

COMUNE DI MILANO  
PROVINCIA DI MILANO

COMMITTENTE  
**B&BM Srl – Via de Marchi 4 – MILANO**

PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO  
AREA EX LUCEPLAN, VIA MONETA 40 – 54

## VALUTAZIONE PREVISIONALE DEGLI IMPATTI IN ATMOSFERA

Maggio 2012

CONSULTING MANAGEMENT

 **Industria Ambiente s.r.l.**

CONSULTING MANAGEMENT

VALUTAZIONE PREVISIONALE DELLE PRESTAZIONI  
ACUSTICO E VIBRAZIONALE

di Rendina dott. Ing. Ezio  
I-20127 Milano, via Montebello 6  
tel. e fax +02-36581139  
www.vivaconsul.it  
E-mail: [rendina@vivaconsul.it](mailto:rendina@vivaconsul.it)  
P.I. 02847110962

REDAZIONE

 **Alessandro Girelli**



## **Premessa**

Il presente studio ha lo scopo di valutare gli impatti relativi all'inquinamento in atmosfera connessi, direttamente o indirettamente alla realizzazione del nuovo insediamento residenziale previsto nell'ambito del P.I.I. di Via Teodoro Moneta a Milano.

Lo studio presenterà una stima dell'impatto attuale (aggiornato al 2012) e una valutazione dell'impatto futuro.

Gli impatti considerati sono quelli connessi al traffico veicolare e alla presenza, nell'area oggetto di studio, del sistema per il riscaldamento dei nuovi edifici (caldaia a metano).

## **Inquadramento normativo**

### **QUALITÀ DELLE EMISSIONI DA AUTOVEICOLI**

I principali inquinanti presenti nel gas di scarico degli autoveicoli sono l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), gli idrocarburi incombusti (HC) e, soprattutto per i veicoli diesel, il materiale particolato ovvero le polveri sospese, di cui meritano particolare attenzione quelle aventi diametro inferiore a 10 µm, o a 2,5 µm denominate anche rispettivamente con le sigle PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>. I problemi connessi alle emissioni di SO<sub>2</sub> o di piombo possono ormai essere considerati di scarsa rilevanza in quanto nei carburanti per autotrazione il contenuto di zolfo (S) o di piombo tetraetile è ad oggi estremamente basso o nullo. Per quanto riguarda il benzene non sono disponibili dati di letteratura relativi ai fattori di emissione da autoveicoli (espressi in g/km) ma è comunque noto che dalla presenza di questo composto nell'aria, seppur in concentrazioni molto basse, deriva in buona percentuale dalle modeste emissioni che fuoriescono dai serbatoi delle autovetture ferme e quindi assume una incidenza superiore nei centri cittadini piuttosto che sulle strade extraurbane.

In Europa, nei centri urbani, il peso delle emissioni da traffico per i principali agenti nocivi, rispetto al totale, è circa il 40% per gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), il 60% per gli idrocarburi incombusti (HC), l'80% per il monossido di carbonio (CO) ed oltre il 25% per il materiale particolato.

La qualità dei gas di scarico è funzione di diversi fattori quali il tipo di carburante utilizzato (benzina, diesel, GPL, ecc.), le specifiche dei combustibili e gli accorgimenti tecnici adottati per migliorare la qualità delle emissioni. A livello del singolo autoveicolo sono anche importanti lo stato di manutenzione, l'anzianità di servizio e la modalità di guida.

La Comunità Europea ha introdotto, da diversi anni, normative specifiche in materia di emissioni degli autoveicoli con lo scopo di diminuire la nocività dei gas di scarico.

Il primo atto formale attraverso il quale sono stati fissati i limiti per le emissioni di **ossido di carbonio** e di **idrocarburi incombusti** è stata la direttiva 70/220/CEE,

relativa alle misure da adottare contro l'inquinamento atmosferico dovuto ad emissioni da autoveicoli a motore.

Le modifiche successive alla suddetta direttiva e l'introduzione di nuove norme, che hanno differenziato le emissioni dei veicoli commerciali leggeri da quelle dei veicoli pesanti, hanno rafforzato e migliorato la politica comunitaria in questo settore.

Le direttive che, nel corso degli anni, hanno imposto limiti sempre più restrittivi alle emissioni da autoveicoli sono state convenzionalmente denominate norme "Euro" ed hanno dato luogo alla seguente classificazione:

- "pre-Euro 1" indica i veicoli "non catalizzati" a benzina e i veicoli "non ecodiesel": questi veicoli sono i primi ad essere colpiti da eventuali provvedimenti di limitazione;
- "Euro 1" indica i veicoli "ecologici" conformi alla direttiva 91/441/CE. Il rispetto dei limiti di emissione stabiliti da questa direttiva impose l'adozione della "marmitta catalitica" sulle vetture nuove;
- "Euro 2" indica i veicoli "ecologici" conformi alle direttive 93/59/CE e 94/12/CE. I veicoli omologati secondo questa direttiva non potevano più essere immatricolati come nuovi a partire dall'1/1/1996, a meno che non si trattasse di "veicoli di fine serie";
- "Euro 3" indica i veicoli "ecologici" conformi alla direttiva 98/69/CE. A partire dall'1/1/2000 possono essere immatricolate come nuove solo autovetture omologate secondo questa direttiva, a parte il caso di "veicoli di fine serie".
- "Euro 4", costituita dalla seconda parte della tabella dei limiti di emissione compresa nella medesima direttiva 98/69, entrata in vigore per le autovetture immatricolate come nuove a partire dall'1/1/2005.
- "Euro 5", costituita dalla Tabella 1 dell'Allegato I al Regolamento (CE) 715/2007, modificata dal Regolamento (CE) 692/2008. Tale nuova norma, in vigore dal 1° settembre 2009 per gli autoveicoli e dal 1° settembre 2010 per i veicoli pesanti, propone limiti ancora più restrittivi, introducendo un limite al particolato anche per i veicoli a benzina.



- “Euro 6”, costituita dalla Tabella 2 dell'Allegato I al Regolamento (CE) 715/2007, modificata dal Regolamento (CE) 692/2008, che entra in vigore dal 1° settembre 2014 per gli autoveicoli e dal 1° settembre 2015 per i veicoli pesanti.

Schematizzando quanto sopra, l'evoluzione nel tempo dei valori limite sulle emissioni di inquinanti da autovetture imposte dalle norme Euro è riportata nella tabella seguente:

**Tabella 1: EU Emission Standards for Passenger Cars (Category M1), g/km**

Tier	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
<b>Compression Ignition (Diesel)</b>						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro 2, DI	1996.01 <sup>a</sup>	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro 5	2009.09 <sup>b</sup>	0.50	-	0.23	0.18	0.005 <sup>e</sup>
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 <sup>e</sup>
<b>Positive Ignition (Gasoline)</b>						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro 5	2009.09 <sup>b</sup>	1.0	0.10 <sup>c</sup>	-	0.06	0.005 <sup>d,e</sup>
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 <sup>c</sup>	-	0.06	0.005 <sup>d,e</sup>
<small>* At the Euro 1..4 stages, passenger vehicles &gt; 2,500 kg were type approved as Category N<sub>1</sub> vehicles            † Values in brackets are conformity of production (COP) limits            a - until 1999.09.30 (after that date DI engines must meet the IDI limits)            b - 2011.01 for all models            c - and NMHC = 0.068 g/km            d - applicable only to vehicles using DI engines            e - 0.0045 g/km using the PMP measurement procedure</small>						

Per quanto riguarda le emissioni relative ai veicoli pesanti e agli autocarri diesel le norme precedenti alle Euro 5/6 fissavano un limite alle emissioni espresso in g/kWh.

La direttiva 91/542/CEE stabiliva, a partire dal 1.10.1995, i seguenti limiti:

**Tabella 2**

CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)
4,0	1,1	7,0	0,15

Successivamente la direttiva 99/96/CE rendeva tali limiti più restrittivi, introducendo,

per i motori diesel (mediante le prove ESC e ELR) i seguenti limiti:

**Tabella 3: Valori limite di inquinanti emessi da motori diesel mediante le prove ESC e ELR (fonte: direttiva 99/96/CE)**

Riga	Massa di monossido di carbonio (CO) g/kWh	Massa di idrocarburi (HC) g/kWh	Massa di ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ) g/kWh	Massa di particolato (PT) g/kWh	Fumo m <sup>-1</sup>
A (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10 0,13 <sup>(1)</sup>	0,8
B1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
B2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
C (EEV)	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

<sup>(1)</sup> Per motori aventi cilindrata inferiore a 0,75 dm<sup>3</sup> per cilindro e un regime nominale maggiore di 3 000 min<sup>-1</sup>.

Le norme Euro 5 ed Euro 6 hanno ulteriormente ristretto i limiti per i veicoli diesel abbassando ancora i limiti di emissione ed esprimendo i fattori di emissione in g/km.

