addirittura giorni): queste condizioni, generalmente, si verificano su scala sinottica e non si tratta quindi di eventi locali. Per la pioggia, solo gli eventi con intensità superiore ad una determinata soglia, tipicamente 10 mm, hanno un effetto sulla riduzione delle concentrazioni di PM_{10} in aria ambiente.

L'analisi delle situazioni meteorologiche, correlate con i superamenti del valore della concentrazione media giornaliera di PM_{10} , hanno permesso di evidenziare come i superamenti del limite siano principalmente correlati a condizioni di stabilità atmosferica. Queste generalmente si instaurano in condizioni di bassa intensità del vento (velocità $< 1,5-2,0$ m/s - al di sotto del valore medio stagionale); pioggia scarsa o assente, temperature che si mantengono pressoché costanti all'aumentare della quota.

L'insieme di questi fattori, limitano la circolazione delle masse d'aria, incrementano il fenomeno dell'isola di calore nelle aree urbane favorendo il ristagno delle sostanze inquinanti.

Un alto contributo ai valori di concentrazione di PM_{10} , è determinato dal trasporto a lungo raggio degli inquinanti, in particolare della frazione di PM_{10} costituita dal particolato secondario. Questi contributi possono essere sia extraregionali che provenienti da altri Stati, ed incrementano in maniera sensibile i livelli prodotti localmente di materiale particolato. Alle concentrazioni di particolato contribuiscono inoltre fattori naturali quali ad esempio le sabbie sahariane e le emissioni vulcaniche. Altro aspetto da non trascurare è il contributo dovuto ad emissioni di precursori, in particolare ammoniacale, dovuto sia a sorgenti naturali sia antropiche.

2. La normativa nazionale sulla qualità dell'aria

Il recente DLgs 13 agosto 2010, n. 155 *“Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”* ha aggiornato la normativa nazionale sulla qualità dell'aria abrogando una serie di decreti precedenti. Con tale decreto sono stati ribaditi i valori limite della qualità dell'aria ambiente per la protezione della salute umana, relativi agli inquinanti fissati a livello europeo. Il “valore limite”, secondo la definizione contenuta all'art.2 del DLgs 155/10, rappresenta il *livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, comprese quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, tale livello deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato.*

Va inoltre ricordato che il precedente DM 60/02, abrogato dal suddetto DLgs 155/10, per il materiale particolato PM₁₀, prevedeva anche una “Fase 2” (nell'allegato III), che avrebbe ridotto i limiti per il valore giornaliero (portando gli sforamenti permessi da 35 a 7) e per il valore annuale (portandolo a 20 µg/m³). Detta Fase 2, di fatto, è decaduta in quanto non più considerata nella successiva Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, che ha ribadito per il PM₁₀ (allegato XI) i valori di 40 µg/m³ (media annuale) e 50 µg/m³ (media 24 h). Questo a conferma delle grosse difficoltà riscontrate, a livello di Unione Europea, per il rispetto dei limiti del PM₁₀.

Gli aspetti di maggiore interesse, della nuova normativa rispetto alle precedenti, sono quelli relativi al PM_{2,5} per il quale si introduce un “indicatore di esposizione media” (IEM), calcolato su più stazioni e su più anni, ed inoltre:

- un “valore obiettivo” di 25 µg/m³ da raggiungere entro il 01/01/2010;
- un “valore limite” Fase 1, di 25 µg/m³ da raggiungere entro il 01/01/2015;
- un “valore limite” Fase 2, di 20 µg/m³ da raggiungere entro il 01/01/2020;
- un “obbligo di concentrazione dell'esposizione” di 20 µg/m³ da rispettare entro il 2020.

Nel seguito si riassumono gli attuali limiti in vigore secondo il nominato DLgs 155/10 (**tabella 2.1**).

I valori limite adottati dai vari Paesi e dall'Unione Europea, tengono conto dello stato delle conoscenze scientifiche ed in particolare delle indicazioni della Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO) e da queste derivano i propri limiti che vengono inseriti con valore normativo. Tali limiti normativi tengono conto di una serie di fattori (ambientali, orografici, economici, di situazioni pregresse, di fattibilità tecnica, ecc.) che portano, in alcuni casi, ad una non coincidenza sia come valori che come tempistica nella applicazione, tra le indicazioni della WHO e i valori adottati nelle normative europee. Quindi le indicazioni della WHO Europa (WHO 1987, 2000, 2006) riportano lo stato delle conoscenze scientifiche relativamente ad una serie di inquinanti e considerano gli aspetti riguardanti le vie di esposizione e gli effetti sulla salute. Dette indicazioni contengono in particolare le linee guida di qualità dell'aria (*air quality guidelines* – AQG) e gli indici di rischio unitario (*unit risk* UR) per le sostanze cancerogene; relativamente alla esposizione inalatoria.

Tabella 2.1: Limiti riportati nel DLgs 155/2010.**Biossido di zolfo:**

SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	limite per la protezione della salute umana	350 media 1 ora (dal 1/1/2005) (da non superare più di 24 volte per anno civile) 125 media 24 ore (dal 1/1/2005) (da non superare più di 3 volte per anno civile)
DM 60/2002	limite per gli ecosistemi	20 media anno civile e semestre invernale

Biossido di azoto

NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	limite per la protezione della salute umana	200 media oraria (in vigore dal 1/1/2010) (da non superare più di 18 volte per anno civile) 40 media anno civile (in vigore dal 1/1/2010)
---	---	---

Ossidi di azoto

NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	limite per la protezione della vegetazione	30 media anno civile
---	--	-----------------------------

Materiale particolato

PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	limite per la protezione della salute umana	50 media 24 ore (da non superare più di 35 volte per anno civile, dal 1/1/2005) 40 media anno civile
PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	limite per la protezione della salute umana	25 media anno civile (fase 1)

Monossido carbonio

CO (mg/m^3)	limite per la protezione della salute umana	10 media massima giornaliera su 8 ore
---	---	--

Piombo

Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	limite per la protezione della salute umana	0,5 media anno civile
---	---	------------------------------

Benzene

C₆H₆ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	limite per la protezione della salute umana	5 media anno civile (dal 1/1/2010)
---	---	---

Solo nella più recente revisione di queste linee guida (WHO, 2006) vengono stabiliti, per la prima volta, dei valori numerici di riferimento per il materiale particolato. Considerando che gli effetti sulla salute si possono verificare, sia sul breve termine (media 24 ore), che sul lungo termine (media annuale), sono state indicate linee-guida per entrambi i periodi di esposizione.

Per il PM_{2,5} è stato scelto un valore limite di riferimento in corrispondenza di una concentrazione media annuale di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che rappresenta l'estremità inferiore dell'intervallo per il quale sono stati osservati effetti significativi sulla salute. In considerazione di tale valore e degli studi sugli effetti a breve termine effettuati in diverse città europee e degli USA, è stato individuato anche un valore limite di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ riferito al periodo di 24 h. Al fine di mantenere un adeguato livello di protezione per gli effetti del PM con dimensioni più grossolane (*coarse*), anche per il PM₁₀ sono

stati indicati valori di riferimento per il breve termine ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), e per il lungo termine ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Una sintesi dei valori-guida raccomandati dalla WHO per PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ e gli obiettivi provvisori con i relativi effetti attesi, viene riportata nel seguito (**tabella 2.2**).

Tabella 2.2: Sintesi di alcuni valori di linee guida di qualità dell'aria della WHO.

Media annuale (lungo termine)			
Obiettivo	PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{PM}_{2,5}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Note:
Obiettivo 1	70	35	valore associato all'incremento del rischio di mortalità relativa del 15% rispetto alla AQG;
Obiettivo 2	50	25	in aggiunta agli altri benefici sulla salute, questo valore riduce il rischio di mortalità approssimativamente del 6% rispetto al valore dell'obiettivo 1;
Obiettivo 3	30	15	in aggiunta agli altri benefici sulla salute, questo valore riduce il rischio di mortalità approssimativamente del 6% rispetto al valore dell'obiettivo 2;
AQG	20	10	livello più basso di incremento della mortalità, per cause polmonari e per cancro al polmone, per esposizione a lungo termine a $\text{PM}_{2,5}$.
Media 24 ore (breve termine)			
Obiettivo	PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{PM}_{2,5}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Note:
Obiettivo 1	150	75	incremento del rischio di mortalità a breve termine di circa il 5% al di sopra della AQG;
Obiettivo 2	100	50	incremento del rischio di mortalità a breve termine di circa il 2,5% al di sopra della AQG;
Obiettivo 3	75	37,5	incremento del rischio di mortalità a breve termine di circa il 1,2% al di sopra della AQG;
AQG	50	25	valore basato sulla relazione tra i livelli di concentrazione di PM annuali e giornalieri.

Relativamente alle particelle ultrafini (UF), il cui rilevamento deve essere effettuato determinandone la concentrazione numerica per unità di volume, in considerazione dell'attuale insufficienza di evidenze epidemiologiche da cui derivare una conclusione sulla relazione esposizione-risposta, non sono stati forniti per il momento specifici valori di concentrazione.

Per quanto riguarda alcuni metalli (arsenico, cadmio e nichel) e il benzo[a]pirene, i limiti relativi all'aria ambiente sono stati anch'essi inseriti anche nel DLgs 155/10 come *valori obiettivo*, ovvero: concentrazione nell'aria ambiente fissata per evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana e l'ambiente nel suo complesso che dovrà essere raggiunta per quanto possibile nel corso di un dato periodo.

Va ricordato che questi sono noti agenti cancerogeni umani per i quali non può essere individuata alcuna soglia riguardo agli effetti dannosi sulla salute umana; la

tabella 2.3 riporta detti *valori obiettivo* espressi come concentrazione rilevata nella frazione PM₁₀ e calcolata come media annuale da raggiungere entro il 31 dicembre 2012.

Tabella 2.3: Valori obiettivo riportati nel DLgs 155/10.

Inquinante	Valore obiettivo ng/m³
Arsenico	6
Cadmio	5
Nichel	20
Benzo[a]pirene	1

Con la Direttiva 2004/107/CE si sono introdotti tra gli altri obiettivi, anche quello della raccolta di informazioni sui flussi di deposizioni atmosferiche totali relativamente ad: arsenico, cadmio, nichel e mercurio, benzo[a]pirene; tuttavia ancora non sono stati stabiliti dei valori limiti o dei valori obiettivo. Viene solo raccomandato il monitoraggio in un sito di fondo ogni 100000 km² della deposizione totale di detti inquinanti a prescindere dai livelli riscontrati in aria ambiente.

Nell'attesa che siano emanate metodiche normalizzate a livello europeo, il Gruppo di lavoro dell'Istituto Superiore di Sanità "*Metodiche per il rilevamento delle emissioni da impianti industriali*", ha messo a punto il metodo nazionale per la determinazione di arsenico, il cadmio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nelle deposizioni atmosferiche totali (Menichini et. al., 2006).

3. Effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico

3.1 Introduzione

L'inquinamento dell'aria è attualmente uno dei temi maggiormente affrontati e sviluppati nel campo della ricerca in salute ambientale (*environmental health*), e viene considerato uno dei più rilevanti fattori di rischio presenti nell'ambiente di vita, inteso sia come ambiente esterno (outdoor) che interno (indoor). Negli ultimi decenni, infatti, un crescente corpo di evidenze permette di stabilire che l'inquinamento atmosferico, soprattutto in ambiente urbano, è responsabile di una quota rilevante di effetti sanitari avversi. Grazie al contributo di studi epidemiologici, clinici e tossicologici, è oggi possibile documentare un ampio spettro di esiti sanitari avversi, che vanno dai sintomi respiratori, alla mortalità per cause cardiologiche, respiratorie e tumore al polmone, associati ad esposizioni di breve e lungo periodo. Questi esiti sanitari si riferiscono inoltre a livelli di concentrazione di inquinanti a cui generalmente sono esposte le popolazioni urbane in ogni parte del mondo.

I risultati della ricerca in campo biochimico, biologico molecolare e tossicologico, rafforzano inoltre la plausibilità biologica delle associazioni osservate, fornendo informazioni rilevanti sugli effetti di inquinanti specifici e sui possibili meccanismi alla base di questi effetti.

A livello sia internazionale, che europeo ed italiano, sono oggi disponibili numerose valutazioni dell'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico urbano. Studi di questo tipo evidenziano un carico elevato di eventi sanitari avversi per le popolazioni residenti nelle principali città, attribuibile all'esposizione ad inquinanti presenti nell'aria. Le stime di impatto disponibili rendono urgente l'adozione di azioni atte a ridurre il carico sanitario derivante da questa forma di inquinamento. A tal riguardo, viene ormai riconosciuto unanimemente dalle principali istituzioni nazionali ed internazionali, quali ad esempio l'OMS, un ruolo centrale alle politiche indirizzate alla riduzione delle emissioni da trasporto urbano e dalla produzione di energia.

La maggior parte degli studi epidemiologici e di valutazione di impatto sono basati sulle misure del particolato atmosferico come indice complessivo di esposizione delle popolazioni all'inquinamento atmosferico. Vi sono in effetti varie ragioni alla base di questa scelta. Innanzitutto, il PM è un buon indicatore del complesso mix di inquinanti solidi e gassosi creati dai sistemi di trasporto, dalle combustione di carburanti fossili per la produzione di energia elettrica e termica. Le particelle sospese portano adese sulla loro superficie numerose sostanze chimiche dannose, compresi composti organici e metalli. Di particolare rilevanza sanitaria appare il loro contenuto in idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e metalli (piombo, nichel, cadmio, arsenico, vanadio, cromo) in relazione alla loro tossicità e, per alcuni di essi, della accertata o probabile cancerogenicità per l'uomo. Inoltre le polveri sono considerate come l'indicatore che in modo più coerente si associa agli effetti sanitari dell'inquinamento dell'aria.

Tuttavia è oggi auspicabile avere al più presto anche misure sistematiche delle concentrazioni delle polveri più fini, per le quali sono altrettanto ben documentati gli effetti sanitari. Un altro importante elemento a favore dell'impiego del PM₁₀ è che la maggior parte dei sistemi di sorveglianza della qualità dell'aria sono ancora basati sulle

misurazioni sistematiche del PM₁₀, sebbene si stia iniziando a monitorare in maniera routinaria anche il PM_{2,5} in diversi paesi europei e nordamericani.

La qualità dell'aria atmosferica è una delle emergenze ambientali che più preoccupa gli amministratori locali e centrali e che coinvolge quotidianamente tutti i cittadini. In Italia, gli inquinanti più critici per le elevate concentrazioni presenti in atmosfera rimangono il PM₁₀ e NO₂ (soprattutto di inverno) e l'O₃ (in estate). La situazione dell'inquinamento dell'aria nelle principali città italiane, così come documentato nell'Annuario dei dati ambientali del 2009, e descritto nel capitolo 1 di questa relazione, non appare positiva. Queste criticità, sono inoltre tuttora condivise tra gran parte dei Paesi Europei,

Sulla base di stime dell'Agenzia Ambientale Europea (EEA, 2009a) circa il 28% della popolazione europea è stata esposta nel 2005 per più di 35 giorni a concentrazioni di PM₁₀ superiori a 50 µg/m³. La probabilità di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ è maggiore del 75% nei paesi dell'Europa dell'Est e, in Italia, nell'intera pianura padana, mentre è compresa tra il 50 e il 75% nelle aree urbanizzate della Spagna, Portogallo, Grecia, Italia, in alcuni paesi balcanici, Belgio e in Olanda. Complessivamente nei paesi dell'Unione Europea è stato stimato un numero medio di morti premature pari a 830 per milione di abitanti, che corrisponde a 373.000 decessi prematuri nei 25 paesi dell'Unione.

Queste stime sono molto simili a quelle fornite dal programma “*Clean Air for Europe*” (CAFE, 2005) dell'Unione Europea (UE), che ha calcolato circa 348.000 morti premature attribuibili alle emissioni antropogeniche di particolato primario e dei suoi precursori nel 2000. Il programma CAFE ha anche stimato che in Italia alle emissioni di PM_{2,5} del 2000 possa essere attribuibile una perdita media di 8,6 mesi di attesa di vita (intervallo nei 15 paesi europei compreso tra 3,1 in Finlandia e 13,6 in Belgio). Le politiche previste dalla Comunità Europea per ridurre le emissioni di polveri sospese, se attuate, potrebbero essere in grado di risparmiare entro il 2020 3,2 mesi di vita per i cittadini europei e 3,4 mesi di vita per la popolazione italiana.

Complessivamente nei paesi dell'UE si potrebbero evitare 80.000 morti premature e risparmiare più di un milione di anni di vita, mentre per l'Italia avremmo circa 12.000 morti premature in meno e 170.000 anni di vita in più. L'implementazione delle politiche relative alla riduzione delle emissioni determinerebbe anche importanti risparmi economici. Nella UE si stima che un vantaggio monetario annuo compreso tra i 58 e i 161 miliardi di euro evitando la mortalità prematura, mentre con la diminuzione delle malattie dovute al particolato atmosferico si risparmierebbero intorno ai 29 miliardi di euro l'anno. In Italia le cifre relative oscillerebbero da 9 a 23 miliardi di euro l'anno e fino a 5 miliardi di euro l'anno, rispettivamente.

In accordo a quanto evidenziato recentemente dai primi risultati del progetto Europeo sulla valutazione del carico di patologie di origine ambientale (EBoDE, *Environmental Burden of Disease in Europe project*), i fattori di rischio ambientale contribuiscono in modo significativo all'impatto sanitario in Europa, con una percentuale del 6-12% sul carico totale di patologie nei sei paesi partecipanti (12% in Italia). Il particolato atmosferico risulta essere uno dei quattro principali fattori di rischio ambientale, e i dati attualmente disponibili non indicano alcun trend in decrescita per i livelli di esposizione della popolazione. I risultati preliminari di questo progetto, svolto in collaborazione con l'OMS, sono stati presentati alla quinta Conferenza Ministeriale Europea, tenutasi a Parma nel 2010 (EBoDE, 2010a, 2010b). Tra le principali

raccomandazioni viene riportato che le politiche di salute ambientale (*Environmental health policies*) dovrebbero essere sempre più focalizzate sulle esposizioni che sono responsabili dei più elevati impatti sanitari, tra le quali l'inquinamento dell'aria indoor e outdoor.

3.2 Inquinamento atmosferico urbano e salute in Italia

Il problema dell'inquinamento atmosferico urbano e del suo impatto sulla salute della popolazione è stato oggetto di molteplici studi epidemiologici e di valutazioni di impatto sanitario anche nel nostro paese.

Per quanto concerne le analisi di impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico da polveri nella popolazione italiana, in un primo studio pubblicato nel 2002 (Martuzzi et. al., 2002) ha riguardato le 8 maggiori città italiane per un totale di circa 8,5 milioni di abitanti. Tutte le città considerate nell'indagine presentavano concentrazioni di PM₁₀ superiori all'obiettivo di qualità dell'aria pari, 1-1-1999, a 40 µg/m³. In questo studio è stato stimato che la riduzione delle concentrazioni atmosferiche di PM₁₀ ad un livello medio annuale di 30 µg/m³ proposto dall'Unione Europea avrebbe consentito di evitare aumenti della mortalità nelle popolazioni residenti nelle città pari al 4,7% di tutti i decessi sopra 30 anni osservati nel 1998, cioè pari a 3.472 casi. Per quanto riguarda i ricoveri ospedalieri, è stata stimata una riduzione di circa 4.500 casi per anno (combinando cause respiratorie e cardiovascolari) riducendo i livelli di PM₁₀ al livello medio annuale di 30 µg/m³.

Alla luce di queste valutazioni, venivano proposti interventi volti a ridurre il volume di traffico veicolare nelle aree urbane, con benefici sanitari che sarebbero stati ulteriormente incrementati dalla conseguente riduzione di incidenti stradali, rumore, ed effetti psico-sociali quali aumento dell'attività motoria associata all'impiego di mezzi di trasporto alternativi quali biciclette.

In un secondo studio (periodo 2002-2004) sull'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico (Martuzzi et al., 2006) urbano, la gravità delle conseguenze per la salute dell'esposizione a PM₁₀ in 13 città italiane è stata confermata evidenziando la necessità di urgenti azioni di intervento mirate a ridurre l'elevato carico di patologie associate alle polveri sospese. Gli autori evidenziano che l'osservanza delle disposizioni della legislazione dell'Unione Europea in materia di riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico da materiale particolato (PM) avrebbe potuto consentire una sostanziale riduzione degli effetti previsti. Lo studio ha stimato che il solo rispetto del valore di concentrazione di 40 µg/m³ per il PM₁₀, fissato dalla direttiva europea del 1999, avrebbe potuto comportare una riduzione di 3.321 decessi attribuibili al PM₁₀ e avrebbe inoltre potuto consentire una riduzione del 9,5% delle ospedalizzazioni per bronchiti acute nei bambini sotto i 15 anni. La quantificazione degli effetti è notevolmente maggiore se si considera come valore di riferimento 20 µg/m³, livello che era previsto raggiungere entro il 2010 ma che appare ora più lontano visto che non è stato riproposto nella recente direttiva 2008/50/CE. In particolare, 8.220 decessi l'anno, in media, risultavano attribuibili a concentrazioni di PM₁₀ superiori ai 20 µg/m³. Tale valore equivale al 9% della mortalità per tutte le cause, escludendo gli incidenti, nella popolazione oltre i 30 anni. L'impatto a lungo termine sulla mortalità includeva anche il tumore polmonare (742 casi l'anno), l'infarto (2.562 casi l'anno) e l'ictus (329 casi l'anno). Considerando gli effetti a breve termine (entro una settimana dopo

l'esposizione), l'impatto del PM_{10} superiore ai $20 \mu g/m^3$ è stato di 1.372 decessi equivalenti all'1,5% della mortalità nell'intera popolazione studiata. Un elevato numero di casi attribuibili a questi inquinanti è stato stimato per altri esiti sanitari, includendo la morbosità in bambini e adulti (bronchiti, asma e sintomi respiratori), ricoveri ospedalieri per malattie cardiache e respiratorie, e malattie che causano attività ristretta e perdita di giorni di lavoro. Nelle città italiane questi impatti sono considerevoli con stime in linea con quelle ottenute da analoghi studi effettuati in Europa e nelle Americhe. Lo studio riporta che le informazioni disponibili sulle sorgenti di inquinamento rappresentano un importante elemento per identificare le principali aree di intervento delle politiche sanitarie-ambientali. A tal riguardo suggerisce che una sostanziale riduzione nel carico di patologie potrebbe essere raggiunto attraverso politiche finalizzate alla riduzione delle emissioni di due principali sorgenti: trasporto urbano e produzione di energia., che rappresentano attualmente i due maggiori fattori che contribuiscono alle emissioni primarie nelle aree metropolitane italiane.

Per quanto riguarda i principali studi epidemiologici di tipo multicentrico condotti in Italia negli ultimi anni, che hanno valutato gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico anche tra la popolazione residente nella città di Roma, vanno segnalati i risultati di tre progetti: "SIDRIA", "MISA" ed "EPIAIR".

Il progetto multicentrico SIDRIA "Studi italiani sui disturbi respiratori nell'infanzia" (Galassi et. al., 2005) ha analizzato la prevalenza e la distribuzione geografica dei disturbi respiratori e delle malattie allergiche nella popolazione infantile in relazione alla diffusione di numerosi fattori di rischio. Realizzato in 13 aree metropolitane del nord, del centro e del sud Italia nel 2002 (1994-95 nella prima fase), ha coinvolto circa 20.000 bambini di 6-7 anni e 16.000 adolescenti di 13-14 anni di 9 regioni italiane. In relazione all'inquinamento atmosferico urbano, i risultati principali indicano un aumento – tra il 50 e il 100% del rischio di bronchite, catarro e sibili bronchiali nei bambini residenti in aree con elevato traffico, soprattutto in relazione al transito di camion. I risultati di SIDRIA hanno mostrato che il 60% dei soggetti inclusi nello studio risiede in zone altamente trafficate, e che circa il 9% dei disturbi respiratori nei bambini (7% negli adolescenti) è attribuibile alla residenza in prossimità di strade ad elevato traffico veicolare.

Il progetto MISA "Metanalisi Italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico" (Biggeri et al., 2004) è stato condotto in due fasi: otto città (7 milioni di abitanti) sul periodo 1990-99 nella prima fase e 15 città (9 milioni di abitanti) sul periodo 1996-2002 nella seconda fase. Lo studio ha valutando la relazione tra serie giornaliere nei livelli degli inquinanti atmosferici (Polveri - PM_{10} , NO_2 , SO_2 , CO , O_3) e nel numero di eventi sanitari rilevanti quali la mortalità (totale, cause cardiache, cause respiratorie) e i ricoveri ospedalieri (cause cardiache e respiratorie). Nella prima fase dello studio si è osservata una associazione fra ciascuno degli inquinanti studiati e ciascuno degli indicatori sanitari considerati. I risultati della seconda fase dello studio continuano ad evidenziare incrementi di rischio significativi per gli esiti sanitari studiati e mostrano un aumento dello 0,6% e dello 0,3% della mortalità giornaliera per tutte le cause naturali in relazione ad un incremento di $10 \mu g/m^3$ nella concentrazione di NO_2 e di PM_{10} . Tale rilievo riguarda anche la mortalità per cause cardiorespiratorie e i ricoveri per malattie cardiache e respiratorie, e vi è una forte evidenza che, per ciascuno degli inquinanti, le variazioni in percentuale della mortalità e dei ricoveri ospedalieri siano più elevate nella stagione calda. Per il PM_{10} , lo

studio MISA ha mostrato risultati del tutto compatibili con le stime internazionali mostrando variazioni quantitative tra città e città dell'effetto dell'incremento unitario di inquinante.

Il progetto EPIAIR, coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia della ASL RME e finanziato dal Centro Nazionale per la Prevenzione e il Controllo delle Malattie (CCM) del Ministero della Salute (Berti et. al., 2009; Comunicato Stampa EPIAIR, 2009). Si tratta di un progetto multicentrico, realizzato con l'obiettivo principale di attivare un sistema di sorveglianza degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico nelle grandi città italiane e di fornire indicazioni per programmi di prevenzione e di valutazione della loro efficacia. In particolare lo studio si prefiggeva di:

- avviare un sistema di sorveglianza delle caratteristiche ambientali con rilevanza sanitaria nelle città italiane;
- raccogliere in modo sistematico i dati relativi a fenomeni sanitari, quali mortalità e ricoveri ospedalieri, per cui è noto l'impatto dell'inquinamento atmosferico;
- produrre rapporti con le stime degli effetti sanitari attribuibili all'inquinamento atmosferico;
- individuare i gruppi di popolazione particolarmente vulnerabili ai danni dell'inquinamento atmosferico.

Il sistema di sorveglianza proposto si basa sull'analisi della mortalità e morbosità per malattie cardio-respiratorie in relazione alle concentrazioni giornaliere di inquinanti (PM_{10} , NO_2 e O_3) ed ha riguardato, su un periodo di 5 anni (2001-2005), 10 città italiane (Torino, Milano, Mestre, Bologna, Firenze, Pisa, Roma, Taranto, Palermo, Cagliari).

Lo studio ha evidenziato che l'inquinamento atmosferico urbano, in gran parte originato dal traffico veicolare, si conferma ancora oggi come un problema ambientale di assoluta rilevanza per la salute pubblica nelle città italiane. Gli autori, nell'inquadrare i risultati di EPIAIR in relazione alle evidenze disponibili a livello internazionale (Berti et al., 2009) riportano che: *“Nel periodo considerato i livelli di PM_{10} e NO_2 e di ozono (nella stagione calda) sono risultati preoccupanti alla luce dei valori di riferimento normativi e delle linee guida sulla qualità dell'aria dell'Organizzazione mondiale della sanità, testimoniando il perdurare di una grave esposizione generale della popolazione italiana a inquinanti atmosferici tossici. I risultati sulla mortalità (incremento di 0.69% del rischio di mortalità totale per incrementi di $10 \mu g/m^3$ nelle concentrazioni di PM_{10}) hanno messo in luce un effetto superiore a quello riscontrato nelle più importanti analisi pubblicate in Europa (incremento: 0.33%), nel Nord America (incremento: 0.29%) e nei precedenti studi italiani MISA (incremento: 0.31%). Un importante effetto è stato riscontrato nelle analisi dei decessi per cause cardiache e respiratorie. Lo studio delle latenze temporali ha evidenziato effetti prolungati per le patologie respiratorie ed effetti più immediati per la mortalità cardiaca. L'analisi dei ricoveri ha rivelato un effetto immediato del PM_{10} e dell' NO_2 (non dell'ozono) specie per le malattie cardiache a insorgenza acuta, come l'infarto e lo scompenso cardiaco; sono stati riscontrati effetti evidenti per esposizione a NO_2 e patologie respiratorie, specialmente l'asma in età pediatrica. Lo studio ha focalizzato il suo interesse anche sulle condizioni di suscettibilità, confermando che le persone più anziane sono più vulnerabili agli effetti del particolato sospeso.”*

Dallo studio emerge che, nel periodo 2001-2005 si sono rilevati livelli di PM_{10} , NO_2 e di O_3 molto preoccupanti. Gli autori riportano, in particolare, che il PM_{10} in

diverse città, e cioè nell'area di Mestre (Venezia), a Milano, Torino, Bologna e Taranto, è stato costantemente al di sopra della soglia di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (il limite annuale previsto dalla normativa vigente); i valori del NO_2 : a Milano, Torino, Bologna, Firenze, Roma e Palermo sono stati sempre superiori a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (limite previsto dalla normativa vigente, dal 1° gennaio 2010); infine l' O_3 in molte città, e in modo variabile per anno, le concentrazioni risultano sostanzialmente elevate rispetto agli standard di qualità dell'aria OMS ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) con una forte influenza esercitata dalle condizioni meteorologiche (per esempio, i picchi registrati nell'estate 2003).

I risultati del programma di sorveglianza EPIAIR, sulla base delle documentate ricadute dell'inquinamento sulla salute, sembrano giustificare ampiamente la necessità di ricorrere alla sorveglianza e al monitoraggio epidemiologico nelle città italiane come mezzo di valutazione periodico del Servizio Sanitario Nazionale. Tale programma deve essere continuo, basato su dati affidabili e sottoposti a continui controlli di qualità, e dovrebbe coinvolgere le istituzioni ambientali e sanitarie locali del territorio nazionale. Sul piano della ricerca scientifica, anche se le conoscenze acquisite sugli effetti dell'inquinamento sono molteplici e consistenti, diversi aspetti devono essere ancora approfonditi. A tal fine, si segnala che, a livello nazionale, il Programma Strategico Nazionale "Ambiente e Salute" (Iavarone et. al., 2008), relativo alla ricerca finalizzata del Ministero della Salute e in fase di conclusione, comprende tre progetti di ricerca sull'inquinamento atmosferico che hanno carattere nazionale. Tali progetti riguardano aspetti rilevanti quali: I) il ruolo del particolato ultrafine nei meccanismi patogenetici degli effetti cardiorespiratori prodotti dall'inquinamento urbano, II) gli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico in aree urbane: materiale particolato ultrafine, fattori di suscettibilità individuale, interazione inquinamento-temperatura, e III) gli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico in adulti e bambini.

La dimensione dell'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico stimato per le città italiane sottolinea la necessità di un'azione urgente per ridurre il carico di patologie. A tal riguardo, occorre evidenziare che il rispetto della Legislazione dell'Unione Europea porterebbe sostanziali guadagni, in termini di malattie evitate. E' necessario identificare politiche specifiche per la riduzione delle concentrazioni atmosferiche e, riguardo alle emissioni di materiale particolato, guadagni sulla salute possono essere ottenuti riducendo le concentrazioni attraverso diverse strategie. Poiché la associazione tra inquinamento dell'aria e i suoi effetti nocivi sulla salute è reputata lineare e priva di soglia, gli effetti, dell'inquinamento atmosferico dovrebbero diminuire proporzionalmente alla diminuzione della concentrazione media, per tutti gli esiti sanitari considerati. Ciò significa che interventi di tipo diverso che producono la stessa media annua produrranno lo stesso beneficio sanitario.

Le emissioni delle maggiori fonti urbane, soprattutto veicoli a motore, devono essere ridotte sostanzialmente, attraverso politiche che mirino a limitare il trasporto motorizzato privato e incentivino il trasporto pubblico. Nel quadro di un obiettivo generale di riduzione delle emissioni, particolare attenzione dovrebbe essere dedicata a situazioni locali circostanziate. Le differenze tra diverse città sono probabilmente dovute principalmente a differenze nel sistema dei trasporti, nelle attività industriali, e nelle emissioni derivante dai sistemi di riscaldamento a livello cittadino e regionale insieme a fattori climatici.

Il censimento delle politiche di mobilità nelle città partecipanti al progetto EPIAIR mostra, ad esempio, secondo gli stessi autori, un quadro contraddittorio in

termini di mobilità sostenibile: a fronte dei molteplici interventi adottati a livello locale, vi sono i dati strutturali della crescente motorizzazione (la media del tasso di motorizzazione nelle dieci città analizzate è di 585 veicoli ogni 1.000 abitanti, un numero ben al di sopra della media europea -EU-27-, ossia 466 veicoli) e le difficoltà nell'implementazione delle misure stesse (es: mancanza di un approccio integrato nell'affrontare il problema della mobilità, scarsa certezza nelle regole di applicazione e, soprattutto, mancanza di meccanismi efficaci di controllo) che fanno presumere che l'impatto sulla qualità dell'aria urbana delle politiche locali sia ancora troppo limitato (*Epidemiol Prev* 2009; 33(6) suppl 1: 103-112).

In conclusione, la combinazione di politiche che riducano il numero totale di veicoli circolanti, favoriscano l'immissione nel mercato automobilistico di veicoli con emissioni minime e permettano la circolazione solo di veicoli a basso impatto inquinante, potranno avere un risultato tangibile sulle concentrazioni ambientali e quindi sulla salute. In ambito urbano, le emissioni dei veicoli a motore devono essere ridotte sostanzialmente al minimo attraverso politiche che mirino a limitare in maniera drastica e generalizzata il trasporto privato, diminuiscano la dimensione media dei veicoli per fluidificare il traffico, ed incentivino il trasporto pubblico.

4. La qualità dell'aria a Verona

In questa relazione preliminare l'analisi della qualità dell'aria a Verona è stata effettuata sulla base dei dati di inquinamento giornalieri trasmessi dall'ISPRA. Nella relazione finale verrà prodotta un'analisi di maggior dettaglio sulla base dei dati trasmessi, in data 11 ottobre 2010, dall'ARPA - Veneto.

Nell'ambiente urbano di Verona il traffico veicolare rappresenta una delle principali fonti di inquinamento atmosferico. Nel territorio non sono presenti attività industriali pesanti di rilievo e, principalmente, l'attività industriale è dedicata al settore agricolo. Inoltre il territorio comunale rappresenta il punto di arrivo ed attraversamento di importanti arterie stradali, a livello provinciale e nazionale.

Il monitoraggio della qualità dell'aria viene effettuato dalla rete della Provincia di Verona che è costituita da 12 stazioni di cui 6 posizionate sul territorio comunale di Verona (**tabelle 4.1 e 4.2**). Per le valutazioni utili allo studio, sono stati reperiti presso l'ISPRA i dati di concentrazioni di inquinanti relativi solo ad alcune stazioni della rete; per l'analisi dei dati della città di Verona sono stati considerati gli anni 2007-2008, in quanto presenti nella serie storica di tutte le stazioni prese in considerazione all'interno del territorio comunale. Gli inquinanti analizzati sono stati gli ossidi di azoto e il PM₁₀. Le stime dei valori di riferimento sono state effettuate rispetto alla attuale normativa, come descritta nei paragrafi precedenti.

La **tabella 4.3** riporta le medie annuali (2007 e 2008) dei valori di NO₂ registrati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia di Verona; si rileva che la stazione di Corso Milano, comune di Verona, ha misurato in detti anni valori di 45,8 e 42,3 µg/m³. Tali valori vanno considerati con attenzione in quanto la vigente normativa pone, a partire dal 1/1/2010 e considerando l'intero anno, un limite di 40 µg/m³. Tuttavia i valori della stazione di Piazza Bernardi, definita come stazione di fondo, risultano (anche se di poco) inferiori; la stazione Cason, più decentrata, rileva concentrazioni decisamente più basse. Anche altre stazioni provinciali mostrano superamenti, tra queste in particolare la stazione di San Martino Buon Albergo e Villafranca che risentono, in termini di inquinamento, della loro posizione prossima al capoluogo.

Per quanto riguarda le PM₁₀ sono stati analizzati i dati della stazione Cason e Corso Milano per gli anni 2007-2008, le uniche due stazioni del territorio comunale che rilevano questo inquinante. Le **figure 4.1 e 4.2** mostrano la mappa delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ per giorno della settimana e per mese. Per la stazione di Corso Milano i valori più elevati si registrano durante i mesi invernali, in particolare gennaio e febbraio, per ogni giorno della settimana, ma in particolare per i giorni che vanno dal martedì al venerdì. Il periodo che va da marzo a settembre registra, diversamente, le concentrazioni giornaliere più basse che si mantengono sempre al di sotto 50 µg/m³. La stazione di Cason registra i valori più elevati nei mesi di gennaio e febbraio; in particolare a febbraio sono registrati i dati più elevati in corrispondenza del martedì e del mercoledì. Anche in questa stazione il periodo marzo-settembre è quello che registra i valori più bassi e comunque inferiori a 50 µg/m³.

Le **figure 4.3 e 4.4** rappresentano la mappa del numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di 50 µg/m³ per giorno della settimana e per mese di PM₁₀. Nei mesi di gennaio e febbraio i superamenti sono stati quasi quotidiani; in

particolare i giorni di mercoledì e venerdì raggiungono il valore massimo di 8 superamenti nei due mesi. Superato il periodo primavera-estate con superamenti occasionali, anche l'autunno mostra un numero elevato di superamenti del limite giornaliero in tutti i giorni della settimana. In particolare, la stazione di Cason mostra il numero maggiore di superamenti nei mesi invernali con un picco nel mese di febbraio soprattutto in corrispondenza del giorno di mercoledì. Questa stazione registra superamenti in numero piuttosto elevato anche in autunno, nel mese di ottobre, con un picco sempre in corrispondenza del mercoledì.

