

**Variante Programma Integrato di Intervento “Garibaldi - Repubblica”
COMUNE DI MILANO**

**RAPPORTO PRELIMINARE DEGLI EFFETTI SIGNIFICATIVI
SULL’AMBIENTE PER LA VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA’ ALLA
VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA**

settembre 2010

ALLEGATO 3:

Stima delle emissioni da traffico della Variante al PII Garibaldi – Repubblica

Ing. Stefano Caserini

*Stima delle emissioni da traffico
della Variante al PII Garibaldi – Repubblica*

Ing. Stefano Caserini

Settembre 2010

INDICE

1.	STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	3
1.1	Normativa relativa alla qualità dell'aria	3
1.2	Caratterizzazione dello stato attuale della qualità dell'aria	6
2.	INQUADRAMENTO EMISSIVO	18
2.1	Emissioni in atmosfera – stato attuale	18
2.2	Stima delle emissioni in atmosfera	19
2.2.1	Modello di stima delle emissioni da traffico.....	19
2.2.2	Acquisizione e organizzazione dei dati di traffico.....	22
2.2.3	Analisi dei dati del parco circolante immatricolato	26
2.2.4	Ipotesi di evoluzione del parco circolante.....	27
2.2.5	Stima delle emissioni da traffico.....	30

1. STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

1.1 Normativa relativa alla qualità dell'aria

Il quadro normativo relativo alla qualità dell'aria è definito dal Decreto Ministeriale 2 aprile 2002 n. 60 e dal Decreto Legislativo 21 maggio 2004 n. 183. Il Decreto Ministeriale 2 aprile 2002 n. 60 ha recepito la direttiva 1999/30/CE, concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido e gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo, e la direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. Il Decreto Legislativo 21 maggio 2004 n. 183, in attuazione della direttiva 2002/3/CE, fissa i limiti di qualità dell'aria per l'ozono. Le seguenti Tabelle 1-1 e 1-2 riassumono i principali limiti stabiliti dal Decreto 2 aprile 2002 n. 60, relativamente al biossido di azoto (NO₂), al monossido di carbonio (CO), al biossido di zolfo (SO₂), alle particelle, in termini di PM₁₀, ed al piombo.

Tabella 1-1 -Limiti di qualità dell'aria per NO₂ e CO e benzene (DM 60 del 02/04/02)

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto	Riferim. D.M. n.60 02/04/02
NO ₂ - Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg m ⁻³ di NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile	100 µg m ⁻³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010	Allegato II punto I
NO ₂ - Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg m ⁻³ di NO ₂	20 µg m ⁻³ all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010	Allegato II punto I
NO _x - Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg m ⁻³ di NO _x	Nessuno	19 luglio 2001	Allegato II punto I
CO - Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg m ⁻³ di CO	6 mg m ⁻³ all'entrata in vigore della direttiva 2000/69 (13/12/2000). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2003, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005	Allegato VI
Benzene - Valore limite per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg m ⁻³	5 µg m ⁻³ all'entrata in vigore della direttiva 2000/69 (13/12/2000). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2006, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005	1° gennaio 2010	Allegato V

Tabella 1-2 - Limiti di qualità dell'aria per SO₂, PM₁₀ e piombo (DM 60 del 02/04/02)

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto	Riferim. D.M. n.60 02/04/02
SO ₂ – Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg m ⁻³ da non superare più di 24 volte per anno civile	150 µg m ⁻³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005	Allegato I punto I
SO ₂ – Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg m ⁻³ da non superare più di 3 volte per anno civile	Nessuno	1° gennaio 2005	Allegato I punto I
SO ₂ – Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Anno civile e inverno (1 ottobre – 31 marzo)	20 µg m ⁻³	Nessuno	19 luglio 2001	Allegato I punto I
PM ₁₀ – Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg m ⁻³ PM ₁₀ da non superare più di 35 volte per anno civile	25 µg m ⁻³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005	Allegato III
PM ₁₀ – Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg m ⁻³	8 µg m ⁻³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005	Allegato III
Piombo – Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	0.5 µg m ⁻³	0.5 µg m ⁻³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005	1° gennaio 2005	Allegato IV

Tutte le concentrazioni limite sono riferite ad un volume normalizzato alla temperatura di 293 K ed alla pressione di 101.3 kPa eccetto quella del PM₁₀ che si riferisce alle condizioni effettive di misura. Il limite relativo alla concentrazione media annua di NOX, riportato in Tabella 1-1, è inteso per la protezione degli ecosistemi ed è pertanto da rilevarsi lontano dalle immediate vicinanze delle fonti di emissione.

Per quanto riguarda le polveri, la “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”, non ancora recepita dalla normativa nazionale, ha introdotto anche per il PM_{2.5} un valore limite sulla media annuale, pari a 25 µg m⁻³ da raggiungere al 2015 e a 20 µg m⁻³ nella successiva fase 2.

Tabella 1-3 – Valori limite per il PM2.5 (Direttiva 2008/50/CE)

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
FASE 1				
PM2.5	Anno civile	25 $\mu\text{g m}^{-3}$	20% l'11 giugno 2008, con riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, fino a raggiungere lo 0% entro il 1° gennaio 2015	1° gennaio 2015
FASE 2 ^(*)				
PM2.5	Anno civile	20 $\mu\text{g m}^{-3}$		1° gennaio 2020
^(*) Valore limite indicativo che la Commissione deve verificare nel 2013, alla luce di ulteriori informazioni in materia di conseguenze sulla salute e sull'ambiente, fattibilità tecnica ed esperienza del valore obiettivo negli Stati membri				

Lo standard di qualità dell'aria per l'ozono è definito, in termini di valore-obiettivo e di obiettivo a lungo termine per la protezione della salute e della vegetazione, nel Decreto Legislativo 21 maggio 2004 n. 183. I valori-obiettivo e gli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute sono definiti in termini di massima concentrazione media giornaliera su 8 ore, espressa in $\mu\text{g m}^{-3}$, con il volume normalizzato alla temperatura di 293 K ed alla pressione di 101,3 kPa. I valori-obiettivo e gli obiettivi a lungo termine per la vegetazione sono invece definiti in termini di AOT40 (Accumulated Over Threshold 40 ppb), parametro che esprime la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g m}^{-3}$ (=40 ppb) e 80 $\mu\text{g m}^{-3}$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori di un'ora rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00.

Tabella 1-4 - Valori-obiettivo per l'ozono (D. Lgs. 21/5/2004)

Obiettivo	Parametro	Valore-obiettivo
Protezione della salute umana	Massima media giornaliera su 8 ore	120 $\mu\text{g m}^{-3}$ da non superare per più di 25 giorni per anno solare come media su 3 anni (*)
Protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora fra maggio e luglio	18 $\text{mg m}^{-3}.\text{h}$ come media su 5 anni (*)
(*) Se non è possibile calcolare la media di 3 o 5 anni poiché non si ha un insieme completo di dati relativi a più anni consecutivi, i dati annuali minimi necessari per la verifica della rispondenza con i valori-obiettivo sono i seguenti: - per il valore-obiettivo per la protezione della salute umana: dati validi relativi ad 1 anno; - per il valore-obiettivo per la protezione della vegetazione: dati validi relativi a 3 anni.		

Tabella 1-5 - Obiettivi a lungo termine per l'ozono (D. Lgs. 21/5/2004)

Obiettivo	Parametro	Valore-obiettivo
Protezione della salute umana	Massima media giornaliera su 8 ore	120 $\mu\text{g m}^{-3}$
Protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora fra maggio e luglio	6 $\text{mg m}^{-3}.\text{h}$

Infine, con il Decreto Legislativo 3 agosto 2007 n. 152 "Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente", si stabiliscono:

- i valori obiettivo per la concentrazione nell'aria ambiente dell'arsenico, del cadmio, del nichel e del benzo(a)pirene (Tabella 1-6);
- i metodi e criteri per la valutazione delle concentrazioni nell'aria ambiente dell'arsenico, del cadmio, del mercurio, del nichel e degli idrocarburi policiclici aromatici;
- i metodi e criteri per la valutazione della deposizione dell'arsenico, del cadmio, del mercurio, del nichel e degli idrocarburi policiclici aromatici.

Tabella 1-6 - Valori obiettivi per arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene (D.Lgs. 152/2007)

Inquinante	Valore obiettivo
Arsenico	6 ng m ⁻³
Cadmio	5 ng m ⁻³
Nichel	20 ng m ⁻³
Benzo(a)pirene	1 ng m ⁻³
Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.	