Le modifiche apportate dalle varie norme nel corso degli anni sono schematizzate nella tabella seguente:



**Tabella 4: EU Emission Standards for Light Commercial Vehicles, g/km**

Category†	Tier	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
<b>Compression Ignition (Diesel)</b>							
<b>N<sub>1</sub>, Class I</b> ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	0.14
	Euro 2, IDI	1998.01	1.0	-	0.70	-	0.08
	Euro 2, DI	1998.01 <sup>a</sup>	1.0	-	0.90	-	0.10
	Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
	Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
	Euro 5	2009.09 <sup>b</sup>	0.50	-	0.23	0.18	0.005 <sup>e</sup>
	Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 <sup>e</sup>
<b>N<sub>1</sub>, Class II</b> 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	0.19
	Euro 2, IDI	1998.01	1.25	-	1.0	-	0.12
	Euro 2, DI	1998.01 <sup>a</sup>	1.25	-	1.30	-	0.14
	Euro 3	2001.01	0.80	-	0.72	0.65	0.07
	Euro 4	2006.01	0.63	-	0.39	0.33	0.04
	Euro 5	2010.09 <sup>c</sup>	0.63	-	0.295	0.235	0.005 <sup>e</sup>
	Euro 6	2015.09	0.63	-	0.195	0.105	0.005 <sup>e</sup>
<b>N<sub>1</sub>, Class III</b> >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	0.25
	Euro 2, IDI	1998.01	1.5	-	1.20	-	0.17
	Euro 2, DI	1998.01 <sup>a</sup>	1.5	-	1.60	-	0.20
	Euro 3	2001.01	0.95	-	0.86	0.78	0.10
	Euro 4	2006.01	0.74	-	0.46	0.39	0.06
	Euro 5	2010.09 <sup>c</sup>	0.74	-	0.350	0.280	0.005 <sup>e</sup>
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005 <sup>e</sup>
<b>N<sub>2</sub></b>	Euro 5	2010.09 <sup>c</sup>	0.74	-	0.350	0.280	0.005 <sup>e</sup>
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005 <sup>e</sup>
<b>Positive Ignition (Gasoline)</b>							
<b>N<sub>1</sub>, Class I</b> ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	-
	Euro 2	1998.01	2.2	-	0.50	-	-
	Euro 3	2000.01	2.3	0.20	-	0.15	-
	Euro 4	2005.01	1.0	0.1	-	0.08	-
	Euro 5	2009.09 <sup>b</sup>	1.0	0.10 <sup>f</sup>	-	0.06	0.005 <sup>d,e</sup>
	Euro 6	2014.09	1.0	0.10 <sup>f</sup>	-	0.06	0.005 <sup>d,e</sup>
<b>N<sub>1</sub>, Class II</b> 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	-
	Euro 2	1998.01	4.0	-	0.65	-	-
	Euro 3	2001.01	4.17	0.25	-	0.18	-
	Euro 4	2006.01	1.81	0.13	-	0.10	-
	Euro 5	2010.09 <sup>c</sup>	1.81	0.13 <sup>g</sup>	-	0.075	0.005 <sup>d,e</sup>
	Euro 6	2015.09	1.81	0.13 <sup>g</sup>	-	0.075	0.005 <sup>d,e</sup>
<b>N<sub>1</sub>, Class III</b> >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	-
	Euro 2	1998.01	5.0	-	0.80	-	-
	Euro 3	2001.01	5.22	0.29	-	0.21	-
	Euro 4	2006.01	2.27	0.16	-	0.11	-
	Euro 5	2010.09 <sup>c</sup>	2.27	0.16 <sup>h</sup>	-	0.082	0.005 <sup>d,e</sup>
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16 <sup>h</sup>	-	0.082	0.005 <sup>d,e</sup>
<b>N<sub>2</sub></b>	Euro 5	2010.09 <sup>c</sup>	2.27	0.16 <sup>h</sup>	-	0.082	0.005 <sup>d,e</sup>
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16 <sup>h</sup>	-	0.082	0.005 <sup>d,e</sup>
† For Euro 1/2 the Category N <sub>1</sub> reference mass classes were Class I ≤ 1250 kg, Class II 1250-1700 kg, Class III > 1700 kg. a - until 1999.09.30 (after that date DI engines must meet the IDI limits) b - 2011.01 for all models c - 2012.01 for all models d - applicable only to vehicles using DI engines e - 0.0045 g/km using the PMP measurement procedure f - and NMHC = 0.068 g/km g - and NMHC = 0.090 g/km h - and NMHC = 0.108 g/km							

E' indubbio che sul piano normativo molto lavoro sia stato fatto e che le emissioni specifiche per ogni singolo veicolo siano notevolmente diminuite: si stima che le emissioni inquinanti prodotte dagli autoveicoli nuovi siano state ridotte di oltre il 90% rispetto a quelle degli anni '70 e che la nuova legislazione permetterà di ottenere, dopo il 2014, valori ancora più bassi rispetto agli attuali.

Occorre tuttavia non dimenticare che oltre che all'abbassamento delle emissioni specifiche degli autoveicoli imposto dalla normativa, contributi essenziali all'incremento della qualità delle emissioni sono stati dati anche dalla politica di incentivazione alla rottamazione degli autoveicoli vecchi con conseguente svecchiamento del parco, e dalla introduzione obbligatoria di sistemi diagnostici di bordo (OBD) al fine di consentire una individuazione immediata di ogni guasto dei dispositivi antinquinamento dei veicoli.

E' importante anche ricordare che, oltre l'età di un autoveicolo è fondamentale una buona efficienza dei dispositivi antinquinamento e quindi deve essere considerata come molto valida l'impostazione che la CE sta dando alle direttive più recenti per la soluzione dei problemi di controllo della efficienza degli stessi.

Va preso peraltro atto che, a causa dell'imponente aumento della circolazione, sia in termini di veicoli che di chilometraggio percorso, se queste linee guida non saranno seguite con molto impegno, ben difficilmente potranno essere conseguiti gli obiettivi di qualità dell'aria che la CE si è proposta.

Come vedremo in seguito i valori riportati sopra devono essere ulteriormente elaborati allo scopo di determinare un'emissione media ponderata (espressa in g/veicolo\*km) riferita ad un "veicolo equivalente" specifico di ciascun tratto di strada a seconda del traffico esistente (scenario attuale) o previsto (scenario post operam).

## **QUALITÀ ED OBIETTIVI DI QUALITÀ DELL'ARIA**

Al fine di verificare l'entità dell'impatto che il traffico produce sull'ambiente circostante (e quindi stabilire se l'impatto è accettabile o meno) è necessario stabilire quali sono gli obiettivi di qualità dell'aria a cui si deve fare riferimento, in base alla normativa vigente in Italia.



Il quadro normativo di riferimento per la misura della qualità dell'aria è costituito dal Decreto Ministeriale n. 60 del 2 aprile 2002 (che recepisce le direttive comunitarie 1999/30/CE e 2000/69/CE) e dal D.Lgs. n. 351 del 4 agosto 1999 (che recepisce la direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria).

Il DM n. 60/2002 stabilisce, per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, il materiale particolato, il piombo, il benzene e il monossido di carbonio:

- i valori limite e le soglie di allarme;
- i criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria ambiente;
- le soglie di valutazione superiore ed inferiore;
- i criteri di verifica della classificazione delle zone e degli agglomerati;
- le modalità per l'informazione da fornire al pubblico sui livelli registrati di inquinamento atmosferico ed in caso di superamento delle soglie di allarme.

In Tabella 5 sono riassunti i valori limite per i composti che verranno presi in considerazione nella modellazione.

**Tabella 5: Valori limite relativi agli inquinanti considerati**

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento valore limite
Monossido di carbonio	Media 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	6 mg /m <sup>3</sup>	2005
Ossidi di azoto	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>	100 µg/m <sup>3</sup> (50% decrescente fino a 0%)	2010
Particolato PM10	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	25 µg/m <sup>3</sup> (50% decrescente fino a 0%)	2005

Le concentrazioni "soglia" sono disciplinate all'articolo 6. del D.Lgs. n. 351/99 e all'art. 4 del DM 60/02, mentre i valori di riferimento sono indicati nell'Allegato VII del DM 60/02.

Le soglie di valutazione inferiore e superiore relative alla sola protezione della salute umana sono riportate in Tabella 6.

**Tabella 6: Soglie di valutazione inferiore e superiore relative alla protezione della salute umana**

<b>Inquinante</b>		<b>Soglia di valutazione superiore</b>	<b>Soglia di valutazione inferiore</b>
<b>Monossido di carbonio</b>	Media oraria	7 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup>
<b>Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)</b>	Media oraria	140 µg/m <sup>3</sup> (ammessi 18 superi/anno)	100 µg/m <sup>3</sup> (ammessi 18 superi/anno)
	Media annuale	32 µg/m <sup>3</sup>	26 µg/m <sup>3</sup>
<b>Particelle sospese PM<sub>10</sub></b>	Media giornaliera *	30 µg/m <sup>3</sup> (ammessi 7 superi/anno)	20 µg/m <sup>3</sup> (ammessi 7 superi/anno)
	Media annuale *	14 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>

\* valori limite indicativi da rispettare al 1 gennaio 2010

Come si può notare la normativa più recente ha imposto limiti notevolmente inferiori a quelli vigenti in precedenza, passando da valori dell'ordine dei mg/m<sup>3</sup> a valori dell'ordine dei µg/m<sup>3</sup>.

Questi valori devono esser conseguiti intervenendo su tutti i parametri possibili: per questo motivo esistono ormai da diverso tempo normative che prevedono l'adeguamento delle benzine e dei gasoli a criteri "ecologici", oltre a normative mirate a favorire l'adozione di misure particolari per migliorare la qualità dell'aria nelle aree urbane, tra cui l'utilizzo di mezzi collettivi, l'adozione della circolazione "a targhe alterne" e addirittura la chiusura di aree urbane al traffico di autoveicoli.



## **Impatto generato dal traffico**

### **METEOROLOGIA DELL'AREA E PARAMETRI ASSUNTI**

La strada oggetto di studio si sviluppa su una lunghezza di circa 580 m.

Per avere un quadro il più possibile sito-specifico sono stati utilizzati i dati meteo raccolti nel corso dell'ultimo anno (dal 11/06/2011 al 10/06/2012) nella centralina di Viale Marche (la più vicina al sito in esame).