4.1 Analisi meteorologica

Come noto, la conoscenza della climatologia di un territorio è elemento fondamentale per valutare lo stato di qualità dell'aria; i parametri di particolare rilevanza sono i venti e le caratteristiche dispersive del sito. Queste ultime sono generalmente identificate con le sei classi di Pasquill, A-B-C-D-E-F, associate a differenti turbolenze atmosferiche. Si passa dalla classe A, di alta turbolenza, alle classi B e C, di media e bassa turbolenza rispettivamente, alla classe D, di neutralità atmosferica, alla classe E, di bassa stabilità, fino alla classe F, di forte stabilità. Le classi vengono generalmente stimate a partire dai dati misurati di velocità del vento e di radiazione solare totale (RT) e netta (RN) sul territorio. Nella **tabella 4.4** si rappresenta la classificazione in funzione di detti parametri.

L'analisi meteorologica del territorio di Verona è stata effettuata sulla base dei dati raccolti dalla stazione meteo di Verona Villafranca dell'Aeronautica Militare, su una lunga serie storica che va dal 1951 al 1991. La **figura 4.5** mostra la distribuzione percentuale delle classi di turbolenza atmosferica per ogni mese dell'anno e la media annuale. Mediamente le classi maggiormente presenti sul territorio sono la classe neutra D con il 35% e la classe di forte stabilità F con il 37%. Dalla figura si può apprezzare la variabilità delle diverse classi a seconda del mese e delle stagioni, con l'evidente scarsa presenza di classi dispersive solo nei mesi primaverili ed estivi, dove si raggiunge il 38% (A+B+C) solo nel mese di luglio. Nei mesi invernali vi è poi una forte presenza di nebbia che raggiunge le percentuali più elevate in dicembre e gennaio con il 22% e 27% rispettivamente. La **figura 4.6** illustra la frequenza delle ore di persistenza di presenza di nebbia durante le diverse stagioni. L'interpretazione della figura deve essere fatta in parallelo con la frequenza di presenza di nebbia della **figura 4.5**. Ad esempio, in inverno la nebbia è presente per circa il 26% del tempo, ovvero circa 23 giorni; per il 22% di questo tempo la persistenza è di 3 ore, l'8% è di 6 ore e così via. Nella stagione primaverile, le caratteristiche meteorologiche sono tali per cui la scarsa presenza di nebbia mostra persistenze di poche ore, al massimo 6. Diversamente, in primavera la distribuzione è più ampia con casi rari di persistenza di 33 ore, mentre l'autunno sembra essere la stagione peggiore poiché la persistenza presenta una distribuzione abbastanza uniforme dalle 3 alle 18 ore.

In riferimento alla suddivisione dei settori di provenienza del vento della **tabella 4.5**, la **figura 4.7** illustra la distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza del vento. Il 65% delle osservazioni mostra un vento praticamente assente (<1 nodo). Quando è presente, le direzioni prevalenti sono quelle da Nord-Est Sud-Est, che raggiungono cumulativamente una frequenza di circa il 13%. La variabilità stagionale del regime di venti è mostrato dalle mappe della **figura 4.8**, dove sono illustrate le

frequenze delle classi di vento (come da **tabella 4.5**) per i diversi settori di provenienza. Le classi di velocità più elevata sono praticamente assenti in tutte le stagioni, si raggiungono frequenze più elevate per velocità del vento che raggiunge al massimo la classe 3 in primavera (22%) ed autunno (14%).

Complessivamente, dai dati reperiti ed elaborati, emerge che le condizioni meteorologiche del territorio in studio mostrano caratteristiche sfavorevoli alla dispersione di inquinanti atmosferici emessi al suolo.

Tabella 4.1: Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria nella Provincia di Verona.

Stazione (nome)	Comune	tipologia	Inquinanti monitorati
Bovolone	Bovolone	fondo	SO ₂ , NO ₂ , NO, NO _x , CO, HC, NMHC
Legnago	Legnago	fondo	SO ₂ , O ₃ , NO, NO _x , NO ₂ , CO
San Bonifacio	San Bonifacio	fondo	SO ₂ , O ₃ , NO, NO _x , NO ₂ , CO
San Martino Buon	San Martino Buon	traffico	SO ₂ , NO, NO _x , NO ₂ , CO
Villafranca	Villafranca	traffico	SO ₂ , NO, NO _x , NO ₂ , CO
Boscochiesanuova	Boscochiesanuova	fondo	SO ₂ , O ₃ , NO ₂ , PM ₁₀
Cason	Verona	fondo	O ₃ , NO, NO _x , NO ₂
Corso Milano	Verona	traffico	SO ₂ , O ₃ , NO, NO _x , NO ₂ , C ₆ H ₆ , PM ₁₀
Piazza Bernardi	Verona	fondo	SO ₂ , NO, NO _x , NO ₂ , CO
San Giacomo	Verona	traffico	SO ₂ , NO, NO _x , NO ₂ , CO
Zai	Verona	traffico	SO ₂ , O ₃ , NO, NO _x , NO ₂ , CO

Tabella 4.2: Caratteristiche delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Verona.

	Cason	Corso Milano	P.zza Bernardi	San Giacomo	Zai
Indirizzo	Via Ferrarin	Corso Milano	Piazza Bernardi	Via San Giacomo	Via Carlo Alberto
tipo stazione	fondo	traffico	fondo	traffico	traffico
anno di attivazione	1994	1994	2001	1994	1994
caratteristiche PGR	agricola	residenziale-commerciale	residenziale	residenziale-commerciale	residenziale-commerciale-industriale
tipo zona	rurale	urbana	urbana	urbana	urbana
densità di popolazione (ab/km ²)	<2000	tra 10000 e 15000	<2000	<2000	tra 2000 e 4000
tipo di strada		ampia	ampia	ampia	ampia
intensità di traffico (veicoli/giorno)		>10000	tra 2000 e 10000	>10000	tra 2000 e 10000
livello amministrativo		SS n°11	comunale	SS n°12	comunale

Legenda:

tipo stazione: tipologia di stazione come definita dal DM 20/05/91: *background*; *industriale*; *traffico*

caratteristiche PGR: tipologia della zona come da PRG (Zona Territoriale Omogenea, Z.T.O.): *residenziale*; *commerciale*; *industriale*; *agricola*; *verde*; *mista*

tipo zona: tipologia del territorio in cui è posta la stazione, come definito dal documento Criteria for EUROAIRNET

(EEA): *urbana; suburbana; rurale*

densità di popolazione: densità di popolazione della sezione censuaria ISTAT in cui ricade la stazione, espressa in abitanti/ha per intervalli di densità

tipo di strada: tipologia della strada afferente alla stazione (solo per stazioni di traffico): *ampia; stretta; incrocio*

intensità traffico: flusso di traffico giornaliero medio (TGM) nella strada afferente alla stazione (solo per stazioni di traffico), espressa in veicoli/giorno per intervalli predefiniti:

>2000 veicoli/g; 2000-10000 veicoli/g; >10000 veicoli/g

livello amministrativo: livello amministrativo della strada afferente alla stazione (solo per stazioni di traffico): *comunale; provinciale (SP numero); statale (SS numero)*

Tabella 4.3: Concentrazioni medie annuali di NO₂, espresse in µg/m³, rilevate dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia di Verona, anni 2007 - 2008.

STAZIONE	2007	2008
VR - Borgo Milano	45.8	42.3
VR - Cason	32.2	35.3
Bovolone	31.9	34.4
San Martino Buon Albergo	53.7	54.8
San Bonifacio	44.1	48.6
Villafranca	54.6	43.0
VR - Piazza Bernardi	39.3	38.3
Legnago	46.1	39.8
Bosco chiesa nuova	14.3	13.7

Tabella 4.4: Classi di Pasquill in funzione della radiazione solare e della velocità del vento.

Radiazione (W/m ²)	Velocità del vento (m/s)					
	V < 2	2 ≤ V < 3	3 ≤ V < 4	4 ≤ V < 5	5 ≤ V < 6	V ≥ 6
Giorno						
RT ≥ 700	A	A	B	B	C	C
540 ≤ RT < 700	A	B	B	B	C	C
400 ≤ RT < 540	B	B	B	C	C	D
270 ≤ RT < 400	B	B	C	C	C	D
140 ≤ RT < 270	C	C	C	D	D	D
RT < 140	D	D	D	D	D	D
Notte						
RN ≥ -20	D	D	D	D	D	D
-40 ≤ RN < -20	F	E	D	D	D	D
RN < -40	F	F	E	E	D	D

Tabella 4.5 : Classificazione dei settori di provenienza del vento e delle classi di velocità.

Settore	Gradi	Classe velocità	Vento (nodi)
1	0,0 - 22,5	1	2-4
2	22,5 - 45,0	2	5-7
3	45,0 - 67,5	3	8-12
4	67,5 - 90,0	4	13-23
5	90,0 - 112,5	5	>24
6	112,5 - 135,0	--	--
7	135,0 - 157,5	--	--
8	157,5 - 180,0	--	--
9	180,0 - 202,5	--	--
10	202,5 - 225,0	--	--
11	225,0 - 247,5	--	--
12	247,5 - 270,0	--	--
13	270,0 - 292,5	--	--
14	292,5 - 315,0	--	--
15	315,0 - 337,5	--	--
16	337,5 - 360,0	--	--

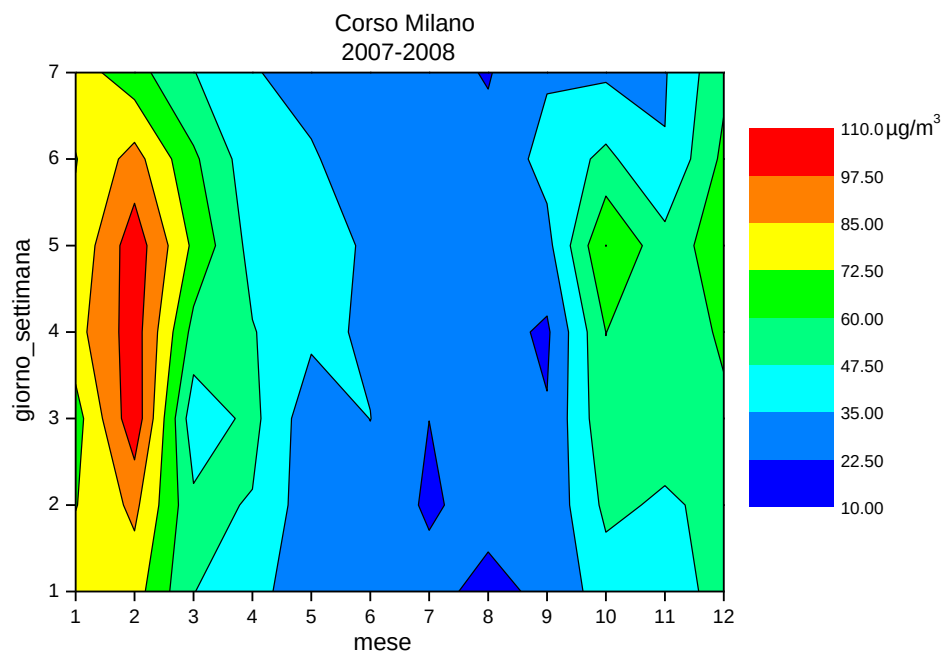


Figura 4.1: Mappa delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} , registrati nella stazione di Corso Milano, per giorno della settimana e mese, relative agli anni 2007 - 2008.

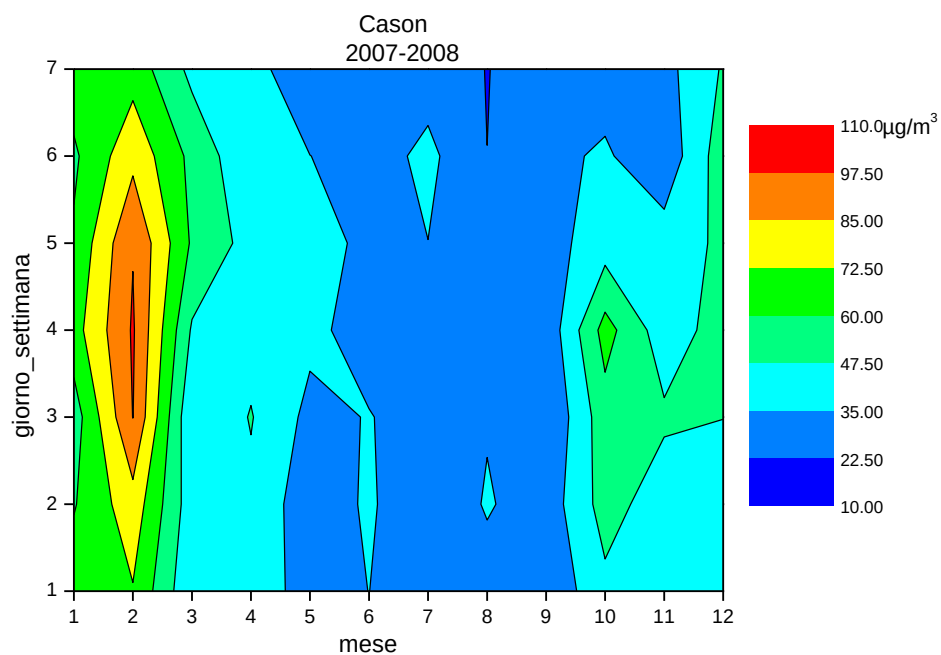


Figura 4.2: Mappa delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} , registrati nella stazione di Cason, per giorno della settimana e mese, relative agli anni 2007 - 2008.

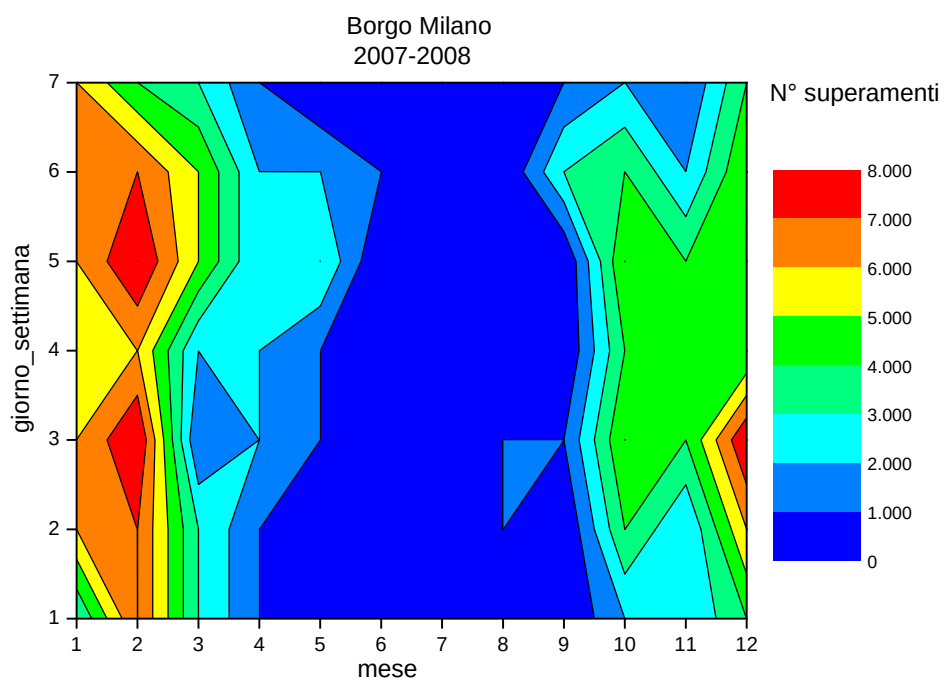


Figura 4.3: Mappa del numero di superamenti del limite per il PM₁₀ per mese e giorno della settimana, stazione di Corso Milano, relativamente agli anni 2007 - 2008.

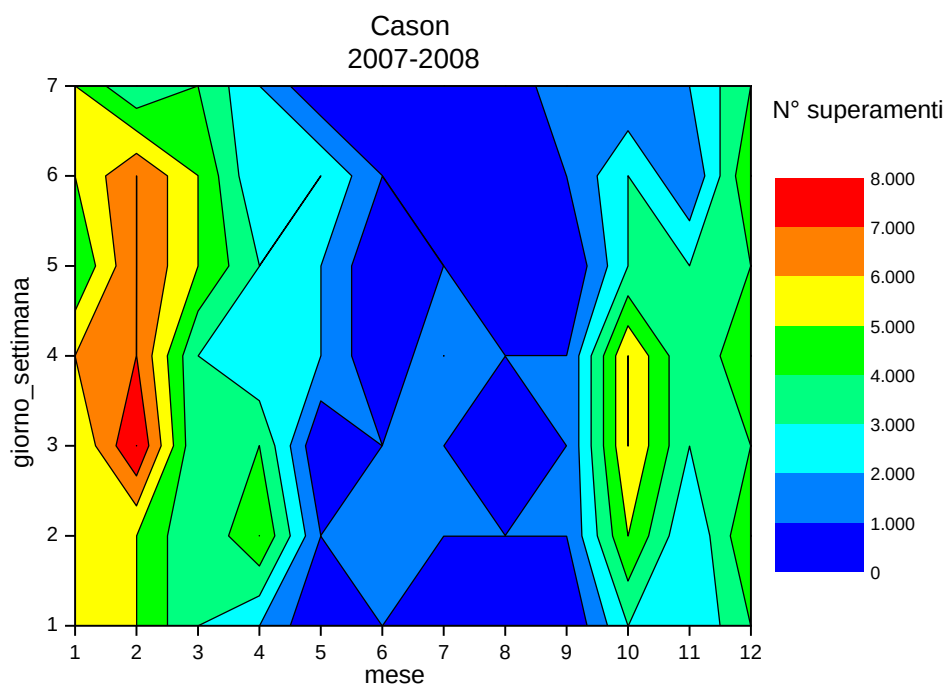


Figura 4.4: Mappa del numero di superamenti del limite per il PM₁₀ per mese e giorno della settimana della stazione Cason, relativamente agli anni 2007 - 2008.

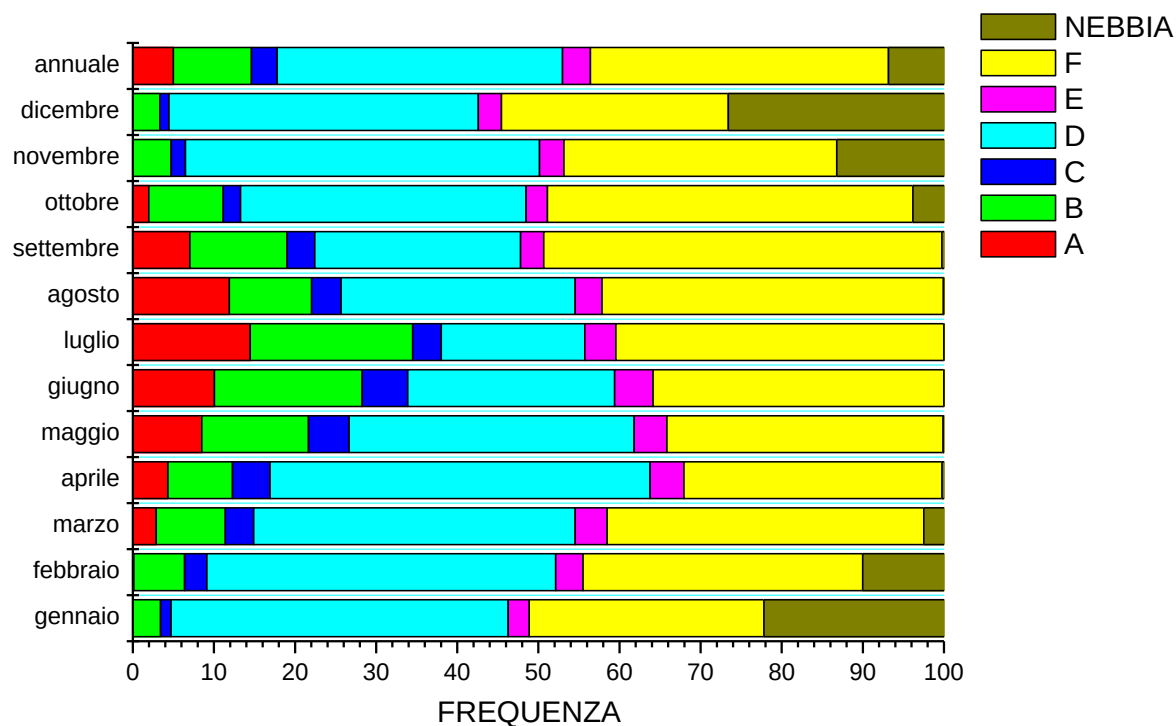


Figura 4.5: Distribuzione delle classi di stabilità atmosferica per mese anno e totale.

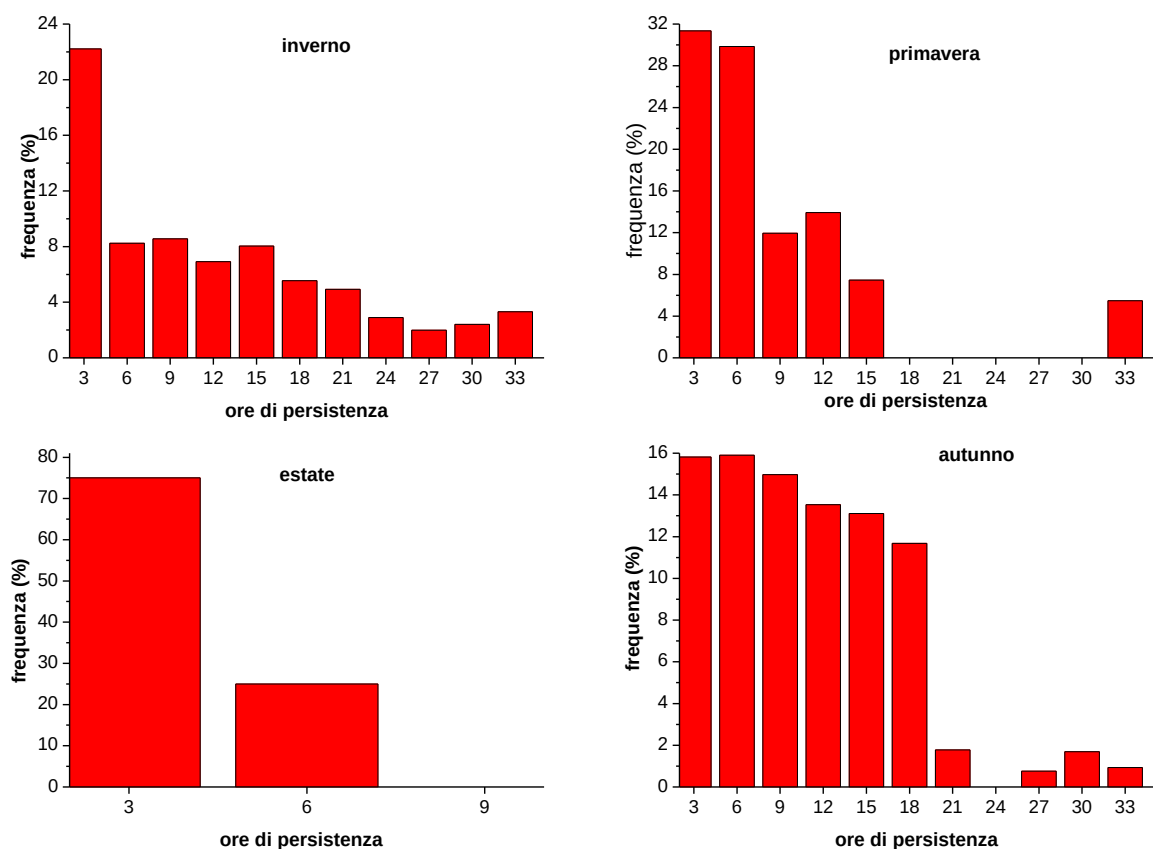


Figura 4.6: Frequenza del numero di ore di persistenza della nebbia per stagione.

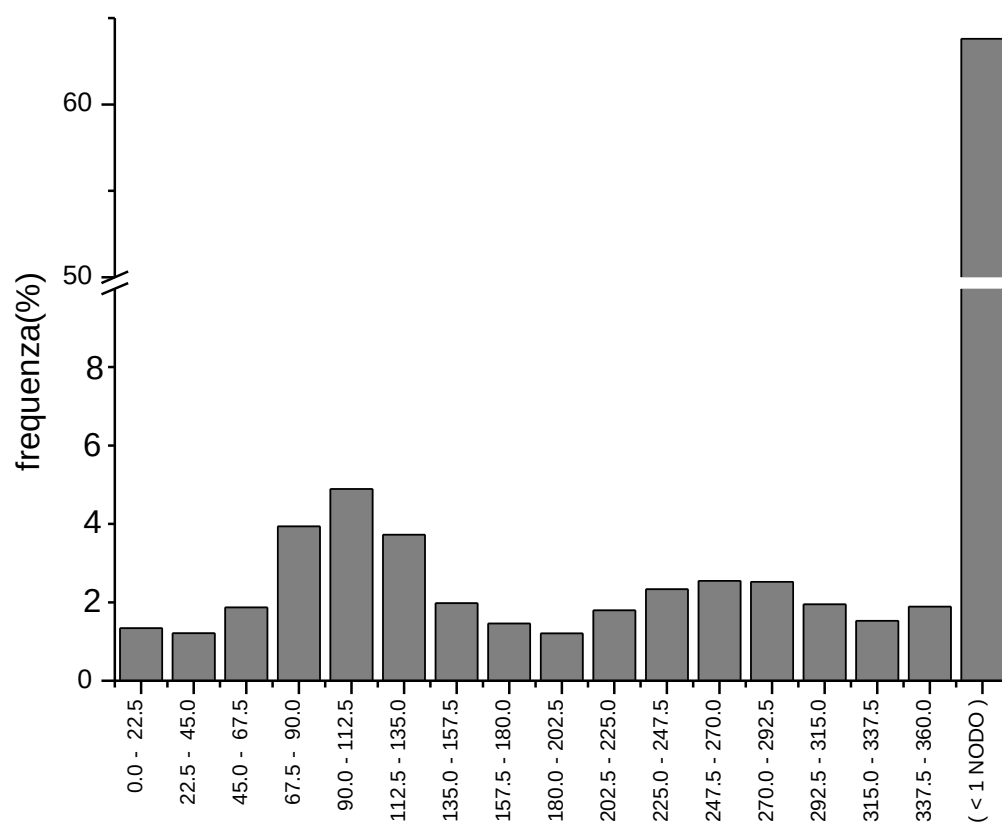


Figura 4.7. Frequenza annuale dei settori di provenienza del vento.

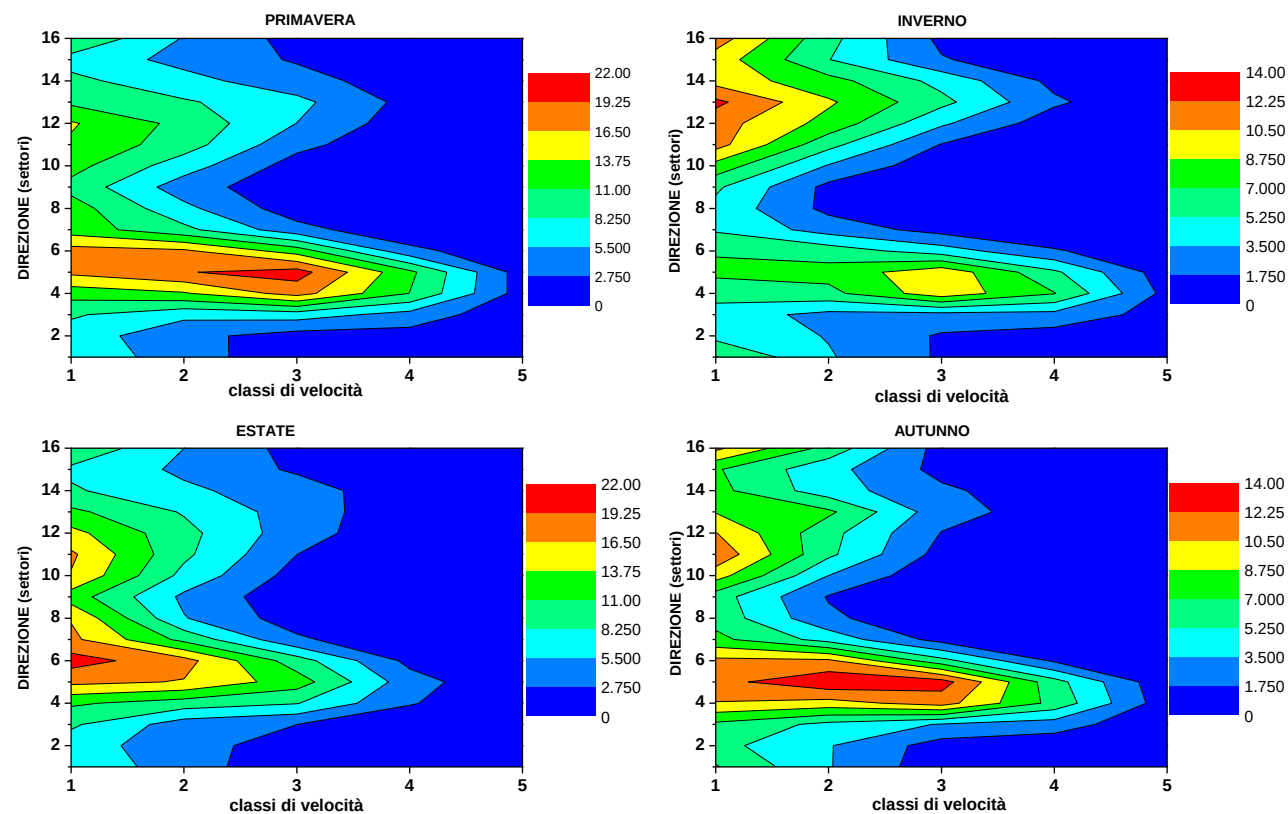


Figura 4.8: Frequenza delle classi di velocità del vento per settore di provenienza.

5. Descrizione sommaria dell'opera viaria

Il progetto del passante Nord-traforo delle Torricelle, di cui si devono valutare gli effetti sanitari conseguenti sia alla fase di realizzazione (fase cantiere) sia al successivo periodo di esercizio, è stato programmato al fine di completare l'anello circolatorio della città di Verona e alleggerire il traffico, in particolare di mezzi pesanti, in transito all'interno dell'area urbana.

A tale proposito, già alla fine degli anni '90, nella Relazione sul Piano Generale del traffico urbano (PGTU), viene descritta un'indagine condotta intervistando i conducenti di mezzi pesanti in ingresso nella città, per rilevare la destinazione di detti mezzi. L'indagine, effettuata su 18 punti del cordone di ingresso nella città durante le ore significative 7.00-10.00, evidenziava una incidenza di mezzi pesanti, sul totale dei veicoli entranti in città, variabile dall'8% al 35,2%. Inoltre la stessa stimava che la quota di solo attraversamento di mezzi pesanti nell'area urbana di Verona era di circa il 31%.

Sempre in relazione a detta problematica, uno studio sulla qualità dell'aria nella provincia di Verona (2002) confermava che il traffico veicolare era la principale fonte di inquinamento dell'aria della città, a causa sia del consistente numero di veicoli, ma anche della loro composizione, alimentazione e velocità di marcia. In particolare lo studio evidenziava che alcune arterie stradali erano fortemente appesantite dal flusso di mezzi pesanti; quali: la strada dell'Alpo, la via Golino, la via Sommacampagna e la Verona Est e la tangenziale Nord.

In tale contesto, secondo quanto riportato nella documentazione tecnica fornitaci nell'ambito del presente studio, l'infrastruttura della Tangenziale Nord è stata studiata sia per assolvere alla funzione di Circonvallazione Nord della città, a servizio del traffico di provenienza extraurbana, sia per risolvere le problematiche dovute al consistente traffico di solo attraversamento.

Detta opera ha subito nel corso degli anni alcune evoluzioni progettuali e attualmente prevede un tracciato di circa 13,3 km, alcuni dei quali in galleria, e una bretella di collegamento con la strada Valpolicella della lunghezza di 1,1 km. L'asse principale si sviluppa dallo svincolo della Tangenziale Est di Verona fino alla Tangenziale Ovest in prossimità del casello autostradale Verona Nord della A22 del Brennero.

L'opera più rilevante di questo previsto asse viario è rappresentata dal Traforo naturale di 2.225 m che si sviluppa sotto la collina delle Torricelle, consentendo il superamento della zona collinare e realizzando la prima parte del collegamento tra la zona Est ed Ovest della città. Il tracciato prosegue poi, dopo un breve tratto all'aperto, in sotterraneo con galleria artificiale di 430 m di lunghezza e quindi procede all'aperto e supera, grazie a un viadotto di 225 m, il fiume Adige. Il tracciato si dirige quindi verso Sud, prevedendo alcuni cavalcavia sia per dare continuità alla viabilità locale sia per il superamento dei canali Biffis e Alto Veronese. Infine l'itinerario termina raccordandosi con la Tangenziale Ovest e con il casello Verona Nord della A22 del Brennero.

Il progetto prevede una serie di svincoli per il raccordo con le due Tangenziali e con le principali arterie poste a Nord ed ad Ovest della Città e precisamente gli svincoli con la via Fincato, la via Preare, il viale Brennero, la via Gardanese, la via Bresciana. L'opera completa comprende la bretella di collegamento della Valpolicella che collega

il tracciato principale, subito dopo il ponte sull'Adige, con la Strada Provinciale N. 1 ex Strada Statale del Brennero.

Questo percorso prevede un altro viadotto di 280 m, per superare il fiume Adige, mentre l'inserimento con la SP1 è effettuato tramite una rotatoria su Viale del Brennero; va considerato che il progetto auspica di poter completare il percorso fino alla SP4 Valopolicella, decongestionando in tal modo la viabilità di Parona.

Inoltre, nel progetto sono inserite due aree di servizio, nella zona Ovest, e precisamente in corrispondenza della via Gardesana e della via Bresciana; un parcheggio scambiatore nella zona nord di Ca' di Cozzi e un autoparco presso il casello di Verona Nord. In particolare il parcheggio scambiatore, collocato in prossimità dell'uscita dal traforo delle Torricelle, dovrà alleggerire il traffico leggero di penetrazione in città tramite il potenziamento del servizio pubblico e risolvere il problema del parcheggio per l'Ospedale Civile Maggiore di Borgo Trento, anche qui istituendo un servizio di navetta con la struttura ospedaliera.

La **figura 5.1** offre una veduta di insieme dell'intera opera in programma.

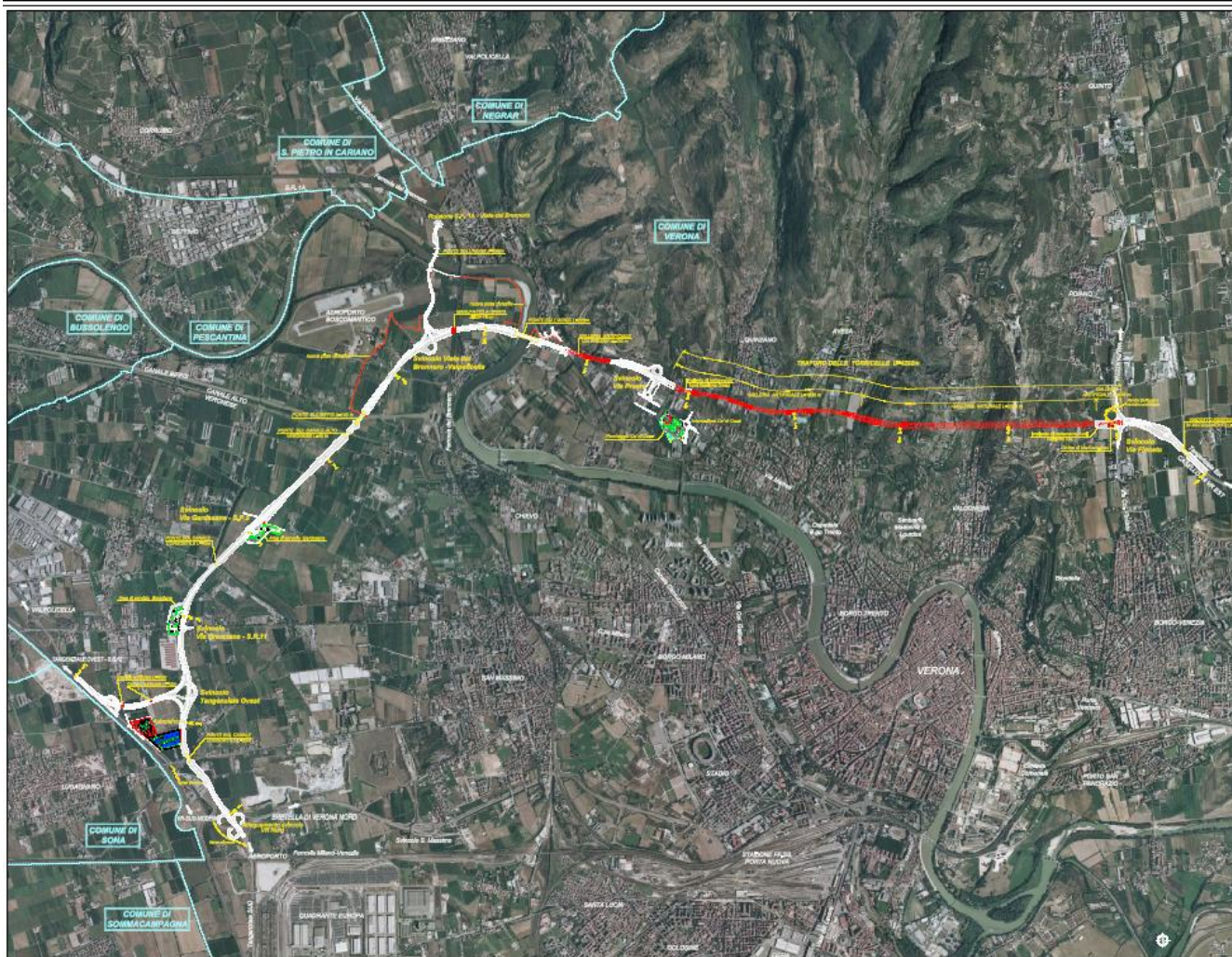


Figura 5.1: tracciato dell'opera. In rosso le parti in galleria.