1.2 Caratterizzazione dello stato attuale della qualità dell'aria

La caratterizzazione dello stato attuale della qualità dell'aria dell'area Garibaldi-Repubblica è stata effettuata sulla base dei dati rilevati dalle stazioni fisse di misura più prossime all'area appartenenti alla rete pubblica di monitoraggio della qualità dell'aria, di proprietà di ARPA Lombardia e gestita dal Dipartimento ARPA di Milano Città; nello specifico sono state considerate le stazioni di:

- MI-Parco Lambro
- MI-via Pascal Città Studi (la cui serie di dati è assunta quale prosecuzione della serie storica dei dati misurati dalla stazione di via Juvara, ove fino al giugno 2007 la stazione stessa era ubicata)
- MI-viale Marche
- MI-piazzale Zavattari
- MI-Verziere
- MI-via Senato

la cui localizzazione è riportata nella seguente Figura 1-1.

Per la caratterizzazione dello stato attuale della qualità dell'aria, sono stati esaminati gli anni 2003-2008; i dati relativi agli anni 2003-2008 sono tratti dai Rapporti di Qualità dell'Aria pubblicati da ARPA Lombardia.



Figura 1-1 - Localizzazione delle stazioni fisse di misura

Le caratteristiche delle stazioni considerate (ai sensi della Decisione 2001/752/CE) e i relativi inquinanti monitorati sono riportati rispettivamente nella Tabella 1-7 e nella Tabella 1-8; nella Tabella 1-9 sono riportate, per ciascun inquinante ed anno, i rendimenti annuali delle stazioni di misura, in termini di percentuale di dati orari validi.

Gli inquinanti monitorati nelle stazioni considerate sono: SO₂, NO_X, CO, O₃, PM₁₀ e benzene.

Ad eccezione di qualche raro caso, i rendimenti annuali delle stazioni si attestano su valori ampiamente superiori al 90% per tutti gli inquinanti.

Tabella 1-7 – Caratteristiche delle stazioni considerate

	Tipo zona	Tipo stazione	
Nome stazione	Decisione 2001/752/CE	Decisione 2001/752/CE	Quota s.l.m. (m)
Milano - Parco Lambro	Suburbana	Fondo	124
Milano – Pascal Città Studi (ex via Juvara)	Urbana	Fondo	125
Milano - Marche	Urbana	Traffico	127
Milano - Zavattari	Urbana	Traffico	124
Milano - Verziere	Urbana	Traffico	118
Milano - Senato	Urbana	Traffico	119
<p><u>tipo zona Decisione 2001/752/CE:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - URBANA: centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 3000-5000 abitanti - SUBURBANA: periferia di una città o area urbanizzata residenziale posta fuori dall'area urbana principale) - RURALE: all'esterno di una città, ad una distanza di almeno 3 km; un piccolo centro urbano con meno di 3000-5000 abitanti è da ritenersi tale <p><u>tipo stazione Decisione 2001/752/CE:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - TRAFFICO: se la fonte principale di inquinamento è costituita dal traffico (se si trova all'interno di Zone a Traffico Limitato, è indicato tra parentesi ZTL) - INDUSTRIALE: se la fonte principale di inquinamento è costituita dall'industria - FONDO: misura il livello di inquinamento determinato dall'insieme delle sorgenti di emissione non localizzate nelle immediate vicinanze della stazione; può essere localizzata indifferentemente in area urbana, suburbana o rurale 			

Tabella 1-8 – Inquinanti monitorati dalle stazioni considerate (rif. Anno 2008)

Stazione	SO ₂	NO _X	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
Milano - Parco Lambro	-	X	-	X	-	-
Milano – Pascal Città Studi (ex via Juvara)	X	X	-	X	-	X
Milano - Marche	-	X	X	-	-	-
Milano - Zavattari	-	X	X	-	X	-
Milano - Verziere	-	X	X	X	-	X
Milano - Senato	-	X	X	-	X	X

Tabella 1-9 - Rendimenti annuali (% annua di dati validi) delle stazioni di misura

Stazione	Anno	SO ₂	NO _X	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀	Stazione	Anno	SO ₂	NO _X	CO	O ₃	C ₆ H ₆	PM ₁₀
Milano - Parco Lambro	2003	-	96.8	-	97.5	-	-	Milano - Zavattari	2003	-	98.5	94.1	-	66.5	-
	2004	-	98.8	-	92.5	-	-		2004	-	98.7	99.5	-	76.2	-
	2005	-	92.6	-	97.8	-	-		2005	-	97.3	98.1	-	40.3	-
	2006	-	90.6	-	99.2	-	-		2006	-	94.3	94.5	-	25.8	-
	2007	-	98.4	-	97.0	-	-		2007	-	96.6	98.1	-	57.5	-
	2008	-	62	-	90	-	-		2008	-	95	95	-	92	-
Milano – Pascal Città Studi (ex via Juvara)	2003	99.2	99.5	-	97.8	-	100.0	Milano - Verziere	2003	97.8	98.8	99.5	99.5	-	99.5
	2004	98.3	95.3	-	96.7	-	98.3		2004	-	97.6	99.2	100.0	-	90.8
	2005	99.2	97.3	-	97.5	-	96.5		2005	-	92.3	99.4	99.4	-	97.7
	2006	88.1	99.3	-	95.4	-	95.9		2006	-	95.6	96.4	91.5	-	92.2
	2007	89.2	97.0	-	96.8	-	95.6		2007	-	90.8	89.5	88.9	-	85.5
	2008	94	97	-	98	-	97		2008	-	94	95	92	-	95
Milano - Marche	2003	-	95.4	96.4	-	-	-	Milano - Senato	2003	-	99.4	99.2	-	98.9	-
	2004	-	99.8	97.3	-	-	-		2004	-	98.7	99.4	-	99.7	-
	2005	-	100.0	96.7	-	-	-		2005	-	97.5	99.5	-	97.6	-
	2006	-	94.8	95.4	-	-	-		2006	-	95.8	96.2	-	91.9	-
	2007	-	94.8	98.6	-	-	-		2007	-	92.2	94.3	-	87.8	-
	2008	-	98	99	-	-	-		2008	-	95	98	-	95	98

Nella seguente tabella sono riportati i valori delle concentrazioni medie annuali registrate nelle stazioni analizzate negli anni 2003-2008.

Le concentrazioni medie annue di SO₂ si attestano su valori estremamente bassi (compresi tra 4 e 12 µg m⁻³), con una tendenza ad una progressiva e costante riduzione delle concentrazioni.

La riduzione delle concentrazioni di biossido di zolfo è dovuta ai provvedimenti legislativi e alle ordinanze municipali che hanno imposto il cambiamento dei combustibili impiegati per le attività produttive e favorito l'uso del metano per il riscaldamento degli ambienti di vita e di lavoro.

Gli ossidi di azoto in termini di NO₂ presentano livelli più elevati, con differenze più marcate tra le diverse stazioni ed andamenti temporali più irregolari.

Le concentrazioni medie annue di NO₂ variano tra valori di 45-50 µg m⁻³ nella stazione di Milano Parco Lambro a valori di 50-70 µg m⁻³ nelle stazioni di Milano Pascal, Verziere e Senato, fino a livelli di 65-80 µg m⁻³ nelle stazioni di Milano Marche e Milano Zavattari.

Le concentrazioni medie annue di CO, in generale caratterizzate da minime variazioni annuali, assumono valori decisamente contenuti e variabili tra 1 e 2 mg m⁻³.

Le concentrazioni medie annue di ozono presentano andamenti temporali più irregolari con livelli variabili tra 40-50 µg m⁻³ nella stazione di Milano Parco Lambro, 30-50 µg m⁻³ nella stazione di Milano Pascal, 30-40 µg m⁻³ nella stazione di Milano Verziere.

Per quanto concerne le concentrazioni medie annue di benzene, inquinante monitorato nelle stazioni di piazzale Zavattari e via Senato, si evidenziano valori compresi negli ultimi anni tra 2.5-5 µg m⁻³, con una continua tendenza alla diminuzione.

Per il PM₁₀, si osserva nelle stazioni analizzate una certa stazionarietà nelle concentrazioni medie annuali misurate fino al 2007 (50-55 µg m⁻³), con una diminuzione invece per l'anno 2008 (40-45 µg m⁻³).