I dati, richiesti all'ARPA Lombardia e forniti in formato digitale, sono: temperatura, velocità del vento e direzione del vento.

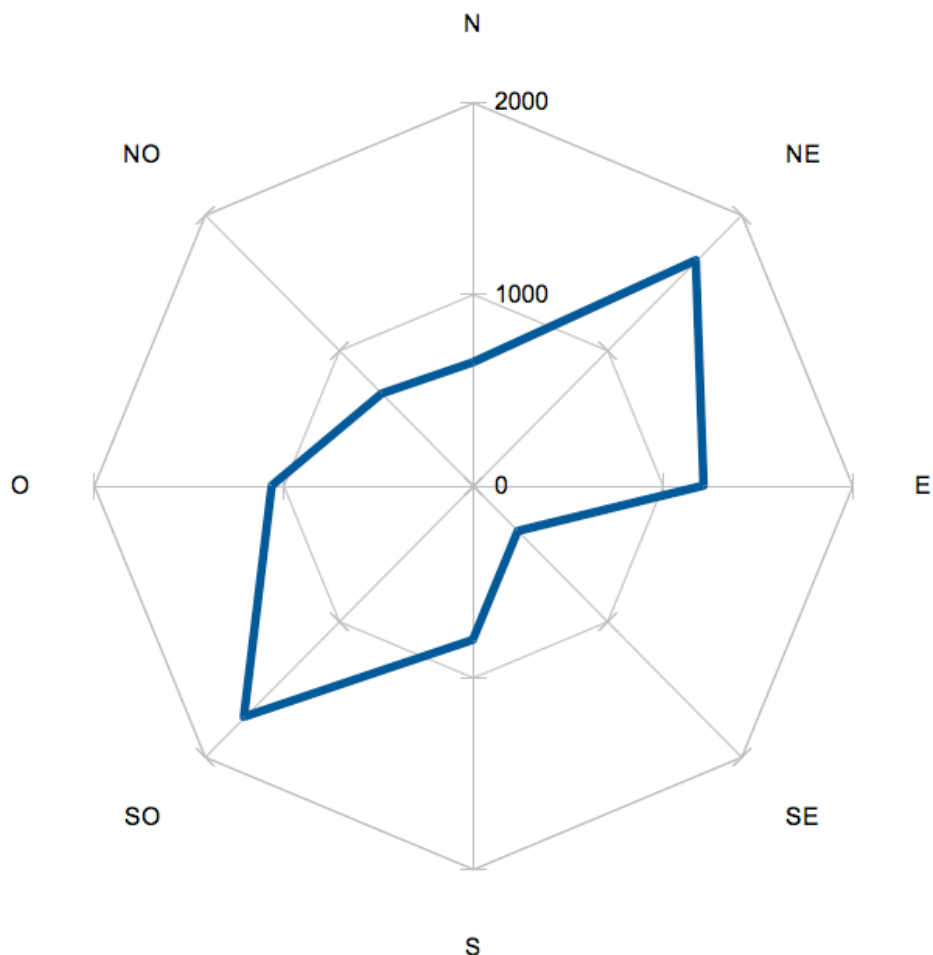
Per quanto riguarda le classi di stabilità atmosferica sono stati utilizzati i dati raccolti nella stazione meteorologica di Milano Linate.

Nei paragrafi seguenti verranno presentati i dati disponibili ed indicate le motivazioni alla base della scelta dei dati assunti nei calcoli.

### **Vento**

I dati relativi all'ultimo anno (dal 11/06/2011 al 10/06/2012) raccolti con cadenza oraria dalla stazione meteo di Viale Marche, il cui grafico è riportato nella figura seguente, indicano che le direzioni preponderanti del vento sono N-E e S-O, seguite da E e da O.

**Figura 1**  
**Direzione del Vento**  
**Stazione Viale Marche**



In realtà, come già accennato in precedenza il dato relativo alla direzione del vento non è importante ai fini della modellazione in quanto è possibile far scegliere al modello la direzione del vento più conservativa, ossia quella per cui la concentrazione dell'inquinante considerato calcolata su ciascun ricettore risulti la più alta possibile.

In tal caso il risultato della modellazione rappresenta il *worst case scenario* ossia lo scenario peggiore possibile.

Si fa presente che tale assunzione rappresenta di fatto una situazione ipotetica in cui la direzione del vento viene fatta variare localmente in maniera non reale ma in modo tale da ricercare, per ciascun ricettore (o *nodo di calcolo*, nel caso delle mappe di

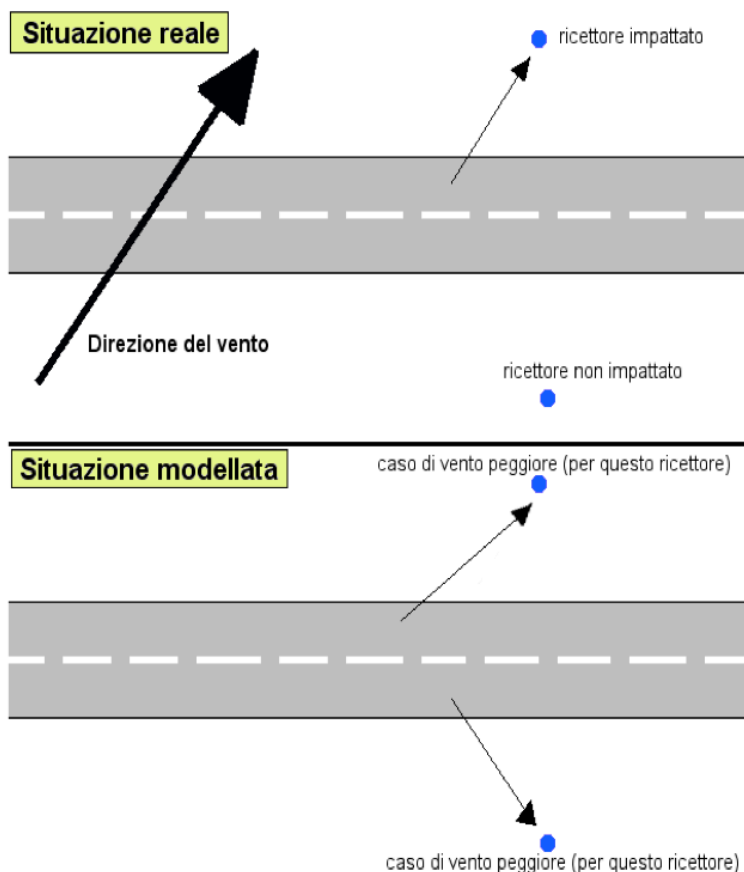


isoconcentrazione), la concentrazione peggiore possibile.

In questo modo la concentrazione stimata ad un ricettore posto a circa 10 m dall'asse stradale avrà un valore analogo indipendentemente dal lato in cui si trova rispetto al tracciato. Nel caso reale, invece, se il vento spira in direzione perpendicolare all'asse stradale i ricettori posti sottovento rispetto ad essa subiranno l'impatto del traffico veicolare mentre i ricettori ubicati sopravvento non saranno interessati minimamente dalla presenza del traffico.

La situazione è schematizzata nella figura seguente:

**Figura 2**



Sulla base di quanto sopra è evidente la conservatività delle assunzioni scelte alla base della modellazione.

Per quanto riguarda le velocità del vento, la stazione meteorologica di Viale Marche fornisce un valore medio pari a 1,51 m/s (media dei valori medi orari raccolti nel

corso dell'ultimo anno, dal 11/06/2011 al 10/06/2012).

Considerando che a Milano, ed in generale nella Pianura Padana, sono frequenti situazioni di vento nullo e presenza di nebbia, è stato assunto cautelativamente un valore pari a **0,5 m/s** (il modello non permette l'inserimento di un valore uguale a 0 m/s).

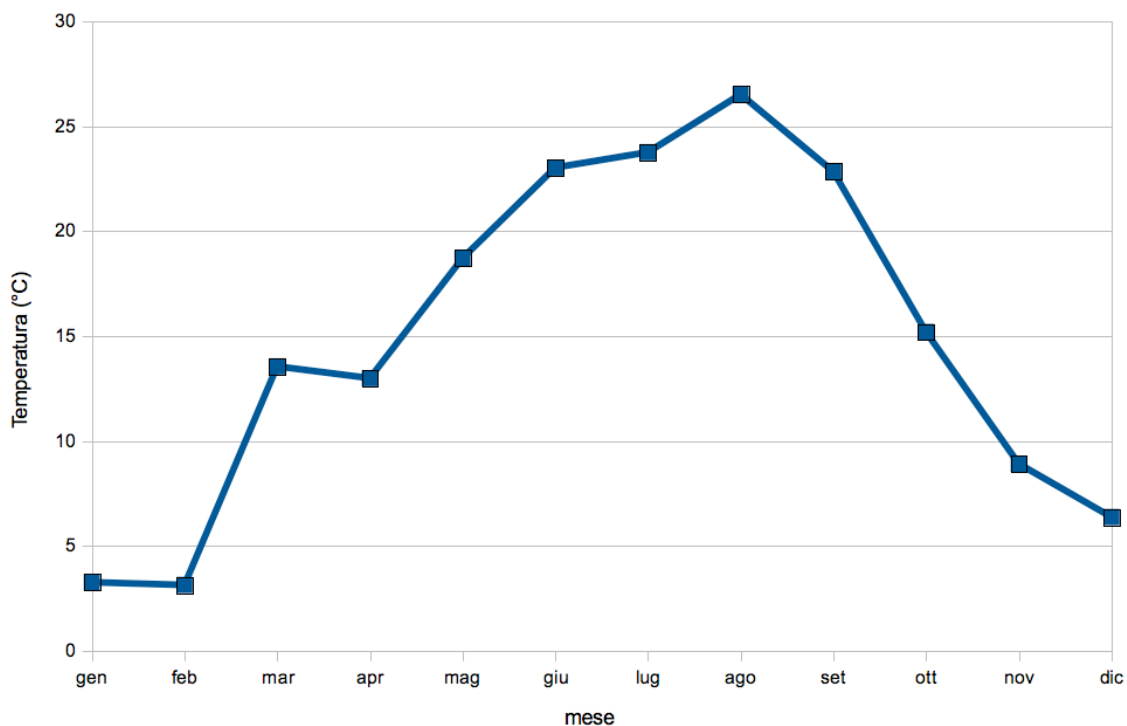
La scelta del valore assunto nella modellazione è partito da considerazioni conservative: la velocità del vento influisce sui risultati della modellazione in quanto un suo incremento favorisce la "diluizione" dei contaminanti in atmosfera e quindi diminuisce la concentrazione degli stessi ai ricettori di riferimento.