6. Sima delle emissioni veicolari

Al fine di valutare l'impatto dell'infrastruttura in progetto sull'inquinamento atmosferico dell'area interessata, è stata effettuata una valutazione delle emissioni veicolari sulla base delle stime di transito veicolare che l'opera sarà in grado di assorbire sul proprio percorso. A tale proposito, lo studio del traffico effettuato dal Comune di Verona descrive, per la nuova infrastruttura, una previsione del traffico futuro sulla base di indagini conoscitive riferite allo sviluppo del territorio di Verona, quali gli andamenti demografici e socio-economici, i nuovi insediamenti e, più in generale, le linee di tendenza a livello di Comunità Europea espresse nel Libro bianco: La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte, (CE, 2001a) e, sul piano nazionale, l'evoluzione trasportistica considerando il Piano generale dei trasporti e della logistica e il Piano regionale dei trasporti del Veneto (Regione del Veneto, 2004).

6.1 Emissioni da combustione

Dall'analisi di queste informazioni sono stati selezionati alcuni scenari previsionali della domanda di traffico rispetto a tre soglie temporali: 2015, 2025 e 2035. Per questi scenari è stato previsto un incremento percentuale annuo del traffico passeggeri e merci come descritto nella **tabella 6.1**.

Al traffico stimato rispetto agli indicatori di sviluppo sopra descritti, va poi aggiunta una quota di traffico aggiuntiva determinata dall'opportunità di poter usufruire della nuova infrastruttura. L'analisi degli scenari ha consentito infine di produrre una stima numerica del Traffico Giornaliero Medio (TGM), distinto in veicoli passeggeri e veicoli commerciali, per i tre periodi temporali. La **tabella 6.2** riassume le stime effettuate, scomponendo il traffico lungo le cinque tratte principali in cui è suddivisa l'opera.

Come noto, l'emissione di inquinanti atmosferici veicolari è funzione della tipologia di veicolo descritta in termini di alimentazione, cilindrata, peso e classificazione Euro. I limiti alle emissioni per l'omologazione dei veicoli a benzina e diesel sono descritti nella **tabella 6.3**.

Al fine di poter ottenere tali informazioni, si è contattato l'ufficio "Forniture Dati e Servizi" dell'ACI, presso il quale è stato possibile acquisire una serie di elementi relativi al parco veicolare del Comune e dell'intera Provincia di Verona, aggiornato al 31/12/2008, distinto per veicoli passeggeri, mezzi pesanti, cilindrata, alimentazione e classificazione Euro. A tale data risultano immatricolati nella Provincia 555.808 autovetture, 72924 autocarri, 1334 autobus e 85161 motocicli.

Le **tabelle 6.4 - 6.4b, 6.5 e 6.6** riportano la suddivisione dei veicoli immatricolati nella Provincia, suddivisi per alimentazione e classificazione Euro, in termini numerici e percentuali. Per gli autocarri le **tabelle 6.7 e 6.7b** illustrano la ripartizione percentuale della classificazione Euro, del tipo di alimentazione e della fascia di peso secondo la suddivisione Copert.

Dai dati si può notare come il traffico privato su autovettura sia principalmente alimentato a benzina, con percentuale circa del 63%, mentre il traffico di mezzi pesanti, sia commerciale sia trasporto pubblico, è prevalentemente alimentato a gasolio con percentuale di circa il 95%.

Sulla base delle nuove indicazioni pubblicate nel 2009 nell'ultimo documento *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guide book* (EEA, 2009b), è stata effettuata una stima delle emissioni veicolari, per le diverse tipologie di veicoli in funzione di alcune velocità di marcia. Nel documento è inoltre descritta la procedura di calcolo per stimare le emissioni per gli specifici inquinanti; in particolare, per gli autocarri, sono fornite le procedure di calcolo delle emissioni in funzione sia della tipologia e classificazione del mezzo sia della specificità del trasporto ovvero carico del mezzo e gradiente della strada. Le stime effettuate in questo lavoro hanno considerato, cautelativamente, il caso di veicoli viaggianti a pieno carico su strada pianeggiante (gradiente 0%).

La ripartizione del parco veicolare della Provincia e le stime di traffico previsto sulle cinque tratte della nuova infrastruttura, hanno consentito di effettuare una suddivisione della tipologia dei veicoli futuri circolanti su ognuna delle tratte. E' stato quindi stimato il numero di vetture per alimentazione e classificazione Euro ed il numero di veicoli commerciali sempre per alimentazione, classificazione Euro e fascia di peso. Le **tabelle 6.8 e 6.9** forniscono le stime per le autovetture, la **tabella 6.10** per gli autocarri e la **tabella 6.11** per gli autobus per trasporto passeggeri, le **tabelle 6.12 – 6.18**, riportano le emissioni calcolate per le diverse tipologie di veicoli pesanti, per gli inquinanti CO, NO_x e PM. In queste tabelle si definiscono *Coach* e *Ubus* i veicoli per il trasporto passeggeri con più di otto posti, oltre l'autista, con un peso massimo che non può superare le 5 tonnellate. Inoltre, con gli acronimi *RT* e *AT* si indicano rispettivamente agli autocarri *Rigidi* e *Autoarticolati*, mentre con *TT/A* si indicano gli autocarri con *Rimorchio* o *Articolati*. La **figura 6.1** illustra la nuova classificazione di mezzi pesanti secondo il sistema ARTEMIS (Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems) (Boutler & Barlow, 2005) le cui emissioni sono riportate nelle tabelle suddette.

Tabella 6.1: Incremento annuo del traffico passeggeri e merci nella città di Verona (da Comune di Verona C.d.R. Mobilità e traffico: Studi e indagini preliminari- studio del traffico relazione, settembre 2009).

Periodo	Tassi adottati-merci	Tassi adottati-
2009-2015	2,5%	2,0%
2015-2025	2,0%	1,5%
2025-2035	1,5%	1,0%

Tabella 6.2: Stima previsionale del traffico in termini di numero veicoli medi giornalieri (TGM) nei tre periodi e su ogni tratta (da Comune di Verona C.d.R. Mobilità e traffico: Studi e indagini preliminari - studio del traffico relazione, settembre 2009).

Tratta	descrizione	L(m)	TGM 2015		TGM 2025		TGM 2035	
			Veicoli leggeri	Veicoli comm.	Veicoli leggeri	Veicoli comm.	Veicoli leggeri	Veicoli comm.
I	Tang.Est-via Preare	5.231	28837	2002	35382	2680	39595	3353
II	Via Preare-Svincolo viale Brennero/Valpolicella-S.P.1°	7.679	24259	1325	29425	1864	32833	2351
III	Svincolo viale Brennero / Valpolicella-S.P.1°- Svincolo via Gardesane	8.840	30100	1804	37286	2314	42337	2883
IV	Svincolo via Gardesane S.P.5- Svincolo via Bresciana S.R.11	11.100	18056	1799	23829	2314	28210	2463
V	Svincolo via Bresciana S.R.11-Tang. Ovest	11.779	15236	1680	20180	2151	23889	2407

Tabella 6.3: Limiti di emissione per veicoli a benzina e diesel.

Standard	Auto Diesel g/km				Auto a benzina g/km			
	CO	PM	NO _x	HC	CO	HC	NO _x	PM
EURO 1	2,72	0,14	0,97	0,97	2,72	0,97	0,97	--
EURO 2	1,00	0,080	0,70	0,70	2,20	0,50	0,50	--
EURO 3	0,64	0,050	0,50	0,56	2,30	0,20	0,15	--
EURO 4	0,50	0,025	0,25	0,30	1,00	0,10	0,08	--
EURO 5	0,50	0,005	0,180	--	1,00	0,10	0,060	0,005
EURO 6	0,50	0,005	0,080	--	1,00	0,10	0,060	0,005

Tabella 6.4: Autovetture immatricolate nella provincia di Verona (31/12/2008).

Alimentazione	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	NC	NI
Altre	6	--	--	1	--	1	
Benzina	43527	33982	98898	48753	78694	--	245
Benzina o gas liquido	4703	2296	4773	2271	9687	--	8
Benzina o metano	2155	1633	4215	2860	8762	--	--
Dato non identificato	20	1	3	4	4	--	5
Gasolio	5764	4502	37297	82481	78250	--	7

Tabella 6.4b: Autovetture immatricolate nella provincia di Verona (31/12/2008) dati %.

Alimentazione	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	NC	NI
Altre	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Benzina	7,8	6,1	17,8	8,8	14,2	0,0	7,8
Benzina o gas liquido	0,8	0,4	0,9	0,4	1,7	0,0	0,8
Benzina o metano	0,4	0,3	0,8	0,5	1,6	0,0	0,4

Dato non identificato	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gasolio	1,0	0,8	6,7	14,8	14,1	0,0	1,0

NC:Non contemplato NI: Non identificato

Tabella 6.5: Autobus immatricolati nella provincia di Verona (31/12/2008).

Alimentazione	EURO 0		EURO 1		EURO 2		EURO 3		EURO 5		NI	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Altre	--	--	---	--	8	0,6	--	--	--	--	--	--
Benzina	5	0,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Benzina o gas liquido	2	0,1	1	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--
Benzina o metano	--	--	1	0,1	1	0,1	6	0,4	56	4,2	--	--
Gasolio	478	35,8	84	6,3	269	20,2	422	31,6	--	0,0	1	0,1

NI: Non identificato

Tabella 6.6: Motocicli immatricolati nella provincia di Verona (31/12/2008).

Alimentazione	EURO 0		EURO 1		EURO 2		EURO 3		NI	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Altre	5936	7,0	1034	1,2	32	<0,1	100	0,1	--	--
Benzina	31051	36,5	17676	20,8	16779	19,7	12451	14,6	78	0,1
Dato non identificato	4	<0,1	4	<0,1	--	--	--	--	7	<0,1
Gasolio	4	<0,1	1	<0,1	--	--	4	<0,1	--	--

NI: Non identificato

Tabella 6.7: Motocarri immatricolati nella provincia di Verona (31/12/2008) dati %.

Classificazione	%	alimentazione	%
EURO 0	18,7	Gasolio	94,7
EURO 1	10,7	Benzina	3,2
EURO 2	23,3	altro	2,1
EURO 3	31,3	--	--
EURO 4	14,9	--	--

EURO 5	0,8	--	--					
NC/NI	0,1	--	--					
Classificazione Copert in base al peso								
<3.5t	3.6-7.5t	7.5t-12t	12t-14t	14t-20t	20t-26t	26t-28t	28t-32t	>32t
80,9	1	3.4	0.5	2.5	5	8*10-5	1	8*10-4

NC:Non contemplato NI: Non identificato

Tabella 6.7b: Motocarri immatricolati nella provincia di Verona (31/12/2008).

Classificazione	Alimentazione	12,1t – 14t	14,1t – 20t	20,1t – 26t	26,1t- 28t	28,1t – 32t	3,6t - 7,5t	7,6t – 12t	Fino a 3,5	Oltre 3,5t	Oltre 32t	NC	NI
EURO 0	altre	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	15	--
EURO 0	benzina	--	--	--	--	--	--	--	589	20	--	--	57
EURO 0	benzina o gas liquido	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	146	--
EURO 0	benzina o metano	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	48	--
EURO 0	dato non identificato	--	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--
EURO 0	gasolio	232	604	1014	6	6	1304	1128	7931	--	35	--	508
EURO 1	benzina	--	--	--	--	--	--	--	366	--	--	--	1
EURO 1	benzina o gas liquido	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	54	--
EURO 1	benzina o metano	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	27	--
EURO 1	dato non identificato	--	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--
EURO 1	gasolio	23	182	313		41	243	253	6265	--	6		54
EURO 2	benzina	--	--	--	--	--	--	--	550	2	--	--	--
EURO 2	benzina o gas liquido	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	32	--
EURO 2	benzina o metano	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	48	--
EURO 2	dato non identificato	--	--	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--

EURO 2	gasolio	24	376	804		179	536	478	13957	--	7	--	--
EURO 3	benzina	--	--	--	--	--	--	--	463	--	--	--	--
EURO 3	benzina o gas liquido	--	--	--	--	--	--	--		--	--	47	
EURO 3	benzina o metano	--	--	--	--	--	--	--		--	--	234	--
EURO 3	dato non identificato	--	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--
EURO 3	gasolio	25	453	865		333	652	429	19331	--	4		6
EURO 4	benzina	--	--	--	--	--	--	--	287	1	--		1
EURO 4	benzina o gas liquido	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	144	--
EURO 4	benzina o metano	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	618	--
EURO 4	gasolio	28	172	334		144	222	142	8805	--	3		1
EURO 5	benzina o metano	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	9	--
EURO 5	gasolio		21	50	--	7	97	25	415	--	--	--	--
NC	altre	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	--
NC	benzina o gas liquido	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	26	--
NC	benzina o metano	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	26	--
NI	benzina	--	--	--	--	--	--	--	9	--	--		10
NI	gasolio	--	2	2	--	--	3	2	3	--	--		4

NC:Non contemplato NI: Non identificato

Tabella 6.8 : Ripartizione delle autovetture per tipologia di alimentazione sulle cinque tratte dell'infrastruttura.

Tratta	autovetture	BENZINA	BENZINA O GAS LIQUIDO	BENZINA O METANO	NI	GASOLIO
I	28837	15778	1232	1018	2	10807
II	24259	13273	1036	857	2	9092
III	30100	16469	1286	1063	2	11281
IV	18056	9879	771	638	1	6767
V	15236	8336	651	538	1	5710

NI: Non identificato

Tabella 6.9 : Ripartizione delle autovetture per alimentazione e classificazione Euro sui cinque tratti dell'infrastruttura.

	benzina							gasolio				
Tratta	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	NI	Tratta	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4
I	2258	1763	5131	2529	4083	13	I	299	234	1935	4279	4060
II	1900	1483	4317	2128	3435	11	II	252	196	1628	3600	3415
III	2357	1840	5356	2640	4262	13	III	312	244	2020	4467	4238
IV	1414	1104	3213	1584	2556	8	IV	187	146	1212	2679	2542
V	1193	932	2711	1336	2157	7	V	158	123	1022	2261	2145
	benzina/gas liquido							benzina/metano				
Tratta	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	NI	Tratta	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4
I	244	119	248	118	503	0	I	112	85	219	148	455
II	205	100	208	99	423	0	II	94	71	184	125	382
III	255	124	258	123	525	0	III	117	88	228	155	475
IV	153	75	155	74	315	0	IV	70	53	137	93	285
V	129	63	131	62	266	0	V	59	45	116	78	240

Tabella 6.10: Ripartizione degli autocarri per alimentazione e classificazione Euro su ognuna delle cinque tratte.

Tratta	I		II		III		IV		V	
classificazione	benzina	gasolio	benzina	gasolio	benzina	gasolio	benzina	gasolio	benzina	gasolio
Euro 0	22	345	15	228	20	311	20	310	18	289
Euro 1	13	198	8	131	11	178	11	178	11	166
Euro 2	27	429	18	284	25	386	25	385	23	360
Euro 3	18	596	12	395	17	537	17	536	15	500
Euro 4	26	267	17	177	24	241	24	240	22	224
Euro 5	0	17	0	11	0	15	0	15	0	14

Tabella 6.11: Ripartizione degli autobus per alimentazione e classificazione Euro su ognuna delle cinque tratte.

Tratta	Numero autobus	BENZINA O METANO	GASOLIO	Tratta	BENZINA O METANO	GASOLIO			
					EURO 5	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3
I	40	2	38	I	2	14	3	8	13
II	27	1	25	II	1	10	2	5	8
III	36	2	34	III	2	13	2	7	11
IV	36	2	34	IV	2	13	2	7	11
V	34	2	32	V	2	12	2	7	11

Tabella 6.12: Emissioni per veicoli passeggeri con alimentazione a benzina, calcolate per quattro diverse velocità di marcia.

Inquinante	Classificazione	Emissioni (g/km)			
		15 km/h	30 km/h	50 km/h	100 km/h
CO	Pre ECE	24,66	15,03	10,13	9,76
	Euro 1	3,61	2,18	1,53	1,75
	Euro 2	1,31	0,78	0,60	0,75
	Euro 3	0,51	0,49	0,56	1,14
	Euro 4	0,15	0,18	0,22	0,53
NOx	Pre ECE	1,57	1,79	2,10	3,23
	Euro 1	0,40	0,31	0,26	0,46
	Euro 2	0,24	0,18	0,14	0,18
	Euro 3	0,09	0,08	0,07	0,05
	Euro 4	0,08	0,06	0,04	0,02
PM	Pre ECE	--	--	--	0,0024
	Euro 1	0,0032	--	0,0018	0,0019
	Euro 2	0,0032	--	0,0018	0,0019
	Euro 3	0,0013	--	0,0008	0,0012
	Euro 4	0,0013	--	0,0008	0,0012
VOC	Pre ECE	2,677	1,709	1,179	0,746

Tabella 6.13: Emissioni per veicoli passeggeri con alimentazione a gasolio, calcolate per quattro diverse velocità di marcia.

inquinante	classificazione	Emissioni (g/km)			
		15 km/h	30 km/h	50 km/h	100 km/h
CO	pre ECE	1,14	0,77	0,57	0,38
	Euro 1	0,7385	0,5301	0,3285	0,2060
	Euro 2	0,6587	0,4569	0,2493	0,0370
	Euro 3	0,2013	0,1293	0,0763	0,0130
	Euro 4	0,2242	0,1221	0,0597	0,0218
	Euro 5-6	0,2242	0,1221	0,0597	0,0218
NOx	Pre ECE	0,1121	0,0611	0,0298	0,0109
	Euro 1	1,0335	0,6896	0,5662	0,6655
	Euro 2	1,1055	0,7576	0,5914	0,6649
	Euro 3	1,0195	0,7802	0,6836	0,7508
	Euro 4	0,8403	0,6372	0,4700	0,5700
	Euro 5	0,6050	0,4588	0,3384	0,4104
PM	Euro 6	0,2689	0,2039	0,1504	0,1824
	Pre ECE	0,33405	0,2442	0,165	0,17
	Euro 1	0,0841	0,0644	0,0540	0,1070
	Euro 2	0,0677	0,0535	0,0421	0,0506
	Euro 3	0,0401	0,0324	0,0278	0,0447
	Euro 4	0,0377	0,0320	0,0268	0,0259

	Euro 5-6	0,0019	0,0016	0,0013	0,0013
VOC	pre ECE	0,3645	0,1904	0,1179	0,0616

Tabella 6.14: Emissioni veicoli commerciali leggeri (<3.5t) alimentazione benzina, calcolate per cinque velocità di marcia.

inquinante	classificazione	Emissioni (g/km)				
		15 km/h	30 km/h	50 km/h	80 km/h	100 km/h
CO	Euro 0	37,575	22,335	9,729	7,389	16,869
	Euro 1	12,137	6,812	2,302	1,087	3,977
	Euro 2	7,40357	4,15532	1,40422	0,66307	2,42597
	Euro 3	6,31124	3,54224	1,19704	0,56524	2,06804
	Euro 4	3,39836	1,90736	0,64456	0,30436	1,11356
	Euro 5	3,39836	1,90736	0,64456	0,30436	1,11356
	Euro 6	3,39836	1,90736	0,64456	0,30436	1,11356
NOx	Euro 0	2,2232	2,4917	2,8497	3,3867	3,7447
	Euro1	0,5480	0,4640	0,4048	0,4292	0,5210
	Euro 2	0,18632	0,15774	0,13762	0,145928	0,17714
	Euro 3	0,11508	0,09743	0,08500	0,090132	0,10941
	Euro 4	0,05480	0,04640	0,04048	0,04292	0,05210
	Euro 5	0,04110	0,03480	0,03036	0,03219	0,03908
	Euro 6	0,04110	0,03480	0,03036	0,03219	0,03908
VOC	Euro 0	3,97573	2,78270	1,66590	0,44620	1,24340
	Euro 1	0,40213	0,28403	0,16695	0,07788	0,07620
	Euro 2	0,09651	0,06817	0,04007	0,018691	0,01829
	Euro 3	0,05630	0,03976	0,02337	0,010903	0,01067
	Euro 4	0,02413	0,01704	0,01002	0,004673	0,00457
	Euro 5	0,02413	0,01704	0,01002	0,004673	0,00457
	Euro 6	0,02413	0,01704	0,01002	0,004673	0,00457

Tabella 6.15: Emissioni da veicoli commerciali leggeri (<3.5t) alimentati a gasolio, calcolate per cinque velocità di marcia.

Inquinante	classificazione	Emissioni (g/km)				
		15 km/h	30 km/h	50 km/h	80 km/h	100 km/h
CO	Euro 0	1,4891	1,2401	1,0481	1,0601	1,2681
	Euro 1	0,7362	0,4967	0,3335	0,4232	0,7060
	Euro 2	0,7362	0,4967	0,3335	1,076	0,7060
	Euro 3	0,6037	0,4073	0,2735	0,8823	0,5930
	Euro 4	0,4785	0,3229	0,2168	0,6994	0,4801
	Euro 5	0,4785	0,3229	0,2168	0,6994	0,3459
	Euro 6	0,4785	0,3229	0,2168	0,6994	0,1553
NOx	Euro 0	3,5235	2,2908	1,2184	0,8338	1,3934
	Euro 1	1,6018	1,2873	1,0367	1,0223	1,2537
	Euro 2	1,6018	1,2873	1,0367	1,0223	1,2537
	Euro 3	1,3455	1,0813	0,8708	0,8587	1,0531
	Euro 4	1,0892	0,8754	0,7050	0,6952	0,8525

	Euro 5	0,7849	0,6308	0,5080	0,5009	0,6143
	Euro 6	0,3524	0,2832	0,2281	0,2249	0,2758
VOC	Euro 0	0,1775	0,1468	0,1180	0,1010	0,1072
	Euro 1	0,1775	0,1468	0,1180	0,1010	0,1072
	Euro 2	0,1775	0,1468	0,1180	0,101	0,1072
	Euro 3	1,1007	0,0910	0,0731	0,063	0,0665
	Euro 4	0,4083	0,0338	0,0271	0,023	0,0247
	Euro 5	0,4083	0,0338	0,0271	0,023	0,0247
	Euro 6	0,4083	0,0338	0,0271	0,023	0,0247
PM	Euro 0	0,2822	0,2819	0,2904	0,322	0,3553
	Euro 1	0,1301	0,0872	0,0615	0,090	0,1547
	Euro 2	0,1301	0,0872	0,0615	0,0904	0,1547
	Euro 3	0,0871	0,0584	0,0412	0,0606	0,1036
	Euro 4	0,0455	0,0305	0,0215	0,0316	0,0541
	Euro 5	0,0023	0,0015	0,0011	0,0016	0,0027
	Euro 6	0,0023	0,0015	0,0011	0,0016	0,0027

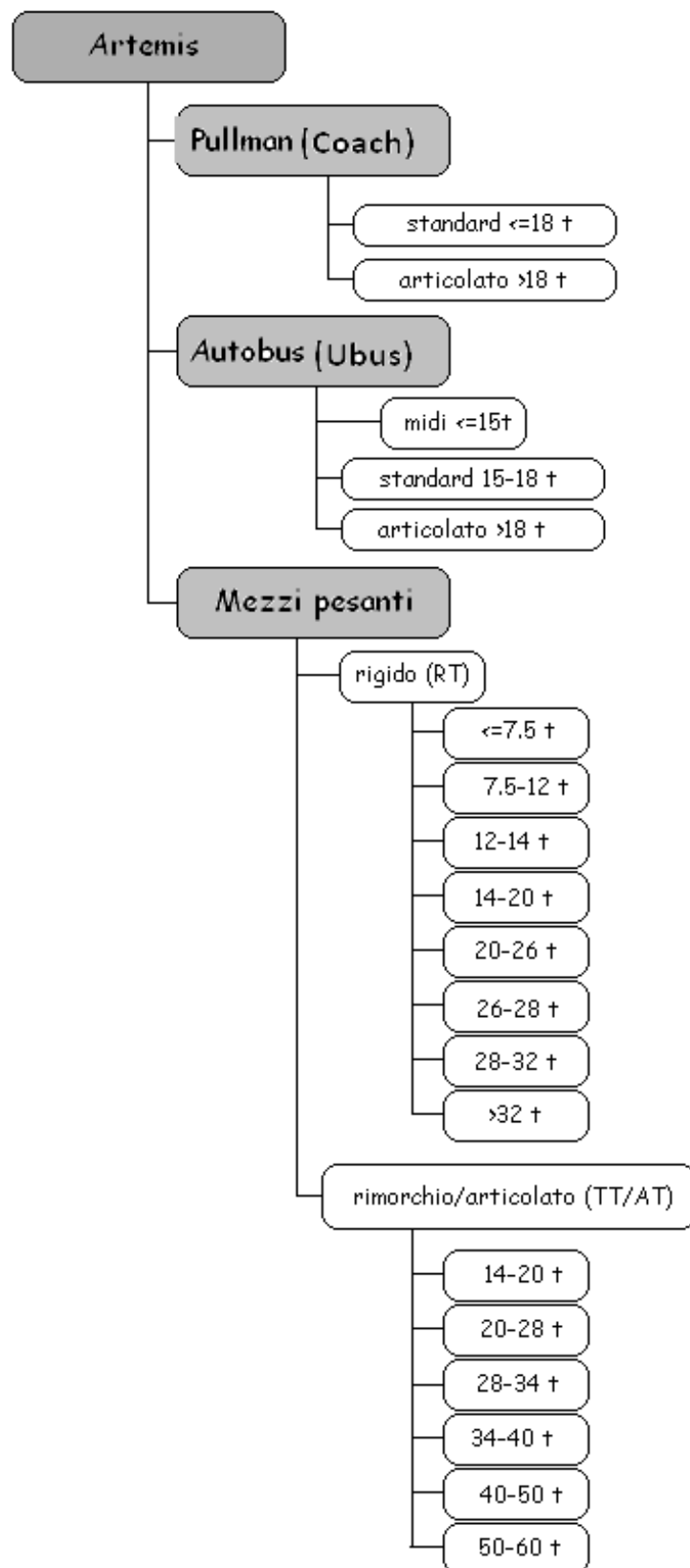


Figura 6.1: Nuova classificazione dei mezzi pesanti (Boulter e Barlow, 2005).

Tabella 6.16: Emissione di CO per tipologia di autocarri, a pieno carico, con gradiente stradale 0%.

Classificazione/tipologia	Gradiente (%)	Carico (%)	g/km 15 km/h	g/km 30 km/h	g/km 50 km/h	g/km Vmax km/h
Coach Std <=18t 80ties	0	1	6,12	3,47	2,15	1,37
Coach Std <=18t Euro-1	0	1	4,83	2,81	1,81	1,18
Coach Std <=18t Euro-2	0	1	4,27	2,39	1,54	1,10
Coach Std <=18t Euro-3	0	1	5,00	2,83	1,80	1,20
Coach Std <=18t Euro-4	0	1	0,43	0,22	0,14	0,09
Coach Std <=18t Euro-5	0	1	0,44	0,23	0,14	0,09
Coach 3-Axes >18t 80ties	0	1	6,98	3,97	2,55	1,75
Coach 3-Axes >18t Euro-1	0	1	5,47	3,28	2,19	1,47
Coach 3-Axes >18t Euro-2	0	1	4,88	2,82	1,85	1,30
Coach 3-Axes >18t Euro-3	0	1	5,60	3,20	2,08	1,33
Coach 3-Axes >18t Euro-4	0	1	0,44	0,23	0,15	0,10
Coach 3-Axes >18t Euro-5	0	1	0,45	0,24	0,15	0,10
Ubus Midi <=15t 80ties	0	1	8,64	4,92	3,30	2,78
Ubus Midi <=15t Euro-1	0	1	3,25	1,86	1,21	0,86
Ubus Midi <=15t Euro-2	0	1	3,31	1,73	1,03	0,67
Ubus Midi <=15t Euro-3	0	1	3,37	1,84	1,12	0,75
Ubus Midi <=15t Euro-4	0	1	0,30	0,15	0,09	0,07
Ubus Midi <=15t Euro-5	0	1	0,30	0,15	0,09	0,07
Ubus Std >15-18t 80ties	0	1	9,71	5,28	3,38	2,58
Ubus Std >15-18t Euro-1	0	1	4,53	2,62	1,68	1,16
Ubus Std >15-18t Euro-2	0	1	4,44	2,38	1,43	0,94
Ubus Std >15-18t Euro-3	0	1	4,58	2,52	1,54	1,03
Ubus Std >15-18t Euro-4	0	1	0,39	0,20	0,12	0,07
Ubus Std >15-18t Euro-5	0	1	0,40	0,20	0,12	0,08
Ubus Artic >18t 80ties	0	1	12,62	6,90	4,58	3,25
Ubus Artic >18t Euro-1	0	1	6,08	3,55	2,27	1,57
Ubus Artic >18t Euro-2	0	1	6,20	3,25	1,89	1,19
Ubus Artic >18t Euro-3	0	1	6,19	3,33	1,96	1,26
Ubus Artic >18t Euro-4	0	1	0,54	0,26	0,14	0,09
Ubus Artic >18t Euro-5	0	1	0,54	0,27	0,14	0,09
RT <=7,5t 80ties	0	1	3,90	2,45	1,78	1,52
RT <=7,5t Euro-1	0	1	1,33	0,85	0,65	0,62
RT <=7,5t Euro-2	0	1	1,10	0,70	0,54	0,52
RT <=7,5t Euro-3	0	1	1,34	0,84	0,57	0,45
RT <=7,5t Euro-4	0	1	0,10	0,06	0,05	0,03
RT <=7,5t Euro-5	0	1	0,11	0,06	0,05	0,03
RT >7,5-12t 80ties	0	1	5,01	3,00	2,10	1,73

Classificazione/tipologia	Gradiente (%)	Carico (%)	g/km 15 km/h	g/km 30 km/h	g/km 50 km/h	g/km Vmax km/h
RT >7,5-12t Euro-1	0	1	2,34	1,46	1,04	0,86
RT >7,5-12t Euro-2	0	1	1,89	1,19	0,88	0,78
RT >7,5-12t Euro-3	0	1	2,45	1,40	0,94	0,74
RT >7,5-12t Euro-4	0	1	0,18	0,10	0,07	0,05
RT >7,5-12t Euro-5	0	1	0,18	0,10	0,07	0,05
RT >12-14t 80ties	0	1	5,41	3,29	2,33	1,90
RT >12-14t Euro-1	0	1	2,59	1,59	1,16	0,98
RT >12-14t Euro-2	0	1	2,07	1,32	0,99	0,88
RT >12-14t Euro-3	0	1	2,68	1,54	1,05	0,85
RT >12-14t Euro-4	0	1	0,19	0,11	0,07	0,06
RT >12-14t Euro-5	0	1	0,19	0,11	0,07	0,06
RT >14-20t 80ties	0	1	7,55	4,41	3,02	2,40
RT >14-20t Euro-1	0	1	3,48	2,13	1,47	1,19
RT >14-20t Euro-2	0	1	2,72	1,70	1,27	1,11
RT >14-20t Euro-3	0	1	3,67	2,06	1,39	1,11
RT >14-20t Euro-4	0	1	0,26	0,15	0,10	0,07
RT >14-20t Euro-5	0	1	0,27	0,15	0,10	0,07
RT >20-26t 80ties	0	1	5,73	3,38	2,29	1,84
RT >20-26t Euro-1	0	1	4,54	2,84	1,99	1,59
RT >20-26t Euro-2	0	1	3,57	2,27	1,70	1,48
RT >20-26t Euro-3	0	1	4,75	2,68	1,82	1,47
RT >20-26t Euro-4	0	1	0,32	0,18	0,12	0,09
RT >20-26t Euro-5	0	1	0,33	0,18	0,12	0,09
RT >26-28t 80ties	0	1	5,86	3,56	2,43	1,92
RT >26-28t Euro-1	0	1	4,64	3,01	2,14	1,70
RT >26-28t Euro-2	0	1	4,05	2,43	1,64	1,77
RT >26-28t Euro-3	0	1	4,68	2,78	1,96	1,53
RT >26-28t Euro-4	0	1	0,32	0,19	0,13	0,09
RT >26-28t Euro-5	0	1	0,33	0,19	0,13	0,10
RT >28-32t 80ties	0	1	6,53	4,01	2,71	2,13
RT >28-32t Euro-1	0	1	5,26	3,49	2,48	1,96
RT >28-32t Euro-2	0	1	4,72	2,89	1,89	2,08
RT >28-32t Euro-3	0	1	5,63	3,21	2,04	2,06
RT >28-32t Euro-4	0	1	0,36	0,21	0,14	0,10
RT >28-32t Euro-5	0	1	0,37	0,22	0,14	0,10
RT >32t 80ties	0	1	6,95	4,02	2,76	2,21
RT >32t Euro-1	0	1	5,57	3,59	2,54	2,02
RT >32t Euro-2	0	1	4,88	2,97	1,95	2,20
RT >32t Euro-3	0	1	5,68	3,28	2,25	1,83

Classificazione/tipologia	Gradiente (%)	Carico (%)	g/km 15 km/h	g/km 30 km/h	g/km 50 km/h	g/km Vmax km/h
RT >32t Euro-4	0	1	0,36	0,21	0,14	0,11
RT >32t Euro-5	0	1	0,37	0,21	0,14	0,11
TT/AT >20-28t 80ties	0	1	5,77	3,34	2,29	1,82
TT/AT >20-28t Euro-1	0	1	4,52	2,91	2,06	1,64
TT/AT >20-28t Euro-2	0	1	3,97	2,42	1,59	1,72
TT/AT >20-28t Euro-3	0	1	4,64	2,69	1,84	1,49
TT/AT >20-28t Euro-4	0	1	0,31	0,18	0,12	0,09
TT/AT >20-28t Euro-5	0	1	0,31	0,18	0,12	0,09
TT/AT >28-34t 80ties	0	1	6,08	3,51	2,40	1,93
TT/AT >28-34t Euro-1	0	1	4,87	3,15	2,22	1,77
TT/AT >28-34t Euro-2	0	1	4,30	2,62	1,68	1,89
TT/AT >28-34t Euro-3	0	1	4,76	2,87	1,96	1,56
TT/AT >28-34t Euro-4	0	1	0,31	0,18	0,12	0,09
TT/AT >28-34t Euro-5	0	1	0,32	0,18	0,12	0,09
TT/AT >34-40t 80ties	0	1	7,16	4,13	2,81	2,25
TT/AT >34-40t Euro-1	0	1	5,84	3,75	2,62	2,09
TT/AT >34-40t Euro-2	0	1	5,12	3,11	1,98	2,33
TT/AT >34-40t Euro-3	0	1	5,70	3,42	2,32	1,86
TT/AT >34-40t Euro-4	0	1	0,37	0,21	0,14	0,10
TT/AT >34-40t Euro-5	0	1	0,37	0,21	0,14	0,10
TT/AT >40-50t 80ties	0	1	7,85	4,55	3,09	2,47
TT/AT >40-50t Euro-1	0	1	7,17	4,23	2,80	2,75
TT/AT >40-50t Euro-2	0	1	5,77	3,50	2,19	2,68
TT/AT >40-50t Euro-3	0	1	6,92	3,78	2,37	2,56
TT/AT >40-50t Euro-4	0	1	0,38	0,22	0,15	0,11
TT/AT >40-50t Euro-5	0	1	0,39	0,23	0,15	0,11
TT/AT >50-60t 80ties	0	1	9,32	5,39	3,65	2,94
TT/AT >50-60t Euro-1	0	1	8,67	5,18	3,40	3,50
TT/AT >50-60t Euro-2	0	1	7,03	4,25	2,61	3,28
TT/AT >50-60t Euro-3	0	1	8,25	4,53	2,79	3,13
TT/AT >50-60t Euro-4	0	1	0,44	0,26	0,17	0,12
TT/AT >50-60t Euro-5	0	1	0,45	0,26	0,17	0,12
TT/AT >14-20t 80ties	0	1	7,07	4,28	2,96	2,32
TT/AT >14-20t Euro-1	0	1	3,37	2,06	1,48	1,19
TT/AT >14-20t Euro-2	0	1	2,68	1,69	1,26	1,08
TT/AT >14-20t Euro-3	0	1	3,51	2,00	1,35	1,09
TT/AT >14-20t Euro-4	0	1	0,25	0,14	0,09	0,07
TT/AT >14-20t Euro-5	0	1	0,25	0,14	0,09	0,07

Tabella 6.17: emissione di NOx per tipologia di autocarri, a pieno carico, con gradiente stradale 0%.