Tabella 1-10 – Concentrazioni medie annuali nel periodo 2003 -2008

		Milano Parco Lambro	Milano Pascal (ex Juvara)	Milano Marche	Milano Zavattari	Milano Verziere	Milano Senato
SO₂ ($\mu\text{g m}^{-3}$)	2003	-	12	-	-	12	-
	2004	-	11	-	-	-	-
	2005	-	8	-	-	-	-
	2006	-	7	-	-	-	-
	2007	-	5	-	-	-	-
	2008	-	4	-	-	-	-
NO₂ ($\mu\text{g m}^{-3}$)	2003	52	66	74	78	57	67
	2004	52	65	82	68	57	60
	2005	50	58	76	64	59	56
	2006	50	68	77	74	57	69
	2007	44	63	75	72	56	65
	2008	44	49	73	77	49	60
CO (mg m^{-3})	2003	-	-	1.6	1.6	1.2	1.1
	2004	-	-	1.6	1.8	1.2	1.3
	2005	-	-	1.1	1.6	1.1	1.0
	2006	-	-	1.3	1.2	1.3	1.0
	2007	-	-	1.4	1.2	1.2	0.9
	2008	-	-	1.7	1.0	1.4	0.7
O₃ ($\mu\text{g m}^{-3}$)	2003	48	39	-	-	39	-
	2004	41	33	-	-	37	-
	2005	40	27	-	-	36	-
	2006	41	29	-	-	40	-
	2007	39	41	-	-	38	-
	2008	42	47	-	-	32	-
C₆H₆ ($\mu\text{g m}^{-3}$)	2003	-	-	-	5.0	-	4.5
	2004	-	-	-	3.9	-	3.8
	2005	-	-	-	3.4	-	2.4
	2006	-	-	-	-	-	3.0
	2007	-	-	-	4.0	-	2.8
	2008	-	-	-	2.4	-	2.4
PM₁₀ ($\mu\text{g m}^{-3}$)	2003	-	55	-	-	54	-
	2004	-	52	-	-	52	-
	2005	-	55	-	-	50	-
	2006	-	56	-	-	52	-
	2007	-	51	-	-	50	-
	2008	-	45	-	-	42	46

Nelle seguenti tabelle sono riportate le statistiche relative al rispetto dei limiti di qualità dell'aria per gli anni 2003-2008. Tali dati sono tratti dai Rapporti Annuali di Qualità dell'Aria di Milano e Provincia redatti dall'ARPA Lombardia. I valori riportati in grassetto evidenziano il mancato rispetto del limite di legge.

Per quanto riguarda l'SO₂, i limiti di legge sono ampiamente rispettati, senza alcun superamento, in tutte le stazioni ed in tutti gli anni analizzati. Anche se attualmente non è più monitorato in quasi tutte le stazioni analizzate (ad esclusione di via Pascal), già a partire dall'anno 1995 la concentrazione media annua di SO₂ è risultata al di sotto del limite fissato a protezione degli ecosistemi di 20 µg m⁻³ (DM 60/02).

Per quanto riguarda le concentrazioni di biossido di azoto, il limite normativo a protezione della salute umana fissato dal DM 60/02 con riferimento alla concentrazione massima oraria (200 µg m⁻³ incrementato del margine di tolleranza) non risulta rispettato per le stazioni di viale Marche e via Pascal (nel 2006 e nel 2007) e di piazzale Zavattari (nel 2007); il limite sulla media annuale a protezione della salute umana di 40 µg m⁻³, incrementato del margine di tolleranza previsto fino al 2010, presenta ancora attualmente numerosi superamenti nelle stazioni analizzate, ad eccezione della stazione di Milano Parco Lambro.

Le concentrazioni di monossido di carbonio negli anni sono progressivamente diminuite, essenzialmente per effetto del rinnovo del parco circolante con veicoli a minori emissioni. Il limite legislativo per la protezione della salute umana fissato dal DM60/02 per il CO, riferito alla concentrazione media sulle 8 ore, risulta sempre rispettato nelle stazioni analizzate.

Le concentrazioni di ozono, in netta crescita nei primi anni novanta, presentano negli anni più recenti un andamento piuttosto stazionario; danno luogo, nelle stazioni di misura analizzate, a numerosi superamenti sia del limite sulla media di 8h a protezione della salute umana sia del limite a protezione della vegetazione espresso in termini di AOT40, specialmente per la stazioni di Milano Parco Lambro.

Per quanto concerne le concentrazioni medie annue di benzene, inquinante monitorato nelle stazioni di piazzale Zavattari e via Senato, si osservano valori al di sotto del limite imposto dal DM 60/02 a protezione della salute umana (5 µg m⁻³), con inoltre una continua tendenza alla diminuzione.

Con riferimento al PM₁₀, il massimo numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg m⁻³ risulta largamente superato nelle stazioni e negli anni analizzati; anche il limite sulla media annuale di 40 µg m⁻³ risulta superato anche se si evidenzia, dopo una certa stazionarietà nei livelli fino al 2007 (50-55 µg m⁻³), una diminuzione per l'anno 2008 (40-45 µg m⁻³).

Tabella 1-11 – SO₂: confronto con limiti di legge (DM 02/04/02)

Stazione	Anno	Protezione salute umana		Protezione ecosistemi
		Media oraria	Media giornaliera	Media anno e inverno µg m ⁻³ (Limite: 20 µg m ⁻³)
		N° superamenti media 1h <= 350 µg m ⁻³ (max 24 volte/anno)	N° superamenti media 24h <= 125 µg m ⁻³ (max 3 volte/anno)	
Milano Pascal (ex Juvara)	2003	0	0	12-18
	2004	0	0	10-15
	2005	0	0	7-10
	2006	0	0	7
	2007	0	0	5
	2008	0	0	nd
Milano Verziere	2003	0	0	8-12
	2004	-	-	-
	2005	-	-	-
	2006	-	-	-
	2007	-	-	-
	2008	-	-	-

Tabella 1-12 – NO₂: confronto con limiti di legge (M.T. = margine di tolleranza) (DM 02/04/02)

Stazione	Anno	NO ₂				
		N° superamenti media 1h >200 µg m ⁻³ <= 18 volte/anno	M.T. µg m ⁻³	N° superamenti media 1h >200 µg m ⁻³ + M.T. <= 18 volte/anno	Media annua µg m ⁻³	Limite+M.T. µg m ⁻³
Milano Parco Lambro	2003	2	70	0	52	40 + 14
	2004	57	60	4	52	40 + 12
	2005	4	50	0	50	40 + 10
	2006	30	40	10	50	40 + 8
	2007	8	30	4	44	40 + 6
	2008	0	20	0	44	40 + 4
Milano Pascal (ex Juvara)	2003	28	70	1	66	40 + 14
	2004	16	60	1	65	40 + 12
	2005	3	50	0	58	40 + 10
	2006	77	40	25	68	40 + 8
	2007	31	30	24	63	40 + 6
	2008	4	20	1	49	40 + 4
Milano Marche	2003	29	70	1	74	40 + 14
	2004	47	60	1	82	40 + 12
	2005	23	50	0	76	40 + 10
	2006	120	40	44	77	40 + 8
	2007	42	30	19	75	40 + 6
	2008	27	20	14	73	40 + 4
Milano Zavattari	2003	48	70	4	78	40 + 14
	2004	2	60	0	68	40 + 12
	2005	5	50	0	64	40 + 10
	2006	74	40	16	74	40 + 8
	2007	42	30	19	72	40 + 6
	2008	40	20	16	77	40 + 4
Milano Verziere	2003	11	70	0	57	40 + 14
	2004	8	60	1	57	40 + 12
	2005	0	50	0	59	40 + 10
	2006	18	40	18	57	40 + 8
	2007	17	30	10	56	40 + 6
	2008	0	20	0	49	40 + 4
Milano Senato	2003	3	70	0	67	40 + 14
	2004	8	60	1	60	40 + 12
	2005	2	50	0	56	40 + 10
	2006	47	40	13	69	40 + 8
	2007	26	30	15	65	40 + 6
	2008	8	20	5	60	40 + 4

Tabella 1-13 – CO: confronto con limiti di legge (DM 02/04/02)

Stazione	Anno	N° superamenti media mobile 8 h > 10 mg m ⁻³	Massima media mobile 8 h mg m ⁻³
Milano Marche	2003	0	6.7
	2004	0	4.1
	2005	0	4.6
	2006	0	6.2
	2007	0	6.7
	2008	0	5.9
Milano Zavattari	2003	0	6.5
	2004	0	7.1
	2005	0	5.4
	2006	0	5.5
	2007	0	5.3
	2008	0	3.7
Milano Verziere	2003	0	-
	2004	0	5.7
	2005	0	3.5
	2006	0	4.7
	2007	0	4.6
	2008	0	4.2
Milano Senato	2003	0	4.9
	2004	0	5.7
	2005	0	3.8
	2006	0	4.4
	2007	0	4.4
	2008	0	3.2

Tabella 1-14 – O₃: confronto con limiti di legge (D. Lgs. 21/5/2004)