### Temperatura dell'aria

I dati di temperatura raccolti nella stazione meteo di Viale Marche (medie mensili su base oraria) mostrano l'andamento riportato in Figura 3.

**Figura 3**

Andamento Temperatura (2011-2012)  
Stazione di Viale Marche



Per ogni mese è stato calcolato il valore medio delle temperature osservate nella stazione di riferimento e sull'insieme di tali valori è stata calcolata la media annuale su base mensile, che risulta **14,8 °C**, valore assunto nella modellazione.

### **Classi di stabilità atmosferica**

I dati relativi alle classi di stabilità atmosferica sono stati raccolti nel corso delle osservazioni effettuate per 27 anni (1951-1977) dall'ENEL e dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, e tengono conto non solo dei dati meteorologici, ma anche della nuvolosità e dell'irraggiamento solare. Tali dati sono stati raccolti in diversi volumi catalogati per regione.

In mancanza di dati sito specifici di dettaglio sono stati presi in considerazione i dati relativi alla stazione di Milano Linate, che vengono riportati nelle tabelle seguenti.

**Tabella 7: Classi di stabilità annuale**

<b>Classe</b>	<b>Millesimi</b>
<b>A</b>	50,86
<b>B</b>	105,62
<b>C</b>	29,36
<b>D</b>	322,76
<b>E</b>	43,94
<b>F + G</b>	350,08
<b>Nebbia</b>	97,38
<b>Tot.</b>	1000,00



**Tabella 8: Classi di stabilità mensile**

Classe	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
<b>A</b>	0,0	0,0	28,45	41,49	91,68	120,87	152,71	106,17	67,84	13,52	0,0	0,0
<b>B</b>	36,94	62,09	85,76	108,68	167,90	180,24	197,76	161,11	119,38	90,10	43,18	30,73
<b>C</b>	18,17	30,71	29,49	38,56	50,66	45,12	38,92	33,79	19,38	18,93	20,91	12,25
<b>D</b>	393,37	398,12	405,56	415,56	279,09	229,16	133,46	224,98	295,37	318,77	428,15	344,85
<b>E</b>	35,74	45,73	53,96	60,88	71,06	77,89	59,64	37,50	21,81	18,73	26,76	23,70
<b>F + G</b>	259,19	328,40	363,52	328,07	336,70	345,76	416,46	432,74	449,78	413,86	306,05	230,97
<b>Nebbia</b>	256,59	134,95	33,26	6,76	2,91	0,95	1,06	3,71	26,43	126,09	174,95	357,50
<b>Tot.</b>	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00

Come si può osservare la classe di stabilità più frequente è la classe indicata con F+G, seguita dalla classe D. Dalla tabella emerge anche che il fenomeno "Nebbia", soprattutto nelle stagioni invernali, può raggiungere frequenze del 25-35%.

Nella modellazione è stata assunta la classe di stabilità **F+G** che rappresenta quella preponderante.

L'altezza dello strato di rimescolamento è stata assunta pari a 200 m.

### **Concentrazioni di fondo**

Le concentrazioni di fondo dei contaminanti studiati, in mancanza di dati specifici, sono state raccolte nelle stazioni meteo più prossime all'area oggetto di studio, ossia: Viale Marche, Via Senato e Pascal Città Studi. Tali stazioni sono comunque poco rappresentative in quanto si trovano a notevole distanza, oltre ad essere ubicate in zone più trafficate rispetto al sito oggetto di studio.

Le considerazioni che seguono hanno pertanto una valenza puramente indicativa che ha lo scopo di presentare una situazione generica tipica di strade cittadine piuttosto trafficate.

Dai dati emerge che, per tutti i parametri misurati, le concentrazioni medie (su base oraria) risultano al di sotto dei limiti indicati dalla normativa, anche se non sono

infrequenti superi occasionali (anche elevati) dei limiti, specialmente per il parametro PM10.

Le concentrazioni medie rilevate, riportate nella tabella seguente, risultano del tutto comparabili a quelle misurate normalmente in zone urbane trafficate.

**Tabella 9: Concentrazioni medie rilevate**

<b>Stazione</b>	<b>CO (media oraria)</b>	<b>NO2 (media oraria)</b>	<b>PM10 (media giornaliera)</b>
	<i>mg/m<sup>3</sup></i>	<i>µg/m<sup>3</sup></i>	<i>µg/m<sup>3</sup></i>
<b>Viale Marche</b>	1,15	76	n.d.
<b>Via Senato</b>	1,2	61	46
<b>Città Studi</b>	n.d.	40	49

<b>Valori medi</b>	1,18	59	47,5
--------------------	------	----	------

Per calibrare il modello in modo tale da ottenere valori, per lo scenario attuale, comparabili a quelli misurati su campo, senza aumentare artificialmente i parametri relativi al traffico (flussi di veicoli o fattori di emissione), procedura che sarebbe assolutamente priva di significato oltre che in contrasto con i valori di traffico forniti, si è deciso di intervenire sui valori delle concentrazioni di fondo, tenendo conto dei risultati ottenuti nella modellazione presentata nel 2010 (in termini di incremento rispetto al valore di fondo).

A differenza della modellazione precedente (2010), che assumeva una concentrazione di fondo pari al 5° percentile dell'insieme dei valori misurati, sono stati quindi assunti valori di concentrazione di fondo dei contaminanti pari al 75% rispetto al valore medio misurato (cfr. riga azzurra della tabella riportata sopra).

I valori calcolati, assunti nella modellazione, sono riportati nella tabella seguente.

**Tabella 10: Concentrazioni di fondo assunte nella modellazione**

CO	0,88 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	44 µg/m <sup>3</sup>
PM10	36 µg/m <sup>3</sup>

I valori calcolati dal modello (che forniscono risultati in termini di particolato totale – PTS) sono stati cautelativamente confrontati con i limiti indicati dalla normativa (relativi al PM<sub>10</sub>) anche se in realtà il valore di concentrazione di PTS è certamente superiore al PM<sub>10</sub>. Ciò equivale ad assumere che tutte le polveri emesse dagli autoveicoli siano comprese nella frazione PM<sub>10</sub>

Per quanto riguarda la costante cinetica per la reazione di fotodissociazione dell'NO<sub>2</sub> (NO<sub>2</sub> + hν => NO + O) è stato adottato il valore comunemente utilizzato in letteratura:  $k = 8,0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ .

## **CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE PONDERATI**

Il modello matematico utilizzato richiede che per ciascun tratto stradale sia fissato il flusso di traffico in veicoli/ora ed il fattore di emissione ponderato in g/km\*veic, che tenga conto del contributo che ciascuna categoria di veicoli ha sulle emissioni di ogni inquinante considerato.

Tale contributo può essere stimato incrociando tre tipi di dati:

- Fattori di emissione fissati dalla normativa (cfr. par. *Inquadramento normativo*) oppure stimati sulla base di studi specifici (cfr. *ANPA – Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale - luglio 2000*)
- Parco veicolare esistente (dati ACI aggiornati al 2010 – i più recenti messi a disposizione - , suddivisi per tipo di carburante ed anno di immatricolazione). Si fa presente che, al fine di avere uno scenario il più rappresentativo possibile, sono stati utilizzati i **dati ACI raccolti per la Provincia di Milano**.
- Percorrenze annue (estrapolate, per il periodo in esame, sulla base dello studio *ANPA – Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale - luglio 2000*)

Come già evidenziato in precedenza i limiti di emissione da autoveicoli possono essere classificati a seconda dell'intervallo temporale in cui erano in vigore, secondo quanto riportato in Tabella 1 ed in Tabella 4.

In mancanza di limiti normativi (Pre-ECE o "Euro 0") sono stati utilizzati i dati riportati nel documento ANPA relativo al parco circolante nel 1997, che sono sicuramente più realistici dei valori limite normativi, in quanto calcolati partendo da dati reali.

In particolare per i veicoli immatricolati prima del 1992 è stato fatto riferimento ai fattori di emissione relativi alla classe di età ECE 15/04, scegliendoli con i seguenti criteri:

- **Autovetture a benzina:** è stato assunto il valore maggiore tra le categorie veicolari aventi cilindrata < 2,0 l che, dai dati ACI, risultano preponderanti (>95%)
- **Autovetture diesel:** è stato assunto il valore maggiore tra le categorie veicolari aventi cilindrata < 2,0 l che, dai dati ACI, risultano preponderanti (>75%)

- **Veicoli pesanti:** è stato assunto il valore maggiore tra tutte le categorie veicolari disponibili, sia < 3,5 t che > 3,5 t.

Alcuni valori sono risultati inferiori ai limiti normativi vigenti successivamente in quanto basati sui dati reali e non su "valori limite massimi". In tal caso è stato cautelativamente utilizzato il maggiore tra i due valori.