Classificazione/Tipologia	Gradiente (%)	Carico (%)	g/km 15 km/h	g/km 30 km/h	g/km 50 km/h	g/km Vmax km/h
Coach Std <=18t 80ties	0	1	20,85	14,46	10,92	9,03
Coach Std <=18t Euro-1	0	1	16,25	10,81	8,04	6,69
Coach Std <=18t Euro-2	0	1	18,14	11,86	8,69	7,13
Coach Std <=18t Euro-3	0	1	17,73	10,18	7,12	5,55
Coach Std <=18t Euro-4	0	1	9,84	6,08	4,35	3,45
Coach Std <=18t Euro-5	0	1	6,30	3,70	2,60	2,04
Coach 3-Axes >18t 80ties	0	1	25,77	18,26	13,70	10,85
Coach 3-Axes >18t Euro-1	0	1	19,85	13,54	9,95	7,88
Coach 3-Axes >18t Euro-2	0	1	21,46	14,42	10,50	8,26
Coach 3-Axes >18t Euro-3	0	1	19,84	11,68	8,35	5,72
Coach 3-Axes >18t Euro-4	0	1	11,40	7,05	5,13	3,63
Coach 3-Axes >18t Euro-5	0	1	6,94	4,27	3,08	1,99
Ubus Midi <=15t 80ties	0	1	14,90	10,01	8,12	7,64
Ubus Midi <=15t Euro-1	0	1	11,39	7,45	5,93	5,23
Ubus Midi <=15t Euro-2	0	1	12,15	7,86	6,23	5,39
Ubus Midi <=15t Euro-3	0	1	11,60	6,83	4,82	3,80
Ubus Midi <=15t Euro-4	0	1	6,62	4,00	3,04	2,37
Ubus Midi <=15t Euro-5	0	1	4,29	2,45	1,81	1,32
Ubus Std >15-18t 80ties	0	1	24,06	16,49	13,02	11,91
Ubus Std >15-18t Euro-1	0	1	15,12	10,04	7,89	6,95
Ubus Std >15-18t Euro-2	0	1	16,01	10,48	8,20	7,04
Ubus Std >15-18t Euro-3	0	1	15,55	8,81	6,55	4,87
Ubus Std >15-18t Euro-4	0	1	8,71	5,34	4,08	3,25
Ubus Std >15-18t Euro-5	0	1	5,57	3,23	2,41	1,83
Ubus Artic >18t 80ties	0	1	30,44	21,82	17,25	14,13
Ubus Artic >18t Euro-1	0	1	19,30	13,28	10,50	8,03
Ubus Artic >18t Euro-2	0	1	19,80	13,59	10,53	8,97
Ubus Artic >18t Euro-3	0	1	19,32	11,44	8,49	6,38
Ubus Artic >18t Euro-4	0	1	11,08	7,09	5,35	4,24
Ubus Artic >18t Euro-5	0	1	7,02	4,22	3,11	2,34
RT <=7,5t 80ties	0	1	6,47	5,06	4,54	5,31
RT <=7,5t Euro-1	0	1	4,70	3,55	3,29	3,80
RT <=7,5t Euro-2	0	1	5,06	3,76	3,41	3,78
RT <=7,5t Euro-3	0	1	4,30	2,98	2,59	2,77
RT <=7,5t Euro-4	0	1	2,41	1,80	1,64	1,82
RT <=7,5t Euro-5	0	1	1,51	1,07	0,95	1,05
RT >7,5-12t 80ties	0	1	13,28	10,09	8,59	8,76
RT >7,5-12t Euro-1	0	1	8,04	5,99	5,19	4,96
RT >7,5-12t Euro-2	0	1	8,63	6,27	5,34	5,07

Classificazione/Tipologia	Gradiente (%)	Carico (%)	g/km 15 km/h	g/km 30 km/h	g/km 50 km/h	g/km Vmax km/h
RT >7,5-12t Euro-3	0	1	7,23	5,00	4,16	3,78
RT >7,5-12t Euro-4	0	1	4,13	3,06	2,60	2,46
RT >7,5-12t Euro-5	0	1	2,50	1,82	1,53	1,43
RT >12-14t 80ties	0	1	15,37	11,52	9,55	9,05
RT >12-14t Euro-1	0	1	9,40	6,90	5,73	5,29
RT >12-14t Euro-2	0	1	9,90	7,24	5,92	5,40
RT >12-14t Euro-3	0	1	8,32	5,92	4,67	4,07
RT >12-14t Euro-4	0	1	4,85	3,58	2,91	2,60
RT >12-14t Euro-5	0	1	2,93	2,14	1,71	1,51
RT >14-20t 80ties	0	1	19,97	14,78	11,86	10,45
RT >14-20t Euro-1	0	1	12,09	8,86	7,07	6,21
RT >14-20t Euro-2	0	1	13,13	9,37	7,45	6,35
RT >14-20t Euro-3	0	1	11,44	7,63	5,91	4,86
RT >14-20t Euro-4	0	1	6,33	4,62	3,62	3,09
RT >14-20t Euro-5	0	1	3,85	2,76	2,14	1,80
RT >20-26t 80ties	0	1	22,77	17,14	13,55	11,00
RT >20-26t Euro-1	0	1	15,68	11,82	9,45	7,38
RT >20-26t Euro-2	0	1	16,71	12,35	9,77	7,58
RT >20-26t Euro-3	0	1	14,26	9,88	7,69	6,10
RT >20-26t Euro-4	0	1	8,11	6,10	4,76	3,91
RT >20-26t Euro-5	0	1	4,88	3,61	2,79	2,30
RT >26-28t 80ties	0	1	23,51	18,06	14,38	11,55
RT >26-28t Euro-1	0	1	16,44	12,50	9,95	7,68
RT >26-28t Euro-2	0	1	17,69	12,87	10,17	7,81
RT >26-28t Euro-3	0	1	14,59	10,15	7,90	6,22
RT >26-28t Euro-4	0	1	8,44	6,36	4,94	4,04
RT >26-28t Euro-5	0	1	5,08	3,73	2,86	2,35
RT >28-32t 80ties	0	1	25,35	20,71	16,83	13,48
RT >28-32t Euro-1	0	1	18,79	14,45	11,61	8,34
RT >28-32t Euro-2	0	1	19,55	14,80	11,82	9,04
RT >28-32t Euro-3	0	1	16,64	11,83	9,26	7,17
RT >28-32t Euro-4	0	1	9,81	7,37	5,88	4,50
RT >28-32t Euro-5	0	1	6,00	4,32	3,39	2,63
RT >32t 80ties	0	1	27,40	21,82	17,37	13,07
RT >32t Euro-1	0	1	19,83	15,08	11,92	8,22
RT >32t Euro-2	0	1	20,45	15,48	12,16	9,12
RT >32t Euro-3	0	1	17,33	12,36	9,60	7,30
RT >32t Euro-4	0	1	9,99	7,73	6,01	4,72
RT >32t Euro-5	0	1	5,98	4,52	3,47	2,75
TT/AT >20-28t 80ties	0	1	22,53	17,65	13,99	10,67
TT/AT >20-28t Euro-1	0	1	16,22	12,38	9,74	7,29

Classificazione/Tipologia	Gradiente (%)	Carico (%)	g/km 15 km/h	g/km 30 km/h	g/km 50 km/h	g/km Vmax km/h
TT/AT >20-28t Euro-2	0	1	16,81	12,59	9,82	7,37
TT/AT >20-28t Euro-3	0	1	13,86	10,22	7,71	5,88
TT/AT >20-28t Euro-4	0	1	8,23	6,30	4,84	3,74
TT/AT >20-28t Euro-5	0	1	4,96	3,72	2,82	2,17
TT/AT >28-34t 80ties	0	1	24,08	19,33	15,30	11,13
TT/AT >28-34t Euro-1	0	1	17,54	13,39	10,51	6,90
TT/AT >28-34t Euro-2	0	1	18,13	13,50	10,46	6,96
TT/AT >28-34t Euro-3	0	1	14,55	10,96	8,28	6,10
TT/AT >28-34t Euro-4	0	1	8,77	6,81	5,22	3,88
TT/AT >28-34t Euro-5	0	1	5,28	3,99	3,00	2,24
TT/AT >34-40t 80ties	0	1	28,59	23,10	18,09	12,75
TT/AT >34-40t Euro-1	0	1	20,43	15,81	12,38	7,92
TT/AT >34-40t Euro-2	0	1	21,58	16,09	12,43	7,96
TT/AT >34-40t Euro-3	0	1	17,14	12,99	9,85	7,20
TT/AT >34-40t Euro-4	0	1	10,36	8,10	6,21	4,56
TT/AT >34-40t Euro-5	0	1	6,18	4,71	3,56	2,65
TT/AT >40-50t 80ties	0	1	32,29	26,81	21,12	14,58
TT/AT >40-50t Euro-1	0	1	22,78	18,19	14,33	9,08
TT/AT >40-50t Euro-2	0	1	23,95	18,38	14,27	9,11
TT/AT >40-50t Euro-3	0	1	19,90	14,70	11,35	7,67
TT/AT >40-50t Euro-4	0	1	11,71	9,29	7,14	5,09
TT/AT >40-50t Euro-5	0	1	6,92	5,35	4,05	2,94
TT/AT >50-60t 80ties	0	1	39,46	33,45	26,23	17,34
TT/AT >50-60t Euro-1	0	1	27,58	22,67	17,60	11,52
TT/AT >50-60t Euro-2	0	1	28,69	22,52	17,48	10,90
TT/AT >50-60t Euro-3	0	1	24,04	18,05	13,85	9,03
TT/AT >50-60t Euro-4	0	1	14,22	11,42	8,77	5,96
TT/AT >50-60t Euro-5	0	1	8,36	6,53	4,93	3,44
TT/AT >14-20t 80ties	0	1	19,73	14,75	11,73	9,89
TT/AT >14-20t Euro-1	0	1	12,13	8,80	7,04	5,67
TT/AT >14-20t Euro-2	0	1	13,04	9,23	7,32	5,82
TT/AT >14-20t Euro-3	0	1	10,79	7,55	5,72	4,69
TT/AT >14-20t Euro-4	0	1	6,23	4,59	3,56	2,95
TT/AT >14-20t Euro-5	0	1	3,78	2,74	2,09	1,72

Tabella 6.18: emissione di PM per tipologia di autocarri, a pieno carico, con gradiente stradale 0%.

Classificazione/Tipologia	Gradiente (%)	Carico (%)	g/km 15 km/h	g/km 30 km/h	g/km 50 km/h	g/km Vmax km/h
Coach Std <=18t 80ties	0	1	1,15	0,70	0,46	0,31
Coach Std <=18t Euro-1	0	1	0,91	0,55	0,35	0,22
Coach Std <=18t Euro-2	0	1	0,36	0,24	0,17	0,12
Coach Std <=18t Euro-3	0	1	0,43	0,25	0,17	0,11
Coach Std <=18t Euro-4	0	1	0,10	0,05	0,03	0,02
Coach Std <=18t Euro-5	0	1	0,11	0,05	0,03	0,02
Coach 3-Axes >18t 80ties	0	1	1,32	0,82	0,55	0,38
Coach 3-Axes >18t Euro-1	0	1	1,01	0,62	0,41	0,28
Coach 3-Axes >18t Euro-2	0	1	0,42	0,28	0,20	0,15
Coach 3-Axes >18t Euro-3	0	1	0,50	0,28	0,18	0,12
Coach 3-Axes >18t Euro-4	0	1	0,11	0,05	0,03	0,02
Coach 3-Axes >18t Euro-5	0	1	0,11	0,06	0,03	0,02
Ubus Midi <=15t 80ties	0	1	1,64	0,90	0,58	0,47
Ubus Midi <=15t Euro-1	0	1	0,54	0,32	0,22	0,19
Ubus Midi <=15t Euro-2	0	1	0,25	0,15	0,11	0,10
Ubus Midi <=15t Euro-3	0	1	0,22	0,14	0,10	0,09
Ubus Midi <=15t Euro-4	0	1	0,06	0,03	0,02	0,01
Ubus Midi <=15t Euro-5	0	1	0,06	0,03	0,02	0,02
Ubus Std >15-18t 80ties	0	1	1,54	0,83	0,52	0,40
Ubus Std >15-18t Euro-1	0	1	0,74	0,45	0,31	0,22
Ubus Std >15-18t Euro-2	0	1	0,35	0,22	0,15	0,13
Ubus Std >15-18t Euro-3	0	1	0,30	0,19	0,13	0,10
Ubus Std >15-18t Euro-4	0	1	0,08	0,04	0,02	0,02
Ubus Std >15-18t Euro-5	0	1	0,08	0,04	0,02	0,02
Ubus Artic >18t 80ties	0	1	1,95	1,06	0,69	0,52
Ubus Artic >18t Euro-1	0	1	0,92	0,58	0,40	0,30
Ubus Artic >18t Euro-2	0	1	0,48	0,30	0,21	0,15
Ubus Artic >18t Euro-3	0	1	0,37	0,23	0,16	0,13
Ubus Artic >18t Euro-4	0	1	0,09	0,05	0,03	0,02
Ubus Artic >18t Euro-5	0	1	0,09	0,05	0,03	0,02
RT <=7,5t 80ties	0	1	0,70	0,44	0,32	0,27
RT <=7,5t Euro-1	0	1	0,27	0,17	0,13	0,11
RT <=7,5t Euro-2	0	1	0,10	0,08	0,06	0,07
RT <=7,5t Euro-3	0	1	0,12	0,08	0,05	0,04
RT <=7,5t Euro-4	0	1	0,03	0,01	0,01	0,01
RT <=7,5t Euro-5	0	1	0,03	0,01	0,01	0,01
RT >7,5-12t 80ties	0	1	0,80	0,47	0,33	0,27
RT >7,5-12t Euro-1	0	1	0,50	0,28	0,20	0,17

Classificazione/Tipologia	Gradiente (%)	Carico (%)	g/km 15 km/h	g/km 30 km/h	g/km 50 km/h	g/km Vmax km/h
RT >7,5-12t Euro-2	0	1	0,19	0,13	0,09	0,11
RT >7,5-12t Euro-3	0	1	0,21	0,12	0,08	0,07
RT >7,5-12t Euro-4	0	1	0,05	0,02	0,02	0,01
RT >7,5-12t Euro-5	0	1	0,05	0,02	0,02	0,01
RT >12-14t 80ties	0	1	0,84	0,51	0,36	0,30
RT >12-14t Euro-1	0	1	0,53	0,31	0,22	0,18
RT >12-14t Euro-2	0	1	0,21	0,15	0,10	0,13
RT >12-14t Euro-3	0	1	0,22	0,13	0,09	0,07
RT >12-14t Euro-4	0	1	0,05	0,02	0,02	0,01
RT >12-14t Euro-5	0	1	0,05	0,03	0,02	0,01
RT >14-20t 80ties	0	1	1,18	0,69	0,47	0,37
RT >14-20t Euro-1	0	1	0,73	0,42	0,28	0,22
RT >14-20t Euro-2	0	1	0,27	0,18	0,13	0,15
RT >14-20t Euro-3	0	1	0,33	0,18	0,12	0,10
RT >14-20t Euro-4	0	1	0,07	0,03	0,02	0,02
RT >14-20t Euro-5	0	1	0,07	0,04	0,02	0,02
RT >20-26t 80ties	0	1	1,15	0,73	0,51	0,40
RT >20-26t Euro-1	0	1	0,97	0,56	0,38	0,29
RT >20-26t Euro-2	0	1	0,38	0,26	0,17	0,22
RT >20-26t Euro-3	0	1	0,41	0,23	0,16	0,12
RT >20-26t Euro-4	0	1	0,08	0,04	0,03	0,02
RT >20-26t Euro-5	0	1	0,08	0,04	0,03	0,02
RT >26-28t 80ties	0	1	1,18	0,77	0,54	0,42
RT >26-28t Euro-1	0	1	0,97	0,58	0,40	0,31
RT >26-28t Euro-2	0	1	0,39	0,27	0,18	0,23
RT >26-28t Euro-3	0	1	0,41	0,25	0,17	0,12
RT >26-28t Euro-4	0	1	0,08	0,04	0,03	0,02
RT >26-28t Euro-5	0	1	0,08	0,04	0,03	0,02
RT >28-32t 80ties	0	1	1,29	0,86	0,61	0,48
RT >28-32t Euro-1	0	1	1,04	0,66	0,46	0,37
RT >28-32t Euro-2	0	1	0,44	0,32	0,22	0,28
RT >28-32t Euro-3	0	1	0,42	0,27	0,19	0,14
RT >28-32t Euro-4	0	1	0,09	0,05	0,03	0,02
RT >28-32t Euro-5	0	1	0,09	0,05	0,03	0,02
RT >32t 80ties	0	1	1,35	0,88	0,62	0,49
RT >32t Euro-1	0	1	1,14	0,70	0,48	0,37
RT >32t Euro-2	0	1	0,48	0,34	0,22	0,29
RT >32t Euro-3	0	1	0,46	0,28	0,19	0,14
RT >32t Euro-4	0	1	0,09	0,05	0,03	0,02
RT >32t Euro-5	0	1	0,09	0,05	0,03	0,02
TT/AT >20-28t 80ties	0	1	1,12	0,73	0,51	0,40

Classificazione/Tipologia	Gradiente (%)	Carico (%)	g/km 15 km/h	g/km 30 km/h	g/km 50 km/h	g/km Vmax km/h
TT/AT >20-28t Euro-1	0	1	0,90	0,55	0,39	0,30
TT/AT >20-28t Euro-2	0	1	0,38	0,27	0,18	0,23
TT/AT >20-28t Euro-3	0	1	0,38	0,23	0,16	0,12
TT/AT >20-28t Euro-4	0	1	0,08	0,04	0,03	0,02
TT/AT >20-28t Euro-5	0	1	0,08	0,04	0,03	0,02
TT/AT >28-34t 80ties	0	1	1,18	0,77	0,54	0,42
TT/AT >28-34t Euro-1	0	1	0,95	0,60	0,42	0,33
TT/AT >28-34t Euro-2	0	1	0,42	0,29	0,19	0,26
TT/AT >28-34t Euro-3	0	1	0,39	0,24	0,16	0,13
TT/AT >28-34t Euro-4	0	1	0,08	0,04	0,03	0,02
TT/AT >28-34t Euro-5	0	1	0,08	0,04	0,03	0,02
TT/AT >34-40t 80ties	0	1	1,40	0,92	0,64	0,49
TT/AT >34-40t Euro-1	0	1	1,18	0,74	0,50	0,38
TT/AT >34-40t Euro-2	0	1	0,51	0,36	0,23	0,31
TT/AT >34-40t Euro-3	0	1	0,47	0,29	0,20	0,15
TT/AT >34-40t Euro-4	0	1	0,09	0,05	0,03	0,02
TT/AT >34-40t Euro-5	0	1	0,09	0,05	0,03	0,02
TT/AT >40-50t 80ties	0	1	1,53	1,02	0,72	0,55
TT/AT >40-50t Euro-1	0	1	1,29	0,83	0,57	0,44
TT/AT >40-50t Euro-2	0	1	0,58	0,41	0,26	0,36
TT/AT >40-50t Euro-3	0	1	0,51	0,32	0,22	0,17
TT/AT >40-50t Euro-4	0	1	0,10	0,05	0,03	0,02
TT/AT >40-50t Euro-5	0	1	0,10	0,05	0,03	0,02
TT/AT >50-60t 80ties	0	1	1,83	1,23	0,86	0,65
TT/AT >50-60t Euro-1	0	1	1,55	1,01	0,70	0,54
TT/AT >50-60t Euro-2	0	1	0,72	0,50	0,32	0,44
TT/AT >50-60t Euro-3	0	1	0,60	0,38	0,26	0,20
TT/AT >50-60t Euro-4	0	1	0,11	0,06	0,04	0,03
TT/AT >50-60t Euro-5	0	1	0,11	0,06	0,04	0,03
TT/AT >14-20t 80ties	0	1	1,10	0,67	0,46	0,36
TT/AT >14-20t Euro-1	0	1	0,69	0,41	0,28	0,22
TT/AT >14-20t Euro-2	0	1	0,27	0,19	0,13	0,16
TT/AT >14-20t Euro-3	0	1	0,30	0,17	0,12	0,09
TT/AT >14-20t Euro-4	0	1	0,06	0,03	0,02	0,01
TT/AT >14-20t Euro-5	0	1	0,06	0,03	0,02	0,02

6.2 Emissioni per erosione meccanica

Per una più completa valutazione, le emissioni veicolari sono state stimate non solo dalle emissioni da combustione ma anche dalle emissioni di origine meccanica determinate dal movimento del veicolo. In relazione a tale aspetto, il *Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidance* (CEPMEIP) (Visschedijk et. al., 2004) ha stimato che l'erosione dell'asfalto, insieme al consumo di freni e pneumatici, contribuisce per un 24,7% all'emissione di materiale particolato totale (PM) nei Paesi del gruppo EU-15. In questo caso l'emissione interessa principalmente l'intervallo delle particelle *coarse* (2,5 - 10 μm), a differenza delle emissioni degli scarichi autoveicolari che contribuiscono maggiormente alle emissioni di materiale particolato fine, ed in particolare questo settore contribuisce con circa il 3,1% e 1,7% rispettivamente al PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$. Le **tabelle 6.19, 6.20 e 6.21** descrivono la distribuzione della classe dimensionale del materiale particolato per usura pneumatici, freni ed asfalto rispettivamente. Sulla base di questi studi il documento EMEP (EEA,2009b), suggerisce una serie di fattori di emissione di materiale particolato per: erosione dell'asfalto, consumo dei pneumatici e usura dei freni.

Nelle **tabelle 6.22, 6.23 e 6.24** si riportano i valori, indicati per ogni specifica causa, ricavati dalla letteratura scientifica disponibile; va puntualizzato, tuttavia, che vi è un'ampia incertezza su tali dati e che la problematica nel suo complesso necessita di ulteriori studi.

Tabella 6.19: Distribuzione dimensionale del materiale particolato totale (PM) per usura pneumatici.

Classe dimensionale (i)	Frazione di massa (fT,i) di materiale particolato
PM	1,000
PM ₁₀	0,600
PM _{2,5}	0,420
PM ₁	0,060
PM _{0,1}	0,048

Tabella 6.20 : Distribuzione dimensionale del materiale particolato totale (PM) per usura freni.

Classe dimensionale(i)	Frazione di massa (fT,i) di materiale particolato
PM	1,000
PM ₁₀	0,980
PM _{2,5}	0,390
PM ₁	0,100
PM _{0,1}	0,080

Tabella 6.21: Distribuzione dimensionale del materiale particolato totale (PM) per usura asfalto.

Classe dimensionale (i)	Frazione di massa (fT,i) di materiale particolato
PM	1,00
PM ₁₀	0,50
PM _{2,5}	0,27

Tabella 6.22: Emissione di materiale particolato totale (PM) per usura pneumatici.

Classe veicolo (j)	Fattore di emissione (g/km)	Intervallo di incertezza (g/km)	Codice di qualità
Motocicli	0,0046	0,0042–0,0053	B
Automobili	0,0107	0,0067–0,0162	B
Veicoli leggeri	0,0169	0,0088–0,0217	B
Veicoli pesanti	Funzione del numero di assi e del carico	0,0227–0,0898	B–C

B: fattori di emissione non statisticamente significativi, desunti da un ristretto set di dati misurati o rivalutati
C: fattori di emissione stimati sulla base della letteratura disponibile

Tabella 6.23: Emissione di materiale particolato totale (PM) per usura freni.

Classe veicolo (j)	Fattore di emissione (g/km)	Intervallo di incertezza (g/km)	Codice di qualità
Motocicli	0,0037	0,0022–0,0050	D
Automobili	0,0075	0,0044–0,0100	B
Veicoli leggeri	0,0117	0,0088–0,0145	B
Veicoli pesanti	Funzione del peso e del carico	0,0235–0,0420	B–C

B: fattori di emissione non statisticamente significativi, desunti da un ristretto set di dati misurati o rivalutati
C: fattori di emissione stimati sulla base della letteratura disponibile
D: fattori di emissione stimati applicando condizioni di similarità e/o estrapolazioni.

Tabella 6.24: Emissione di di materiale particolato totale (PM) per usura asfalto.

Classe veicolo (j)	Fattore di emissione (g/km)	Codice di qualità
<i>Two-wheel vehicles</i>	0,0060	C–D
<i>Passenger cars</i>	0,0150	C–D
<i>Light-duty trucks</i>	0,0150	C–D
<i>Heavy-duty vehicles</i>	0,0760	C–D

C: fattori di emissione stimati sulla base della letteratura disponibile
D: fattori di emissione stimati applicando condizioni di similarità e/o estrapolazioni.

6.3 Rumore da traffico

Lo studio degli aspetti relativi al rumore sono riportati nella Relazione Tecnica: Progetto Preliminare. Collegamento stradale per il completamento dell'anello circonvallatorio a nord traforo delle Torricelle. Settembre 2009. RELAZIONE ACUSTICA. Detta relazione riporta una revisione dell'analisi acustica dell'ottobre 2008 in quanto, rispetto a tale data, il progetto ha subito varie modifiche relativamente al tracciato stradale e riguarda esclusivamente la parte all'aperto del tracciato.

Sono state considerate come “sorgenti lineari” quelle relative al tracciato principale di progetto e le rampe dello svincolo Tangenziale Ovest, percorse da un numero di macchine pari a quello reso disponibile dall'analisi del traffico. Diversamente sono state considerate come “sorgenti puntuali” le automobili e i mezzi pesanti presenti all'interno dell'Autoparco. Per quanto riguarda la parte di tracciato non analizzata nella simulazione acustica vengono effettuate alcune considerazioni che portano a considerare detto impatto trascurabile:

Il tracciato stradale sino alla progressiva 6+210, punto in cui inizia lo studio acustico, si sviluppa prevalentemente in galleria (circa 4300 m del traforo Torricelle e circa 450 m della galleria Via Preare); gli unici due tratti all'aperto non presentano particolari problematiche a livello d'impatto acustico. In particolare:

1. il primo tratto, compreso tra la progressiva 0+000 e la 0+950 circa, dove si sviluppa lo svincolo Via Fincato, si colloca sufficientemente distante dalle abitazioni. Gli unici edifici prossimi all'infrastruttura, posti a sud della strada tra la progressiva 0+800 e la 0+900, saranno adeguatamente protetti tramite una barriera fonoassorbente di lunghezza pari a 150 m e altezza 3 m;

2. il secondo tratto, compreso tra la progressiva 5+200 e la 5+800 circa, si sviluppa prevalentemente in trincea, con altezza della trincea stessa pari a circa 4 m; la trincea pertanto assolve le funzioni di barriera antirumore.

Inoltre, rispetto a quanto preventivato nell'ottobre 2008, poco più a sud est dello svincolo Via Preare, attualmente in progetto, era prevista la realizzazione dello svincolo Ca' di Cozzi e della rotatoria verso San Rocco; tali opere sono state eliminate con un conseguente miglioramento del clima acustico locale. Si conferma pertanto la scelta dell'ottobre 2008 che non prevedeva il posizionamento di barriere fonoassorbenti in tale area.

Le elaborazioni effettuate nello studio, come riportato nel documento di cui sopra, giungono alla conclusione che l'impatto acustico è conforme ai limiti di legge; viene inoltre dichiarato che: “*In fase di progettazione definitiva l'analisi acustica verrà redatta in ottemperanza alla nota protocollo n.170356 del 20/07/2009 del Comune di Verona, con particolare riferimento all'osservazione riportata dalla CdR Ambiente*”.

Tuttavia, la realizzazione dell'opera determinerà variazioni di traffico su tutta la rete stradale del comune. Poiché alcune strade subiranno un aumento di traffico, come descritto nella relazione della SISPLAN, sarebbe opportuno effettuare un'analisi delle variazioni di inquinamento acustico, in particolare per i tracciati che attraversano aree residenziali o specificatamente sensibili (es. scuole, ospedali).

Va inoltre ricordato che aspetti relativi al rumore andranno considerati anche per la fase di cantiere; infatti, come si dirà nel capitolo successivo, si hanno diverse indicazioni su detta problematica e sulle possibilità di una sua mitigazione sia su linee guida di alcune regioni che su linee guida di altri Paesi.

7. Problematiche di inquinamento atmosferico connesse ai cantieri stradali

L'insediamento di un cantiere stradale in un territorio può costituire un elemento di temporaneo impatto, anche consistente, dovuto essenzialmente a:

- sicurezza e rallentamenti del traffico, qualora il cantiere interessi strade che rimangono parzialmente in utilizzo;
- fruibilità di attività economiche, commerciali ed amministrative nelle zone adiacenti al cantiere;
- impatti diretti e indotti sull'ambiente considerando:
 - o traffico di mezzi pesanti nella rete viaria di accesso al cantiere;
 - o lavorazioni quali: movimentazione terra e materiali, scavi, ecc.;
 - o conseguenti emissioni di inquinanti, di rumori e vibrazioni, dovuti sia agli scarichi dei motori dei mezzi che operano in cantiere, che alla stessa movimentazione e stoccaggio dei materiali, dalla polvere rocciosa e di cemento spruzzato e, non ultimo, al trasporto eolico di polveri;
 - o intrusione visiva e deterioramento del paesaggio.

A tale proposito va però evidenziato che la presenza di cantieri stradali rappresenta una condizione molto frequente nelle nostre strade; il Codice della strada ne regola alcuni aspetti, anche mediante i regolamenti di attuazione, tra questi il DM 10.7.2002 contenente il disciplinare tecnico relativo agli schemi da adottare per il segnalamento temporaneo.

In questa prima fase le problematiche riguardanti i cantieri relativi all'opera in studio, possono essere valutate soltanto in linea di massima; una più puntuale valutazione potrà essere effettuata quando si saranno definite nel dettaglio le specifiche delle singole opere (tipologia e consistenza dei manufatti, localizzazione precisa delle aree di cantiere, movimentazione materiali da utilizzare e di risulta, sequenze realizzative di manufatti, ecc.) e saranno disponibili le relative documentazioni.

Tuttavia già da ora, nella documentazione fornita (in particolare la "Relazione tecnica di cantierizzazione - Progetto preliminare collegamento stradale per il completamento dell'anello circonvallatorio a Nord traforo delle Torricelle - Settembre 2009") vengono delineate alcune indicazioni e stime sulle quantità e stoccaggio dei materiali da costruzione e delle strutture prefabbricate, sulla necessità di alloggiamento delle maestranze, e sull'impiego di attrezzature e macchine operatrici. Viene anche indicato che la localizzazione dei cantieri non è da considerarsi strettamente vincolata al tracciato in realizzazione, ma andrà verificata e confermata anche sulla base di parametri ambientali, privilegiando aree degradate che necessitano di interventi di recupero. Attualmente sono state individuate per i cantieri aree che avranno la funzione di base operativa e logistica per maestranze ed attrezzature; di seguito si riportano l'elenco e la planimetria dei cantieri (si veda **figura 5.1**). Detta attività di cantiere va considerata uno dei punti critici dell'opera, anche se di durata ridotta nel tempo (vengono previsti circa tre anni) e a diversa intensità a seconda della tipologia di lavori (rialzato, trincea, galleria, ecc.).

Le opere di scavo e di approntamento dei tracciati comportano una notevole movimentazione di materiali; per quanto riguarda lo smarino di galleria (materiale roccioso, calcareniti e calcari marnosi) viene previsto l'impiego, previo idoneo

trattamento, come materiale da costruzione ed altri utilizzi (conglomerati cementizi, bituminosi). Altro materiale (750.000 m³), proveniente dalle gallerie artificiali e dalle trincee, potrà essere riutilizzato per la realizzazione dei rilevati. Per il materiale eccedente (1.147.000 m³), trattandosi di materiale da costruzione di buona qualità, viene previsto che potrà essere piazzato direttamente sul mercato locale a cura della Committente. Pertanto nel progetto preliminare si riporta che non vengono previste né discariche definitive, né depositi temporanei di materiali di risulta.

Il movimento terra che viene riportato nella documentazione comprende:

- Smarino galleria naturale m³ 624.000.
- Gallerie artificiali m³ 537.000.
- Trincee m³ 1.360.000.

Relativamente alle terre di cantiere va ricordato che con l'emanazione del 2° correttivo del DLgs 152/2006 e con gli ultimi interventi normativi dei primi mesi del 2009, cambia sostanzialmente la gestione delle terre e rocce da scavo. Infatti l'art. 186 è stato completamente riscritto ed in estrema sintesi, affinché le terre e rocce non siano da considerare rifiuti, esse non possono provenire da siti contaminati [Art.186 comma 1 punto e)]. L'accertamento della non provenienza da un "sito contaminato" andrà effettuata secondo i criteri riportati nella Parte IV - Titolo V del DLgs 152/2006, così come modificato dal DLgs 04/2008. Pertanto ove il sito di provenienza delle terre e rocce da scavo esibisca concentrazioni delle sostanze inferiori alle "concentrazioni soglia di contaminazione"(CSC) (All. 5 – Tab. 1 Parte IV - Titolo V – DLgs 152/2006) non vi sarà bisogno dell'analisi di rischio; ove invece si abbia un superamento delle CSC dovrà essere eseguita un'analisi di rischio, al fine di individuare se il sito è contaminato o meno. Anche la caratterizzazione, ove necessaria, andrà eseguita secondo i criteri del DLgs 152/2006 che andrà eseguita prima dell'avvio dello scavo, al fine di individuare se si è in presenza o meno di un sito contaminato.

La caratterizzazione delle terre e rocce da scavo è profondamente cambiata rispetto alla precedente versione: il momento della prova non va più effettuata sulle terre e rocce da scavo, ma sul sito di provenienza delle stesse, secondo le procedure previste al Titolo V - Parte IV del citato decreto. Questo in coerenza con quanto affermato al punto e) del comma 1 dell'art. 186 e cioè che esse non debbono provenire da un sito contaminato o sottoposto a interventi di bonifica. Pertanto, l'accertamento deve essere effettuato prima che esse si generino e non vi è più il vecchio criterio, che invece prevedeva l'accertamento, come composizione media, effettuato anche in un secondo momento sul sito di deposito, direttamente sulle terre e rocce, che si erano generate. L'altra condizione fondamentale, affinché le terre e rocce da scavo siano considerate "sottoprodotti" escluse cioè dal campo di applicazione della legislazione dei rifiuti, è che queste siano riutilizzate nella loro integrità cioè non siano sottoposte ad un preventivo trattamento o trasformazione. Inoltre il legislatore ribadisce che la modalità del "riutilizzo" non deve in alcun modo comportare un impatto ambientale. Ove la produzione di terre e rocce da scavo avvenga nel corso di lavori pubblici non soggetti né a VIA né a permesso di costruire o denuncia di inizio di attività, la sussistenza dei requisiti di cui al comma 1, nonché i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo, che non possono superare un anno, devono risultare da idoneo allegato al progetto dell'opera, sottoscritto dal progettista.

Relativamente ai possibili rischi per la salute, uno degli aspetti principali è rappresentato dalla esposizione al PM sospeso (in particolare dalla frazione respirabile),

dagli inquinanti emessi dai mezzi di cantiere (principalmente emissioni da motori diesel), da eventuali fumi derivanti da volate di mine effettuate nello scavo del tunnel, da rumori e vibrazioni.

Per quanto riguarda il PM proveniente dal materiale di scavo andrà anche verificata la presenza di sostanze quali ad esempio: fibre di amianto e silice libera cristallina che, se presenti, costituirebbero un problema sanitario aggiuntivo (IARC 1987, WHO 1987, IARC 1987, ISS 2000).

Il contributo alle emissioni in atmosfera dovuto ai mezzi di cantiere ed ai mezzi impiegati nella movimentazione dei materiali e terre di scavo, è relativo ai prodotti di scarico dei motori diesel di diverso tipo. Si possono considerare: macroinquinanti, quali monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO_x), biossido di zolfo (SO₂), e microinquinanti, prevalentemente composti organici volatili (COV) di vario tipo, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), ecc.. Anche in questo caso va ricordato che la IARC ha classificato l'emissione dei motori diesel come "probabile cancerogeno per l'uomo" - classe 2A, va inoltre considerata che sostanze quali IPA e loro derivati risultano per la maggior parte adsorbite sul materiale particolato a più piccola granulometria (< PM₁₀).

Per quanto riguarda l'opera in oggetto, va raccomandato che la prevista attivazione dei cantieri non comporti una sostanziale interferenza con la rete viaria preesistente, privilegiando l'utilizzo di percorsi extraurbani. Risulta evidente che particolare attenzione dovrà essere posta alle aree di cantiere che verranno a trovarsi nelle vicinanze di insediamenti abitativi o di altri punti particolarmente sensibili, quali l'Ospedale (considerando che si ha la permanenza, anche se per tempi limitati, di soggetti che possono presentare particolari vulnerabilità) e i campi sportivi (considerando che le attività che vi si svolgono comportano in genere una iperventilazione e sono finalizzate al conseguimento di benessere fisico in ambienti salubri).

Un utile contributo alla individuazione delle corrette procedure da porre in atto può essere fornito anche da linee guida in uso in altri Paesi e da procedure adottate in alcune Regioni italiane.

Per quanto riguarda gli aspetti ambientali e di inquinamento legati ai cantieri stradali, si ritiene utile esaminare anche le indicazioni contenute nella Direttiva Aria Cantieri della Confederazione Elvetica (UFAM, 2009). Questa riporta, tra l'altro, una "lista di controllo" su provvedimenti generali e specifici da applicare al fine di ridurre l'emissione di inquinanti atmosferici emessi da cantieri; vengono riportati provvedimenti di base di "buona prassi di cantiere" e provvedimenti specifici relativamente alle varie fasi di lavoro del cantiere. Sempre della Confederazione Elvetica (UFAM, 2008) è la "Checklist ambiente per progetti di strade nazionali non soggetti all'EIA (Esame dell'Impatto sull'Ambiente)" finalizzata a svolgere in modo corretto gli accertamenti degli effetti sull'ambiente per progetti non soggetti a valutazione di impatto ambientale. In generale, pur considerando che non si tratta di regolamenti nazionali, questi documenti possono fornire utili indicazioni, in particolare per quanto riguarda gli aspetti di mitigazione degli impatti.

Un altro utile contributo, alla individuazione delle corrette procedure da porre in atto, può essere fornito da orientamenti di alcune Regioni italiane; tra queste: la "Nota tecnica Interregionale n. 12211 del 31/03/2004" delle Regioni Toscana ed Emilia Romagna, su dotazioni ed uso dei mezzi equipaggiati con motori diesel e le linee guida

della Provincia di Firenze per la valutazione delle emissioni di polveri da movimentazione di materiali polverulenti.