Stazione	Anno	Protezione salute umana		Protezione ecosistemi	
		N° superamenti media 8h >120 µg m ⁻³	N° superamenti media 8h >120 µg m ⁻³ media ultimi 3 anni (max 25 gg)	AOT40 mag-lug µg m ⁻³ .h (Limite: 18 mg m ⁻³ .h)	AOT40 mag-lug media ultimi 5 anni µg m ⁻³ .h (Limite: 18 mg m ⁻³ .h)
Milano Parco Lambro	2003	-	107	-	51131
	2004	66	82	40510	36488
	2005	60	78	41184	34189
	2006	68	65	40383	40535
	2007	53	60	36364	24479
	2008	38	53	25000	32000
Milano Pascal (ex Juvara)	2003	-	60	-	25820
	2004	15	35	19956	12891
	2005	3	26	16774	7420
	2006	6	8	14340	6671
	2007	50	20	14737	20882
	2008	79	45	33000	16000
Milano Verziere	2003	-	64	-	26151
	2004	24	43	22811	15317
	2005	19	36	21824	13951
	2006	22	22	20120	17858
	2007	10	17	16054	6991
	2008	6	13	4000	12000

Tabella 1-15 – Benzene: confronto con limiti di legge (M.T. = margine di tolleranza) (DM 02/04/02)

Stazione	Anno	Protezione salute umana	
		Media anno	Limite+M.T.
		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$
Milano Zavattari	2003	5.0	5+5
	2004	3.9	5+5
	2005	3.4	5+5
	2006	-	5+4
	2007	4.0	5+3
	2008	2.4	5+2
Milano Senato	2003	4.5	5+5
	2004	3.8	5+5
	2005	2.4	5+5
	2006	3.0	5+4
	2007	2.8	5+3
	2008	2.4	5+2

Tabella 1-16 – PM10: confronto con limiti di legge (M.T. = margine di tolleranza) (DM 02/04/02)

Stazione	Anno	Protezione salute umana			
		Media giornaliera	M.T.	Media annuale	Limite+M.T.
		N° superamenti media 24h $\leq 50 \mu\text{g m}^{-3}$ (max 35 volte/anno)	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$
Milano Pascal (ex Juvara)	2003	113	10	55	40+3.2
	2004	98	5	52	40+1.6
	2005	152	0	55	40
	2006	149	0	56	40
	2007	132	0	51	40
	2008	104	0	45	40
Milano Verziere	2003	112	10	54	40+3.2
	2004	106	5	52	40+1.6
	2005	145	0	50	40
	2006	139	0	52	40
	2007	125	0	50	40
	2008	78	0	42	40
Milano Senato	2003	-	-	-	-
	2004	-	-	-	-
	2005	-	-	-	-
	2006	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-
	2008	111	0	46	40

2. INQUADRAMENTO EMISSIVO

2.1 Emissioni in atmosfera – stato attuale

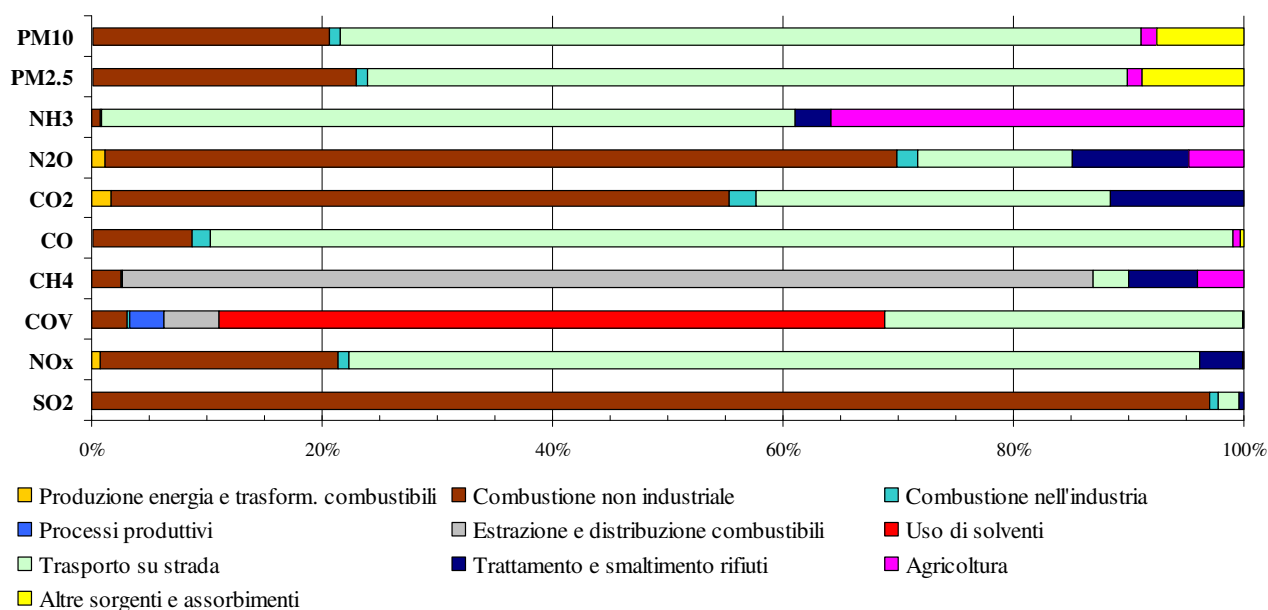
L'area di studio si inserisce nel contesto del comune di Milano, le cui emissioni possono essere desunte dall'inventario emissioni comunale redatto dall'Agenzia Mobilità e Ambiente (AMA) del Comune di Milano, come disponibili nel Rapporto su Qualità dell'aria, Energia e Agenti Fisici per l'anno 2007, disponibile sul sito internet di AMA.

Si nota come la fonti principali di NO_x, CO, PM₁₀ e PM_{2,5} sia nettamente il traffico veicolare, che contribuisce a più del 60% delle emissioni di questi inquinanti. Altri contributi importanti sono quelli della combustione in ambito civile e industriale, che contribuiscono alle emissioni di NO_x e PM₁₀ per circa 20 % su base annua, e alla quasi totalità delle emissioni di SO₂.

Tabella 2-1 – Emissioni in atmosfera (t/anno eccetto CO₂ in kt/anno) nel Comune di Milano (Agenzia Mobilità e Ambiente, Milano, 2007)

	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	0,3	75	4,4	4,4	23	98	5,3	-	1,1	1,1
Combustione non industriale	1.582	2.233	677	306	3.109	3.058	324	3,0	175	181
Combustione nell'industria	12	102	54	9,1	593	130	8,6	0,7	6,7	8,3
Processi produttivi	-	-	670	-	-	-	-	-	-	-
Estrazione e distribuzione combustibili	-	-	1.087	10.026	-	-	-	-	-	-
Uso di solventi	-	-	12.950	-	-	-	-	-	-	-
Trasporto su strada	30	7.945	6.979	371	31.860	1.751	63	252	504	612
Altre sorgenti mobili e macchinari	0,2	7,9	66	0,7	128	0,9	0,2	0,0	0,5	1,0
Trattamento e smaltimento rifiuti	7	401	9	709	24	664	48	13	0,3	0,4
Agricoltura	-	13	11	477	224	-	23	150	10	12
Altre sorgenti e assorbimenti	-	-	0	-	106	-	-	-	67	67
Totale	1.630	10.777	22.508	11.901	36.067	5.702	471	419	764	883

Figura 2-1 – Ripartizione delle emissioni in atmosfera nel comune di Milano (Agenzia Mobilità e Ambiente, Milano, 2007)



2.2 Stima delle emissioni in atmosfera

In questo capitolo sono presentate le metodologie utilizzate per la stima delle emissioni da traffico, nonché i dati utilizzati relativamente ai flussi di traffico e al parco circolante, ed i risultati ottenuti.

2.2.1 Modello di stima delle emissioni da traffico

L'emissione oraria di un inquinante su un generico arco di strada di lunghezza L è stimata attraverso la seguente relazione:

$$E_{i,j} = \sum_c (FE_{i,c} \cdot F_{c,j}) \cdot L_j$$

dove:

E_i = emissione oraria dell'inquinante i nell'arco di strada j ($g \cdot h^{-1}$)

$FE_{i,c}$ = fattore di emissione ($g \cdot km^{-1}$) dell'inquinante i per la categoria di veicolo c

$F_{c,j}$ = numero di veicoli della categoria c transitanti sull'arco j in un'ora (h^{-1})

L_j = lunghezza dell'arco j di strada considerato (km)

Per la stima delle emissioni da traffico sono stati utilizzati i fattori di emissione proposti dalla metodologia europea COPERT IV (Computer Programme to Calculate Emission from Road Transport), riferimento europeo per la stima delle emissioni da traffico (EEA, 2008).