I valori ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti.

**Tabella 11**

<b>Autovetture</b>					
<b>Alimentazione</b>	<b>Euro</b>	<b>Data</b>	<b>CO (g/km)</b>	<b>NOx (g/km)</b>	<b>PM (g/km)</b>
Auto a benzina	0	1985-1992	6,283	2,5304	0,1428*
	1	01/07/1992	2,72	0,384	0,1428*
	2	01/01/1996	2,2	0,1559	0,08*
	3	01/01/2000	2,3	0,15	0,05*
	4	01/01/2005	1	0,08	0,025*
	5	01/09/2009	1	0,06	0,005
	6	01/09/2014	1	0,06	0,005
Auto diesel	0	1985-1992	2,72	0,44	0,1428
	1	01/07/1992	2,72	0,2557	0,1428
	2	01/01/1996	1	0,1126	0,08
	3	01/01/2000	0,64	0,5	0,05
	4	01/01/2005	0,5	0,25	0,025
	5	01/09/2009	0,5	0,18	0,005
	6	01/09/2014	0,5	0,08	0,005

\* Nella modellazione il PM emesso dai veicoli a benzina è stato cautelativamente assunto uguale al valore relativo ai veicoli diesel.



**Tabella 12**

<b>Veicoli Commerciali</b>					
<b>Alimentazione</b>	<b>Euro</b>	<b>Data</b>	<b>CO (g/km)</b>	<b>NOx (g/km)</b>	<b>PM (g/km)</b>
Veicoli a benzina	0	Ante 1994	7,03	1,79	0,44*
	1	10/1994	6,90	0,37	0,32*
	2	01/1998	5,22	0,37	0,14*
	3	01/2000	5,22	0,21	0,05*
	4	01/2005	2,27	0,11	0,025
	5	09/2009	2,27	0,082	0,005
	6	09/2014	2,27	0,082	0,005
Veicoli diesel	0	Ante 1994	6,90	5,96	0,44
	1	10/1994	6,90	4,47	0,32
	2	01/1998	1,5	3,56	0,14
	3	01/2000	0,95	0,78	0,05
	4	01/2005	0,74	0,39	0,025
	5	09/2009	0,74	0,28	0,005
	6	09/2014	0,74	0,125	0,005

\* Nella modellazione il PM emesso dai veicoli a benzina è stato cautelativamente assunto uguale al valore relativo ai veicoli diesel.

E' opportuno fare osservare che l'utilizzo dei valori limite di legge rappresenta una scelta conservativa in quanto tali valori sono comunque i massimi consentiti e quindi l'emissione media reale è certamente inferiore.

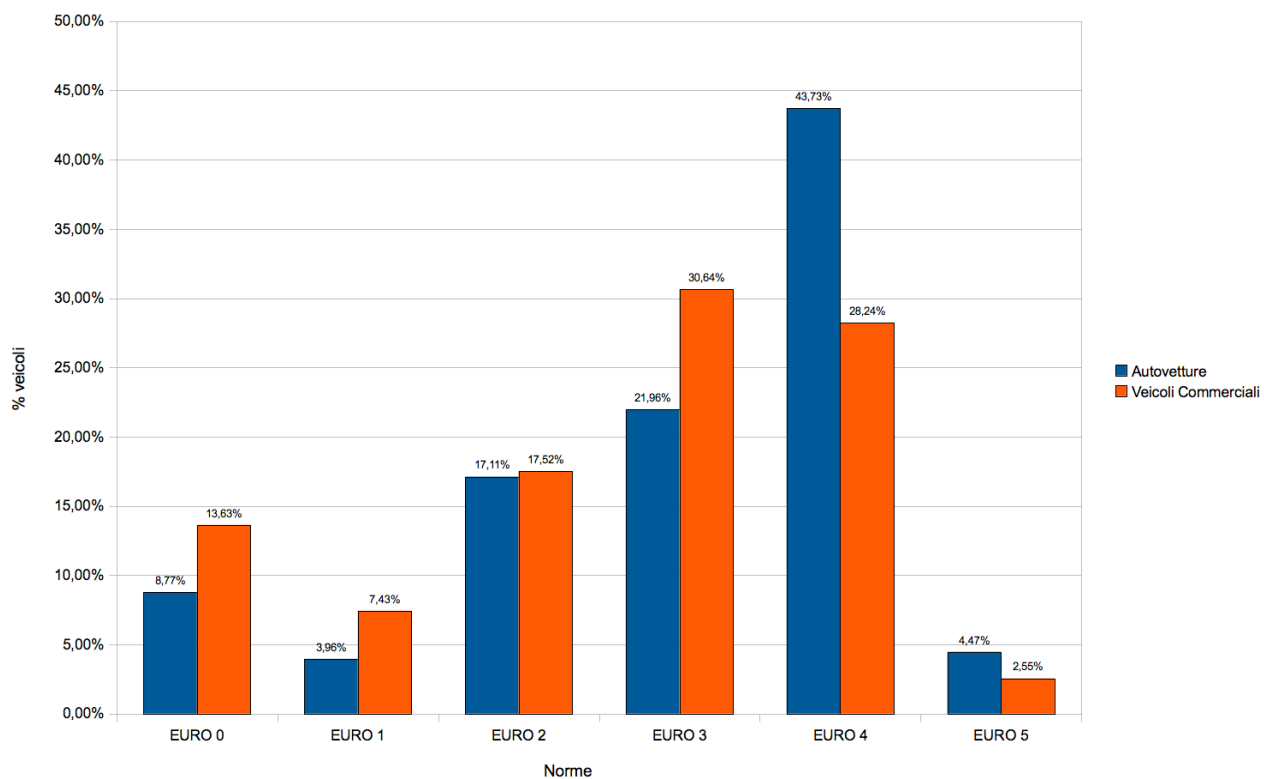
Per quanto riguarda i dati relativi al parco veicolare esistente essi vengono messi a disposizione regolarmente dall'ACI ed è possibile rielaborarli in modo tale da ottenere percentuali specifiche per ciascuno degli intervalli temporali identificati dalla normativa (cfr. Tabella 1). Nel caso in esame sono stati utilizzati i dati del 2010 (i più recenti) specifici per la Provincia di Milano.

Da tale elaborazione, il cui grafico è riportato in Figura 4, si evince che negli ultimi anni il parco veicolare ha avuto un ricambio molto rapido e che oltre il 60% degli autoveicoli è stato immatricolato negli ultimi 10 anni (più della metà di questi risale a meno di cinque anni fa).

Dal grafico emerge anche che il picco di presenza dei veicoli commerciali è centrato sulle norme Euro 3 ed Euro 4.

**Figura 4**

Parco Veicolare Circolante (2010)

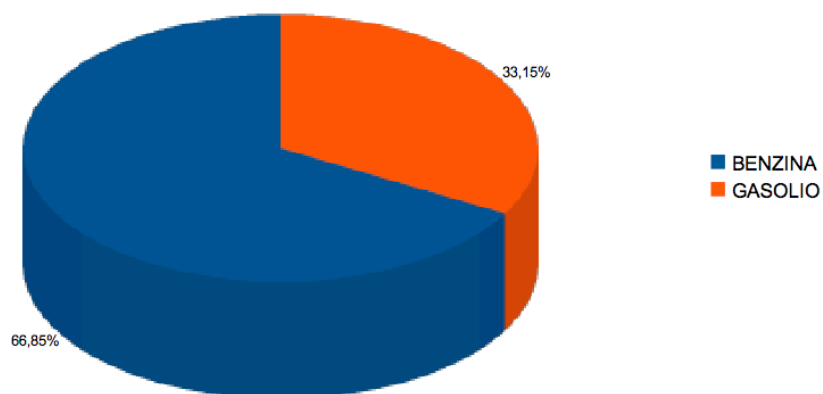


I dati ACI evidenziano inoltre che gli autoveicoli alimentati a benzina sono circa il 68% del totale, mentre il restante 32% è alimentato a gasolio.

La situazione è completamente invertita per quanto riguarda i veicoli commerciali come è possibile desumere dai grafici seguenti.