In particolare, per quanto riguarda le emissioni diffuse, si hanno una serie di prescrizioni anche nella normativa nazionale (DLgs 152/2006) e nei documenti della Unione Europea (UE) sulle migliori tecnologie disponibili (*Best Available Techniques Reference Document* - BRef). Sono esclusi dall'ambito di applicazione del DLgs 152/2006 (titolo I della parte V) le emissioni *provenienti da sfiati e ricambi d'aria esclusivamente adibiti alla protezione e alla sicurezza degli ambienti di lavoro*, ovvero quelle aspirazioni che sono esclusivamente adibite ad assicurare un adeguato microclima interno (in relazione ad esempio a temperatura ed umidità) e non preposte all'evacuazione di inquinanti. Va però evidenziato che, qualora il ricambio d'aria fosse necessario al fine di garantire una concentrazione di inquinanti conforme alla disciplina relativa alla sicurezza e igiene del lavoro, tale ricambio si configura come un'emissione di sostanze inquinanti in atmosfera e pertanto va assoggettato ad autorizzazione.

Altro riferimento normativo nazionale da considerare è quello del DLgs 13/08/2010, n. 155, "Attuazione della direttiva [2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa](#), che riporta (art. 11) alcune indicazioni sulle modalità e procedure di attuazione dei piani per il raggiungimento dei valori limite e dei livelli critici, per il perseguimento dei valori obiettivo e per il mantenimento del relativo rispetto. Tra le prescrizioni che devono essere indicate (tenendo conto, laddove emanate, delle linee guida da adottare con apposito decreto del Ministero dell'ambiente di concerto con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti) si hanno: *prescrizioni per prevenire o limitare le emissioni in atmosfera che si producono nel corso delle attività svolte presso qualsiasi tipo di cantiere, incluso l'obbligo che le macchine mobili non stradali ed i veicoli di cui all'articolo 47, comma 2, lett. c) - categoria N2 e N3 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, utilizzati nei cantieri e per il trasporto di materiali da e verso il cantiere rispondano alle più recenti direttive comunitarie in materia di controllo delle emissioni inquinanti o siano dotati di sistemi di abbattimento delle emissioni di materiale particolato*. Si ricorda che la categoria N2 comprende i veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima superiore a 3,5 t ma non superiore a 12 t e la categoria N3 i veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima superiore a 12 t.

Riassumendo, i possibili principali impatti sull'ambiente si possono quindi schematizzare in:

- emissioni di inquinanti in atmosfera da motori a combustione interna, dovuti sostanzialmente ai mezzi di cantiere, gruppi elettrogeni, compressori, ecc.;
- emissioni di materiale particolato dovuto alle operazioni di stoccaggio e movimentazione terra e materiali da costruzione, operazioni di scavo, ecc.;
- rumori e vibrazioni dovuti ai mezzi di cantiere, alle operazioni di scavo, alle volate di mina;
- impatto visivo dovuto alle strutture di cantiere e a barriere antipolvere e antirumore.

7.1 Modalità di mitigazione degli impatti

I problemi ambientali ed igienico-sanitari maggiori sono in genere relativi al materiale particolato prodotto dai cantieri da sorgenti puntuali o diffuse (da macchine e apparecchiature, da trasporto, trasbordo e operazioni di sterro, estrazione, trattamento e trasbordo di materiale, dispersione tramite il vento ecc.). Vanno quindi applicati provvedimenti: che consentano una riduzione alla fonte degli inquinanti mediante l'adozione di misure adeguate; tra queste si possono citare una serie di azioni relative alle modalità di conduzione dei lavori, ai materiali, alle macchine utilizzate. Di seguito se ne riportano, schematicamente, le principali.

7.2.1 Processi di lavoro meccanici:

- Agglomerazione della polvere mediante umidificazione del materiale, ad esempio mediante sistemi di bagnatura mobili o fissi.
- Impiego di impianti, apparecchiature e silos di stoccaggio dotati di captazione delle polveri (esempio: depolverazione mediante filtri a maniche degli sfiati e delle arie di spostamento durante il carico e lo scarico, ecc.).
- Adozione di accorgimenti nei processi di movimentazione atti a ridurre il sollevamento di polveri (esempio: scarse altezze di getto, basse velocità d'uscita, contenitori di raccolta chiusi, ecc.).
- Dotare i sistemi di movimentazione dei materiali polverulenti (nastri trasportatori, elevatori a tazze, coclee, tavole vibranti, ecc.) di coperture e incapsulamenti.
- Riduzione al minimo dei punti di deposito di materiale polverulento sciolto all'aperto e uso di filmanti e barriere di protezione dal vento.
- Adeguata protezione dal vento dei depositi di materiale sciolto, macerie, calcestruzzo di demolizione, sabbia, soggetti a frequente movimentazione (esempio: mediante una sufficiente umidificazione, pareti/valli di protezione o sospensione dei lavori in caso di condizioni climatiche avverse).
- Adeguata protezione dal vento dei depositi di materiale sciolto con scarsa movimentazione (esempio: copertura con stuoie, teli o copertura verde).
- Sulle piste non consolidate legare le polveri in modo adeguato (esempio: mediante autocisterna circolante con getti d'acqua a pressione, impianti d'irrigazione mobili o fissi).
- Limitazione della velocità massima dei mezzi sulle piste di cantiere (esempio: 30 km/h).
- Sottoporre ad adeguato consolidamento le piste di trasporto molto frequentate (esempio: pavimentazione o una copertura verde, periodica pulizia, evitare depositi e ricadute di materiali sfusi sulle stesse).
- Munire le uscite dal cantiere alla rete stradale pubblica con efficaci vasche di pulizia (esempio: impianti di lavaggio delle ruote).
- Trattamenti anche nelle operazioni di smantellamento o demolizione con esplosivo con accorgimenti che consentono un'adeguata agglomerazione delle polveri (esempio: umidificazione, cortine d'acqua, mantenimento di grosse pezzature).

7.2.2 Processi di lavoro termici e chimici:

- Limitazione di emissione di composti organici volatili (COV) (esempio: solventi, rivestimenti, incollaggi, ecc.) mediante idonea scelta dei materiali e delle procedure d'uso.
- Impiego di bitumi ed emulsioni bituminose con basso tasso di emissione di inquinanti atmosferici e limitazione dell'emissione durante processi a caldo di emissioni di gas e fumi mediante idonea scelta dei materiali e delle temperature d'uso.
- Impiego di caldaie chiuse con regolatori di temperatura.
- Captazione, aspirazione e separazione degli aerosol secondo lo stato della migliore tecnica.
- I punti di lavoro di saldatura vanno attrezzati in modo che il fumo di saldatura possa essere captato, aspirato, se possibile abbattuto, ed evacuato (esempio: aspirazione puntuale e filtrazione).
- Utilizzo di esplosivi a basse emissioni.

7.2.3 Requisiti di macchine e apparecchi

- Impiegare, per quanto possibile, apparecchi di lavoro a basse emissioni (esempio: motori elettrici).
- Attenta e periodica manutenzione di macchine e apparecchi con motore a combustione interna con identificabilità e controllabilità della stessa.
- Per dette macchine ed apparecchi, equipaggiamento con sistemi antinquinamento e loro attenta e periodica manutenzione.
- Per macchine e apparecchi con motore diesel vanno utilizzati carburanti a basso tenore di zolfo e sistemi di filtri antiparticolato.
- Per i lavori con elevata produzione di polveri, con macchine e apparecchi per la lavorazione meccanica dei materiali, vanno adottate misure di riduzione delle polveri (esempio: bagnatura, captazione, aspirazione).

Di estrema importanza è poter operare nel corso dell'esecuzione dell'opera, da parte della committenza o di idoneo Ente da essa incaricato, una vigilanza sulla corretta attuazione dei provvedimenti per la limitazione delle emissioni. Questi vanno stabiliti già nella procedura di autorizzazione, nell'elenco delle prestazioni e nel contratto d'appalto. Altrettanto importante è l'istruzione del personale e delle maestranze in merito a produzione, diffusione, effetti di inquinanti atmosferici nei cantieri, affinché tutti sappiano quali siano i provvedimenti atti a ridurre le emissioni nel proprio campo di lavoro e quali siano le possibilità personali di contribuire alla riduzione delle emissioni stesse. Vanno anche ben considerati i contatti da tenere con i gruppi di popolazioni più vicine ai cantieri, al fine di fornire informazioni periodiche, tempestive ed esaurienti ed evitare incomprensioni e allarmismi ingiustificati; anche al fine di creare condizioni che favoriscano l'instaurarsi di un clima di fiducia. Questo in particolare per quanto riguarda:

- la durata totale dei lavori,

- le opere con forti emissioni e la loro presumibile durata,
- le misure previste per la limitazione delle emissioni,
- le strutture di riferimento per reclami (servizio reclami telefonico) e informazioni approfondite,
- l’attuazione dei provvedimenti per la limitazione delle emissioni,
- l’istruzione del personale per un comportamento rispettoso dell'ambiente,
- i provvedimenti organizzativi,
- informazione sulle cause e sulle procedure in caso di eventi incidentali o episodi acuti di emissioni (esempio: sversamenti accidentali con conseguenti emissioni anomale, eventi meteorologici imprevisti che abbiano causato trasporti eolici massicci, ecc.).

I complessi aspetti che, per cantieri di questo tipo, riguardano la prevenzione e la protezione delle maestranze che a vario titolo lavoreranno nei e per i cantieri, fanno capo essenzialmente al DLgs 9 aprile 2008, n. 81 Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Tali aspetti non verranno trattati nel presente studio in quanto non fanno parte della convenzione Comune – ISS, tuttavia si ritiene importante raccomandare l’attivazione di procedure di sorveglianza da parte degli Enti preposti e del Comune stesso anche su questo particolare settore.

A completamento del paragrafo si riportano nel seguito una serie di stralci dei documenti citati; per un maggiore dettaglio si rimanda ai documenti stessi.

DLgs 3 aprile 2006 n. 152: allegato V, Parte 1.

ALLEGATO V

POLVERI E SOSTANZE ORGANICHE LIQUIDE

Parte I

Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico, scarico o stoccaggio di materiali polverulenti.

1. Disposizioni generali

1.1. Nei casi in cui si producono, manipolano, trasportano, immagazzinano, caricano e scaricano materiali polverulenti, devono essere assunte apposite misure per il contenimento delle emissioni di polveri.

1.2. Nei casi di cui al punto 1.1, l'autorità competente stabilisce le prescrizioni per il contenimento delle emissioni di polveri tenendo conto, in particolare, dei seguenti elementi :

- pericolosità delle polveri;
- flusso di massa delle emissioni;
- durata delle emissioni;
- condizioni meteorologiche;
- condizioni dell'ambiente circostante.

2. Produzione e manipolazione di materiali polverulenti.

2.1. I macchinari e i sistemi usati per la preparazione o la produzione (comprendenti, per esempio, la frantumazione, la cernita, la miscelazione, il riscaldamento, il raffreddamento, la pellettizzazione e la bricchettazione) di materiali polverulenti devono essere incapsulati.

2.2. Se l'incapsulamento non può assicurare il contenimento ermetico delle polveri, le emissioni, con particolare riferimento ai punti di introduzione, estrazione e trasferimento dei materiali polverulenti, devono essere convogliate ad un idoneo impianto di abbattimento.

3. Trasporto, carico e scarico dei materiali polverulenti.

3.1. Per il trasporto di materiali polverulenti devono essere utilizzati dispositivi chiusi.

3.2. Se l'utilizzo di dispositivi chiusi non è, in tutto o in parte, possibile, le emissioni polverulenti devono essere convogliate ad un idoneo impianto di abbattimento.

3.3. Per il carico e lo scarico dei materiali polverulenti devono essere installati impianti di aspirazione e di abbattimento nei seguenti punti:

- punti fissi, nei quali avviene il prelievo, il trasferimento, lo sgancio con benne, pale cariatrici, attrezzature di trasporto;
- sbocchi di tubazione di caduta delle attrezzature di caricamento;
- attrezzature di ventilazione, operanti come parte integrante di impianti di scarico pneumatici o meccanici;
- canali di scarico per veicoli su strada o rotaie;
- convogliatori aspiranti.

3.4. Se nella movimentazione dei materiali polverulenti non è possibile assicurare il convogliamento delle emissioni di polveri, si deve mantenere, possibilmente in modo automatico, una adeguata altezza di caduta e deve essere assicurata, nei tubi di scarico, la più bassa velocità che è tecnicamente possibile conseguire per l'uscita del materiale trasportato, ad esempio mediante l'utilizzo di deflettori oscillanti.

3.5. Nel caricamento di materiali polverulenti in contenitori da trasporto chiusi, l'aria di spostamento deve essere raccolta e convogliata ad un impianto di abbattimento.

3.6. La copertura delle strade, percorse da mezzi di trasporto, deve essere tale da non dar luogo ad emissioni di polveri.

4. Stoccaggio di materiali polverulenti.

4.1. L'autorità competente stabilisce le prescrizioni per lo stoccaggio dei materiali polverulenti tenendo conto, in particolare, dei seguenti elementi:

- possibilità di stoccaggio in silos;
- possibilità di realizzare una copertura della sommità e di tutti i lati del cumulo di materiali sfusi, incluse tutte le attrezzature ausiliarie;
- possibilità di realizzare una copertura della superficie, per esempio utilizzando stuoie;
- possibilità di stoccaggio su manti erbosi;
- possibilità di costruire terrapieni coperti di verde, piantagioni e barriere frangivento;
- umidificazione costante e sufficiente della superficie del suolo.

5. Materiali polverulenti contenenti specifiche categorie di sostanze.

5.1. Si applica sempre la prescrizione più severa tra quelle che i punti precedenti rimettono alla scelta dell'autorità competente, nel caso in cui i materiali polverulenti contengano sostanze comprese nelle classi riportate nella seguente tabella al di sopra dei corrispondenti valori, riferiti al secco, in una frazione di

materiale separabile mediante setacciatura con setaccio dotato di maglie aventi una larghezza massima di 5 mm.

sostanze di cui all'allegato I, parte II, tabella A1, classe I	50 mg/kg
sostanze di cui all'allegato I, parte II, tabella A2	50 mg/kg
sostanze di cui all'allegato I, parte II, tabella B	50 mg/kg
sostanze di cui all'allegato I, paragrafo 1, tabella A1, classe II	0,50 g/kg
sostanze di cui all'allegato I, parte II, , tabella B, classe II	0,50 g/kg
sostanze di cui all'allegato 1, paragrafo 1, tabella A1, classe III	5,0 g/kg

European Commission (2006) Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques on Emissions from Storage. July 2006

Approaches and techniques to reduce dust emissions		Section	
Primary	Organisational	• monitoring	4.3.3.1
		• layout and operation of storage places (by planning and operating personnel)	
		• maintenance (of prevention/reduction techniques)	
		• reduction of wind attack areas	
	Constructional	• large volume silos	4.3.4.1
		• sheds or roofs	4.3.4.2
		• domes	4.3.4.3
		• self-erecting covers	4.3.4.4
		• silos and hoppers	4.3.4.5
		• wind protection mounds, fences and/or plantings	4.3.5
	Technical	• use of wind protection	4.3.5; 4.3.6.2
		• covering of open storage	4.3.5; 4.3.6.3
		• moistening of open storage	4.3.6.1
Secondary	• water spraying/water curtains and jet spraying		4.4.6.8; 4.4.6.9
	• extraction of storage sheds and silos		4.3.7
Note: The boundary between primary and secondary approaches is not always clear; e.g. a water curtain limits the spread of dust emissions and is – at the same time – a means of dust binding.			

Table 4.12: Approaches and techniques to reduce dust emission from storage and cross-reference [17, UBA, 2001]

Approaches and techniques to reduce dust emission		Section	
Primary	Organisational	Weather conditions	4.4.3.1
		Measures (for the crane operator) when using a grab: - reduction of the drop height when the material is discharged - total closing of the grab/jaws after material pick-up - leaving the grab in the hoppers for a sufficient time after the material discharge - stopping of grab operations when the wind is strong.	4.4.3.2
		Measures (for the operator) when using a belt conveyor: - suitable conveyor speed - avoiding loading the belt up to its edges.	4.4.3.3
		Measures (for the operator) when using a mechanical shovel: - reducing the drop height when the material is discharged - choosing the right position during discharging into a truck.	4.4.3.4
		Layout and operation of storage sites (by the planner and the operating personnel) - reduction of transport distances - adjusting the speed of vehicles - roads with hard surfaces - reduction of wind attack areas	4.4.3.5
		Technical	Optimised grabs
	Use of closed conveyors (e.g. tube belt conveyors, screw conveyors)		4.4.5.2
	Conveyor belt without support pulleys		4.4.5.3
	Primary measures on conventional conveyor belts		4.4.5.4
	Primary measures on transfer chutes		4.4.5.5
	Minimising speed of descent		4.4.5.6
	Minimisation of free fall heights (e.g. cascade hoppers)		4.4.5.7
	Use of dust barriers on dump pits and hoppers		4.4.5.8
	Low dust bunker		4.4.5.9
	Chassis of vehicles with round tops		4.4.5.10
	Secondary	Screens for open conveyor belts	4.4.6.1
		Housing or covering of the emission sources	4.4.6.2
		Applying covers, aprons or cones on fill tubes	4.4.6.3
Extraction systems		4.4.6.4	
Filter systems for pneumatic conveyors		4.4.6.5	
Dump pits with suction equipment, housing and dust barriers		4.4.6.6	
Optimised discharge hoppers (in ports)		4.4.6.7	
The techniques of water spraying/water curtains and jet spraying		4.4.6.8	
Cleaning conveyor belts		4.4.6.9	
Fitting trucks with mechanical/hydraulic flaps		4.4.6.10	
Cleaning of roads		4.4.6.11	
Cleaning of vehicle tyres		4.4.6.12	
Note: The boundary between primary and secondary approaches is not always clear; e.g. a water curtain limits the spread of dust emission and is – at the same time – a method of dust binding.			

Table 4.16: Approaches and techniques to reduce dust emissions from loading and unloading [17, UBA, 2001, 134, Corus, 1995] [91, Meyer and Eickelpasch, 1999]

8. Problematiche connesse all'esercizio del tunnel naturale

La galleria prevista nella circonvallazione Nord è dotata, tra l'altro, di un sistema di ventilazione e di filtrazione che consente di mantenere bassa la concentrazione degli inquinanti all'interno del tunnel e di filtrare il materiale particolato presente nell'aria prelevata all'interno della galleria prima di espellerla in prossimità della galleria stessa. Da quanto si apprende, dalla documentazione inizialmente fornita e da quella successiva richiesta, la ventilazione della galleria delle Torricelle è di tipo longitudinale. Ovvero prevede lo spostamento dell'aria, nella direzione dal fornice di ingresso verso quello di uscita, attraverso coppie di ventilatori assiali disposte in serie ed è rispondente alle normative vigenti ed alle circolari emanate in materia di impianti tecnologici e di sicurezza in galleria dai più importanti gestori di reti stradali in Italia, tra cui in particolare l'ANAS SpA.

Il funzionamento dei ventilatori in galleria è regolato da analizzatori che misurano in continuo CO, NO_x e l'opacità dell'aria (ovvero misura indiretta del materiale particolato mediante opacimetro). Questo comporta che, una volta superati determinati valori prestabiliti, si attivino i ventilatori, in modo da creare una velocità di circolazione dell'aria (normalmente 3 m/s) necessaria a ripristinare una concentrazione dei suddetti inquinanti inferiore a quella prestabilita.

Sempre da detta documentazione si riporta che l'impianto di ventilazione dell'opera in oggetto verrà progettato per mantenere le concentrazioni di CO e di NO_x, all'interno della galleria ed in corrispondenza dei fornici di uscita, ben al di sotto dei valori limite definiti dalla *Permanent International Association of Road Congress* (PIARC) per queste infrastrutture. La **tabella 8.1** riporta a confronto i suddetti limiti della PIARC e quelli che vengono proposti per il tunnel relativo all'opera viaria in questione.

In corrispondenza dell'uscita di ciascuna canna della galleria, è posizionata una stazione di filtraggio e trattamento dell'aria circolante nella galleria stessa, finalizzata all'abbattimento dei contenuti di PM₁₀ sospeso. Queste stazioni di filtraggio, come illustrato nel progetto preliminare, convogliano l'aria circolante all'interno dell'impianto di trattamento attraverso dei filtri elettrostatici che catturano il materiale particolato. Questa aria viene successivamente reimpressa nella canna della galleria in prossimità dell'uscita e quindi fuoriesce all'esterno in prossimità delle uscite. Si viene quindi ad avere un effetto di diluizione dovuto alla ventilazione forzata che, aumentando la velocità dell'aria all'interno del tunnel, ne comporta una sua diluizione con aria esterna e una riduzione del materiale particolato per la sua parziale filtrazione. La sezione filtrante del materiale particolato è composta da diverse unità di elettrofiltri poste in parallelo, per ulteriori indicazioni si rimanda alla documentazione specifica.

Il funzionamento del sistema è garantito da una batteria di ventilatori posti in parallelo che garantiscono la continuità di portata dall'interno della canna all'interno della camera di trattamento. La suddetta portata varia in funzione del traffico e delle concentrazioni di inquinanti che, come detto in precedenza, influenzano la velocità di circolazione dell'aria nella canna, ma in ogni caso per il predimensionamento dell'impianto può essere assunto un valore medio di portata pari a 230 m³/s, coerente con il valore medio di velocità dell'aria indicato in precedenza.

Sempre dalla documentazione fornita si apprende che, l'efficienza del sistema di filtrazione previsto nel Progetto Preliminare, è stata calcolata in base a dati disponibili relativi ad impianti analoghi già in funzione od in fase di progettazione. Questi sono: l'impianto di filtrazione previsto per il tunnel pilota di Plabutsch (Graz - Austria), che ha una lunghezza di 10 km e fa parte dell'autostrada austriaca A9 "*Pyhrn Autobahn*" monitorato da circa 10 anni e l'impianto di prossima realizzazione per la filtrazione dei fumi provenienti dal tunnel del Monte Bianco. Lo stesso documento riporta misure effettuate in impianti analoghi per i quali risultano efficienze di abbattimento che possono raggiungere valori superiori al 99%; la **tabella 8.2** riporta i dati relativi.

Impianti con questa tipologia di sistema di filtrazione sono indicati nella documentazione fornita e si riportano di seguito:

- Plabutschunnel, Austria - 1991;
- Katschbergtunnel, Austria - 1994;
- Weinerwaldtunnel, Austria - 2005;
- Le Vigne Tunnel, Italia - Cesena - 2006;
- Tunnel sulla Calle 30, Spagna - Madrid - 2007;
- Tunnel Kirchdorf, Austria – 2008;
- Tunnel Napoli-Pozzano, Italia - Napoli - 2008;
- Tunnel del Monte Bianco, Lato Francia - 2010.

Per quanto riguarda le soglie di concentrazione che attivano la messa in azione dei ventilatori si ritiene che queste vadano individuate considerando anche gli standard di qualità dell'aria. Infatti, pur tenendo conto che la presenza delle persone che transitano nel tunnel si riduce ad alcuni minuti e quindi i tempi di esposizione, in condizioni normali, risulterebbero molto esigui, si ritiene che i limiti per i quali si attiva il sistema di ventilazione debbano essere, a maggior cautela, ulteriormente ridotti. A supporto di questa considerazione e a titolo indicativo, si riportano per detti inquinanti gli attuali limiti nazionali e gli standard di qualità dell'aria relativi, rispettivamente, al DLgs 155/2010 e alle linee guida della WHO (WHO 2006) (**tabella 8.3**).

Tabella 8.1: Limiti massimi per concentrazioni di CO e di NO_x da rispettare all'interno della galleria ed in corrispondenza ai fornici di uscita, indicati dalla PIARC e limiti per l'impianto di progetto.

Inquinante	Limite PIARC 95		Limite di progetto	
CO	ppm 200	mg/m ³ 229	ppm 150	mg/m ³ 172
NO _x (NO ₂)	ppm 30	µg/m ³ 56.400	ppm 30	µg/m ³ 47.000

Tabella 8.2: Valori di distribuzione e di abbattimento del materiale particolato

dimensione particelle (µm)	distribuzione (%)	efficienza abbattimento (%)
<2,5	30	54-91
2,5-10	60	94-99
>10	10	>99

dimensione particelle (µm)	distribuzione (%)	efficienza abbattimento (%)
<0,5	19	80
0,5-1	5	80-90
1-10	76	95-99
>10	0.3	>99

Tabella 8.3: Limiti nazionali e standard di qualità dell'aria della Organizzazione Mondiale della Sanità per CO, NO₂ e NO_x (per maggiori dettagli si rimanda alla specifica bibliografia).

inquinante	limiti nazionali (DLgs 155/2010)	Linee Guida OMS
CO	10 mg/m ³ (media 8 ore)	100 mg/m ³ (media 15 minuti) 60 mg/m ³ (media 30 minuti) 30 mg/m ³ (media 1 ora) 10 mg/m ³ (media 8 ore)
NO ₂	200 µg/m ³ (media 1 ora) 40 µg/m ³ (media annuale)	200 µg/m ³ (media 1 ora) 40 µg/m ³ (media annuale)
NO _x	30 µg/m ³ (media annuale) livello critico per protezione della vegetazione)	--

9. L'informazione tecnico-scientifica, la comunicazione del rischio e il coinvolgimento della popolazione nel processo decisionale

Considerando il punto g) della convenzione: “Valutazioni/raccomandazioni relative alle modalità di coinvolgimento/informazione della popolazione riguardo le fasi di progettazione/realizzazione delle varie fasi del progetto” si riportano di seguito una serie di indicazioni.

9.1 Metodologia

Allo scopo di pianificare attività di comunicazione/partecipazione dirette alla popolazione inerenti la progettazione e realizzazione dell'opera, si è proceduto ad effettuare:

1. Analisi della letteratura scientifica sulla percezione del rischio allo scopo di individuare i principali determinanti che possono avere un ruolo rilevante nella formazione dell'opinione pubblica.
2. Analisi della documentazione fornita dal Comune, con particolare riguardo alle indagini conoscitive sulla mobilità (SISPLAN, relazione dicembre 2008, 6811/2- rev 0.0) per analizzare le abitudini e le modalità di spostamento di un campione di operatori presso aziende e di privati cittadini delle classi di età 35-40 e 18-24 anni.
3. Analisi delle informazioni desunte da quanto riportato da uffici stampa, articoli di giornali, interviste, comunicati, contenuti di blog e siti on-line pro e contro l'opera, per il ruolo rilevante che i media svolgono nella formazione dell'opinione pubblica.

Attraverso la disamina della documentazione, si è giunti ad una ipotesi preliminare per pianificare un sistema di comunicazione del rischio e di coinvolgimento della popolazione nella città di Verona.

L'utilizzo di documentazione scientifica e di contenuti e messaggi riportati dai media è prassi riconosciuta in tutti quei casi in cui non si dispone di informazioni ottenute con specifica metodologia scientifica.

9.2 Aspetti generali della comunicazione del rischio e della partecipazione dei cittadini alle scelte del processo decisionale

La comunicazione alla popolazione interessata ai rischi sanitari ed ambientali associati alla presenza sul territorio di infrastrutture, opere ed impianti industriali è un diritto (*right to know*) ed una esigenza (*need to know*) riconosciuti in specifiche disposizioni e norme vigenti nei paesi industrializzati. Il diritto/bisogno dei cittadini ad essere informati, è stata una conquista dell'opinione pubblica occidentale, maturata negli anni dell'industrializzazione e dello sviluppo tecnologico, cresciuta alla luce di nuove conoscenze scientifiche relative ai rischi per la salute derivanti dalla diffusione nell'ambiente di nuove sostanze e tecnologie.

Parimenti, procedure di valutazione e gestione delle problematiche connesse alla costruzione di impianti, infrastrutture ed opere e alla definizione di politiche territoriali di ampio respiro sono in continua evoluzione, nell'ottica del perseguimento di obiettivi di qualità e di sviluppo sostenibile del territorio, di protezione della salute e di sicurezza, democraticamente condivisi con le popolazioni interessate. Specifica attenzione viene

posta alla valutazione dei possibili effetti ambientali e sanitari di cui possono soffrire i residenti nelle aree interessate, e, conseguentemente, alla comunicazione del rischio ai cittadini e alla consultazione della popolazione nei processi decisionali che li riguardano.

Nello specifico caso della pianificazione di interventi che hanno impatto sulla mobilità in aree complesse, la Comunità europea raccomanda attenzione specifica alle strategie, ai comportamenti, alle scelte da adottare da parte degli amministratori e dei cittadini. Con particolare riferimento alla realizzazione dei piani di mobilità urbana, si raccomanda che le decisioni devono essere mirate e basate su un'ampia consultazione dei cittadini e degli altri *stakeholders* (soggetti portatori di interesse), in quanto gli obiettivi da perseguire devono corrispondere alle specificità locali del territorio e ai bisogni dell'utenza (CE, 2009).

Va in ogni caso ricordato che, laddove debbano essere raggiunte decisioni stabili, credibili e condivise, la normativa internazionale e comunitaria ha identificato la comunicazione ambientale, in tutti i suoi aspetti, e la partecipazione dei cittadini come strumenti di *governance* del territorio, utili alle amministrazioni pubbliche per migliorare l'efficacia delle proprie decisioni (CE, 2001b). A tale proposito, le direttive comunitarie 2003/4/CE e 2003/35/CE ribadiscono i principi ispiratori della Convenzione di Aarhus e indicano ai paesi membri i metodi e gli strumenti da adottare per garantire accesso all'informazione ed opportunità per il cittadino di esprimere le proprie opinioni che dovranno essere tenute in debito conto dalle autorità pubbliche (recepiti nelle procedure nazionali di valutazione di impatto ambientale, valutazione ambientale strategica, autorizzazione ambientale integrata, ecc.).

Comunicare il rischio ambientale si rivela nei fatti un'azione complessa in funzione della natura incerta dei rischi e degli effetti avversi ipotizzati, delle caratteristiche socio-culturali della popolazione coinvolta, degli interessi parziali e contrapposti presenti sul territorio e della qualità dell'ambiente comunicativo locale, cioè delle relazioni di fiducia che intercorrono tra chi comunica e il destinatario dell'azione informativa (Covello, 2001). Ciascuno di questi aspetti, se trascurato, può favorire una distorta percezione del rischio, indurre allarmismi eccessivi o sottovalutazione dei pericoli reali, creare sfiducia, favorire la contrapposizione tra differenti interessi che può manifestarsi in forma di protesta organizzata.

La comunicazione deve avere tra i suoi obiettivi quelli di creare maggiore consapevolezza delle problematiche reali e di favorire un dialogo comune basato su conoscenze condivise per il perseguimento di obiettivi che siano nell'interesse di tutti. La diffusione di informazioni alla popolazione rappresenta il primo passaggio utile alla gestione condivisa delle scelte riguardanti un territorio e la sua comunità, avente, la finalità di formare cittadini consapevoli in grado di collaborare al processo decisionale.

I risultati degli studi di valutazione di rischi associati alla realizzazione di opere che creano impatto sul territorio forniscono inizialmente quelle conoscenze scientifiche necessarie a rispondere ai bisogni informativi della popolazione, a correggere percezioni di rischio distorte e a perseguire, attraverso la partecipazione informata alle decisioni, scelte alternative o di mitigazione del rischio, condivise da tutti gli interessati.

Altri aspetti, vanno tenuti in debito conto quando si comunica, quali la fiducia che i cittadini manifestano verso i proponenti/gestori dell'opera, la natura degli interessi parziali e collettivi che caratterizzano il territorio, l'equità nella distribuzione dei costi e dei benefici associati all'opera, la capacità di ascolto ed inclusione nelle decisioni, da

parte di chi governa i processi di sviluppo locali, delle richieste manifestate dalla popolazione.

Le amministrazioni locali hanno un ruolo centrale nelle politiche di governo del territorio e possiedono l'autorità e gli strumenti per affrontare, attraverso la comunicazione e il confronto con i cittadini, le turbative che possono derivare dalla realizzazione delle opere.

9.2.1 I determinanti della percezione del rischio

La percezione del rischio è la “valutazione soggettiva” che gli individui operano sulla base delle conoscenze e delle informazioni di cui dispongono, elaborate alla luce di emozioni, credenze ed influenzate dal timore di subire effetti avversi alla salute, da sfiducia nelle istituzioni preposte alla protezione dell'ambiente e della salute o da interessi economici, ideologici e di parte. Lo studio dei determinanti della percezione rappresenta dal punto di vista metodologico il primo passo per realizzare la comunicazione del rischio. L'obiettivo è quello di acquisire conoscenze utili per comprendere le cause delle percezioni, individuare i bisogni informativi di una popolazione e per identificare modalità comunicative idonee per informare in modo efficace e proficuo per il processo decisionale.

Le informazioni sul rischio che sono in possesso dell'uomo comune non corrispondono alle conoscenze derivanti dalle valutazioni tecnico-scientifiche effettuate dagli esperti; le opinioni personali sono espressione rielaborata, su base soggettiva e valoriale, delle informazioni disponibili, scientifiche e no, che circolano nell'ambiente comunicativo di riferimento del singolo individuo, prodotte da molteplici fonti e veicolate attraverso differenti canali comunicativi.

Le informazioni hanno origine da numerose fonti, quali la rete di comunicazione familiare (familiari, amici, colleghi di lavoro), le istituzioni preposte a compiti di protezione e promozione della salute, le autorità pubbliche locali e nazionali, gli esperti, le imprese, i gruppi di interesse, le associazioni e le organizzazioni che operano nella società. Le informazioni sono veicolate principalmente dai media che ne amplificano gli aspetti “sensazionalistici”, con effetti a volte fuorvianti sull'opinione pubblica per la comprensione delle reali problematiche di rischio.

Le informazioni diventano credibili per l'individuo in funzione del grado di fiducia che questi ripone nella fonte da cui provengono, che non necessariamente è quella ufficiale e maggiormente accreditata, ma quella che appare maggiormente in sintonia con gli interessi e le esigenze personali.

Particolare attenzione richiede la promozione della fiducia verso gli enti e le istituzioni pubbliche con ruolo e responsabilità nella gestione delle problematiche ambientali e di rischio per la salute. Da studi di percezione del rischio, realizzati in alcune aree italiane, si evince come, tra le istituzioni e gli organismi locali, la popolazione riponga un alto grado di fiducia nelle figure che hanno competenze tecniche e gestionali in materia di salute e ambiente, che per ruolo hanno rapporti diretti con i cittadini, e soprattutto che risultano non compromesse da interessi parziali in conflitto con il proprio ruolo istituzionale. A queste figure, in particolare tecnici ed operatori della salute e dell'ambiente, i cittadini esprimono la propria fiducia quando comunicano informazioni e dati sul rischio (Lauria et al., 1997).

Il nesso tra gestione delle problematiche sanitarie ed ambientali connesse alla presenza di fattori di rischio sul territorio e comunicazione del rischio diretta a chi ne subisce gli effetti avversi è del tutto ovvio e presente nell'opinione pubblica.

Le istituzioni locali sono tra i principali responsabili dell'informazione dei cittadini su molteplici aspetti attinenti il governo del territorio. In questo senso, l'amministrazione locale ha il compito di comunicare le proposte che intende realizzare attraverso azioni informative adeguate alle caratteristiche culturali e di percezione del rischio della popolazione, dirette a tutti gli interessati (*stakeholders*), in tutte le fasi, dalla formulazione del progetto alla realizzazione ed esercizio dell'opera, garantendo le azioni dirette a controllare i rischi ambientali e sanitari, a tutelare la sicurezza, la salute e la qualità della vita e del territorio. Ovviamente, la percezione è fortemente influenzata dalla opportunità concreta che hanno i cittadini di condividere le varie fasi del processo decisionale, fin dalla fase della formulazione della proposta. Da questo deriva per i proponenti l'esigenza di dotarsi di strumenti utili all'inclusione nel processo decisionale delle preoccupazioni e dei bisogni informativi dei cittadini come elementi necessari alla efficienza ed efficacia dell'intero processo di pianificazione e realizzazione di opere riguardanti la collettività.

Come si evince da numerosi studi, la percezione del rischio di una popolazione può essere analizzata con opportuna metodologia scientifica, qualitativa e quantitativa, (indagini campionarie su popolazione, indagini di sfondo, *focus group*) (Erspamer et al., 2007). Gli studi di percezione, realizzati, ad esempio, tramite indagini campionarie con questionari disegnati *ad hoc*, forniscono informazioni rappresentative delle opinioni di tutta la popolazione. Queste possono essere analizzate per le variabili quali età, sesso, titolo di studio, professione, zona di residenza e per qualunque altra variabile di interesse, consentendo di cogliere differenze tra soggetti e gruppi con differenti caratteristiche, interessi e percezioni del rischio. Lo scopo è quello di ottenere indicazioni utili per colmare le carenze informative e per adeguare le modalità e gli strumenti di comunicazione alle caratteristiche ed esigenze della specifica popolazione.

Allo stesso tempo, la volontà di conoscere ed accogliere le esigenze della popolazione intercetta i bisogni di ascolto e legittimazione della popolazione come interlocutore, favorisce il rapporto di fiducia dei cittadini negli amministratori locali, semplifica il processo di comunicazione del rischio e contrasta l'insorgenza dei conflitti.

9.2.2 Analisi delle motivazioni del non-consenso

La costruzione di infrastrutture o di grandi opere civili di pubblica utilità determina usualmente opposizione da parte della popolazione interessata, che lamenta l'imposizione di scelte non condivise. Le contestazioni causano enormi ritardi o bocciature dei progetti. Le conseguenze sono perdite economiche, tensioni sociali e incertezze. La contestazione può assumere forma organizzata con la costituzione di comitati di cittadini, che si fanno portavoce delle ragioni di singoli, gruppi di interesse e movimenti.

I numerosi casi, descritti in letteratura, mostrano che le ragioni più frequenti delle contestazioni sono riconducibili ai determinanti classici della percezione del rischio, quali timore per gli eventuali danni sanitari, ambientali ed economici e, allo stesso tempo, a quegli aspetti che attengono più propriamente alle dinamiche che caratterizzano i processi decisionali. Tra questi si evidenziano: la lunghezza dei

processi decisionali, l'incertezza delle procedure che caratterizzano la realizzazione dell'opera, la mancanza di comunicazione tra amministrazione/proponente e popolazione, il mancato riconoscimento del diritto dei cittadini di partecipare alle scelte che riguardano il proprio territorio (Avanzi, 2009; Podestà, 2009, Vollono, 2003.)