I fattori di emissione esprimono la quantità di inquinante emesso in funzione della velocità media di un ciclo di guida e sono ricavati da misure sperimentali su veicoli rappresentativi delle diverse tecnologie motoristiche e in funzione della velocità di marcia dei veicoli, su cicli di guida standardizzati.

L'approccio proposto dal COPERT calcola i fattori di emissione medi delle diverse tipologie veicolari in relazione alla velocità media di percorrenza di un ciclo di guida. I dati sono aggregati in accordo con la tecnologia dei veicoli, categoria di capacità, anno di immatricolazione e da questi se ne ricava una curva che definisce i fattori di emissione in funzione della velocità media.

I fattori di emissione sono stati calcolati, per ogni categoria di veicolo COPERT, sulla base delle formulazioni riportate nel manuale COPERT IV e in relazione alle velocità medie dei veicoli sui tratti di strada definiti dalla studio di traffico.

I fattori di emissione, nella formulazione più generale, possono essere espresse dalla seguente formula:

$$FE = a + b * V + c * V^2 + d * V^e + f * \ln(V) + g * \exp(h*V)$$

dove:

FE	fattore di emissione a caldo [g km ⁻¹]
V	velocità media [km h ⁻¹]
a, b, c, d, e, f, g, h	coefficienti definiti per ogni inquinante e tipo di veicolo [-].

I fattori di emissione derivano da una serie di parametri (velocità di marcia, stato di manutenzione del veicolo, temperatura del motore, efficienza dei dispositivi di abbattimento delle emissioni, stile di guida del conducente, ecc.), ma ciò che più differenzia il fattore di emissione, all'interno di una stessa categoria di veicoli, è il sistema di controllo delle emissioni, dipendente dalla tecnologia e dai limiti normativi vigenti nell'anno di immatricolazione.

Per questo risulta importante differenziare, ad esempio, all'interno della categoria degli autoveicoli passeggeri a benzina in transito su un arco in un dato istante, quanti sono i veicoli non catalizzati (definiti come Conventional) e quanti invece sono dotati di marmitta catalitica. Tra questi ultimi risulta poi necessario distinguere i veicoli catalizzati di prima generazione (chiamati EURO I dalla direttiva 91/441 che ne ha imposto l'immissione sul mercato), da quelli di seconda generazione (EURO II) entrati sul mercato nel 1997, da quelli di terza (EURO III), entrati sul mercato nel 2001, fino a quelli di quarta generazione (EURO IV), attualmente in vendita. In questo modo si tiene conto dell'evoluzione delle tecnologie motoristiche verso sistemi di controllo delle emissioni sempre più efficienti.

Per quanto riguarda le emissioni di CO₂, rilevanti non per gli impatti sulla qualità dell'aria ma come gas climalteranti, le emissioni sono state stimate facendo riferimento ai fattori di emissione medi di veicoli proposti sempre dalla metodologia Copert IV, precedentemente illustrata, in relazione al consumo di carburante dei singoli veicoli e alla tipologia di carburante.

La metodologia Copert non contiene le riduzioni dei fattori di emissione medi di CO₂ dei veicoli decisi successivamente dalle Direttive Europee. La stima del fattore di emissione medio di CO₂ dei veicoli nel 2015 è stata effettuata ipotizzando una riduzione dei fattori di emissione previsti da Copert pari a circa il 5 %. Questo valore trae origine dal fatto che, pur se la riduzione del fattore di emissione medio del parco venduto dal 2005 al 2020 nell'UE è prevista pari al 36 % (da 149 gCO₂/km, FE medio parco auto vendute Italia nel 2005, a 95 FE medio obiettivo dell'UE al 2020), e ipotizzando una riduzione lineare al 2015 la riduzione attesa è pari al 24 % ($36/15 \cdot 10$), tale riduzione è relativa alle sole nuove auto vendute; l'effetto sulla riduzione del fattore di emissione medio del'intero parco è quindi inferiore al valore del 24%, in quanto una larga parte del parco non è ancora stata sostituita. Considerando una vita media del parco auto pari a 8 anni, si può ritenere che il valore medio del FE del parco circolante nel 2015 è pari a quello dei veicoli venduti nel 2011, ossia il fattore di emissione medio solo per i 4 anni successivi al 2007, anno base. La riduzione attesa del fattore di emissione medio degli autoveicoli è quindi pari al 10 % ($36/15 \cdot 4$). Per quanto riguarda la CO₂, si è infine tenuto conto che la riduzione del fattore di emissione "reale" può essere diversa da quella del fattore di emissione relativo al ciclo di omologazione, a cui fanno riferimento le normative europee, in quanto i cicli reali sono relativi a condizioni più gravose, in cui le riduzioni sono meno efficaci. In mancanza di dati specifici per tener conto di questo effetto si è assunta in via cautelativa una riduzione reale pari al 50 % della riduzione attesa sul ciclo di omologazione.

Le altre informazioni necessarie per la stima delle emissioni sono:

- lunghezza degli archi che compongono il grafo stradale dell'area di studio;
- flussi di traffico circolanti sulla rete stradale per ogni arco considerato, suddivisi in settori di tipologie veicolari;
- composizione del parco circolante;
- velocità media per ogni arco di strada.

Questi dati sono stati definiti per ognuno dei cinque scenari considerati, qui elencati:

- 0 PII AMAT
- 1 Variante Base
- 2 Max Uffici
- 3 Max Residenze
- 1a Alternativo 1 (Commerciale a 18000 mq)
- 2a Alternativo 2 (Commerciale a 18000 mq + Hotel)

2.2.2 Acquisizione e organizzazione dei dati di traffico

Per quanto riguarda i parametri viabilistici necessari al modello, sono stati acquisiti dallo studio effettuato da Redas Italia nel settembre 2010.

I dati consistono nei flussi veicolari nell'ora di punta mattutina e serale, per un grafo costituito da 16 archi, in grado di descrivere tutta quella parte del reticolo stradale interessato da significative variazioni di flussi di traffico per effetto dell'intervento nel PII Garibaldi-Repubblica. Sulla base dei dati di traffico sono state altresì ricavate le razioni del traffico delle due ore di punta sui TGM diurno e notturno, calcolando quindi il traffico medio orario in un'ora diurna e in un'ora notturna. Sulla base del numero di ore di traffico diurno (16 ore) e notturno (24), si sono calcolati i flussi di traffico giornalieri, considerati per la stima delle emissioni, riportati nella seguente Tabella 2-2.

Tabella 2-2 – Flussi veicolari giornalieri negli scenari considerati

Arco	Scenario					
	0	1	2	3	1a	2a
	PII AMAT	Variante Base	Max Uffici	Max Residenze	Alternativo 1	Alternativo 2
1	27.121	27.121	27.103	27.121	27.105	27.190
2	25.455	25.538	25.685	25.588	25.832	25.924
3	29.246	29.496	30.075	29.488	30.235	30.267
4	26.903	27.217	27.906	27.267	27.808	27.932
5	29.152	29.249	29.506	29.249	29.495	29.503
6	22.547	22.647	22.862	22.661	22.831	22.903
7	408	423	388	699	562	499
8	146	146	146	404	306	139
9	769	870	1.061	1.101	1.009	959
10	379	437	562	635	569	556
11	28.940	29.074	29.240	29.146	29.427	29.553
12	33.364	33.460	33.573	33.481	33.589	33.612
13	18.694	18.907	19.153	19.034	19.150	19.387
14	15.176	15.265	15.458	15.345	15.460	15.528
15	17.477	17.556	17.665	17.563	17.645	17.660
16	18.473	18.538	18.675	18.538	18.701	18.709
Totale	294.249	295.943	299.055	297.318	299.723	300.322

Rispetto al PII AMAT, assunto come scenario base, si registra un aumento dei flussi di traffico variabile circa fra l'1 % e il 2 %.