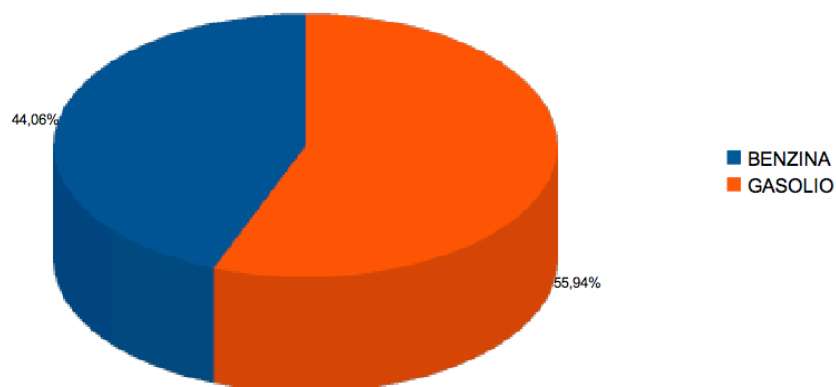
**Figura 5**

Suddivisione del parco a seconda del carburante  
Autovetture



**Figura 6**

Suddivisione del parco a seconda del carburante  
Veicoli Commerciali

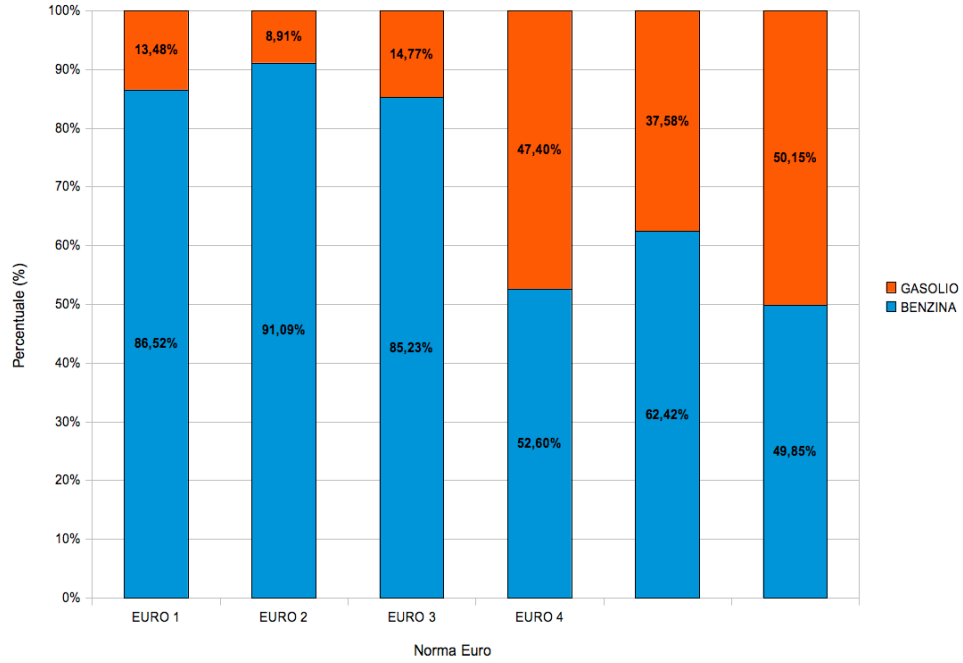


La suddivisione dei veicoli per tipo di carburante (benzina/gasolio) e per classe "Euro" è dettagliata nei grafici seguenti:

**Figura 7**

Suddivisione per tipo di carburante

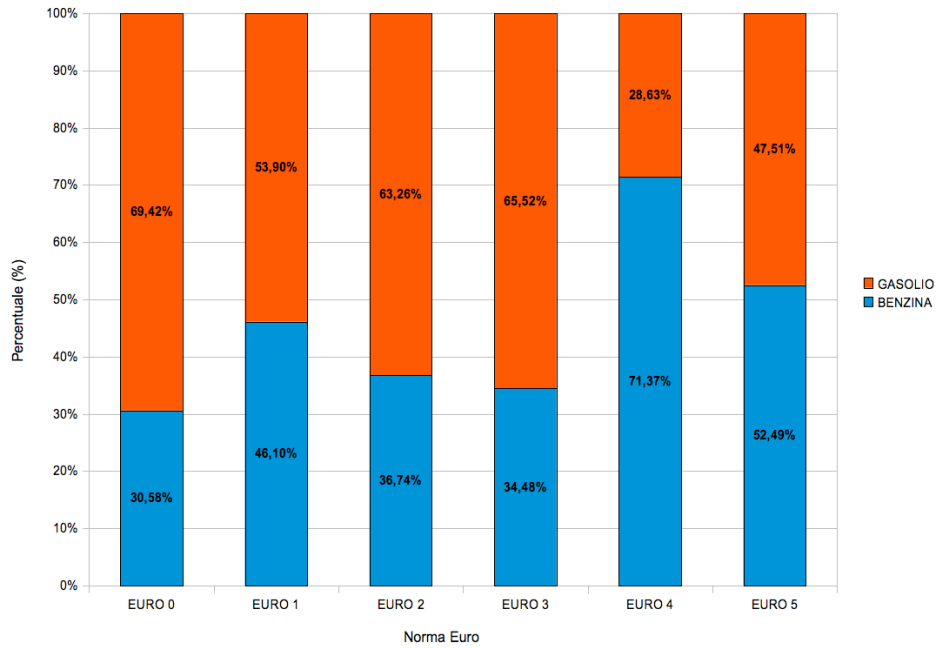
Autovetture



**Figura 8**

Suddivisione per tipo di carburante

Veicoli commerciali



Dai grafici si osserva che la percentuale delle auto a gasolio, sono passate da valori intorno al 10% agli anni '90 ad oltre il 40% negli ultimi tempi. Per quanto riguarda i veicoli commerciali la percentuale a benzina è legata essenzialmente ai veicoli leggeri mentre i veicoli pesanti sono praticamente tutti a gasolio.

I dati riportati sopra forniscono un quadro molto dettagliato e sito-specifico (provincia di Milano) del parco autoveicolare in termini di emissione "potenziale".

In realtà l'emissione ponderata deve tenere conto anche dei dati di percorrenza riferita a ciascuna categoria sopra individuata (ad es. si presume che i veicoli nuovi abbiano percorrenze annuali superiori rispetto a quelli vecchi).

Tali dati non sono purtroppo disponibili in forma disaggregata quale quella richiesta ma dall'osservazione dei dati ANPA risalenti agli anni '90 è possibile, almeno in maniera indicativa, effettuare le seguenti considerazioni:

- Gli autoveicoli nuovi hanno generalmente una percorrenza complessiva (km/anno) superiore a quelli immatricolati più di 10 anni prima (il rapporto dei valori, espressi in km/anno\*veicolo, è di circa 3/1).
- Per i veicoli pesanti la situazione è invertita (il rapporto dei valori, espressi in km/anno\*veicolo, è di circa 1/3).

Sulla base di tali considerazioni è stato possibile procedere ad un calcolo più realistico dei fattori di emissione ponderati.

Per quanto riguarda il calcolo di tali fattori relativi allo scenario futuro (~ 2015) sono state utilizzate le stesse assunzioni effettuate per lo scenario attuale, ipotizzando cioè che il parco macchine si rinnovi con la stessa frequenza di quello attuale e che il rapporto tra le percorrenze dei veicoli nuovi rispetto a quelli vecchi rimanga inalterato.

Le assunzioni scelte equivalgono, in pratica, a traslare nel tempo (di 5-7 anni) la distribuzione elaborata per lo scenario attuale, con le opportune modifiche:



Fasce normative scenario attuale	Euro 0	Euro1	Euro2	Euro3	Euro4	Euro5	Euro6
Fasce normative scenario 2015	Euro1	Euro2	Euro3	Euro4	Euro5	Euro6	Euro6

L'insieme delle considerazioni sopraesposte ha consentito di calcolare un fattore di emissione medio ponderato per ciascuna categoria di "veicoli equivalenti" e per i due scenari considerati (attuale e futuro).

Il riepilogo dei fattori di emissioni ponderati è riportato nella tabella seguente.

**Tabella 13**

	Scenario Attuale	
	Autovetture (g/km)	Veicoli pesanti (g/km)
<b>CO</b>	<b>1,30</b>	<b>4,05</b>
<b>NOx</b>	<b>0,27</b>	<b>2,25</b>
<b>Particolato</b>	<b>0,06</b>	<b>0,20</b>
	Scenario Futuro	
	Autovetture (g/km)	Veicoli pesanti (g/km)
<b>CO</b>	<b>0,97</b>	<b>3,28</b>
<b>NOx</b>	<b>0,14</b>	<b>1,25</b>
<b>Particolato</b>	<b>0,03</b>	<b>0,11</b>

I dati riportati in Tabella 13 sono quelli assunti alla base della modellazione e verranno utilizzati per calcolare il fattore di emissione specifico di ciascun link considerato sulla base del rapporto autovetture/veicoli pesanti misurato nei vari tratti di strada.

## IL MODELLO MATEMATICO

Per la valutazione delle immissioni causate dal traffico è stato utilizzato il modello CALINE 4, che è la versione più recente dei modelli diffusionali per il traffico sviluppati dal Dipartimento dei Trasporti dello Stato della California. Tale modello è stato reso disponibile dall'Environmental Protection Agency (EPA) che lo propone come il più semplice ed affidabile modello per questo tipo di previsioni.

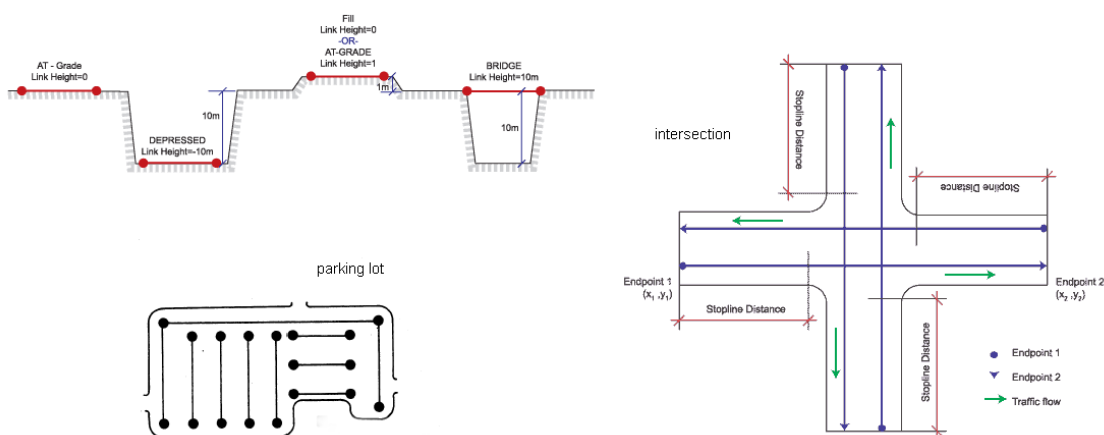
Il modello è basato su un'equazione di dispersione di tipo gaussiano che tiene conto delle caratteristiche meteorologiche dell'area oggetto di studio.