La protesta si manifesta nei confronti di chi produce i rischi, traendone profitto (ad esempio, l'industria o l'impresa), e delle istituzioni locali che vengono accusate di non tutelare a sufficienza la salute pubblica, la qualità dell'ambiente, di favorire gli interessi di alcuni e non di tutti, di non comunicare in modo trasparente i dati delle valutazioni di rischio e di non garantire i controlli e le misure utili a proteggere la popolazione dai possibili effetti avversi. Un aspetto rilevante delle analisi riguarda la così detta *outrage*, che, nella traduzione italiana, corrisponde al sentimento di indignazione che deriva dal mancato ascolto e riconoscimento delle ragioni dei cittadini da parte di chi ha compiti istituzionali di governo del territorio, di protezione della salute e dell'ambiente (Sandman, 1989).

I timori della popolazione e il mancato riconoscimento delle motivazioni del dissenso possono essere facilmente strumentalizzati da parte di organizzazioni e movimenti portatori di interessi parziali, economici o ideologici. Nei casi in cui non si riesca da subito ad instaurare un dialogo tra il proponente e i cittadini, il dissenso può assumere forme di protesta sempre più radicali ed organizzate contro la realizzazione dell'opera.

Numerose esperienze locali, mostrano che mentre l'opposizione iniziale alla realizzazione di opere, infrastrutture ed impianti è piuttosto comune, non necessariamente il dissenso si trasforma in ostacolo alla realizzazione dell'opera. Il ruolo delle istituzioni locali è quasi sempre fondamentale nella prevenzione e gestione dei conflitti, attraverso la comunicazione e la promozione del confronto anche con chi si oppone (Bobbio et al., 1999).

E' opportuno a tal fine, intraprendere preventivamente azioni di informazione basate sulla trasparenza delle proposte presentate, promuovere il dialogo con la cittadinanza, promuovere la negoziazione e l'inclusione dei soggetti portatori di interessi (*stakeholders*) nel processo decisionale.

Azioni raccomandate allo scopo di evitare o ridurre il dissenso sono: la legittimazione dell'interlocutore e il riconoscimento delle sue ragioni; la garanzia che le procedure che guidano il processo decisionale siano state verificate e che in ogni fase siano esplicite e trasparenti; che il progetto porti benefici equamente distribuiti tra tutti, che la realizzazione dell'opera sia fattibile in tempi ragionevoli e che sia garantita la copertura finanziaria; che gli eventuali danni per la salute e l'ambiente siano valutati preventivamente, con studi *ad hoc*; che siano messe in atto tutte le azioni necessarie a garantire l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili e che siano adottate le misure necessarie per la protezione della salute e dell'ambiente; che venga tutelata la qualità dell'ambiente e del paesaggio; che siano previste azioni compensative per coloro che subiscono danni economici e alla proprietà.

È comunque indispensabile favorire un clima di fiducia reciproca tra l'impresa/ente proponente il progetto e il territorio, con l'obiettivo di rendere i cittadini consapevoli e partecipi alle decisioni. Allo scopo, vanno individuate e condivise regole, modalità e procedure di confronto cui proponenti, amministratori e oppositori possano fare chiaro riferimento.

Le modalità attraverso cui si può realizzare un percorso di informazione e confronto sui temi di interesse è da individuare localmente, secondo le specifiche esigenze della popolazione, le caratteristiche dell'opera e la qualità dell'ambiente comunicativo.

9.3 Analisi delle dinamiche della protesta a Verona

Come si evince dal progetto dell'opera, questa interessa una realtà territoriale, ambientale e sociale eterogenea e complessa. I fattori di pressione e di contaminazione ambientale e i disagi derivanti dalla costruzione dell'infrastruttura, riguardano sia specifici gruppi di popolazione, residenti nelle aree più direttamente impattate dall'opera, sia più in generale settori di opinione pubblica, tra quella più attenta e sensibile alle problematiche ambientali. Mentre le ragioni di chi risiede nelle aree direttamente interessate dall'opera appaiono rispondenti a valutazioni inerenti i danni e i benefici specifici e diretti per i residenti, le ragioni del dissenso del comitato pro referendum sembrano motivate da una valutazione totalmente negativa dell'impatto dell'opera sull'ambiente, sulla salute, sul traffico e sullo sviluppo sostenibile del territorio, da cui la convinzione che l'opera sia da rifiutare *tout court*.

Al tempo stesso, all'interno dell'opinione pubblica locale, le principali associazioni imprenditoriali e del commercio manifestano adesione al progetto proposto, che con la semplificazione della viabilità, sembra apportare indubbi benefici a queste categorie. Fanno eccezione quei vivaisti le cui proprietà andranno incontro ad esproprio.

9.3.1 Le ragioni dell'ente locale

L'opera del passante Nord delle Torricelle è stata proposta dal comune di Verona in quanto utile alla semplificazione della viabilità extraurbana attraverso un collegamento diretto ed esterno alla città tra grandi assi autostradali, avente l'obiettivo di ridurre l'attraversamento del centro urbano e favorire un minore impatto del traffico commerciale pesante e del traffico privato sull'area urbana (<http://www.larena.it/stories/Home/136800>).

L'opera, nell'intenzione dei proponenti, quando realizzata, apporterà benefici alla viabilità urbana ed extraurbana, con riduzione dell'inquinamento da traffico, e conseguentemente dei rischi per la salute in alcune aree della città (Veronetta, Borgo Trento e centro città), maggiore rapidità ed efficienza degli spostamenti urbani, diversificazione degli accessi alla città.

La costruzione dell'opera comporterà al contempo una riorganizzazione della mobilità in senso migliorativo secondo nuovi flussi e nuove esigenze. Il piano della mobilità, grazie alla costruzione di infrastrutture, quali parcheggi di scambio, promozione del *carsharing* ed altre forme di trasporto organizzate, consentirà una migliore organizzazione del trasporto urbano, con una maggiore rapidità di collegamento tra aree diverse della città. Da questo conseguirebbero, a fronte di un auspicabile cambiamento di abitudini (da auto privata a mezzo pubblico), minori costi di trasporto e la riduzione del traffico cittadino, grazie anche alla maggiore estensione in città delle zone a traffico limitato (ZTL).

A tale proposito, si è presa visione dei risultati di un'indagine conoscitiva della mobilità, effettuato su un campione non rappresentativo di tutta la popolazione cittadina (SISPLAN, relazione dicembre 2008, 6811/2- rev 0.0). I risultati mettono in evidenza la bassa adesione degli intervistati a prospettive di cambiamento di abitudini e comportamenti consolidati verso forme alternative di mobilità quale il *carsharing* e altre forme di trasporto collettivo o verso l'uso della bicicletta, mentre si riconferma l'uso dell'auto privata quale mezzo di gran lunga preferito. Il dato è confermato da numerosi studi in città italiane e sottolinea come alternative di trasporto, maggiormente sostenibili ed economiche, non sono necessariamente accettate e adottate dai cittadini di fronte alla comodità ed abitudine all'uso del mezzo privato.

Dalle dichiarazioni a mezzo stampa rese dal sindaco e dagli amministratori locali, si evince la ferma volontà di realizzare l'opera di cui si sostengono gli indubbi benefici. Secondo l'amministrazione locale, l'entità della protesta è circoscritta e le ragioni di chi si oppone sono assolutamente strumentali e vanno rigettate. Al tempo stesso, l'amministrazione riconosce l'esigenza di più specifiche informazioni circa le problematiche inerenti la salute e la qualità dell'ambiente, attraverso la promozione del presente studio.

9.3.2 Le ragioni del Comitato pro referendum

Allo stato attuale e dalla documentazione reperita su siti *online* ed articoli di giornale, a Verona, sono presenti forme di dissenso organizzato che trovano rappresentanza nelle rivendicazioni del comitato cittadino pro referendum, che manifesta opposizione alla costruzione dell'opera (www.traforo.it, www.larena.it, www.traforo-torricelle.it/RassegnaStampa.aspx).

Il dissenso appare motivato sulla base di specifici interessi, ma anche di legittime preoccupazioni. E' convincimento del comitato che l'opera non avrà gli effetti desiderati sulla riduzione del traffico e sulla viabilità, almeno nella misura attesa, e che, al contrario incrementerà il traffico e indurrà effetti avversi, sanitari ed ambientali, in aree che già presentano livelli medio-alti di inquinamento atmosferico (<http://veronacittaaperta.blogspot.com/2010/04/non-facciamoci-rompere-i-polmoni.html>).

A questo si aggiungono i timori dell'aumento dei costi del traffico privato (pagamento di pedaggi e di parcheggi), per i danni all'ambiente, al paesaggio e ad alcune attività produttive (agricoltura e vivaistica) in specifiche aree interessate dall'opera, timori per la lunghezza dei tempi di realizzazione e per la durata dei conseguenti disagi connessi alla fase di cantiere, per l'aumento dell'urbanizzazione con riferimento alle aree limitrofe alle nuove strade e svincoli, scarsa trasparenza dei processi decisionali e dei costi dell'opera, e, soprattutto, mancanza di ascolto da parte dell'Amministrazione locale (<http://robertouboldi.it/box/traforo-torricelle-pedaggio-anche-in-tangenziale.html>).

La richiesta di un referendum cittadino contro la costruzione dell'opera, articolato inizialmente su quattro quesiti, ha avuto un percorso contrastato. Tre quesiti sono stati ritenuti inammissibili dalle autorità competenti, e comunque il referendum è stato fortemente criticato dall'Amministrazione locale, che ha da sempre escluso questa possibilità soprattutto per il costo elevato che avrebbe rappresentato per le casse del comune (<http://www.skyscrapercity.com/archive/index.php/t-569669-p-2.html>).

Un quesito referendario dei quattro inizialmente proposti è stato comunque ritenuto legittimo dal tribunale di Verona, e riguarda le preoccupazioni per le conseguenze sulla salute e l'ambiente, imputabili alla realizzazione dell'opera.

Questa esigenza è stata superata nei fatti dalla richiesta del Comune di Verona all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) di effettuare uno studio di valutazione degli effetti ambientali e sanitari dell'opera. Il Comitato pro referendum ritiene comunque che lo studio, commissionato dal Comune all'ISS, senza alcuna condivisione con il Comitato, non offre garanzie circa la trasparenza dei risultati e non soddisfa il diritto dei cittadini ad esprimere la propria volontà attraverso uno strumento democratico, aprendo così una nuova fase di polemiche e contrapposizioni con l'amministrazione pubblica.

Al tempo stesso, la protesta del Comitato sembra svolgersi in forme pacifiche. Recentemente, in data 9 ottobre 2010, è stata organizzata una manifestazione nell'ambito della quale, il comitato ha fatto pervenire all'amministrazione comunale un numero rilevante di osservazioni inerenti gli aspetti sanitari, funzionali, ambientali e sociali sollevati dalla realizzazione dell'opera, che i tecnici del comune stanno vagliando e che l'Istituto Superiore di Sanità ha chiesto di acquisire (www.larena.it/stories/Cronaca/189024_traforo_una_carriola_di_osservazioni/).

9.4 Suggerimenti per l'Amministrazione locale

Da quanto esposto si evince che la contrapposizione tra amministrazione e comitato cittadino pro referendum sia in una fase che richiede attenzione e volontà di dialogo da entrambe le parti.

Pur essendo la protesta circoscritta, le richieste di maggiori informazioni sugli aspetti sanitari ed ambientali connessi all'impatto dell'opera appaiono legittime ed assumono rilevanza per tutti i cittadini. Al tempo stesso, è presente una forte esigenza di tutelare l'integrità del proprio territorio, bene spesso messo in pericolo da politiche urbanistiche, che seppure indirizzate a creare sviluppo, spesso non appaiono in sintonia con criteri condivisi di salvaguardia dell'ambiente naturale e paesaggistico (www.veramente.org/wp/?p=3027; www.larena.it/dossiers/Dossier/258/954/).

L'Amministrazione locale mostra consapevolezza degli impatti dell'opera sulla comunità e riconosce nei fatti le legittime preoccupazioni dei cittadini per gli eventuali rischi per la salute e l'ambiente, così come per i disagi che inevitabilmente la realizzazione dell'infrastruttura produrrà in futuro sull'organizzazione della vita cittadina. Una maggiore condivisione con i cittadini di tutte le fasi del processo decisionale resta comunque alla base delle motivazioni del dissenso di quanti si oppongono all'opera.

La possibilità di recupero di un clima più sereno e fiducioso passa attraverso la legittimazione dei rappresentanti degli interessi dei cittadini e la esplicita condivisione delle proposte e delle scelte dell'amministrazione in merito all'opera nonché dei risultati del presente studio con la cittadinanza. E' inoltre auspicabile che il processo di comunicazione e coinvolgimento della popolazione nel processo decisionale diventi permanente per affrontare future esigenze che dovessero insorgere nel proseguo dell'opera, durante la fase di costruzione (fase di cantiere) e nella fase di pianificazione di un sistema di monitoraggio ambientale, consentendo ai cittadini la verifica dell'efficienza delle misure adottate per la mitigazione dei rischi.

Si raccomanda particolare attenzione a che le fasi di comunicazione tra l'amministrazione comunale e la cittadinanza siano rivolte in modo specifico verso i cittadini a carico dei quali si prevedono i maggiori disagi a seguito dell'eventuale realizzazione dell'opera. I casi più complessi, quali espropri di abitazioni, terreni, interruzione di attività produttive e commerciali, etc., dovrebbero essere gestite in modo diretto dall'Amministrazione comunale, cercando in ogni modo di favorire il dialogo e di evitare situazioni di contrapposizione.

9.4.1 Il processo informativo e partecipativo locale

Di fronte alle preoccupazioni della comunità locale, è utile pianificare una strategia comunicativa e strumenti di coinvolgimento/partecipazione dei cittadini alle decisioni (Covello, 1989).

Fase preliminare ed indispensabile per pianificare in maniera efficace ed efficiente il sistema della comunicazione sul rischio, è la conoscenza della percezione del rischio ambientale nella popolazione esposta. Questo consentirebbe di acquisire, attraverso idonea metodologia (vedi paragrafo 2.1), elementi utili per comprendere quali criticità si debbano gestire, da chi bisogna aspettarsi reazioni, come pianificare l'informazione e la comunicazione del rischio, come organizzare e sviluppare la partecipazione pubblica al processo decisionale.

La conoscenza delle opinioni e dei comportamenti degli interlocutori è il presupposto per una comunicazione "efficace", che effettivamente soddisfi i bisogni informativi della comunità interessata, con riferimento alla protezione della salute e della qualità ambientale, senza trascurare legittime aspettative inerenti lo sviluppo sostenibile del territorio.

L'informazione ha lo scopo di correggere percezioni distorte e creare consapevolezza dei problemi reali. Al tempo stesso, rappresenta l'occasione per educare a comportamenti consapevoli e maggiormente sostenibili (es., uso del mezzo pubblico vs. uso del mezzo privato). L'informazione, inoltre, rappresenta uno strumento per ridurre il livello di conflittualità, in quanto la maggiore conoscenza e consapevolezza favoriscono l'adesione di tutti i soggetti interessati a scelte complesse, di non immediata comprensione.

L'informazione comporta a sua volta una maggiore richiesta di coinvolgimento/partecipazione alle scelte riguardanti il territorio. La partecipazione deve essere regolamentata attraverso forme e procedure condivise in cui differenti *stakeholder* possano riconoscersi. Il primo passo consiste nell'identificazione e legittimazione dei differenti soggetti interessati al processo informativo e alle decisioni relative al proprio territorio.

Il processo comunicativo e partecipativo coinvolge nei fatti differenti soggetti: decisori (amministratori, tecnici), testimoni significativi della comunità (detentori di interessi, comitati, popolazione residente), comunicatori (*opinion leader*, esperti e tecnici, media).

Tenendo conto dei vari aspetti del problema, quali le valutazioni tecniche, la decisione politica, il contesto sociale, le categorie di attori coinvolti è importante comprendere a quali principi, valori e conoscenze, regole e procedure essi debbano fare riferimento. Questi vanno definiti e condivisi a priori così come gli obiettivi che si

vogliono perseguire (informare per rendere consapevoli, per perseguire scelte condivise, per educare a comportamenti corretti).

Momenti di informazione e confronto debbono essere svolti sulla base delle conoscenze acquisite tramite studi *ad hoc*, valutazioni tecniche e dati scientifici, e in funzione della tempistica del processo decisionale (presentazione del progetto, valutazione degli impatti ambientali e sanitari prima, durante e dopo la costruzione dell'opera).

Il soggetto responsabile del processo informativo, è il proponente e gestore dell'opera, che, se identificato con l'Amministrazione locale, rappresenta a pieno titolo i bisogni di sicurezza e salute della popolazione.

Parimenti, la presenza ed il coinvolgimento di esperti e tecnici, di livello locale e nazionale, nella pianificazione e predisposizione dell'informazione/comunicazione può conferire maggiore credibilità alle informazioni derivate dalle valutazioni, in quanto questi soggetti sono ritenuti dalla popolazione maggiormente idonei ed accreditati a trattare gli aspetti tecnico-scientifici della specifica problematica (Lauria et al.,1997).

L'informazione deve essere comprensibile e trasparente ed esplicitare tutte le incertezze delle valutazioni tecniche e del processo delle decisioni (Covello, 1988).

I messaggi e gli strumenti per la comunicazione devono essere adeguati alle caratteristiche e alle esigenze dei destinatari. A tale proposito, sarebbe necessario almeno acquisire precise conoscenze sulle caratteristiche socio-demografiche e culturali della popolazione interessata al processo informativo. Particolare attenzione va dedicata alla scelta degli strumenti informativi, prevedendo una molteplicità di possibilità in modo da raggiungere in modo mirato ed efficace differenti segmenti di popolazione (giovani, anziani, adulti, stranieri, ecc).

Rispetto al coinvolgimento della popolazione, le forme e le modalità sono da ricercare e sviluppare localmente, in accordo con i differenti *stakeholder*, inclusi i rappresentanti del Comitato. Forme di coinvolgimento richiedono prima di tutto il riconoscimento e la legittimazione dei soggetti interessati come parte attiva del processo decisionale, attraverso la eventuale creazione di una rete di soggetti "competenti" (informati e coinvolti attivamente), che possano svolgere un ruolo propositivo nel rapporto tra amministrazione locale e il resto della comunità.

Si raccomanda in particolare di procedere alla:

1. predisposizione di materiali informativi diversificati (per la popolazione generale e per specifici *target*), miranti ad evidenziare i benefici futuri del progetto, senza trascurare le criticità e le incertezze, e a descrivere le attività e gli strumenti previsti per la mitigazione di tali criticità;
2. individuazione di strumenti idonei per il coinvolgimento dei cittadini nelle varie fasi del progetto, con particolare attenzione alle misure di mitigazione di possibili rischi e criticità e alla pianificazione di proposte per il monitoraggio ambientale;
3. creazione di una rete di soggetti "competenti" che includa tecnici ed operatori dell'ambiente e della salute e cittadini informati ed attivi, che possano svolgere un ruolo di "comunicatori" credibili presso la comunità;
4. individuazione di strumenti di verifica dell'effettiva applicazione ed efficacia delle misure di mitigazione e dei controlli predisposti, sia durante la costruzione dell'opera sia dopo che questa sia terminata, a cui possano accedere i cittadini;

5. presentazione dei risultati dello studio commissionato all'ISS nell'ambito di un incontro programmato con i rappresentanti dei comitati cittadini ed aperto alla popolazione.

10. Valutazione degli impatti dell'opera viaria

Il Comune di Verona ha effettuato, tramite la società SISPLAN, una valutazione delle variazioni di traffico potenzialmente causate dalla realizzazione del passante Nord ed in particolare ha stimato come il flusso di veicoli, siano essi autovetture o mezzi adibiti al trasporto commerciale leggero e pesante, si ridistribuirà sulle varie arterie. Detta società, su richiesta degli scriventi, ha fornito un *database* (DB) contenente dati quantitativi sulle variazioni di traffico, basati sul confronto tra i flussi osservati e quelli futuri (stimati) dopo la realizzazione dell'opera del passante Nord, riferiti all'ora di punta mattutina del traffico (8.00-9.00).

Per ognuno dei 17.538 *record* del DB, che rappresentano i corrispettivi archi stradali nei quali è stata suddivisa la rete viaria comunale, sono state fornite le seguenti informazioni:

- i dati relativi alla georeferenziazione degli archi stradali;
- la lunghezza dell'arco (in metri);
- la classificazione della strada (DM 5/11/2001: autostrade, strade extraurbane principali, strade extraurbane secondarie, strade urbane di scorrimento, strade urbane di quartiere e strade urbane locali);
- il numero di veicoli attuale, il numero futuro stimato e le differenze (attuale-futuro), distinti per automobili, veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) e veicoli pesanti;

Per ogni arco, se la strada a cui si riferisce è a doppio senso di marcia, sono inoltre state fornite le informazioni per ciascun verso di percorrenza.

Oltre ai dati sui flussi di traffico, sono stati reperiti per il presente studio anche i dati di area relativi alla superficie, al numero residenti per sesso ed età e alla densità abitativa -residenti/ettaro, come desunti dall'annuario statistico del 2008 del comune di Verona, per i seguenti sottoinsiemi di area comunale:

- a) le 8 CIRCOSCRIZIONI
- b) i 23 QUARTIERI
- c) le 79 ZONE OMOGENEE

Le informazioni ed i dati relativi alla rete stradale, alle circoscrizioni, quartieri e zone omogenee sono state fornite dal comune di Verona anche georeferenziate e quindi inserite in un sistema geografico informatizzato (GIS). Tramite GIS è stato possibile effettuare un'analisi spaziale dell'impatto dell'opera viaria come descritto nei paragrafi seguenti.

10.1 Valutazione dell'impatto sull'inquinamento atmosferico

Al fine di effettuare una valutazione preliminare di come le stimate variazioni *ante/post operam* nei flussi di traffico possano incidere sull'inquinamento atmosferico, sono state acquisite le informazioni georeferenziate delle 79 Zone Omogenee in cui è suddiviso il territorio comunale (**figura 10.1**). Tali zone, come da comunicazione del comune di Verona, sono state individuate sulla base di criteri urbanistici e di espansione del territorio urbano.

Tramite il sistema GIS sono stati selezionati gli archi stradali racchiusi all'interno di ogni Zona Omogenea, e di conseguenza è stato valutato, zona per zona, il bilancio (positivo o negativo) in termini di veicoli transitanti, confrontando i flussi locali di traffico osservati e previsti in futuro. La stratificazione per Zona Omogenea del

bilancio veicolare ha consentito di effettuare una stima della variazione zona-specifica, delle emissioni veicolari, evidenziando le aree di territorio che potrebbero trarre beneficio e quelle nelle quali si prevede un peggioramento della situazione emissiva rispetto all'attuale. A tal fine, è stata stimata un'emissione veicolare, distinta per automobili e mezzi commerciali leggeri e pesanti, pesata rispetto al parco veicolare immatricolato nella provincia di Verona (DATI ACI al 31/12/2008). Sulla base della ripartizione percentuale di mezzi nelle diverse categorie euro e per le diverse alimentazioni è stato stimato un fattore di emissione relativamente agli ossidi di azoto (NO_x) ed al materiale particolato atmosferico (PM), per quattro diverse velocità veicolari.

La **tabella 10.1** riporta i fattori di emissione utilizzati per la stima; l'ultima colonna rappresenta l'emissione per la velocità di 100 km/h riferita alle automobili ed ai mezzi leggeri, mentre, per i mezzi pesanti, l'emissione è stata stimata sulla base del valore di velocità massima assegnata ad ogni categoria di mezzo pesante come riportata nel documento *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guide book* (2009). Le velocità, utilizzate per il calcolo dei fattori di emissione, sono state selezionate rispetto alle specifiche tipologie di strada e di traffico, tenendo conto anche dei limiti imposti dalla normativa vigente (DM 5/11/2001). Le velocità più elevate sono state applicate a veicoli che percorrono archi stradali appartenenti alle autostrade ed alle tangenziali a veloce scorrimento; le velocità intermedie alle strade secondarie ed urbane; la velocità più bassa agli archi stradali delle zone più congestionate di traffico e più centrali del territorio comunale, dove la percorrenza è molto rallentata anche per la presenza di regolatori di traffico.

Applicando tali fattori di emissione alle variazioni numeriche di veicoli transitanti su ogni arco stradale appartenente ad ogni zona omogenea sono state prodotte le stime di variazione di emissione, in grammi, nell'ora di punta di traffico. Nello specifico, per ogni arco stradale, il calcolo delle variazioni di emissione è stato eseguito secondo la seguente formulazione:

$$E(s_i) = [\Delta N_A \bullet FE_A(s_i) + \Delta N_{CL} \bullet FE_{CL}(s_i) + \Delta N_{CP} \bullet FE_{CP}(s_i)] \bullet L(s_i)$$

Dove:

- $E(s_i)$ è l'emissione in grammi della strada;
- s_i , ΔN_A , ΔN_{CL} , ΔN_{CP} sono le variazioni tra veicoli attuali e veicoli futuri previsti transitare sullo specifico arco stradale rispettivamente di automobili, veicoli commerciali leggeri e veicoli commerciali pesanti;
- $FE_A(s_i)$, $FE_{CL}(s_i)$, $FE_{CP}(s_i)$ sono i fattori di emissione, in g/km/veicolo, per le tre categorie di veicoli funzione della classificazione stradale i ;
- $L(s_i)$ è la lunghezza in km dell'arco stradale.

$E(s_i)$ assumerà valori positivi in corrispondenza di archi stradali dove in futuro si prevede un aumento di veicoli, viceversa valori negativi dove il flusso veicolare futuro si prevede inferiore all'attuale. Per ciascuna Zona Omogenea la variazione di emissione totale è stata stimata come somma dei risultati di emissione di ogni arco stradale ad essa appartenente.

Le **figure 10.2 e 10.3**, per il PM e gli NO_x rispettivamente, mostrano le variazioni specifiche per ogni Zona Omogenea. Nella legenda delle due figure sono descritte le classi di variazione di emissione, in grammi, utilizzate per confrontare la

situazione attuale e quella futura (*ante/post operam*). A valori negativi di variazione corrisponderebbe quindi un beneficio nell'area considerata. Dalle due figure appare evidente che il maggior beneficio sembra interessare il territorio meridionale del comune, mentre nella zona a nord del fiume Adige, dove si collocherebbe la nuova infrastruttura, è prevedibile un aumento delle emissioni veicolari.

Tabella 10.1: Fattori di emissione (g/km/veicolo) per tipologia di autoveicolo, per inquinante e per velocità .

Categoria	inquinante	15 km/h (g/km/v)	30 km/h (g/km/v)	50 km/h (g/km/v)	100/V _{MAX} (g/km/v)
automobili	NOx	0,60	0,51	0,47	0,62
automobili	PM	0,01	0,017	0,014	0,017
mezzi leggeri	NOx	3,09	1,27	0,95	1,14
mezzi leggeri	PM	0,12	0,09	0,08	0,14
mezzi pesanti	NOx	6,79	4,95	4,28	4,21
mezzi pesanti	PM	0,28	0,19	0,15	0,14

10.2 Stima delle concentrazioni di PM e NO_x in prossimità dell'opera viaria.

Al fine di comprendere l'apporto in concentrazione delle emissioni prodotte dai veicoli transitanti sulla nuova strada, è stato utilizzato un modello di simulazione, CAR_INT sviluppato dal TNO olandese (den Boef et al., 1996). Tale modello consente di stimare le concentrazioni in aria di diversi inquinanti a partire dai valori di emissione veicolare su specifiche tipologie di strada, da strade a veloce percorrenza quali autostrade fino a strade con traffico congestionato. Le stime sono prodotte a distanze variabili fino a 30 metri dal centro della carreggiata.

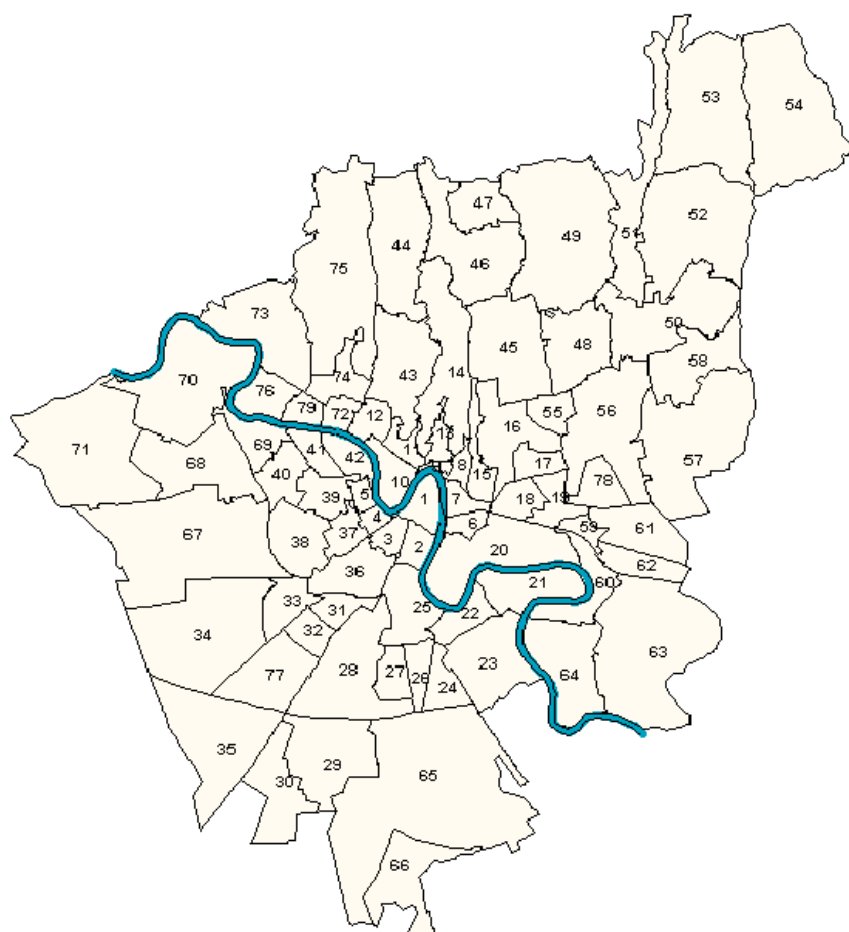
Il modello prende in considerazione il traffico giornaliero medio sulla specifica strada, la frazione di veicoli pesanti transitanti, quindi la velocità dei veicoli. Per quattro diverse categorie di velocità, che sono riconducibili alla tipologia di strada, devono essere inseriti i valori di emissione per gli inquinanti di interesse. Il modello infine produce una concentrazione media annuale in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tale modello è stato applicato per valutare le concentrazioni determinate dal transito dei veicoli sulle cinque tratte che costituiscono la nuova opera viaria del passante nord. Il modello si è potuto applicare solo su queste tratte stradali poiché i dati sui flussi di traffico trasmessi dal Comune su tutta la rete stradale si riferiscono unicamente ad un'ora di punta della giornata, mentre il documento "Studi e indagini preliminari- studio del traffico-Relazione" PP0203/RT01B settembre 2009, riporta la stima di traffico giornaliero medio sulle tratte del passante Nord, distinto tra veicoli leggeri e veicoli pesanti (vedi **tabella 6.2** di questa relazione).

Le simulazioni sono state eseguite per il PM e gli NO_x, a 30 metri dall'asse viario, che nel caso del passante nord (piattaforma stradale per senso di marcia circa 10 m) corrispondono a distanze variabili tra 15-20 metri dal bordo stradale. I risultati mostrano che le concentrazioni di PM sono variabili tra $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre per gli ossidi di azoto le concentrazioni variano tra $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Queste stime non tengono, tuttavia, conto dei fattori di dispersione atmosferica specifici dell'area geografica e della formazioni di inquinanti secondari.

Qualora disponibili i dati di traffico veicolare giornaliero sulle altre strade del comune, si potranno effettuare simulazioni per comprendere come le variazioni di emissione di PM ed NOx nelle diverse zone omogenee del territorio comunale, descritte nel paragrafo precedente, si traducano in variazioni di concentrazione degli inquinanti.



N_ZONA	NOME	N_ZONA	NOME
1	Città Antica	41	San Procolo
2	Pontiere	42	Navigatori
3	Valverde	43	Avesa centro
4	San Bernardino	44	Avesa collina
5	San Zeno	45	Poiano
6	San Paolo	46	Quinto
7	Veronetta centro	47	Marzana
8	San Giovanni in Valle	48	Novaglie
9	San Stefano	49	S.Maria in Stelle
10	Arsenale	50	Mizzole centro
11	Cesiolo	51	Pigozzo
12	Ponte Crenzano est	52	Trezzolano
13	Valdonega	53	Cancello
14	San Mattia	54	Moruri
15	Biondella	55	S.Felice extra
16	Fincato	56	Ponte Florio
17	Santa Croce	57	Montorio centro
18	Borgo Venezia centro	58	Olivé
19	Borgo Trieste	59	S.Michele centro
20	Porto S.Pancrazio centro	60	Molini
21	Porto S.Pancrazio sud	61	Frugose
22	Pestrino	62	Madonna di Campagna
23	Palazzina	63	Casotti
24	Polidore	64	Mattozze
25	Tombetta	65	Cadidavid
26	Primo Maggio	66	Marchesino
27	Tomba	67	S.Massimo centro
28	ZAI di Borgo Roma	68	Croce Bianca
29	Genovesa - Gelmetto	69	Chievo
30	La Rizza	70	La Sorte
31	Golosine nord	71	Basson
32	Golosine sud	72	Ponte Crenzano ovest
33	S.Lucia centro	73	Parona
34	Quadrante nord-est	74	Quinzano centro
35	Quadrante sud-est	75	Quinzano collina
36	Porta Nuova	76	Saval di Parona
37	Stadio	77	ZAI di S.Lucia
38	Spiana'	78	Casermette
39	Borgo Milano centro	79	Saval di Quinzano
40	Borgo Nuovo		

Figura 10.1: Suddivisione del territorio comunale nelle 79 zone omogenee.

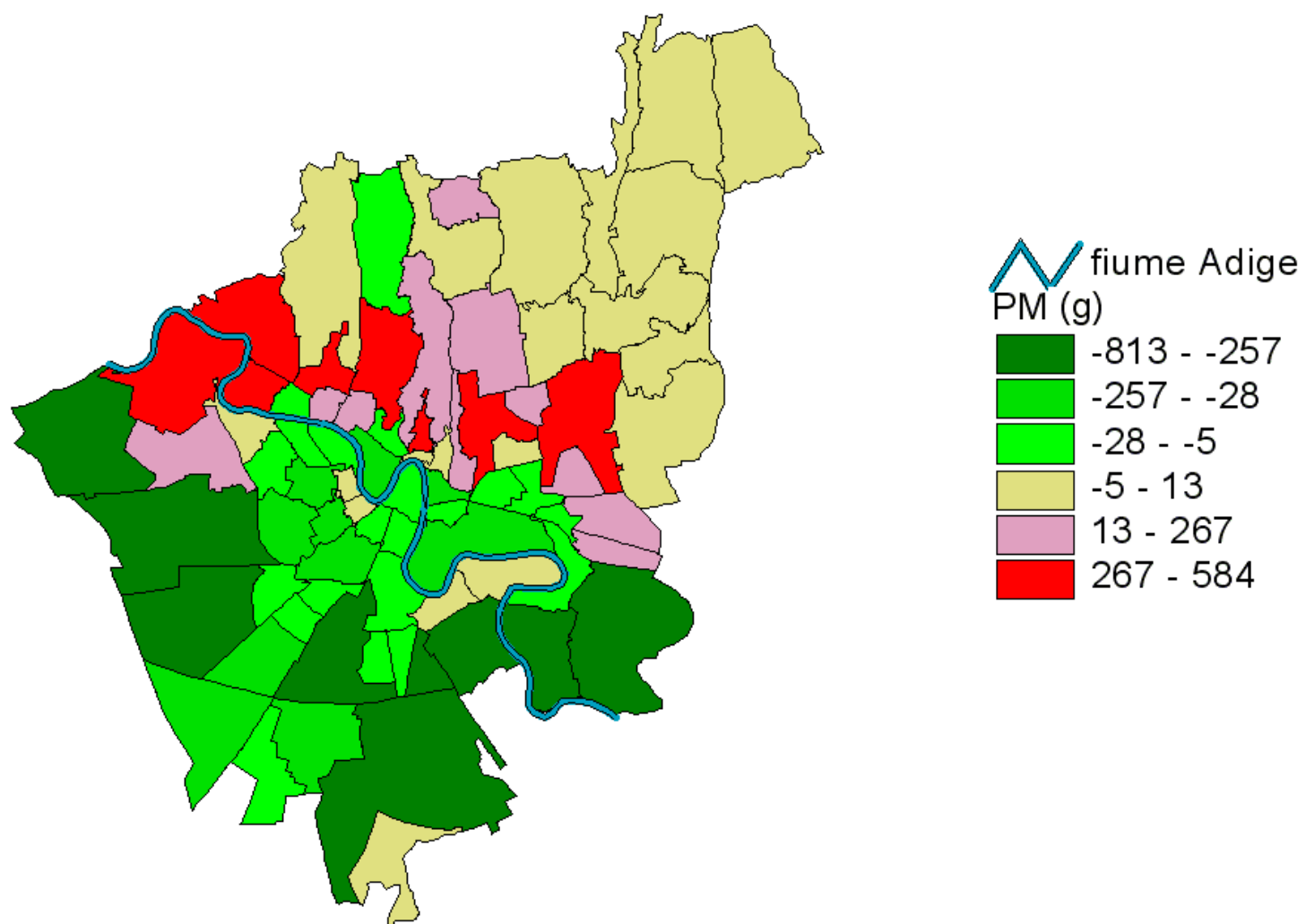


Figura 10.2 : Variazione di emissione di PM nelle 79 zone omogenee.