Tabella 2-3 – Variazione dei flussi di traffico giornalieri negli scenari considerati
(PII AMAT = 100)

Arco	Scenario					
	0 PII AMAT	1 Variante Base	2 Max Uffici	3 Max Residenze	1a Alternativo 1	2a Alternativo 2
1	100,0%	100,0%	99,9%	100,0%	99,9%	100,3%
2	100,0%	100,3%	100,9%	100,5%	101,5%	101,8%
3	100,0%	100,9%	102,8%	100,8%	103,4%	103,5%
4	100,0%	101,2%	103,7%	101,4%	103,4%	103,8%
5	100,0%	100,3%	101,2%	100,3%	101,2%	101,2%
6	100,0%	100,4%	101,4%	100,5%	101,3%	101,6%
7	100,0%	103,7%	95,1%	171,5%	138,0%	122,4%
8	100,0%	100,0%	100,0%	276,2%	209,5%	95,2%
9	100,0%	113,2%	138,0%	143,2%	131,2%	124,7%
10	100,0%	115,4%	148,3%	167,7%	150,1%	146,9%
11	100,0%	100,5%	101,0%	100,7%	101,7%	102,1%
12	100,0%	100,3%	100,6%	100,4%	100,7%	100,7%
13	100,0%	101,1%	102,5%	101,8%	102,4%	103,7%
14	100,0%	100,6%	101,9%	101,1%	101,9%	102,3%
15	100,0%	100,5%	101,1%	100,5%	101,0%	101,1%
16	100,0%	100,4%	101,1%	100,4%	101,2%	101,3%
Totale	100,0%	100,6%	101,6%	101,0%	101,9%	102,1%

Ai fini della stima delle emissioni da traffico, è necessario definire la lunghezza degli archi del grafo stradale considerato, calcolati sulla cartografia considerando il prolungamento di Via Melchiorre Gioia a Nord fino a via Pola, di Via Melchiorre Gioia a Sud fino a i bastioni di Porta Nuova, di Viale Liberazione fino a Via Filzi, di Via Nord e Sud per circa 250 m.

Sono inoltre stati considerati i flussi di traffico per singola categoria veicolare (Automobili, Veicoli leggeri < 3.5 t e Veicoli pesanti), ripartendo i flussi veicolari totali sulla base di pesi percentuali ricavati dai conteggi effettuati in Via Melchiorre Gioia e Viale Liberazione, illustrati nello studio di traffico. Si è considerato un valore medio su tutto il grafo pari a 86,4% per autovetture, 8,5% per Veicoli merci leggeri e 5,2% per veicoli pesanti.

Nella successiva Tabella 2-4 si riportano i km totali percorsi sul grafo per ogni tipo di mezzo e per ogni scenario. Si nota dalla successiva Tabella 2-5 come le variazioni massime rispetto allo scenario di riferimento sono pari, anche per il totale dei km percorsi dai veicoli, al 2 %.

Tabella 2-4 – Flussi veicolari (totale km percorsi) al giorno negli scenari considerati

Scenario	Totale	Veicoli		
		Automobili	leggeri < 3.5 t	Veicoli pesanti
0 PII AMAT	101.534	87.687	8.615	5.232
1 Variante Base	102.044	88.128	8.658	5.258
2 Max Uffici	102.959	88.918	8.736	5.305
3 Max Residenze	102.403	88.438	8.688	5.277
1a Alternativo 1	103.192	89.119	8.755	5.317
2a Alternativo 2	103.376	89.278	8.771	5.327

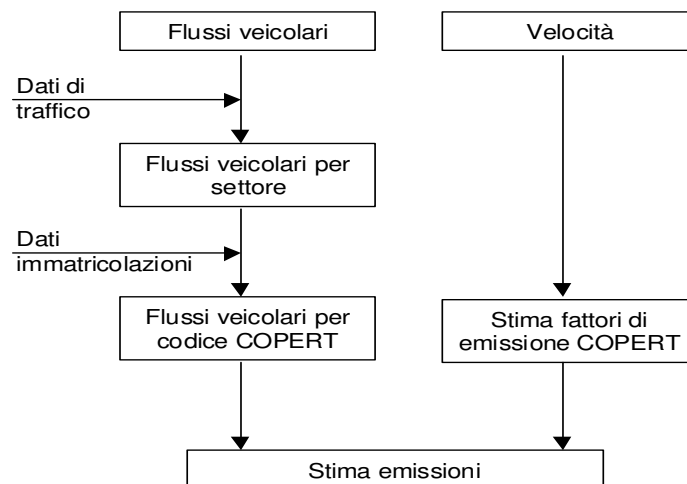
Tabella 2-5 – Variazione dei flussi veicolari (totale km percorsi) al giorno negli scenari considerati (PII AMAT = 100)

Scenario	Totale	Veicoli		
		Automobili	leggeri < 3.5 t	Veicoli pesanti
0 PII AMAT	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
1 Variante Base	100,5%	100,5%	100,5%	100,5%
2 Max Uffici	101,4%	101,4%	101,4%	101,4%
3 Max Residenze	100,9%	100,9%	100,9%	100,9%
1a Alternativo 1	101,6%	101,6%	101,6%	101,6%
2a Alternativo 2	101,8%	101,8%	101,8%	101,8%

Nella valutazione delle emissioni da traffico veicolare risulta inoltre di fondamentale importanza considerare, oltre al numero di veicoli totali per tipologia in transito su ogni arco della rete stradale, la numerosità dei veicoli nelle categorie previste dalla metodologia COPERT per la stima delle emissioni da traffico.

Lo schema metodologico generale per l'identificazione delle tipologie veicolari transitanti sugli archi stradali è riportato in Figura 2-2, ed è in seguito illustrato nel dettaglio.

Figura 2-2 – Schema metodologico



2.2.3 Analisi dei dati del parco circolante immatricolato

Dopo aver individuato i flussi veicolanti per ogni tipologia (denominata in seguito “settore”), si è effettuata una valutazione del parco circolante immatricolato dell'area di studio, al fine di valutare la presenza dei veicoli in classi di maggior dettaglio.

Nel metodo COPERT per la stima delle emissioni in atmosfera i veicoli sono infatti classificati in base a caratteristiche che risultano fondamentali nella determinazione dei fattori di emissione.

I veicoli sono suddivisi in 146 categorie dipendenti dalla tipologia (cilindrata o peso), dall'anno di immatricolazione e dal tipo di carburante utilizzato dai veicoli (benzina verde e gasolio).

In primo luogo si distinguono delle macroclassi in base alla tipologia e all'uso del mezzo; successivamente queste vengono ripartite in base al combustibile utilizzato, al peso (per i veicoli commerciali) o alla cilindrata (per le autovetture) ed infine in base all'entrata in vigore della normativa europea di regolamentazione delle emissioni per i veicoli immessi sul mercato a partire da una certa data.

Ai fini della presente valutazione si è assunto che il parco circolante nel grafo possa essere ben rappresentato dal parco veicoli immatricolato in Lombardia, in quanto la tipologia di spostamenti indotti ha una valenza almeno regionale.

Sono stati considerati gli ultimi dati disponibili sulla tipologia di parco circolante, ossia i dati disponibili sul sito dell'Automobil Club Italiano (www.aci.it), relativi al numero di veicoli immatricolati in Lombardia, relativamente nell'anno 2007. Tali dati sono classificati per settore (autoveicoli, veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti e motocicli), per alimentazione (diesel e benzina), per cilindrata, per peso (nel caso dei veicoli merci) e per categoria

legislativa (EURO).

La distribuzione nelle categorie COPERT, è riportata nella Tabella 2-6.

Tabella 2-6 – Composizione percentuale del parco circolante nel 2007 in Lombardia