I criteri utilizzati per lo sviluppo del modello sono i seguenti:

- Il sistema viario viene diviso in una serie di segmenti (*links*) a ciascuno dei quali viene attribuito il carico inquinante emesso dalla somma degli autoveicoli che su di esso si muovono nell'unità di tempo. Ciascuno di questi elementi collabora alla formazione del carico inquinante totale nel punto di analisi.
- Links e ricettori sono individuati da un sistema di assi cartesiani con l'asse delle ordinate orientate verso N.
- Ciascun *link* può essere identificato, a seconda delle sue caratteristiche "tridimensionali", nelle seguenti tipologie (riportate schematicamente in Figura 9):
  1. *At-Grade*: quando la strada si trova al livello del piano campagna circostante (altezza=0 m)
  2. *Depressed*: quando la strada si trova "sottoelevata" rispetto al piano campagna circostante (altezza < 0 m)
  3. *Fill*: quando la strada si trova su un "rilevato" rispetto al piano campagna circostante (altezza > 0 m)
  4. *Bridge*: in presenza di un ponte (altezza > 0 m). In questo caso il modello assume che il vento possa diffondere non solo sopra al link ma anche al di sotto.
- Il modello permette inoltre di modellare alcune situazioni particolari (generalmente in un contesto urbano):
  5. *Parking Lot*: in presenza di un piazzale adibito a parcheggio. In questo caso è opportuno tenere conto, nel calcolo del fattore di emissione ponderato, del contributo delle emissioni "a motore freddo".

6. *Intersection*: in presenza di un incrocio controllato da semafori. In questo caso è necessario tenere conto delle accelerazioni e decelerazioni degli autoveicoli dovute alla presenza del semaforo.

**Figura 9: Schema delle tipologie di link definibili dal modello**



Ciascun tipo di link ha la possibilità di essere modellato considerando un "effetto canyon" dovuto ad esempio alla presenza di edifici su entrambe le parti della strada (link inserito in un ambito urbano). Tale effetto considera che il vento possa incanalarsi in direzione parallela alla strada e tiene inoltre conto dell'alterazione della curva di dispersione verticale causata dal flusso di calore generato dai veicoli presenti nel "canyon".

Il risultato della modellazione fornisce la concentrazione degli inquinanti in prossimità di ogni ricettore, permettendo un confronto con i valori indicati dalla normativa vigente.

### **Caratteristiche del percorso e traffico assunto**

Il percorso oggetto di studio è estremamente semplice in quanto si sviluppa per un tratto molto breve, su un'area pianeggiante, pur essendo caratterizzato da un probabile "effetto canyon".

Essendo un tratto urbano, la velocità media dei veicoli è sicuramente inferiore o uguale a 50 km/h (solitamente si assume 25 km/h ma nel caso in esame la strada interessata

non è caratterizzata da elementi di interruzione particolari es. semafori, stop, ecc.) e quindi certamente inferiore ai 60 km/h utilizzati per la stima dei fattori di emissione assunti come limiti normativi.

I flussi di traffico, suddivisi in automobili e veicoli pesanti, che transitano nell'area oggetto di studio sono stati forniti dalla committenza insieme alla stima sull'incremento di traffico previsto per lo scenario futuro.

I dati relativi allo scenario attuale, rilevati in Via Moneta nelle due ore di punta del mattino e nelle due della sera, nel mese di maggio 2012, sono riportati nella tabella seguente.

**Tabella 14: Dati traffico**

<b>ORA</b>	<b>TRAFFICO BIDIREZIONALE COMPLESSIVO</b>
07.00-08.00	560
08.00-09.00	617
17.00-18.00	506
18.00-19.00	510
<b>MEDIA ORARIA ORA DI PUNTA</b>	<b>548</b>

Per lo scenario futuro è stato stimato un incremento di 96 veicoli leggeri come valore massimo nell'ora di punta.

La tipologia dei veicoli transitanti è differenziata a seconda dello scenario:

- Scenario attuale: 91,7% veicoli leggeri e 8,3% veicoli pesanti
- Scenario futuro: 92,8% veicoli leggeri e 7,2% veicoli pesanti

Dai dati emerge che la strada oggetto di studio non presenta un traffico particolarmente significativo, soprattutto se confrontato con altre zone di Milano.

Nella modellazione per lo scenario attuale sono stati utilizzati cautelativamente i dati relativi alla punta mattutina, dalle 8:00 alle 9:00 (617 veicoli/ora), ossia quelli più critici disponibili.

Per lo scenario futuro si è sommato a tale valore (617 veicoli/ora) l'incremento massimo stimato per l'ora di punta (96 veicoli/ora), portando il flusso dei veicoli a 713 veicoli/ora.

Tali flussi sono stati attribuiti ai 4 link bidirezionali costruiti sulla strada oggetto di

studio come indicato nella figura seguente:

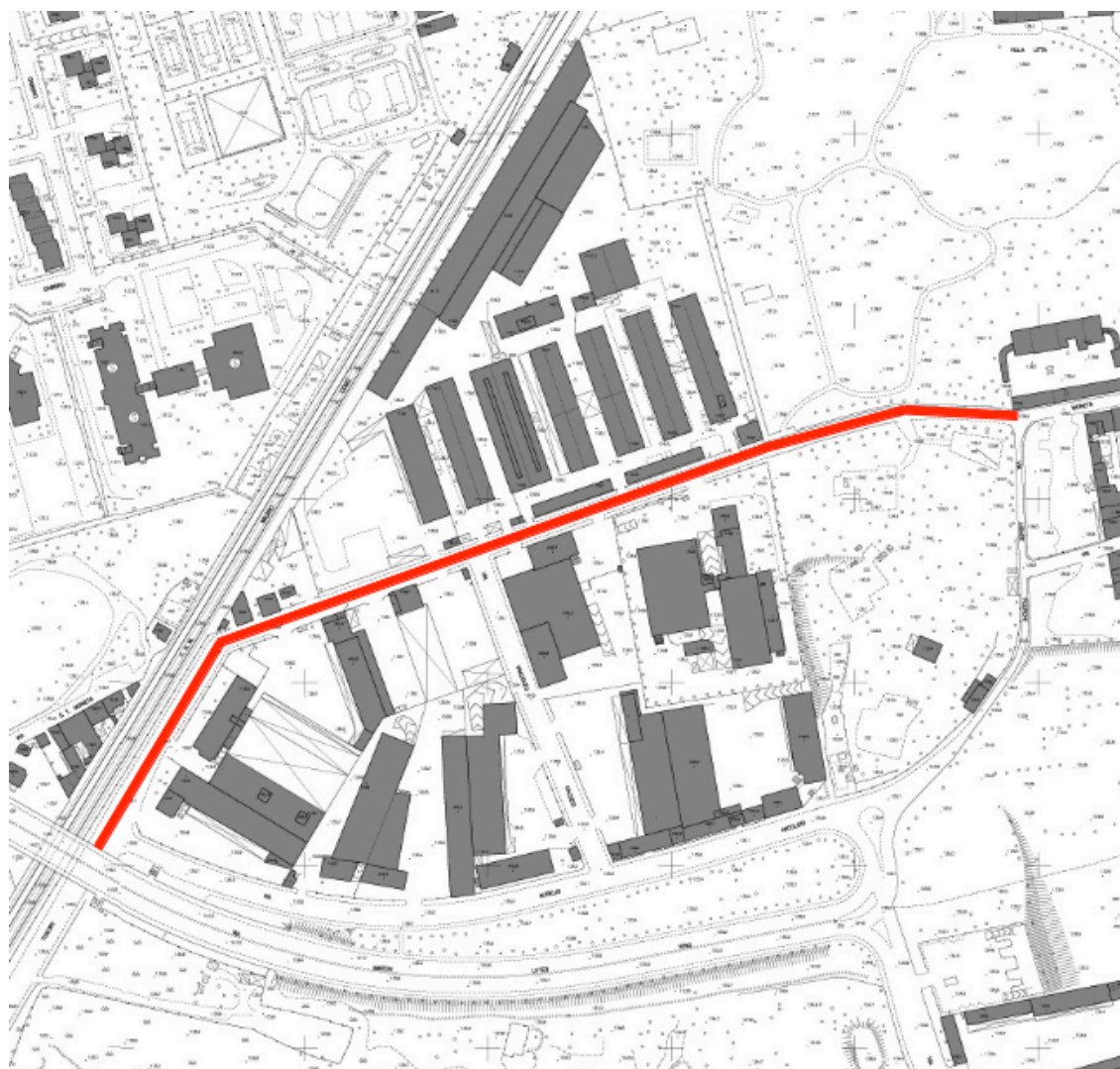


Figura 10: Planimetria con i link modellati

### **Nodi di calcolo e curve di isoconcentrazione**

I risultati della modellazione sono espressi come concentrazione del contaminante *i-esimo* (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) calcolata nello specifico punto di riferimento.

I punti di riferimento sono essenzialmente *nodi di calcolo* che sono stati ubicati in maniera discreta e regolare a partire dall'asse stradale considerata (linee parallele alla strada distanti tra loro 5 m con nodi equidistanti 5 m tra di loro).

Tale maglia è stata costruita volutamente così fitta (16.460 nodi) in modo da ottenere un numero di dati adeguato all'elaborazione di mappe tematiche con "curve di isoconcentrazione" per ciascun contaminante considerato.

La stima delle concentrazioni al ricettore è stata effettuata all'altezza di riferimento (1,8 m da piano suolo, valore standard utilizzato in questo tipo di modellazione).

## **RISULTATI DELLA MODELLAZIONE**

La modellazione matematica ha permesso di confrontare l'impatto connesso al traffico attuale con quello che sarà generato a seguito della realizzazione degli previsti dal progetto.