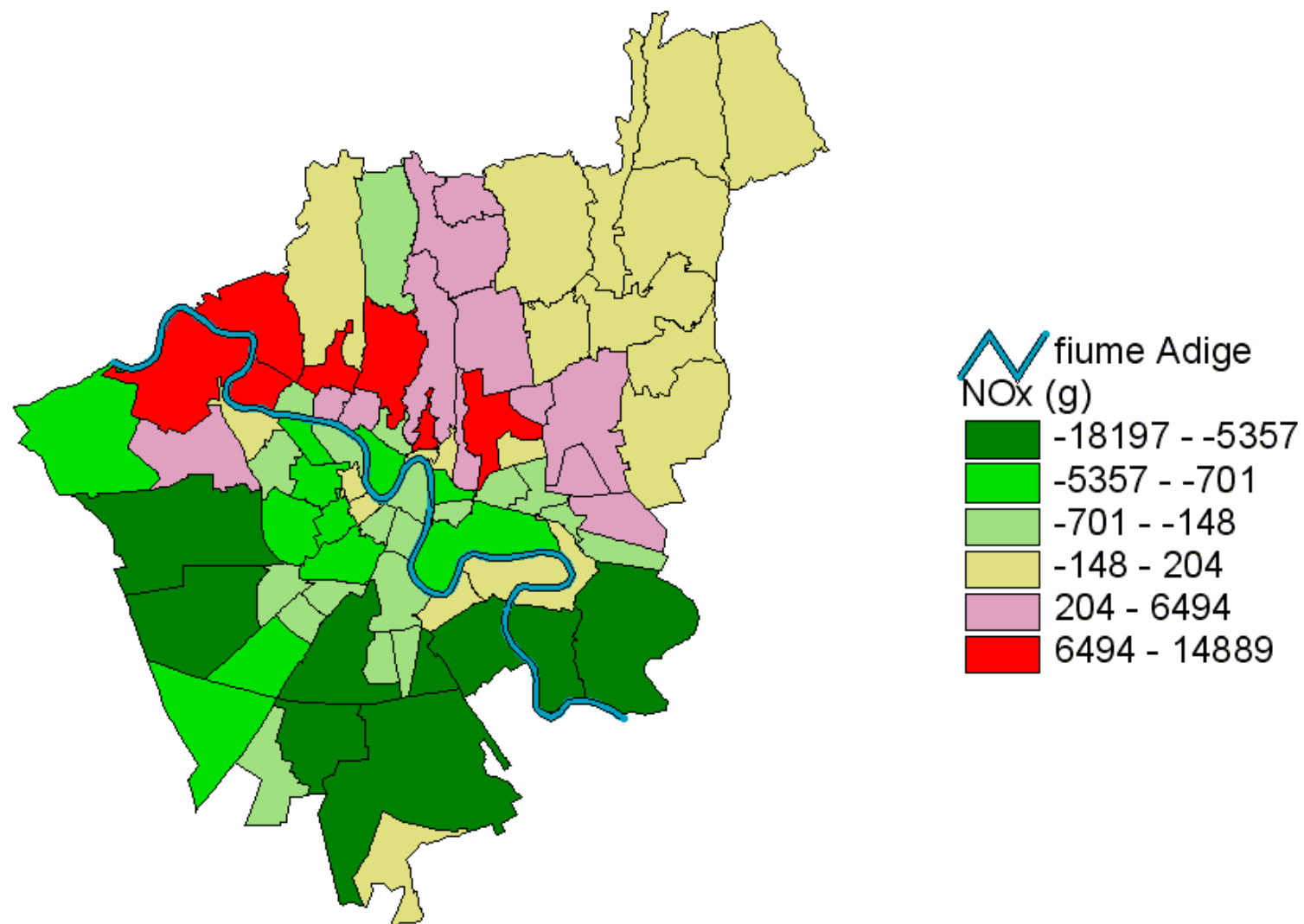


Figura 10.3: Variazione di emissioni di NO_x per zone omogenee.

10.3 Valutazione dell'impatto sull'esposizione della popolazione

10.3.1 Premessa e metodi

Le stime delle variazioni *ante/post operam* nelle emissioni veicolari di PM e di ossidi di Azoto nelle 79 Zone Omogenee riportate nelle **figure 10.2 e 10.3** rappresentano una stima del possibile impatto dell'opera viaria sull'inquinamento atmosferico urbano.

La valutazione dell'impatto delle variazioni nei flussi di traffico conseguenti la realizzazione del Passante Nord in termini di esposizione della popolazione è un processo più complesso, al quale si accompagnano molteplici fattori che concorrono a caratterizzare la variabilità e la validità delle stime eseguite.

Tali fattori riguardano le caratteristiche demografiche e le abitudini di vita della popolazione, le caratteristiche degli inquinanti di interesse e la variabilità geografica e temporale dei loro livelli atmosferici e delle loro sorgenti sul territorio. Ad esempio, è importante poter caratterizzare la variabilità della popolazione residente in termini di struttura demografica e di mobilità differenziale per genere ed età (tempo speso all'esterno e all'interno delle abitazioni, dei luoghi di lavoro, delle scuole ecc; tempo trascorso all'aperto nei diversi mezzi di trasporto ecc.); la variabilità geografica e temporale nei livelli di emissioni atmosferiche e/o di concentrazione ambientale degli inquinanti di interesse nelle diverse aree residenziali analizzate; la quota di spostamenti da zona a zona, la quota di contaminazione ambientale associata alle diverse sorgenti di emissione per gli inquinanti di interesse ecc.).

Per quanto concerne lo studio in questione, sulla base delle informazioni attualmente disponibili, è possibile prospettare alcuni scenari di esposizione della popolazione che si potrebbero configurare in seguito alla realizzazione dell'opera. La validità delle stime effettuate dipende però dalle assunzioni che si è reso necessario adottare nell'impossibilità di tener conto di alcuni fattori di variabilità.

Innanzitutto occorre premettere che gli incrementi/decrementi nei livelli di emissione calcolati per ciascuna Zona Omogenea (**figure 10.2 e 10.3**) rappresentano stime di area in quanto i dati disponibili sui flussi di traffico interessano solo una parte degli archi stradali presenti nella zona stessa. A tal riguardo la società SISPLAN, su richiesta da parte della Commissione di informazioni sui flussi di traffico (inoltrata dal comune di Verona), dichiara che *“la maggior parte delle strade che non hanno un valore di traffico simulato sono classificate come strade locali o sono in zone di montagna. Il numero di archi senza valore di traffico cala all'aumentare del numero di zone di traffico utilizzate nel modello (il modello in oggetto è composto da 562 zone di cui 370 per il Comune di Verona)”*.

Abbiamo osservato che il numero di archi stradali per i quali non vi sono informazioni sui flussi di traffico è variabile da zona a zona, ed è in effetti più elevato nella parte nord del comune rispetto al sud (anche come percentuale della lunghezza degli archi senza osservazioni rispetto al totale degli archi); questo dato sembra in effetti associato alla maggior presenza di zone (collinari) a più bassa densità abitativa nella parte Nord della città.

Nel delineare un possibile quadro di cambiamento nel profilo di esposizione della popolazione dovuto alla realizzazione del Passante Nord sono inoltre state fatte le seguenti assunzioni:

- che il bilancio delle emissioni *ante* e *post operam*, nell'impossibilità di poter disporre al momento di misure sufficientemente informative sui flussi di traffico giornaliero, viene stimato per l'ora di punta mattutina del traffico (8.00-9.00), supponendo che esso non subisca modifiche sostanziali durante l'intera giornata;
- che il contributo di sorgenti di emissione di inquinanti, diverse da quelle dovute al traffico veicolare comunale, non subisca variazioni in seguito alla realizzazione dell'opera di viabilità (questa assunzione è valida se il contributo dovuto alla fase di operatività dei cantieri risultasse contenuta per quanto riguarda gli automezzi del cantiere stesso e tutte le relative opere di movimentazione che possono dar luogo a emissioni significative);
- che sia nullo il contributo di opere di viabilità urbana, eventualmente in corso o in fase di progettazione, diverse da quelle del Passante Nord, sull'esposizione personale ad inquinanti di origine veicolare;
- che la popolazione residente nelle diverse Zone Omogenee condivida le stesse caratteristiche di mobilità (tempo speso all'esterno e all'interno delle abitazioni, dei luoghi di lavoro, delle scuole ecc.; tempo trascorso all'aperto nei diversi mezzi di trasporto ecc.);

Sulla base di questa ultima assunzione, poiché la distribuzione della popolazione varia nelle 79 Zone Omogenee (**figura 10.4**), a testimonianza di densità abitative anche molto diverse sul territorio comunale (**tabella 10.2**), si è tenuto conto di questo fattore nella stima dell'impatto dei cambiamenti nelle emissioni sull'esposizione della popolazione.

I cambiamenti nelle emissioni veicolari prodotte dalle modifiche zonalì nei flussi di traffico dovuti alla realizzazione dell'opera, avranno un impatto sulla esposizione della cittadinanza che varierà in funzione dell'entità della popolazione residente in ciascuna delle zone in studio. Ne consegue che i possibili decrementi nell'inquinamento atmosferico determinati localmente dall'opera di viabilità avranno un effetto relativamente meno elevato in termini di esposizione della cittadinanza nelle zone poco popolate (e viceversa).

Si è proceduto quindi a delineare possibili scenari di esposizione in base ai quali la media stimata dei cambiamenti nelle emissioni veicolari è stata pesata per la numerosità relativa delle popolazioni residenti nelle diverse Zone Omogenee. Tale procedura viene comunemente adottata per il calcolo delle concentrazioni medie di inquinanti atmosferici pesate per le popolazioni, fornendo ad esempio una stima che tiene conto sia dell'entità dei livelli ambientali nei diversi contesti urbani, sia della dimensione delle popolazioni ivi residenti (Martuzzi et al, 2006).

La media cittadina pesata per la popolazione delle singole zone omogenee è stata dunque calcolata come sommatoria delle differenze tra le emissioni relative ai flussi di traffico attuali e quelle stimate per i flussi previsti dopo la realizzazione dell'opera, estesa a tutte le zone omogenee, secondo la formula:

n

$$\sum_{i=1} ((\text{differenza futuro-attuale nelle emissioni della zona}_i * \text{pop zona}_i / \text{pop tot Verona})$$

i=1

dove: **n** =79 e **i** rappresenta la *iesima* Zona Omogenea.

Al fine di stimare l'impatto dei cambiamenti nei flussi di traffico sull'esposizione di gruppi di popolazione maggiormente suscettibili all'inquinamento atmosferico, la procedura di calcolo di cui sopra è stata replicata per le fasce di popolazione residenti di età infantile (0-14 anni) e di età maggiore di 65 anni. Quest'ultima rappresenta anche la fascia di popolazione economicamente non attiva con minor propensione teorica agli spostamenti.

10.3.2 Risultati

I cambiamenti nei flussi di traffico previsti in seguito alla realizzazione dell'opera, sono associati, in generale, ad una lieve riduzione dei valori medi di emissione veicolare, pesati per la popolazione residente nelle diverse zone, sia per il PM che per gli NOx.

Le medie ponderate delle variazioni *ante-post operam* nelle emissioni di PM e di NOx, risultano infatti essere pari rispettivamente a -21,6 g e a -422,4 g, stime compatibili con una attenuazione complessiva, sull'intero territorio comunale, dell'inquinamento da traffico.

Tali stime medie risultano sostanzialmente invariate quando si tiene conto del peso della distribuzione per zona omogenea dei gruppi di popolazione di età infantile (0-14 anni) per i quali si è stimato un decremento pari a -26,6 g e a -526,9 g rispettivamente per il PM e gli NOx.

Decrementi minori (-10,9 g e -190,8 g) sono stati invece stimati quando i cambiamenti nelle emissioni vengono pesati per la distribuzione differenziale dei gruppi di popolazione anziana (> 65 anni) nelle diverse Zone Omogenee.

Un'analisi di come si distribuisce la popolazione di Verona rispetto alle variazioni *ante/post operam* stimate per le emissioni veicolari di PM e di ossidi di Azoto (**figura 10.5 e 10.6**), ha evidenziato che i decrementi nelle emissioni degli inquinanti in studio interesserebbero complessivamente 40 Zone Omogenee, nelle quali risiede circa il 70% della popolazione di Verona (più di 180.000 abitanti). Occorre inoltre evidenziare che le 40 zone ove si registra uno scenario di miglioramento dell'inquinamento atmosferico da traffico veicolare, rappresentano la metà circa del territorio comunale; detto territorio è caratterizzato da una elevata densità abitativa (in media 20 abitanti per ettaro), che raggiunge un valore di 45 abitanti/ha in 19 aree ove risiedono circa 100.000 persone (40% della popolazione residente).

Lievi cambiamenti nelle emissioni, che si configurano verosimilmente come un trascurabile cambiamento nel profilo di esposizione della popolazione, sono stati stimati in 20 Zone Omogenee del comune, ricoprenti un'area pari a circa il 30% del territorio comunale. In tali aree risiede circa il 10% della cittadinanza, con una densità media di 4-5 abitanti per ettaro.

Occorre altresì sottolineare che sono stati stimati incrementi nei valori di emissione degli inquinanti in studio in 19 Zone Omogenee della città, ove risiede circa il 20% della popolazione. Queste zone, che corrispondono a circa un quinto della superficie comunale, sono aree a minor densità abitativa (in media circa 10 abitanti/ha) rispetto a quelle ove si stimano diminuzioni nei flussi di traffico e quindi nelle emissioni. Va anche considerato, tuttavia, che gli incrementi delle emissioni di PM stimati nelle aree a ridosso del tunnel naturale, previsto per il passante Torricelle, sono in realtà probabilmente sovrastimati in quanto si sviluppano all'interno del tunnel ove

verrebbero in gran parte abbattuti dai sistemi di filtraggio del materiale particolato atmosferico.

Sulla base delle valutazioni finora effettuate, una quota molto elevata della cittadinanza, residente in aree ad alta densità abitativa, condividerebbe scenari di diminuzione delle emissioni veicolari tali da far ritenere che la realizzazione dell'opera, di per sé, non possa determinare incrementi dell'esposizione ad inquinanti atmosferici e dei rischi sanitari ad essa potenzialmente associati, per la popolazione di Verona, nel suo complesso.

D'altra parte, i potenziali aumenti delle emissioni nelle zone a maggior vicinanza all'opera viaria, sebbene relativi ad aree a bassa densità abitativa e riguardanti una quota relativamente ridotta di popolazione, devono essere attentamente valutati al fine di attivare idonee misure di mitigazione dell'esposizione e dei possibili disagi e rischi sanitari ad essa associati nei gruppi di popolazione ivi residenti.

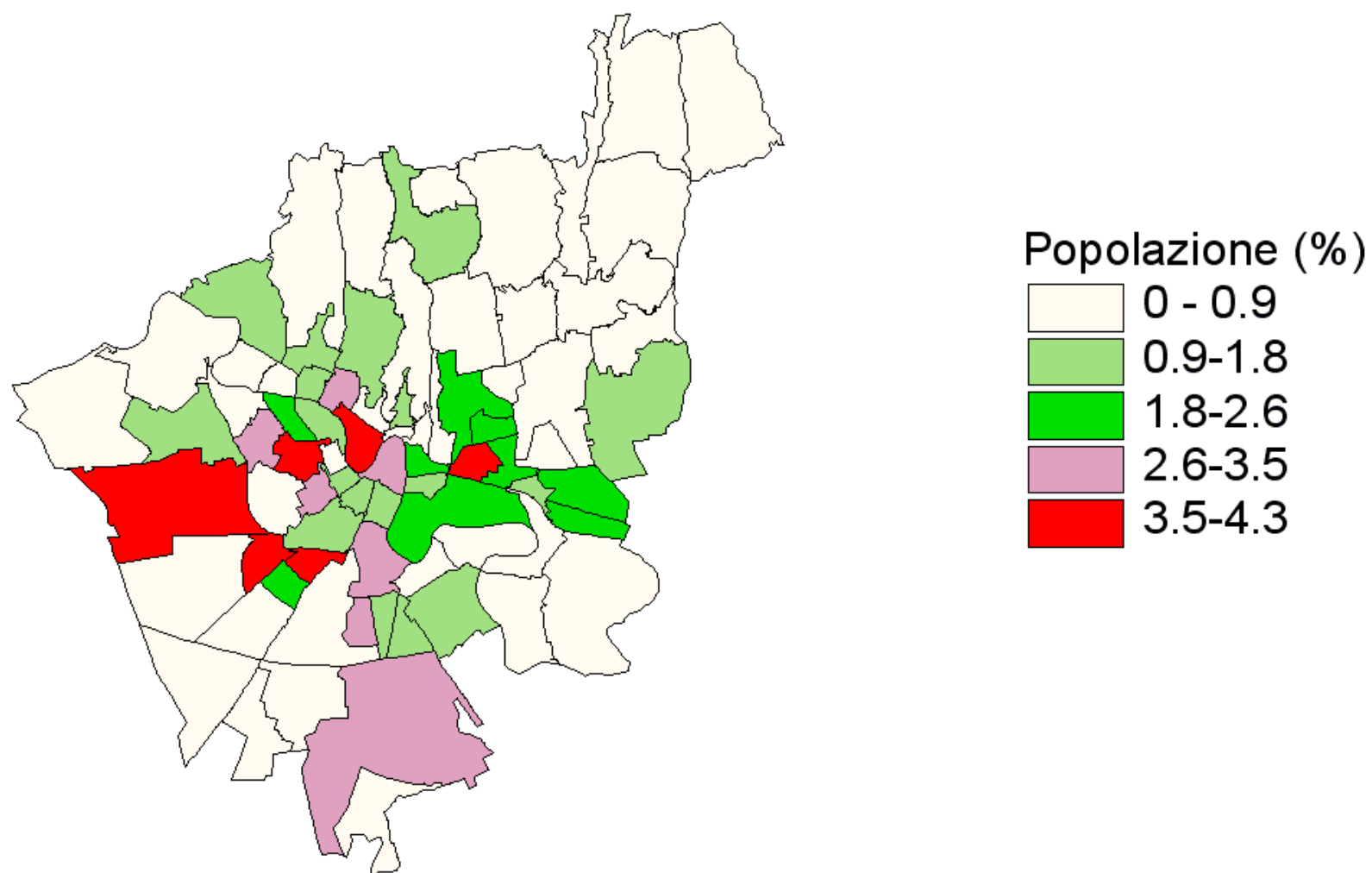


Figura 10.4 : distribuzione percentuale della popolazione di Verona nelle 79 Zone Omogenee.

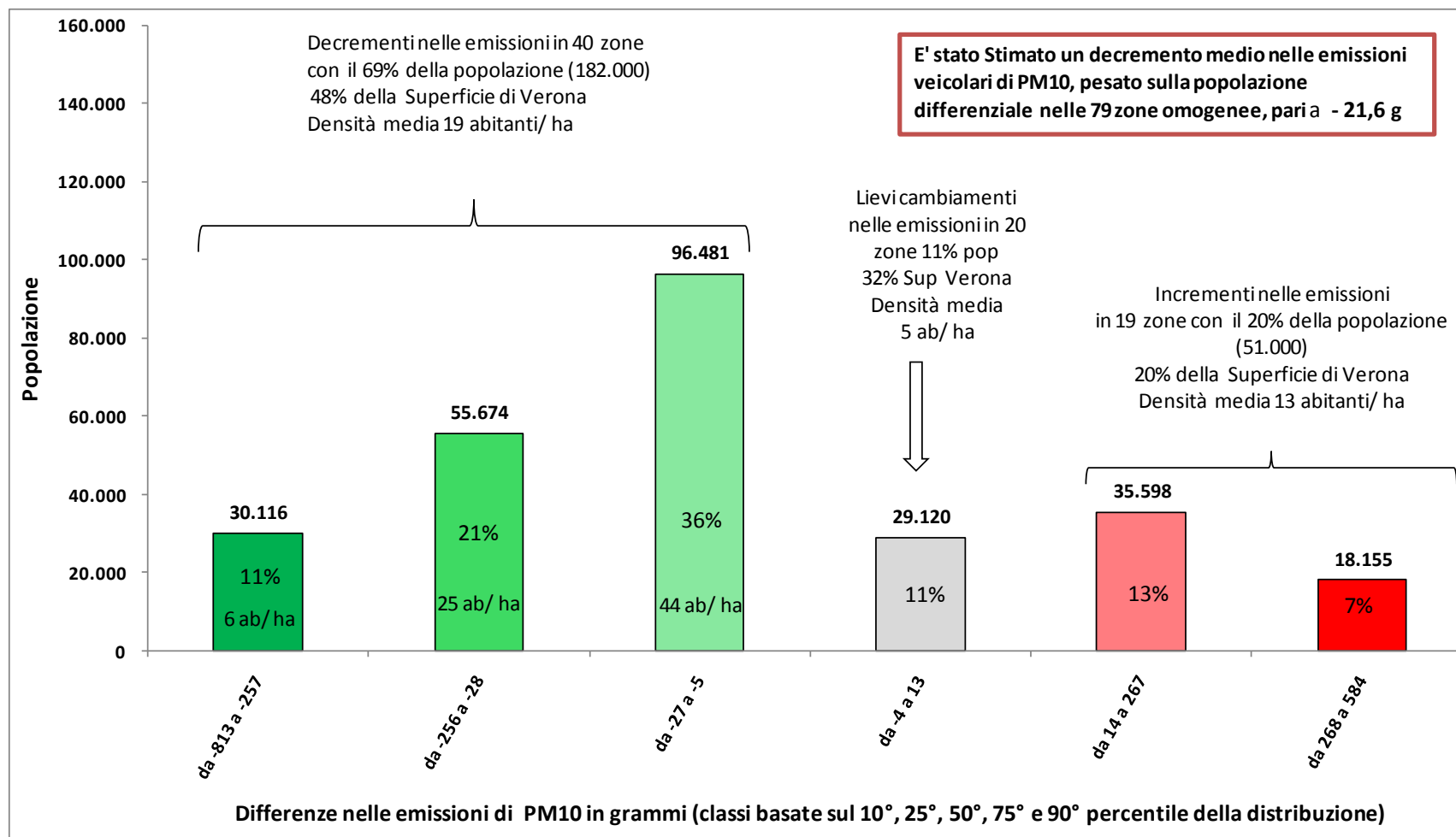


Figura 10.5 - Differenze nelle emissioni di PM (g) riferite ai cambiamenti di traffico nelle ore di punta del mattino in seguito alla realizzazione dell'opera.

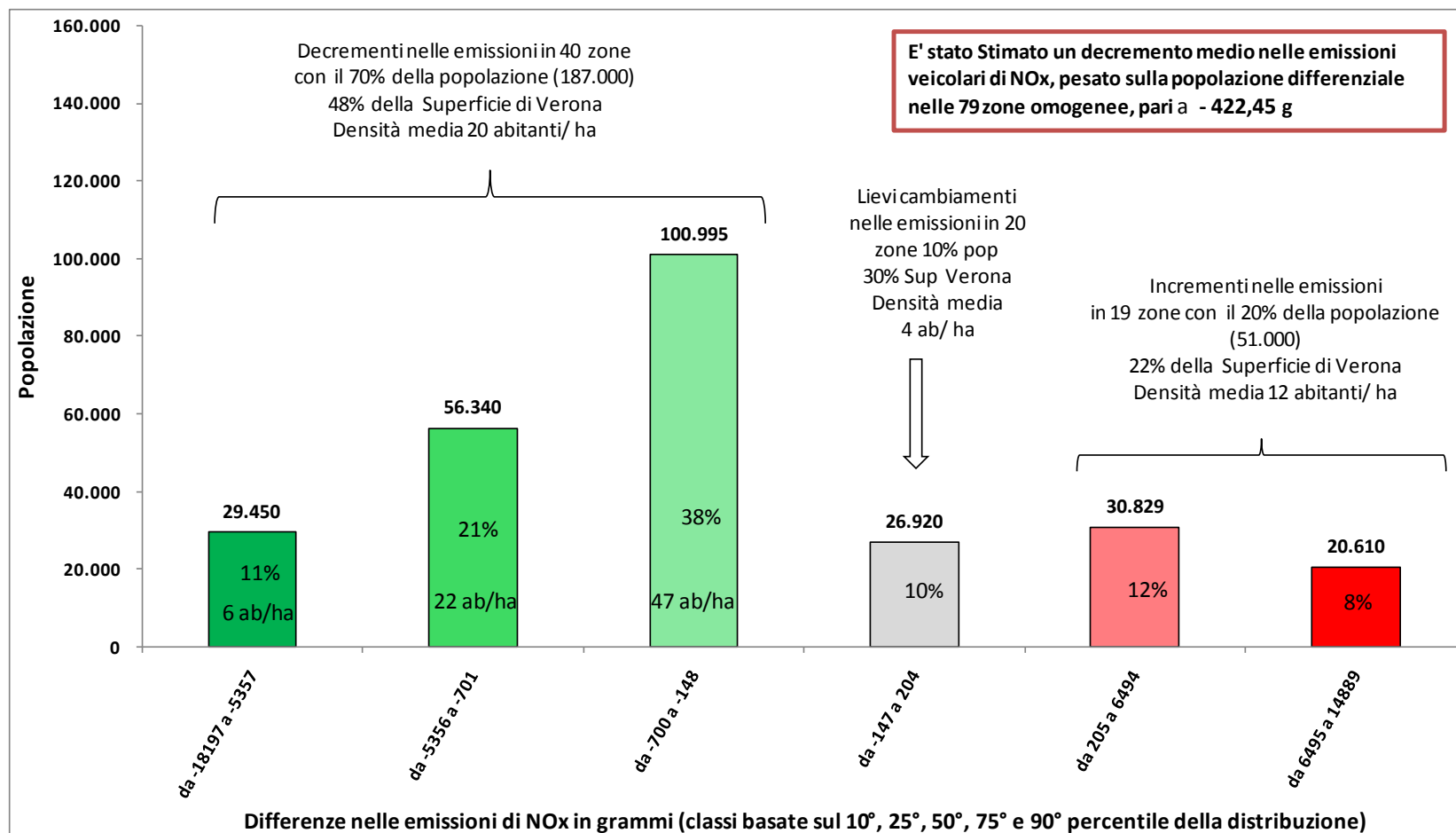


Figura 10.6 - Differenze nelle emissioni di NOx (g) riferite ai cambiamenti di traffico nelle ore di punta del mattino in seguito alla realizzazione dell'opera.

Tabella 10.2 - Popolazione residente, superficie e densità abitativa per zona territoriale Omogenea. Annuario statistico del comune di Verona, 2008.

Zone Territoriali Omogenee	Superficie (ettari)	Abitanti	Densità abitanti/ettaro
01 - Città Antica	100,9	9.165	90,83
02 - Pontiere	69,6	2.776	39,89
03 - Valverde	49,4	4.385	88,77
04 - San Bernardino	36,5	2.571	70,44
05 - San Zeno	37,2	2.229	59,92
06 - San Paolo	44,9	2.963	65,99
07 - Veronetta centro	56,0	6.235	111,34
08 - San Giovanni in Valle	40,2	826	20,55
09 - San Stefano	18,2	635	34,89
10 - Arsenale	110,6	10.307	93,19
11 - Cesiolo	60,4	2.212	36,62
12 - Ponte Crencano est	59,2	7.204	121,69
13 - Valdonega	382,4	3.130	8,19
14 - San Mattia	48,2	598	12,41
15 - Biondella	104,2	1.841	17,67
16 - Fincato	161,6	6.511	40,29
17 - Santa Croce	72,1	5.440	75,45
18 - Borgo Venezia centro	81,6	10.101	123,79
19 - Borgo Trieste	71,9	6.450	89,71
20 - Porto S.Pancrazio centro	384,9	5.082	13,20
21 - Porto S.Pancrazio sud	194,4	903	4,65
22 - Pestrino	110,1	329	2,99
23 - Palazzina	293,8	2.874	9,78
24 - Polidore	105,6	3.605	34,14
25 - Tombetta	177,4	7.146	40,28
26 - Primo Maggio	73,1	2.885	39,47
27 - Tomba	79,2	8.235	103,98
28 - ZAI di Borgo Roma	411,6	1.445	3,51
29 - Genovesa - Gelmetto	335,4	1.447	4,31
30 - La Rizza	222,0	428	1,93
31 - Golosine nord	80,1	9.620	120,10
32 - Golosine sud	73,9	5.282	71,47
33 - S.Lucia centro	118,3	9.966	84,24
34 - Quadrante nord-est	603,3	1.585	2,63
35 - Quadrante sud-est	458,9	515	1,12
36 - Porta Nuova	161,3	3.248	20,14
37 - Stadio	74,5	8.106	108,81
38 - Spiana'	191,6	515	2,69
39 - Borgo Milano centro	100,7	11.531	114,51
40 - Borgo Nuovo	116,6	8.972	76,95
41 - San Procolo	69,7	5.395	77,40
42 - Navigatori	92,0	4.030	43,80

43 - Avesa centro	224,2	3.299	14,71
-------------------	-------	-------	-------

Continua Tabella

Zone Territoriali Omogenee	Superficie (ettari)	Abitanti	Densità abitanti/ettaro
44 - Avesa collina	480,7	198	0,41
45 - Poiano	367,7	2.252	6,12
46 - Quinto	389,4	3.417	8,78
47 - Marzana	134,1	1.644	12,26
48 - Novaglie	245,9	886	3,60
49 - S.Maria in Stelle	676,2	1.413	2,09
50 - Mizzole centro	398,5	974	2,44
51 - Pigozzo	652,2	208	0,32
52 - Trezzolano	445,6	244	0,55
53 - Cancellò	484,6	199	0,41
54 - Moruri	600,4	237	0,39
55 - S.Felice extra	103,2	1.233	11,95
56 - Ponte Florio	442,0	675	1,53
57 - Montorio centro	537,0	3.772	7,02
58 - Olivé	295,0	1.846	6,26
59 - S.Michele centro	56,6	3.268	57,74
60 - Molini	147,8	1.217	8,23
61 - Frugose	197,2	5.254	26,64
62 - Madonna di Campagna	107,5	5.731	53,31
63 - Casotti	577,0	695	1,20
64 - Mattozze	500,8	244	0,49
65 - Cadidavid	1.221,0	8.055	6,60
66 - Marchesino	281,1	530	1,89
67 - S.Massimo centro	811,8	9.500	11,70
68 - Croce Bianca	350,9	3.337	9,51
69 - Chievo	110,5	2.072	18,75
70 - La Sorte	539,3	1.098	2,04
71 - Basson	627,5	2.113	3,37
72 - Ponte Crencano ovest	52,3	3.087	59,02
73 - Parona	373,0	3.486	9,35
74 - Quinzano centro	149,1	2.939	19,71
75 - Quinzano collina	650,3	389	0,60
76 - Saval di Parona	123,2	147	1,19
77 - ZAI di S.Lucia	241,8	408	1,69
78 - Casermette	123,8	287	2,32
79 - Saval di Quinzano	54,9	67	1,22
Totale	19.907,6	265.144,0	13,3

Considerazioni e raccomandazioni preliminari

Per quanto attiene alla valutazione dei potenziali effetti ambientali e sanitari dell'opera viaria prevista sul territorio comunale di Verona, dalla documentazione reperita ed esaminata e dalle elaborazioni effettuate è stato possibile ricavare una serie di prime considerazioni e raccomandazioni che di seguito vengono esposte. Nella relazione finale tali aspetti verranno ripresi ed approfonditi alla luce dell'esame dell'ulteriore documentazione in corso di acquisizione e delle relative elaborazioni.

Si ribadisce che le valutazioni contenute in questo studio si riferiscono esclusivamente agli impatti dell'opera viaria "Passante Nord- Torricelle", quale oggetto della convenzione stipulata tra l'Istituto Superiore di Sanità ed il Comune di Verona.

- Lo studio dei flussi di traffico (riferiti all'ora di punta mattutina) e i dati sul parco veicolare reperiti, hanno consentito elaborazioni, mediante l'applicazioni di fattori di emissione specifici per tipologia di veicolo e condizioni di marcia, finalizzate alla stima delle quantità di inquinanti emesse nelle diverse zone omogenee. Da tali elaborazioni emerge come nelle aree posizionate a sud rispetto all'opera viaria verrebbe a determinarsi una sensibile riduzione di emissione degli inquinanti considerati nello studio (PM, NO_x). Diversamente, nelle aree attraversate dalla progettata opera viaria si stima un aumento dell'emissione degli inquinanti, mentre le zone collinare a nord di detta opera non mostrano una sensibile variazione rispetto alla situazione attuale. Si sottolinea che le valutazioni si riferiscono ai flussi di traffico rilevati e previsti in una sola ora della giornata. Le stime potranno essere elaborate per l'intera giornata quando saranno resi disponibili i dati di traffico medio giornaliero, che il comune sta predisponendo per l'invio.
- Per stimare il potenziale impatto dell'opera sull'esposizione della popolazione, si è utilizzato, come indicatore indiretto, la variazione area-specifica delle emissioni veicolari, tenendo conto della distribuzione differenziale della popolazione nelle 79 Zone Omogenee (si vedano **figure da 10.2 a 10.6**). Le stime effettuate evidenziano, in generale per l'intera area comunale di Verona, una lieve riduzione dei valori medi di emissione veicolare, pesati sulla popolazione residente, sia per il PM che per gli ossidi di azoto, compatibile con un alleggerimento complessivo dell'inquinamento da traffico conseguente alla realizzazione dell'opera. In particolare, decrementi nelle emissioni di questi inquinanti sono stati stimati in 40 Zone Omogenee, nelle quali risiede circa il 70% della popolazione di Verona (più di 180.000 abitanti). Occorre evidenziare che le 40 Zone Omogenee, ove si registra uno scenario di miglioramento dell'inquinamento atmosferico da traffico veicolare, rappresentano la metà circa del territorio comunale. Detto territorio è caratterizzato da una elevata densità abitativa (in media 20 abitanti/ha), che raggiunge un valore di 45 abitanti/ha in 19 aree ove risiedono circa 100.000 persone (40% della popolazione residente). D'altra parte è opportuno sottolineare che sono stati altresì stimati incrementi nei valori di emissione in altre 19 Zone Omogenee della città, ove risiede circa il 20% della popolazione. Queste zone, che corrispondono a circa un quinto della superficie comunale, sono aree a minor densità abitativa (in media circa 10

abitanti/ha) rispetto a quelle ove si stimano diminuzioni nei flussi di traffico e quindi nelle emissioni.

- Sulla base delle valutazioni finora effettuate, una quota molto elevata della cittadinanza, residente in aree ad alta densità abitativa, condividerebbe scenari di diminuzione delle emissioni veicolari tali da far ritenere che la realizzazione dell'opera, di per sé, non possa determinare incrementi dell'esposizione ad inquinanti atmosferici e dei rischi sanitari ad essa potenzialmente associati, per la popolazione di Verona, nel suo complesso.

D'altra parte, i potenziali aumenti delle emissioni nelle zone a maggior vicinanza all'opera viaria, sebbene relativi ad aree a bassa densità abitativa e riguardanti una quota relativamente ridotta di popolazione, devono essere attentamente valutati al fine di attivare idonee misure di mitigazione dell'esposizione e dei possibili disagi e rischi sanitari ad essa associati nei gruppi di popolazione ivi residenti.

A tal fine si raccomanda che vengano preliminarmente identificati, e poi attuati, provvedimenti finalizzati al contenimento dei flussi di traffico nelle aree interessate da possibili incrementi di emissioni (si veda il capitolo 10), attigue all'area ove è prevista la costruzione del passante Nord. Tali provvedimenti dovranno essere indirizzati, ad esempio, a:

- realizzare (estendere) aree a traffico limitato (ZTL);
 - potenziare la rete di trasporto pubblico con veicoli a basso potere emissivo;
 - realizzare (estendere) aree verdi;
 - valutare in continuo la qualità dell'aria ambiente e quindi l'efficacia delle azioni intraprese per la mitigazione dell'impatto, attraverso l'impiego di stazioni di rilevamento *ad hoc*.
- Si raccomanda inoltre che, nella progettazione e realizzazione dell'opera viaria, si preveda l'attivazione di un sistema di trasporto pubblico che percorra l'intero anello stradale (che si costituirebbe di fatto in seguito alla realizzazione del Passante Nord), in modo da stimolare i percorsi extracittadini, disincentivando gli spostamenti su veicoli privati per attraversare la città da un capo all'altro. Inoltre andrà garantito un agile scambio dall'anello stradale periferico verso il centro di Verona e viceversa. Nelle aree ove si prevede un incremento di flussi di traffico (soprattutto la parte Nord, a ridosso dell'anello stradale, prima di entrare nel centro cittadino) si dovrebbe quindi contemplare la messa in opera di parcheggi di scambio per i flussi del pendolarismo cittadino. Il sistema dovrebbe garantire che chi proviene dall'esterno possa parcheggiare l'auto privata (o scendere dal mezzo di trasporto pubblico circolante nell'anello stradale) e usufruire di un secondo servizio di trasporto pubblico diretto verso l'interno della città e viceversa.
- Per quanto concerne la fluidificazione del traffico, che si dovrebbe ottenere con la realizzazione dell'opera viaria, questa può essere considerata un fattore di mitigazione della situazione generale di inquinamento atmosferico legato alle emissioni veicolari. Infatti essa dovrebbe portare ad un minor tempo di percorrenza e di stazionamento veicoli nelle diverse aree di attraversamento, cui corrisponde in generale una minore emissione di inquinanti.