CLASSIFICAZIONE	EURO	NUMERO VEICOLI	CLASSIFICAZIONE	EURO	NUMERO VEICOLI
Benzina <1,4 l	Conventional	349.859	Benzina <3,5t	Conventional	9.491
Benzina <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	246.676	Benzina <3,5t	Euro I - 93/59/EEC	7.011
Benzina <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	845.612	Benzina <3,5t	Euro II - 96/69/EC	12.724
Benzina <1,4 l	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	539.957	Benzina <3,5t	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	10.407
Benzina <1,4 l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	639.722	Benzina <3,5t	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	5.776
Benzina 1,4 - 2,0l	Conventional	128.419	Benzina <3,5t	Euro V - futuro	34
Benzina 1,4 - 2,0l	Euro I - 91/441/EEC	133.582	Diesel <3,5t	Conventional	71.491
Benzina 1,4 - 2,0l	Euro II - 94/12/EC	362.576	Diesel <3,5t	Euro I - 93/59/EEC	57.185
Benzina 1,4 - 2,0l	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	157.705	Diesel <3,5t	Euro II - 96/69/EC	140.522
Benzina 1,4 - 2,0l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	196.679	Diesel <3,5t	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	211.926
Benzina >2,0l	Conventional	21.721	Diesel <3,5t	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	63.011
Benzina >2,0l	Euro I - 91/441/EEC	7.521	Diesel <3,5t	Euro V - futuro	1.403
Benzina >2,0l	Euro II - 94/12/EC	21.541	Benzina >3,5t	Conventional	1.859
Benzina >2,0l	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	22.811	Diesel <7,5t	Conventional	13.149
Benzina >2,0l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	39.317	Diesel <7,5t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	2.206
Diesel <2,0l	Conventional	40.960	Diesel <7,5t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	4.421
Diesel <2,0l	Euro I - 91/441/EEC	24.501	Diesel <7,5t	Euro III - 1999/96/EC	5.066
Diesel <2,0l	Euro II - 94/12/EC	225.582	Diesel <7,5t	Euro IV - COM(1998) 776	753
Diesel <2,0l	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	631.831	Diesel <7,5t	Euro V - COM(1998) 776	155
Diesel <2,0l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	527.645	Diesel 7,5 - 16t	Conventional	14.656
Diesel >2,0l	Conventional	28.041	Diesel 7,5 - 16t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	2.979
Diesel >2,0l	Euro I - 91/441/EEC	14.367	Diesel 7,5 - 16t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	5.458
Diesel >2,0l	Euro II - 94/12/EC	77.959	Diesel 7,5 - 16t	Euro III - 1999/96/EC	4.827
Diesel >2,0l	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	163.896	Diesel 7,5 - 16t	Euro IV - COM(1998) 776	713
Diesel >2,0l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	98.914	Diesel 7,5 - 16t	Euro V - COM(1998) 776	38
GPL (convertita)	Conventional	22.130	Diesel 16-32t	Conventional	16.306
GPL (convertita)	Euro I - 91/441/EEC	11.180	Diesel 16-32t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	4.768
GPL (convertita)	Euro II - 94/12/EC	23.188	Diesel 16-32t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	13.718
GPL (convertita)	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	10.229	Diesel 16-32t	Euro III - 1999/96/EC	16.515
GPL (convertita)	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	17.020	Diesel 16-32t	Euro IV - COM(1998) 776	2.441
Gas naturale (convertita)	Conventional	3.030	Diesel 16-32t	Euro V - COM(1998) 776	167
Gas naturale (convertita)	Euro I - 91/441/EEC	1.841	Diesel >32t	Conventional	2.803
Gas naturale (convertita)	Euro II - 94/12/EC	4.654	Diesel >32t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	1.505
Gas naturale (convertita)	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	4.193	Diesel >32t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	6.486
Gas naturale (convertita)	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	11.097	Diesel >32t	Euro III - 1999/96/EC	9.616
			Diesel >32t	Euro IV - COM(1998) 776	2.271
			Diesel >32t	Euro V - COM(1998) 776	225

2.2.4 Ipotesi di evoluzione del parco circolante

Per la stima delle emissioni degli autoveicoli negli scenari considerati, relativi all'anno 2015, è necessario considerare adeguate ipotesi di rinnovo del parco circolante. È questo un approfondimento indispensabile, in quanto il rinnovo del parco circolante porta alla circolazione di veicoli ad emissioni sempre più ridotte. Lo sviluppo della tecnologia motoristica e l'adozione di carburanti riformulati consente, infatti, ai nuovi veicoli immessi sul mercato di rispettare limiti di legge alle emissioni sempre più restrittivi.

Si è previsto quindi che i veicoli più anziani (conventional, Euro I, Euro II e Euro III) siano progressivamente sostituiti da veicoli rispondenti ai requisiti da veicoli Euro IV.

La stima del rinnovo del parco circolante è molto complessa in quanto negli ultimi anni il rinnovo

del parco veicoli ha subito una fortissima accelerazione, dovuta alla presenza di incentivi all'acquisto di rilevante entità.

Il parco circolante al 2015, è stata stimato ipotizzando la continuazione del trend di rinnovo del parco registrato dal 2005 al 2007, non considerando le maggiori vendite del 2008, che potrebbe portare a trend poco realistici. La proiezione al 2015 è stata quindi bastata sull'ipotesi di un trend di lungo periodo, desumibile dai dati dei veicoli immatricolati nel 2005 e nel 2007.

Si ricorda che ai fini del presenta lavoro è importante non tanto l'evoluzione del numero dei veicoli, ma la ripartizione degli stessi nelle classi euro, che ha una diretta influenza sulle emissioni.

L'andamento futuro (2007-2015) della ripartizione nelle categorie Euro del parco circolante in relazione all'andamento passato è stato definito valutando la variazione del parco immatricolato per tipologia veicolare fra il 2005 e il 2007, definendo dunque una distribuzione percentuale "attesa" dei veicoli nel 2015.

Rispetto alla distribuzione dei veicoli immatricolati, è inoltre necessario considerare l'effetto delle diverse percorrenze dei veicoli che sono diverse per le tipologie veicolari e per l'età dei veicoli (i veicoli nuovi tendono ad essere più utilizzati) e che sono in grado di influire sull'effettiva composizione dei veicoli circolanti sulle strade.

Al fine di valutare in modo realistico la probabilità della presenza delle diverse tipologie veicolari sugli archi dell'area di studio, il numero di veicoli immatricolato per ogni categoria COPERT è stato inoltre pesato in relazione alle percorrenze tipiche delle diverse categorie veicolari.

Sulla base di studi disponibili in letteratura (Caserini S., Giugliano M., Pastorello C., 2007, Scenari di emissioni di particolato e precursori dal traffico veicolare in Lombardia. Ingegneria Ambientale. vol. XXXVI n. 3 marzo 2007) si può infatti ritenere che gli autoveicoli di generazione più recente raggiungono percorrenze maggiori rispetto agli autoveicoli più vecchi di uguale cilindrata.

Si è quindi ritenuto necessario rappresentare il diverso grado di utilizzo dei veicoli attribuendo ai veicoli più anziani una riduzione percentuale della loro numerosità, che rappresenta la minore probabilità che il veicolo circoli sul grafo considerato, rispetto ai veicoli di più nuova generazione.

Non sono state considerate le percorrenze moto, bus e pullman, sia perché i dati ACI presentano incongruenze per queste categorie veicolari (in particolare per i bus urbani), sia perché non sono risultati disponibili dati sugli effettivi flussi di traffico nel grafo. Tali veicoli sono comunque di poca rilevanza rispetto ai flussi dei veicoli pesanti.

Nelle successive tabelle è mostrata la ripartizione percentuale del numero dei veicoli immatricolati nel 2005 e nel 2007, nonché la ripartizione ipotizzata per il 2015. Sono altresì indicate le

percorrenze percentuali considerate per le diverse classi euro e nelle ultime due colonne le distribuzioni percentuali dei veicoli effettivamente circolanti, utilizzate per la stima delle emissioni.

Tabella 2-7 – Proiezione della distribuzione del parco circolante di automobili per classi euro nel periodo 2007-2015

CLASSIFICAZIONE	EURO	Parco 2005 (%)	Parco 2007 (%)	Proiezione parco 2005 (%)	Quota percorrenze	% effettiva 2007	% effettiva 2015
Benzina <1,4 l	ECE 15/04	20%	13%	5%	30%	4%	2%
Benzina <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	18%	9%	5%	50%	5%	3%
Benzina <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	31%	32%	15%	80%	26%	12%
Benzina <1,4 l	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	24%	21%	15%		21%	15%
Benzina <1,4 l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	8%	24%	60%		45%	69%
Benzina 1,4 - 2,0l	ECE 15/04	19%	13%	5%	30%	4%	2%
Benzina 1,4 - 2,0l	Euro I - 91/441/EEC	25%	14%	8%	50%	7%	4%
Benzina 1,4 - 2,0l	Euro II - 94/12/EC	32%	37%	20%	80%	30%	16%
Benzina 1,4 - 2,0l	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	19%	16%	12%		16%	12%
Benzina 1,4 - 2,0l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	6%	20%	55%		44%	67%
Benzina >2,0l	ECE 15/04	22%	19%	2%	30%	6%	1%
Benzina >2,0l	Euro I - 91/441/EEC	7%	7%	3%	50%	3%	2%
Benzina >2,0l	Euro II - 94/12/EC	26%	19%	10%	80%	15%	8%
Benzina >2,0l	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	31%	20%	10%		20%	10%
Benzina >2,0l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	13%	35%	75%		55%	80%
Diesel <2,0l	Conventional	5%	3%	1%	30%	1%	0%
Diesel <2,0l	Euro I - 91/441/EEC	3%	2%	1%	50%	1%	1%
Diesel <2,0l	Euro II - 94/12/EC	24%	16%	5%	80%	12%	4%
Diesel <2,0l	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	59%	46%	10%	100%	46%	10%
Diesel <2,0l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	14%	36%	83%		40%	85%
Diesel >2,0l	Conventional	12%	7%	2%	30%	2%	1%
Diesel >2,0l	Euro I - 91/441/EEC	6%	4%	2%	50%	2%	1%
Diesel >2,0l	Euro II - 94/12/EC	25%	20%	6%	80%	16%	5%
Diesel >2,0l	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	51%	43%	10%	100%	43%	10%
Diesel >2,0l	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	6%	26%	80%		37%	84%

Tabella 2-8 – Proiezione della distribuzione del parco circolante di veicoli leggeri, pesanti e moto per classi euro nel periodo 2007-2015

CLASSIFICAZIONE EURO		Parco 2005 (%)	Parco 2007 (%)	Proiezione parco 2005 (%)
Benzina <3,5t	Conventional	41%	21%	10%
Benzina <3,5t	Euro I - 93/59/EEC	18%	15%	10%
Benzina <3,5t	Euro II - 96/69/EC	14%	28%	15%
Benzina <3,5t	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	25%	23%	15%
Benzina <3,5t	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	1%	13%	50%
Diesel <3,5t	Conventional	25%	13%	5%
Diesel <3,5t	Euro I - 93/59/EEC	15%	11%	5%
Diesel <3,5t	Euro II - 96/69/EC	19%	26%	15%
Diesel <3,5t	Euro III - 98/69/EC Stage 2000	40%	39%	20%
Diesel <3,5t	Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	1%	12%	55%
Diesel <7,5t	Conventional	56%	51%	4%
Diesel <7,5t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	7%	9%	4%
Diesel <7,5t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	19%	17%	4%
Diesel <7,5t	Euro III - 1999/96/EC	18%	20%	15%
Diesel <7,5t	Euro IV - COM(1998) 776	0%	3%	25%
Diesel <7,5t	Euro V - COM(1998) 776	0%	1%	48%
Diesel 7,5 - 16t	Conventional	52%	51%	25%
Diesel 7,5 - 16t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	11%	10%	10%
Diesel 7,5 - 16t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	21%	19%	15%
Diesel 7,5 - 16t	Euro III - 1999/96/EC	16%	17%	15%
Diesel 7,5 - 16t	Euro IV - COM(1998) 776	0%	2%	15%
Diesel 7,5 - 16t	Euro V - COM(1998) 776	0%	0%	20%
Diesel 16-32t	Conventional	36%	30%	5%
Diesel 16-32t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	9%	9%	5%
Diesel 16-32t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	29%	25%	15%
Diesel 16-32t	Euro III - 1999/96/EC	27%	31%	20%
Diesel 16-32t	Euro IV - COM(1998) 776	0%	5%	20%
Diesel 16-32t	Euro V - COM(1998) 776	0%	0%	35%
Diesel >32t	Conventional	20%	12%	5%
Diesel >32t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	9%	7%	5%
Diesel >32t	Euro II - 91/542/EEC Stage II	35%	28%	15%
Diesel >32t	Euro III - 1999/96/EC	36%	42%	20%
Diesel >32t	Euro IV - COM(1998) 776	0%	10%	20%
Diesel >32t	Euro V - COM(1998) 776	0%	1%	35%

2.2.5 Stima delle emissioni da traffico

Applicando la metodologia illustrata nei capitoli precedenti, utilizzando quindi per ogni scenario i rispettivi dati di tipologie veicolari circolanti e i corrispondenti fattori di emissione e flussi veicolari per arco, sono state ottenute le emissioni orarie di punta mattutina per gli inquinanti SO₂, NO_x, COV, CO, CO₂ e PM₁₀.

Le emissioni sono state stimate per i cinque scenari precedentemente presentati:

- 0 PII AMAT
- 1 Variante Base
- 2 Max Uffici
- 3 Max Residenze
- 1a Alternativo 1 (Commerciale a 18000 mq)
- 2a Alternativo 2 (Commerciale a 18000 mq + Hotel)

I risultati delle elaborazioni per tutti gli scenari sono riportati nella Tabella 2-9, come quadro riassuntivo delle emissioni giornaliere complessive del traffico veicolare sull'intero grafo stradale considerato. Nella successiva Tabella 2-10 è mostrata la variazione percentuale delle emissioni rispetto allo scenario 0, relativo al PII AMAT.

Tabella 2-9 – Emissioni (in kg/giorno, CO₂ in t/giorno) in atmosfera: quadro riassuntivo

Scenario	SO ₂	NO _x	COV	CO	CO ₂	PM10
0 PII AMAT	0,68	50,7	5,5	45,4	21,4	5,0
1 Variante Base	0,68	51,0	5,5	45,7	21,5	5,0
2 Max Uffici	0,69	51,4	5,6	46,1	21,7	5,1
3 Max Residenze	0,68	51,1	5,5	45,8	21,5	5,1
1a Alternativo 1	0,69	51,5	5,6	46,2	21,7	5,1
2a Alternativo 2	0,69	51,6	5,6	46,3	21,7	5,1

Tabella 2-10 – Variazione delle emissioni in atmosfera nell'ora di punta (PII AMAT = 100)

Scenario	SO ₂	NO _x	COV	CO	CO ₂	PM10
0 PII AMAT	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
1 Variante Base	100,5%	100,5%	100,5%	100,5%	100,5%	100,5%
2 Max Uffici	101,4%	101,4%	101,4%	101,4%	101,4%	101,4%
3 Max Residenze	100,8%	100,8%	100,8%	100,8%	100,8%	100,8%
1a Aalternativo 1	101,6%	101,6%	101,6%	101,6%	101,6%	101,6%
2a Alternativo 2	101,8%	101,8%	101,8%	101,8%	101,8%	101,8%

Si nota come le emissioni non mostrano differenze significative fra i diversi scenari, come era da attendersi viste le differenze limitate nei flussi di traffico. Le differenze fra gli scenari sono identiche a quelle relative ai km percorsi nei diversi scenari, in quanto tutti gli scenari si riferiscono allo stesso parco circolante previsto all'anno 2015.

In Figura 2-3 è mostrata la ripartizione delle emissioni per categoria veicolare nello scenario base (0-PII AMAT), per i diversi inquinanti. Si nota come le emissioni di CO sono dovute prevalentemente alle automobili a benzina, mentre le emissioni di NO_x sono ripartite fra i veicoli a benzina e diesel, sia auto che mezzi pesanti; le emissioni di particolato derivano dai veicoli diesel, sia leggeri che pesanti.

In Figura 2-4 è mostrata la ripartizione per tutti gli scenari delle emissioni di NO_x, che non mostra differenze apprezzabili fra i diversi scenari.

Figura 2-3 – Ripartizione percentuale delle emissioni per categoria veicolare nello scenario 0 – PII - AMAT

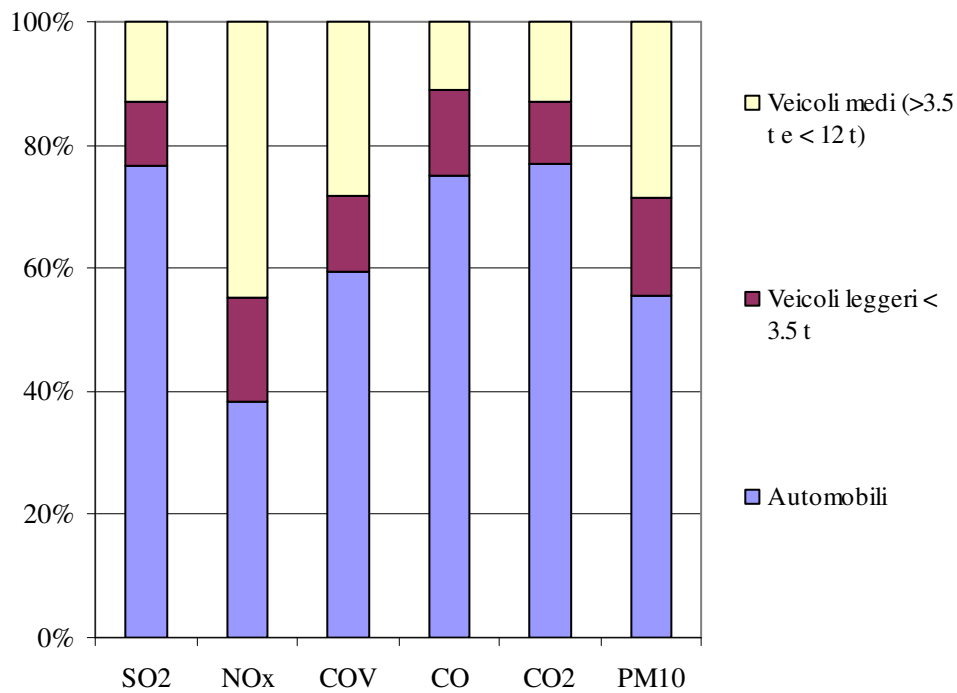


Figura 2-4 – Ripartizione delle emissioni di NOx per categoria veicolare nei sei scenari.