- Si ritiene inoltre necessario che vengano seguite le seguenti raccomandazioni relative alle attività cantieristiche:
 - Nel periodo di attività dei cantieri particolare attenzione dovrà essere posta alle emissioni dovute ai mezzi di trasporto e di cantiere; a tale proposito si ritiene utile fare riferimento ai documenti citati (si veda il capitolo 7). Sarà necessario effettuare una sorveglianza ambientale, in particolare per quanto riguarda il materiale particolato sia sospeso che sedimentabile. La definizione e l'attuazione di uno specifico programma che preveda stazioni di rilevamento *ad hoc* e l'utilizzo di laboratori mobili, consentirà di valutare la qualità dell'aria ambiente e, successivamente, l'efficacia delle azioni intraprese nei cantieri per la mitigazione dell'impatto.
 - Le azioni da intraprendere per la mitigazione degli impatti dei cantieri dovranno principalmente considerare gli aspetti relativi a: processi di lavorazioni meccaniche, processi di lavoro termici e chimici, requisiti di macchine ed apparecchi. In particolare si dovranno attuare azioni che impediscano o limitino il sollevamento e diffusione del materiale particolato l'adozione di tecnologie e materiali che limitino la formazione e dispersione di aerosol; l'utilizzo di macchine e apparecchiature dotati di sistemi antinquinamento che considerino le migliori tecnologie, ferma restando l'attenta e periodica manutenzione degli stessi.
 - Sempre relativamente ai cantieri si raccomanda (anche se tale aspetto non è compreso nel presente studio) la sorveglianza relativamente alla diffusione di rumori dovuti sia alla specifica attività del cantiere stesso (macchine scavo e movimento terra, volate di mina, sistemi di comunicazione mediante altoparlante, segnalazioni acustiche, ecc.), sia al traffico di automezzi da e per il cantiere. Anche in questo caso l'effettuazione di monitoraggi *ad hoc*, nelle diverse situazioni, consentirà di valutare l'efficacia delle azioni di mitigazione intraprese. In tal senso, l'attenta scelta delle percorrenze, la messa in atto di barriere antirumore temporanee, l'organizzazione del cantiere, potranno consentire una riduzione consistente di questo fattore di pressione ambientale. Anche per questi aspetti si rimanda ai documenti specifici citati al capitolo 7. Queste valutazioni rivestono particolare importanza per i cantieri che verranno a trovarsi in prossimità di aree sensibili.
- Terminata la fase di cantiere ed attivato il nuovo assetto viario, sarà importante effettuare campagne di rilevamento finalizzate alla verifica della situazione ambientale delle specifiche aree interessate. Questo consentirà, inoltre, di integrare i dati rilevati dalle stazioni fisse.
- In merito alle attività previste dalla Convenzione, in riferimento a *“valutazioni/raccomandazioni relative alle modalità di coinvolgimento/informazione della popolazione”*, le indicazioni emerse dall'analisi della documentazione reperita, mettono in evidenza come il Comitato *pro referendum* denuncia la scarsa attenzione del Comune ai bisogni informativi e alla richiesta di dialogo dell'opinione pubblica locale. L'analisi delle ragioni del Comitato evidenzia il timore dell'aumento di possibili effetti avversi sulla salute e

l'ambiente, dovuti ad un aumento del traffico soprattutto nelle aree maggiormente interessate dall'opera. Al tempo stesso, si rileva: una preoccupazione per l'ambiente, un'attenzione per la conservazione del territorio e allo sviluppo sostenibile della città, con la richiesta di soluzioni alternative all'opera quali: il potenziamento della rete del trasporto pubblico, l'estensione delle aree a traffico limitato, la tutela del Parco dell'Adige, e l'esclusione di ogni ipotesi di urbanizzazione di aree verdi.

Pertanto, al fine di favorire un clima di reciproca fiducia, si raccomanda che:

- L'Amministrazione comunale metta in atto iniziative volte alla cittadinanza, utili a fugare timori e percezioni distorte. In questa direzione, la comunicazione ambientale e il coinvolgimento dei cittadini nel processo decisionale locale sono strumenti riconosciuti per un efficace governo del territorio. A tale fine si suggerisce di pianificare iniziative di informazione/coinvolgimento dei cittadini, condivise con i rappresentanti del Comitato ed altri *stakeholder*, quali rappresentanti degli interessi locali.
- In particolare, si raccomanda di:
 - I. diffondere tra tutti i cittadini le informazioni relative alle diverse fasi del processo decisionale, esplicitando benefici e criticità dell'opera;
 - II. individuare strumenti idonei per il coinvolgimento "propositivo" dei cittadini, con particolare attenzione agli aspetti di valutazione e mitigazione di eventuali rischi o criticità e al monitoraggio ambientale, nelle fasi di costruzione e di esercizio dell'opera;
 - III. individuare e condividere strumenti di verifica dell'effettiva applicazione ed efficacia delle misure di mitigazione e dei controlli predisposti, a cui possano accedere i cittadini;
 - IV. presentare i risultati dello studio commissionato all'ISS nell'ambito di un incontro programmato con i rappresentanti dei comitati cittadini ed aperto alla popolazione.

Si raccomanda particolare attenzione a che le fasi di comunicazione tra l'Amministrazione comunale e la cittadinanza siano rivolte in modo specifico verso i cittadini a carico dei quali si prevedono i maggiori disagi. I casi più complessi (quali espropri, interruzione di attività produttive e commerciali, ecc.) dovrebbero essere gestiti in modo diretto dall'Amministrazione comunale, cercando in ogni modo di favorire il dialogo e di evitare situazioni di contrapposizione.

Da queste valutazioni preliminari sull'opera in oggetto, emerge uno scenario generale, su ampie porzioni del territorio comunale, di complessiva riduzione della pressione ambientale sulla qualità dell'aria. Tuttavia, l'osservazione di dettaglio a livello di zone omogenee identifica, per le aree attraversate dall'opera viaria, un aumento delle emissioni dovute al traffico veicolare. Quest'ultimo aspetto verrà ulteriormente approfondito, sulla base dei dati integrativi sui flussi di traffico che il Comune sta predisponendo.

A fronte delle valutazioni basate sui flussi di traffico relativi ad un'ora di punta, sopra descritte, sono state effettuate stime del tutto preliminari del contributo alle concentrazioni di fondo dell'emissione prodotta dai veicoli transitanti giornalmente sulle cinque tratte stradali della nuova opera viaria. Queste stime, a distanze comprese tra 15-20 metri dalla carreggiata, indicano per il PM apporti di concentrazioni tra 0,3-0,5

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ e per gli NO_x di 9-12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tali concentrazioni, per lo specifico modello utilizzato, non prendono in considerazione i fattori di dispersione atmosferici specifici di un'area e la formazione di inquinanti secondari. Campagne di monitoraggio *ad hoc ante* e *post operam* nelle aree interessate consentiranno di quantificare l'impatto reale sulla qualità dell'aria della zona, verificando l'efficacia delle azioni di mitigazione messe in atto e valutando l'opportunità di nuovi interventi di contenimento.

Si auspica che le valutazioni riportate nel presente studio possano fornire un utile contributo alla elaborazione del più completo ed articolato Piano di Azione e di Risanamento della Qualità dell'Aria che ha considerato, tra una serie di interventi significativi per un piano di mobilità urbana, anche il Traforo delle Torricelle.

Bibliografia

- Avanzi, Consorzio Metis, Politecnico di Milano e TRT Trasporti e territorio *Libro Bianco sui Conflitti Territoriali e Infrastrutture di Trasporto* (2009). Disponibile all'indirizzo:
http://www.trttrasportieterritorio.it/documenti/Libro%20bianco%20infrastrutture%20di%20trasporto_Executive%20Summary.pdf.
- Berti G, Galassi C, Faustini A, Forastiere F (A cura di) (2009). EPIAIR. Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione. *Epidemiol Prev* 2009; 33(6) Suppl 1: 1-143. Disponibile su:
<http://www.epidemiologiaeprevenzione.it/cms/?q=node/101>
- Biggeri A, Bellini P, Terracini B (2004). Metanalisi Italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico 1996-2002 [Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution – MISA 1996–2002]. *Epidemiologia e Prevenzione*, 28(S4– 5):4–100.
- Bobbio L, Zeppetella A. (1999). *Perché proprio qui? Grandi opere ed opposizioni locali*. Milano: Franco Angeli Editore; 1999.
- Boulter P. G. and T. J. Barlow (2005). *Artemis: Average speed emission functions for heavy-duty road vehicles*. TRL Report UPR/IEA/12/05 (unpublished). Transport Research Laboratory, Wokingham.
- CAFE, The Clean Air for Europe programme (2005). *Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe - Final Report 2005*. Disponibile all'indirizzo:
http://www.behouddeparel.nl/zandverwerkingsinstallatie/Fijnstof%20cafe_lot11.pdf.
- CE, Commission of the European Communities (2001a). Libro bianco: “*La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte.*” [COM(2001) 370 definitivo. - non pubblicato nella Gazzetta ufficiale].
- CE, Commission of the European Communities (2001b). *European Governance: a white paper*. COM(2001)428 final, Brussels 25.7.2001.
- CE, Commission of the European Communities (2006). Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo relativa ad una Strategia tematica sull'ambiente urbano. Brussels, 11.1.2006, COM(2005)718 finale. {SEC(2006) 16}.
- CE, European Communities (2007). *Preparation of a green paper on urban transport: Report on urban transport in Europe*. MVV Consulting – Tractebel Development Engineering (Eds). Prepared for the European Commission, Directorate-General for Energy and Transport. Final Version, September 2007. Disponibile all'indirizzo:
http://ec.europa.eu/transport/urban/studies/doc/2007_urban_transport_europe.pdf.

- CE, Commission of the European Communities (2009). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. *Action Plan on Urban Mobility*. Brussels, 30.9.2009, COM(2009)490 final. {SEC(2009) 1211}{SEC(2009) 1212}.
- Cirillo M. (2008) La qualità dell'aria in Italia: dati, problemi, prospettive. *Idea Ambiente*, anno 05, n° 38, Aprile Maggio 2008.
- CNEIA, Commissione Nazionale Emergenze Inquinamento Atmosferico (2006). *Relazione conclusiva*. Marzo 2006. Disponibile all'indirizzo: http://www.attalea.it/res/site39865/res241438_relazione_conclusiva_cnea.pdf.
- Comunicato stampa risultati del progetto EPIAIR (2009). IN CITTÀ TIRA ANCORA UNA PESSIMA ARIA. Gli ultimi dati sul rapporto tra inquinamento atmosferico e salute in Italia. Disponibile all'indirizzo: <http://www.epidemiologiaeprevenzione.it/cms/?q=node/101>.
- Covello VT, Allen FW (1988). *Seven cardinal rules of risk communication*. Washington, DC: US Environmental protection Agency, 1988 (leaflet OPA-87-020).
- Covello VT, McCallum DB, Pavlova MT (1989). *Principles and guidelines for improving risk communication*. In: Covello VT, McCallum DB, Pavlova MT (eds). "Effective Risk Communication: The Role and Responsibility of Government and Non-government Organizations". New York, NY: Plenum Press. 1989.
- Covello VT, Sandman PM. (2001). *Risk communication: Evolution and revolution*. In: Wolbarst A (ed.) *Solutions to an Environment in Peril*. Baltimore, MD: John Hopkins University Press; 2001:164-178.
- Den Boeft J, Eerens HC, den Tonkelaar WAM, Zandveld PYJ, (1996). *CAR International: a simple model to determine city street air quality*. *The Science of the total Environment*, 189/190: 321-326.
- Di Paola M, Mastrantonio M, Carboni M, Belli S, De Santis M, Grignoli M, Trinca S, Nesti M e Comba P. (2000). *Esposizione ad amianto e mortalità per tumore maligno della pleura in Italia (1988 - 1994)*. Rapporti ISTISAN, 00/9.
- EEA, European Environmental Agency (2006). *Air pollution at street level in European cities*. EEA Technical Report No 1/2006. EEA, Copenhagen.
- EEA, European Environmental Agency (2009a). *Spatial assessment of PM₁₀ and ozone concentrations in Europe*. EEA Technical report No 1/2009.
- EEA, European Environmental Agency (2009b). *EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme)/EEA Air pollutant emission inventory guidebook*, 2009.
- EBoDE (2010a). *Few environmental factors responsible for most of the environmental burden of disease in European countries*. The EBoDE Working Group, Poster P39-01-14, 5th Ministerial Conference of WHO EURO, 10-12.3.2010, Parma. Disponibile all'indirizzo: http://en.opasnet.org/w/EBoDE_Parma

- EBoDE (2010b). *Environmental factors contribute significantly to disease burden in Europe* – EBoDE project. The EBoDE Working Group, Poster P39-01-14, 5th Ministerial Conference of WHO EURO, 10-12.3.2010, Parma. Disponibile all'indirizzo: http://en.opasnet.org/w/EBoDE_Parma.
- Erspamer L, Ranzi A, Lauriola P, Trinca S e Comba P (2007). *Sorveglianza ambientale e sanitaria in aree prossime ad inceneritori: indicazioni emerse dal progetto Europeo ENHance Health*. Rapporti ISTISAN 07/41.
- Galassi C, De Sario M, Forastiere F (2005). Studi Italiani sui Disturbi Respiratori dell'Infanzia e l'Ambiente [Italian Studies on respiratory disorders in children and environment. Second Phase]. *Epidemiologia e Prevenzione*, 29 (S2):1–98.
- IARC, International Agency for Research on Cancer (1987). *Overall evaluation of carcinogenicity: an updating of IARC monographs*. Volumes 1-42; Lyon, IARC, 1987.
- IARC, International Agency for Research on Cancer (1997). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 68, Silica Summary of Data Reported and Evaluation*. Disponibile all'indirizzo: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol68/volume68.pdf>.
- IARC, International Agency for Research on Cancer (1998). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 14, Asbestos Summary of Data Reported and Evaluation*. Disponibile all'indirizzo: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol14/volume14.pdf>.
- Iavarone I, Pirastu R., Comba P. (2008). Avvio del Programma Strategico Nazionale “Ambiente e Salute” Workshop Roma, 5 Giugno 2008. Notiziario ISS, vol. 21, n. 6, 2008.
- ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2008a). *IV Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano*. APAT, Edizione 2008. Disponibile all'indirizzo: http://www.apat.gov.it/site/contentfiles/00152000/152027_IV_Rapporto_aree_urbanerev.pdf.
- ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2008b). *Serie Storiche delle emissioni dei principali inquinanti in Italia organizzati per settore*. (Link all'European Environment Information and Observation Network (Eionet)). Disponibile all'indirizzo: <http://www.sinanet.apat.it/it/sinanet/sstoriche/>.
- ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2008c). *V Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano*. Edizione 2008. Disponibile all'indirizzo: http://www.apat.gov.it/site/contentfiles/00154500/154513_V_Rapporto_%20Aree_urb.pdf.
- ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2009a). *Annuario dei dati ambientali 2008*. Disponibile all'indirizzo: http://www.apat.gov.it/site/files/Annuario08/partegenerale_pres_commissario.pdf.

- ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2009 b). *VI Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano*. ISPRA, Rapporti 16/2009. Disponibile all'indirizzo: http://www.apat.gov.it/site/_contentfiles/00158100/158125_VI_Rapporto_Qualità_Ambiente_Urbano.pdf.
- ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2009c). *Inventario nazionale delle emissioni*. ISPRA, Rapporti 98/2009. Disponibile all'indirizzo: <http://www.apat.gov.it/>.
- ISTAT, Istituto Nazionale di Statistica (2010). *Qualità dell'aria nelle città europee. Anni 2004-2008*. Disponibile all'indirizzo: http://www.istat.it/salastampa/comunicati/non_calendario/20100622_01/qualità_aria_europa.pdf.
- Lauria L, Bastone A, Vollono C. (1997) “Analysing public perception and information needs about risks connected to the operation at an electric power plant in Central Italy”. In: B-M Drottz Sjöberg (ed.) *New Risk Frontiers*. Proceedings of the 10TH meeting of the Society of Risk Analysis – Europe. Series Rhizikon. Studies of risk and hazard. Stockholm: Center for Risk Research; 1997. p. 855-864.
- Menichini E., G. Settimo, G. Viviano (2006). *Metodi per la determinazione di arsenico, cadmio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici nelle deposizioni atmosferiche*. Gruppo di lavoro Istituto Superiore di Sanità "Metodiche per il rilevamento delle emissioni in atmosfera da impianti industriali". Rapporti ISTISAN 06/38
- Martuzzi M, Galassi C, Ostro B, Forastiere F, Bertollini R (2002). *Health impact assessment of air pollution in the eight major Italian cities*. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, (EURO/02/5040650). Disponibile presso: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0013/91111/E75492.pdf.
- Martuzzi M, Mitis F, Iavarone I, Serinelli M. (2006). Health impact of PM₁₀ and ozone in 13 Italian cities. World Health Organization - Regional Office for Europe. Copenhagen 2006 (E88700) ISBN 9289022930.
- Ministero della Salute (2009). *Relazione sullo Stato Sanitario del Paese 2007-2008*. Disponibile all'indirizzo: http://www.governo.it/GovernoInforma/Dossier/rapporto_sanitario/.
- OECD, Organization for Economic Cooperation and Development (2006). *Territorial Reviews: Competitive Cities in the Global Economy*. November 2006. Disponibile all'indirizzo: http://www.oecd.org/document/2/0,3343,en_2649_34413_37801602_1_1_1_1,0_0&en-USS_01DBC.html.
- Podestà N. (2009). *Strumenti di mediazione per la risoluzione di conflitti. L'esperienza dell'Osservatorio per il collegamento ferroviario Torino-Lione*. Alessandria: Università del Piemonte Orientale “Amedeo Avogadro” - Dipartimento di politiche pubbliche e scelte collettive - POLIS Working Papers, Periodico mensile on-line. 2009. Disponibile all'indirizzo: <http://polis.unipmn.it/pubbl/RePEc/uca/ucapdv/podesta137.pdf>.

- Provincia di Firenze (2009). *Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti*. 2009.
- Regione del Veneto (2004). Piano Regionale dei Trasporti del Veneto. Rapporto Finale. Venezia, novembre 2004. Disponibile all'indirizzo:
<http://www.regione.veneto.it/NR/rdonlyres/204929A0-35FC-4EB6-AB09-8E431E64CA3C/0/Capitolo00.pdf>
- Sandman PM. (1989). "Hazard versus outrage in the public perception of risk". In: Covello VT, McCallum DB, Pavlova MT (eds). *Effective Risk Communication: The Role and Responsibility of Government and Nongovernment Organizations*. New York, NY: Plenum Press; 1989:45-49.
- UFAM, Ufficio federale dell'ambiente della Confederazione Svizzera (2008). *Checklist ambiente per progetti di strade nazionali non soggette all'EIA*. Disponibile all'indirizzo:
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00127/index.html?lang=it>
- UFAM, Ufficio federale dell'ambiente della Confederazione Elvetica (2009). *Protezione dell'aria sui cantieri edili*. Direttiva concernente le misure funzionali e tecniche per la limitazione delle emissioni di inquinanti atmosferici causate dai cantieri (Direttiva aria cantieri). Entrata in vigore: 1° settembre 2002. Edizione aggiornata del 1° gennaio 2009. Pratica ambientale n. 0901. Ufficio Federale dell'Ambiente, Berna.
- UN, United Nations (2008). *World Population Prospects. The 2007 Revision*. UN- Department of Economic and Social Affairs (DESA). Population Division- Population Estimates and Projections Section. 2008. Disponibile all'indirizzo:
www.unpopulation.org.
- UN, United Nations (2010). *World Population Prospects. The 2009 Revision*. (<http://esa.un.org/unpd/wup/>)
- Visschedijk A., Jozef Pacyna, Tinus Pulles, Peter Zandveld and Hugo Denier van der Gon (2004) "Coordinated European Particulate Matter Emission Inventory Program (CEPMEIP)". Disponibile all'indirizzo:
<http://www.tno.nl/downloads/CEPMEIP1.pdf>
- Vollono C (2003), "L'analisi delle motivazioni del "non consenso" ai fini della gestione dei rischi connessi allo smaltimento dei rifiuti sul territorio. In: L. Morselli (ed.) *Atti dei seminari: Le tecnologie ed i controlli per un'aria pulita*. Ecomondo, 22-25 ottobre 2003, Rimini. Maggioli Editore. Vol.2: p. 354-360.
- WHO, World Health Organization (1987). *World Health Organization, Air quality guidelines for Europe*, WHO Regional Publications. European Series n.23, 1987.
- WHO, World Health Organization (2000). *World Health Organization, Air quality guidelines for Europe*, WHO Regional Publications. European Series n.91, 2000.

- WHO, World Health Organization (2006). *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global updated 2005. Summary of risk assessment*. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2006.

Documentazione da siti on-line ed articoli di giornali:

- <http://ufficiostampa.comune.verona.it>
- <http://www.larena.it/>, articoli vari
- <http://www.larena.it/stories/Home/136800>
- <http://www.skyscrapercity.com/>
- <http://www.traforo.it>, articoli vari.
- www.traforo.it/traforo_delle_torricelle_no...in.../tappabuchi7.pdf.
- www.traforo-torricelle.it/RassegnaStampa.aspx
- <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?p=60847195>.
- www.veramente.org (26.07.2010).
- <http://veronacittaperta.blogspot.com/>

Normativa

- Direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale. GUE n L14/26 del 14 febbraio 2005.
- Direttiva 2003/35/CE che prevede la partecipazione del pubblico nell'elaborazione di taluni piani e programmi in materia ambientale. GUE n.L156/17 del 25 giugno 2005.
- Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. GUE n. 152L del 11giugno 2008.
- DLgs 152/2006. Norme in materia ambientale. Supplemento G.U. n. 88 del 14 aprile 2006.
- DLgs 04/2008. Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, G.U. n. 24 del 29 gennaio 2008.
- DLgs 81/2008. Attuazione dell'articolo 1 della [legge 3 agosto 2007, n. 123](#), in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. G.U. n. 101 del 30 aprile 2008, SO n.108.
- DLgs 155/2010. Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. G.U. n. 216 del 15.agosto 2010. SO n.217.
- Decreto del 10 luglio 2002 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo. G.U. n. 226 del 26 Settembre 2002.
- Legge 28 gennaio 2009, n. 2. Conversione in legge, con modificazioni del decreto-legge 29 novembre 2008, n.185, recante misure urgenti per il sostegno a famiglie,

lavoro, occupazione e impresa e per ridisegnare in funzione anti crisi il quadro strategico nazionale. G.U. n. 22 del 28 gennaio 2009. SO n. 14

- Provincia di Firenze. Deliberazione di Giunta Provinciale N. 213 del 03/11/2009. Adozione delle: Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti.
- Regione Toscana e Emilia Romagna. Nota tecnica Interregionale n. 12211 del 31/03/2004 *“Mezzi diesel - Standard di sicurezza per i lavori in galleria da adottarsi durante la costruzione di grandi opere pubbliche quali la linea ferroviaria ad Alta Velocità, la Variante Autostradale di Valico e la realizzazione della terza corsia. Dotazioni ed uso dei mezzi equipaggiati con motori diesel”*.

ALLEGATI

Allegato 1: Convenzione tra l'Istituto Superiore di Sanità e il Comune di Verona per la realizzazione, in collaborazione, di uno studio su:

Valutazione delle possibili conseguenze sulla salute dei cittadini e sull'inquinamento atmosferico derivanti dalla realizzazione di un Passante Nord-traforo delle Torricelle.

Allegato 2: Elenco della documentazione acquisita

Allegato 1

Convenzione tra l'Istituto Superiore di Sanità e il Comune di Verona per la realizzazione, in collaborazione, di uno studio su:

Valutazione delle possibili conseguenze sulla salute dei cittadini e sull'inquinamento atmosferico derivanti dalla realizzazione di un Passante Nord-traforo delle Torricelle.

L'anno duemiladieci, il giorno....del mese...., premesso:

- che l'Istituto, quale organo tecnico-scientifico del Servizio Sanitario Nazionale, ai sensi del DPR 20 gennaio 2001, n. 70, stipula accordi di collaborazione con amministrazioni, enti, associazioni, e altre persone giuridiche, pubbliche o private, nazionali, estere o internazionali, anche ricevendone contributi, per lo svolgimento di ricerche particolari attinenti ai compiti istituzionali;

- che l'Istituto svolge attività di ricerca e di intervento ai fini della tutela della salute pubblica, tra l'altro nel settore dell' Aria Ambiente, con lo studio ed il controllo delle emissioni ed immissioni in atmosfera di sostanze inquinanti;

Tra il Comune di Verona e l'Istituto Superiore di Sanità (ISS), di seguito denominato "Istituto", con sede in Roma, Viale Regina Elena 299 – 00161, C.F. 80211730587, rappresentato dal Presidente, Prof. Enrico Garaci;

si concorda e si stipula quanto segue:

Art.1 – Premesse.

Le premesse costituiscono parte integrante della presente convenzione.

Art.2 – Oggetto della convenzione.

L'Istituto e il Comune di Verona svolgeranno in collaborazione un programma di studio avente come obiettivo la valutazione delle possibili conseguenze sulla salute dei cittadini e sull'inquinamento atmosferico derivanti dalla realizzazione del Passante Nord-Trafo delle Torricelle.

Art. 3 - Responsabili delle attività.

Il responsabile scientifico della sperimentazione viene indicato dall'Istituto nel Direttore del Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria (AMPP). Per il Comune di Verona lo studio sarà seguito dal

Nel corso delle attività saranno previste periodiche riunioni tra gli esperti del Dipartimento AMPP, già indicati dall'Istituto e il Responsabile del Comune, al fine di esaminare i dati prodotti, valutare i risultati ottenuti e per meglio definire la modalità del procedere della conduzione dello studio.

Art. 4 - Durata della convenzione.

La durata della presente convenzione viene fissata in 6 mesi, a partire dal 15 giugno 2010.

Art. 5 - Relazioni sullo stato di avanzamento delle attività.

L'Istituto trasmetterà al Comune di Verona:

- una relazione contenente le valutazioni relativamente all'opera in studio;
- una relazione circa le attività svolte e i risultati conseguiti, con allegato uno studio di fattibilità di un Progetto di monitoraggio della qualità ambientale da condurre nella fase di realizzazione dell'opera e *post operam*.

Art. 6 - Luoghi di svolgimento delle attività oggetto della ricerca.

Le attività oggetto della presente convenzione saranno svolte, a seconda delle esigenze, sul campo nell'area di Verona, presso la sede del Comune e presso la sede dell'Istituto. Potranno essere effettuate eventuali missioni per sopralluoghi e riunioni presso altre strutture o centri di ricerca sul territorio nazionale.

La sede della Segreteria della Commissione ha sede presso la Segreteria Generale del Comune di Verona.

Art. 7 - Trattamento del personale e responsabilità civile.

Al personale dell'Istituto che si occuperà dello svolgimento delle attività oggetto della presente convenzione, si applicano le norme istituzionali proprie, senza che da questo derivi per tale personale alcun rapporto con l'Istituto.

L'Istituto non sarà responsabile di eventuali danni derivanti dall'esecuzione delle attività considerate, alle persone impiegate dall'Istituto, a loro cose, a beni o personale di terzi.

L'Istituto provvederà, pertanto, alla necessaria copertura assicurativa del proprio personale interessato alle attività, anche quando questo opererà all'esterno dei laboratori e sedi dell'Istituto, particolarmente presso sedi ed impianti nell'area di Verona.

Art. 8 - Riservatezza delle informazioni, dei documenti, dei dati.

L'Istituto si rende garante che il personale da esso destinato allo svolgimento delle attività oggetto della presente convenzione manterrà, nei confronti di qualsiasi persona non autorizzata, il necessario riserbo per quanto attiene ad informazioni e documenti ricevuti nell'ambito della ricerca o di cui possa eventualmente venire a conoscenza durante l'esecuzione di quanto previsto dal presente accordo. I risultati ottenuti dallo svolgimento del programma di studio, previo accordo scritto tra le parti, potranno essere oggetto di pubblicazione, nel qual caso dovrà essere specificato che i risultati stessi sono stati ottenuti nell'ambito del presente contratto.

Art. 9 - Fondo messo a disposizione.

Per la realizzazione del programma qui considerato ed in ragione del diverso apporto reso dai partecipanti al programma stesso, il Comune metterà a disposizione dell'Istituto, un fondo pari a € 30.000,00 (trentamila) + IVA (se dovuta). Tale somma verrà dal Comune corrisposta all'Istituto secondo le seguenti modalità:

- 80%, pari a € 24.000,00 (ventiquattromila), entro 80 (novanta) giorni dalla firma della presente convenzione;

- 20%, pari a € 6.000,00 (seimila) entro il 15/01/2011 e comunque entro 30 giorni dalla presentazione del consuntivo delle spese. I pagamenti saranno effettuati dal Comune mediante versamento su c/c n. D 01005 03382 000000218500, acceso presso la Banca Nazionale del Lavoro, Via San Nicola da Tolentino n. 67 - 00187 Roma.

Art. 10 – Spese ed oneri fiscali.

Il presente atto, redatto in duplice copia e in bollo, è soggetto a registrazione in caso d'uso con spese in misura fissa. Le spese di bollo e quelle derivanti dall'eventuale registrazione verranno effettuate a cura e carico del Comune.

Art. 11 – Controversie.

Per ogni controversia che possa derivare dall'esecuzione di quanto previsto dal presente atto, resta inteso tra le parti che il foro competente è quello di Roma.

IL PRESIDENTE DELL'ISTITUTO SUPERIORE DI SANITA' PROF. ENRICO GARACI	IL RAPPRESENTANTE DEL COMUNE DI VERONA
--	---

Allegato 2

Elenco Documentazione Acquisita

1) **Roberto Dal Negro.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n. 305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto: **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.**

2) **Francesco Tosi.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale – UO 043. 5 ottobre 2010 N. 248087.

3) **Francesco Tosi.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale – UO 043. 5 ottobre 2010 N. 248049.

4) **Pachera Francesco.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale – UO 043. 5 ottobre 2010 N. 248340.

5) **Renate Elsässer.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale – UO 043. 5 ottobre 2010 N. 248400.

6) **Renate Elsässer.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a**

nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI. Comune di Verona Protocollo Generale – UO 043. 5 ottobre 2010 N. 248373.

7) **Renate Elsässer.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale – UO 043. 5 ottobre 2010 N. 248380.

8) **Perusi Silvio.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale – UO 043. 6 ottobre 2010 N. 250319.

9) **Belico Paola.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale – UO 043. 5 ottobre 2010 N. 248100.

10) **Bersani Francesca.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale – UO 043. 5 ottobre 2010 N. 248793.

11) **Castagna Francesca.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale – UO 043. 6 ottobre 2010 N. 250332.

12) **Simonetta Bettio.** Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente

come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale - UO 043. 5 ottobre 2010 N. 248287.

13) Fabiano Nicola. Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale - UO 043. 5 ottobre 2010 N. 249250.

14) Franghini Luisa. Documento: Osservazioni all'adozione della variante al PRG/PI n.305 collegata alla delibera n.62 del Consiglio Comunale del 22 luglio 2010 avente come oggetto **Mobilità e traffico - Completamento dell'anello circonvallatorio a nord della città di Verona - Traforo delle Torricelle da realizzare in regime di finanza di progetto - approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della variante urbanistica n. 305 al P.R.G./PI.** Comune di Verona Protocollo Generale - UO 043. 6 ottobre 2010 N. 250930.

15) Laura Lorenzini. Lotta all'inquinamento. Il traffico urbano finisce sul banco degli imputati. Corriere della Sera. Domenica 24 ottobre 2010. Corriere di Verona.

16) Laura Lorenzini. Trento stronca Ca' del Bue "Troppo ossido di azoto" Nel mirino della relazione del Piano di risanamento anche il cementificio di Fumane e il Motorcity. L'ateneo: i termovalorizzatori producono troppo ossido di azoto. Corriere di Verona 16 ottobre 2010.

17) NOTA - Impianti di ventilazione e di trattamento fumi ad aspirazione elettrostatica.

18) Comune di Verona. Piano della Mobilità Urbana. Diagnosi di funzionalità della rete e valutazione degli effetti infrastrutturali e insediativi. Dicembre 2004. Caire Urbanistica (49 p.).

19) Tabella. 4.3.1. Popolazione residente in famiglia e in convivenza nel Comune di Verona per Circoscrizione e Quartiere, Sesso, Superficie. Anno 2008. Comune di Verona. Elaborazione dell'Ufficio di Statistica su dati dell'Anagrafe.

20) Tabella 4.4. Popolazione residente nel Comune di Verona per Quartiere e Zona territoriale omogenea, superficie e densità - Anno 2008. Comune di Verona. Elaborazione dell'Ufficio di Statistica su dati dell'Anagrafe.

21) Tabella. 4.7. Popolazione residente nel Comune di Verona per classe di età, sesso, Quartiere e Zona territoriale omogenea - Anno 2008. Comune di Verona. Elaborazione dell'Ufficio di Statistica su dati dell'Anagrafe.

22) Comune di Verona. Deliberazione della Giunta Comunale – Seduta del giorno 15 luglio 2008. Oggetto: Accordo tra pubbliche amministrazioni ai sensi dell'art. 15 della Legge 241/1990 per le attività relative alla redazione del piano d'azione e risanamento della qualità dell'aria. Rep. 2008/256. Oggetto n°58. Ufficio: 028.

23) Lettera B&P Avvocati. Oggetto: Promotori del referendum // Comune di Verona.

24) Comune di Verona. Ordinanza N.86 del 15 ottobre 2010.

25) Ordinanza del Tribunale di Verona, numero di ruolo 5938/2010.

26) Comune di Verona – Coordinamento Mobilità e Traffico.

Mail al Dirigente dell'Istituto Superiore di Sanità – Dott.ssa Loredana Musmeci.
Oggetto: Completamento del collegamento a Nord – Traforo delle Torricelle. Approvazione progetto preliminare ai fini dell'adozione della Variante Urbanistica n.305 al PRG/PI. Osservazioni

27) Comune di Verona - Cordinamento Mobilità e Traffico. Centrale della Mobilità. Nodi semaforici presenti sul territorio comunale.

28) Comune di Verona. “Rete tangenziale Nord. Differenze”. Dati trasmessi da SISPLAN relativi alle variazioni del flusso veicoli sulla rete stradale di Verona (ora di punta 8.00-9.00).

29) Comune di Verona. Files georeferenziati relativi a rete stradale, traforo, semafori, circoscrizioni, quartieri, Zone Omogenee.

30) Giorgio Massignan. Documento di valutazione urbanistica sul completamento dell'anello circonvallatorio (traforo delle Torricelle) a nord della città di Verona. Variante n.305 all'attuale P.R.G./PI. Acquisito dal Comitato il 13/9/2010 in occasione dell'incontro tenutosi presso l'Istituto Superiore di Sanità. (15 p.)

31) Analisi dei documenti del progetto di urbanistica. Acquisito dal Comitato il 13/9/2010 in occasione dell'incontro tenutosi presso l'Istituto Superiore di Sanità (13 p.).

32) Relazione sanitaria. Acquisito dal Comitato il 13/9/2010 in occasione dell'incontro tenutosi presso l'Istituto Superiore di Sanità (27 p.).

33) Studio Legale Trentini. Documento in relazione alla Deliberazione della Giunta Comunale di Verona n.179/2010 del 28/5/2010- Rif. N.3346/45. Acquisito dal Comitato il 13/9/2010 in occasione dell'incontro tenutosi presso l'Istituto Superiore di Sanità (7 p.).

34) Sistema informativo territoriale - Comune di Verona. Materiale geografico in formato SHAPE e dati di popolazione in formato EXCELL relativi alle 8 circoscrizioni, 23 quartieri e 79 zone omogenee. Trasmesso tramite CD il 11/10/2010.

35) Proposta di Piano di Azione e risanamento della qualità dell'Aria per l'adozione da parte dei comuni: Bussolengo, Buttapietra, Caste d'Azzano, Castelnuovo del Garda, Grezzana, Lavagno, Negrar, Pescantina, San Giovanni Lupatoto, San Martino Buon Albergo, San Pietro in Cariano, Sant'Ambrogio di Valpolicella, Sommacampagna, Sona, Valeggio sul Mincio, Verona, Villafranca di Verona, Zevio. Scaricato dal sito del comune di Verona in data 27/10/2010.

36) PGT_SISPLAN_2008-2009_PDF

MOBILITA'_attività_2_pdf

Tabelle_e_figure_pdf - vuota

Indagine Mobilità_ATT2 - Relazione dicembre 2008

Tavole_pdf - 16 tavole

37) TRAFORO

Elenco elaborati

0_Sintesi degli Elementi Qualificanti

A_SF_01 Studio di Fattibilità

B_ST.01 Studio inquadramento territoriale_IMMAGINI

C_Progetto Preliminare

PP.01 Parte generale

01 Relazione illustrativa

02 Relazione tecnica

03 Corografia inquadramento

04 Integrazioni delibera

05 Documentazione fotografica

06 Alternative tracciato

07 Quadro economico

08 Capitolato

09 Prime ind sicurezza

10 Cronoprogramma

PP.02 Studi ed indagini

01 Idrologia e idraulica

02 Geologia e geotecnica

03 Traffico_stampato

04 Archeologia

05 Studio inserimento urbanistico

06 Compatibilità ambientale

07 Elementi monitoraggio

PP.03 Progetto stradale

PP.03.01 Corografie

PP.03.02 Fotopiano

PP.03.03 Planimetrie stato di fatto

PP.03.03 Planimetrie e profili longitudinali di progetto

PP.03.05 Planimetrie di progetto

PP.03.06.Sezioni tipo

PP.04 Opere maggiori

PP.04.01.Viadotti e ponti

PP.04.02.Galleria Naturale

PP.04.03.Galleria Artificiale

PP.05 Opere minori

PP0501-Cavalcavia

PP0502-Monolite

PP0503-Fabbricati

PP0504-OP Sostegno

PP0505-Scatolari

PP.05.06.-Impianti

PP.06 Impianti

PP0601FO01B-Fotovoltaici

PP.07 Interferenze ed espropri

PP0701-Interferenze

PP0702-Espropri

PP.08 Cantierizzazione

PP.09 Interventi di Mitigazione e Compensazione Ambientale

01 Mitigazioni

02 Compensazioni

03 Inserim paesaggistico