Prima di analizzare i risultati è importante tenere presente alcuni aspetti permettono di comprendere la conservatività dei risultati ottenuti.

Innanzitutto si ricorda che la normativa in materia di qualità dell'aria stabilisce limiti per l'NO<sub>2</sub>, (200 µg/m<sup>3</sup> al 2010) mentre per quanto riguarda le emissioni da autoveicoli le normative in vigore per i gas di scarico fissano limiti relativamente al parametro NO<sub>x</sub>. La concentrazione di NO<sub>2</sub> nel totale degli NO<sub>x</sub> è compresa tra il 10 ed il 20% per cui deve essere ben chiaro che la concentrazione di NO<sub>2</sub> non supera il 20% della concentrazione degli NO<sub>x</sub>.

Questo significa che se l'*input* del modello (emissioni espresse in g/km) è riferito agli **NO<sub>x</sub>**, l'*output* (concentrazioni ai recettori), anch'esso riferito all'**NO<sub>x</sub>**, stima una concentrazione almeno 5 volte superiore rispetto a quella dell'**NO<sub>2</sub>** a cui si deve far riferimento quando si effettua un confronto con la normativa.

Nel caso in esame, sempre nell'ottica di mantenere una posizione cautelativa, sono stati utilizzati come *input* i valori riferiti agli NO<sub>x</sub> anziché all'NO<sub>2</sub> (~10-20% dei totali) effettuando di fatto una notevole sovrastima delle concentrazioni ai recettori.

Lo stesso discorso vale per le concentrazioni di particolato. Anche in questo caso l'*input* e l'*output* del modello si riferiscono al particolato totale (**PTS**) mentre la normativa stabilisce limiti solo per la frazione passante al vaglio 10 µm (indicata con **PM<sub>10</sub>**). Il modello effettua quindi una sovrastima (si segnala, a tal



proposito, che negli Stati Uniti viene generalmente stimata a 55% la percentuale di PM<sub>10</sub> nel particolato totale).

Nonostante le premesse di cui sopra, i risultati della modellazione per tutti i parametri analizzati, rappresentati mediante le cartografie tematiche (mappe di isoconcentrazione) riportate in Allegato 1, hanno evidenziato che i valori di concentrazione ai ricettori nello scenario dell'ora di punta serale che considera anche l'incremento di traffico al 2015, conseguente alla piena realizzazione delle volumetrie previste nel P.I.I. " Moneta", sono sempre (sia per lo scenario attuale che per quello futuro) al di sotto dei limiti indicati dalla normativa.

La modellazione ha evidenziato inoltre che, per gli scenari futuri, le concentrazioni ai ricettori sono sensibilmente inferiori rispetto a quelle attuali.

Ciò è dovuto al fatto che, sebbene il traffico previsto ad opera realizzata sia maggiore rispetto a quello attuale, il parco automobilistico circolante in futuro sarà composto da un maggior numero di veicoli aventi fattori di emissione inferiori. Pertanto l'effetto negativo determinato dall'incremento del traffico sarà più che compensato dall'effetto positivo dovuto al decremento delle emissioni dei veicoli circolanti.

Il risultato ottenuto è comprensibile se si considera che:

- la maggior parte dei veicoli circolanti in futuro sarà dotata di dispositivi antinquinamento molto più efficaci;
- la qualità delle emissioni a cui si dovrà adeguare il parco macchine di nuova costruzione al fine di soddisfare le imposizioni delle più recenti direttive europee, sarà notevolmente migliore rispetto all'attuale;

## **CONSIDERAZIONI**

I risultati della modellazione hanno evidenziato un impatto trascurabile pur assumendo per tutti i parametri descrittivi i valori maggiormente cautelativi.

Si ricorda infatti che, per ciascun nodo di calcolo, è stato simulato uno scenario basato sul caso peggiore (*worst case scenario*) ossia la concentrazione massima ottenibile nelle condizioni di vento più sfavorevole.

Sono stati inoltre utilizzati i valori di  $\text{NO}_x$ , anziché quelli di  $\text{NO}_2$  (~ 20% del totale), ed i valori di Polveri Totali Sospese (PTS) anziché quelli relativi alla sola frazione  $\text{PM}_{10}$  (~ 55% del totale). I risultati dei calcoli, pur essendo riferiti a valori di input superiori, sono stati comunque confrontati con i limiti normativi (riferiti agli  $\text{NO}_2$  ed al  $\text{PM}_{10}$ ).

Visti i risultati della modellazione si può quindi concludere che la realizzazione degli interventi previsti dal progetto presenta di per sé un impatto in atmosfera trascurabile e si andrà ad inserire in uno scenario che, dal punto di vista della qualità dell'aria, sarà intrinsecamente migliore rispetto a quello attuale.

## **Impatto da caldaie per il riscaldamento domestico**

La zona interessata dal nuovo insediamento prevede la realizzazione di 3 edifici (1 edificio posto in fregio a via Moneta e due torri disposte all'interno del lotto).

Il sistema di riscaldamento utilizzato non è ancora stato definito con precisione (il Comune di Milano ha allo studio un progetto di teleriscaldamento per l'intera zona).

In mancanza di dati definitivi è stato recepito l'indirizzo di asservire alla zona in progetto una caldaia centralizzata a metano a condensazione con contatori di calorie individuali.

La stima degli impatti ha pertanto considerato la presenza, nell'area, di una caldaia a metano di potenza compatibile ad una Classe Energetica B.

I parametri assunti alla base della modellazione sono riportati nei paragrafi che seguono.

### **ASSUNZIONI RELATIVE ALLA CALDAIA**

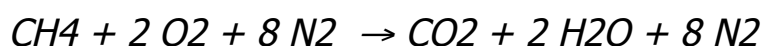
la modellazione ha assunto la presenza di un'unica caldaia a metano (a condensazione) che dovrà rispettare la Classe Energetica B (< 50 kWh/m<sup>2</sup>\*anno).

Considerando che la S.l.p. progettuale ammonta a 24.229 m<sup>2</sup>, la quantità di energia impiegata in un anno non dovrà superare 1.211.450 kWh/anno

Il metano ha un potere calorifico di 9,8 kWh/m<sup>3</sup> e quindi sarà necessaria una quantità di gas pari a 123.617 m<sup>3</sup>/anno.

Assumendo cautelativamente che le caldaie siano utilizzate 6 mesi all'anno e 10 ore/giorno, nel momento in cui la caldaia è in funzione necessita di una portata oraria media di metano pari a circa 68 m<sup>3</sup>/h.

Considerando che la reazione stechiometrica di combustione del metano (considerando l'aria come comburente) è la seguente:



si ottiene che per ogni volume di metano combusto sono emessi 11 volumi di gas di scarico in atmosfera.

Tuttavia, tenendo conto che la combustione avviene sempre in eccesso di aria, si

è assunto cautelativamente un rapporto tra i fumi in uscita ed il metano bruciato pari a circa 15:1.

Pertanto si è assunta una portata dei fumi in uscita dalla caldaia pari a:  $\sim 1.000 \text{ m}^3/\text{h}$  ed una composizione degli stessi in linea con quanto suggerito dall' ARPA di Piacenza per impianti di combustione del gas metano:

- $0,89 \text{ g/m}^3$  per il CO,
- $1,79 \text{ g/m}^3$  per gli NOx,
- $0,05 \text{ g/m}^3$  per il PTS.

### **DESCRIZIONE DEL MODELLO UTILIZZATO**

La valutazione dell'impatto della centrale termica sul territorio circostante è stata effettuata utilizzando il modello matematico AERMOD (incluso nel software ISC-AERMOD View ver. 5.3) che attualmente è considerato dall'U.S. E.P.A. il modello più affidabile per la modellazione delle emissioni prodotte da sorgenti puntiformi fisse, sorgenti lineari, di area o di volume.

Inoltre, tramite l'utilizzo dei preprocessori (AERMET e AERMAP, anch'essi inclusi nel software utilizzato), il modello AERMOD fornisce risultati particolarmente affidabili che tengono conto della variabilità delle condizioni meteorologiche e degli specifici caratteri morfologici del sito oggetto di studio.

### **PARAMETRI DI INPUT DEL MODELLO**

#### **Dati relativi alla morfologia del territorio**

Pur essendo il sito ubicato una zona pianeggiante sono stati caricate nel modello le informazioni relative all'altezza ed alla morfologia della zona (cartografia DEM in formato GTOPO30).

#### **Dati meteorologici**

I dati meteorologici sono stati dapprima elaborati con il pre-processore AERMET il quale restituisce i dati in un file avente un formato leggibile da AERMOD.

I dati utilizzati per la modellazione, forniti in formato digitale dall'ARPA

Lombardia, sono stati raccolti nelle stazioni meteo di Viale Marche (temperatura, umidità relativa, velocità del vento e direzione del vento) e di Viale Juvara (pressione atmosferica, precipitazione, radiazione globale).

Per verificare la rappresentatività dei dati raccolti (l'orizzonte temporale fornito da ARPA è al massimo 1 anno), i parametri utilizzati sono stati confrontati con i dati riportati nel documento APAT: "*Indicatori del CLIMA in Italia elaborati attraverso il sistema SCIA*", aggiornati al maggio 2005, raccolti nella stazione meteorologica di Milano Linate nel corso di 30 anni. Dal confronto è emersa una discreta coerenza tra le due fonti di dati.

La temperatura è stata assunta uguale a quella utilizzata per la modellazione dell'impatto da traffico veicolare, pari a 14,8 °C.

L'umidità relativa media della zona risulta pari al 66%.

La direzione del vento è stata assunta lungo le direttrici predominanti rilevate nella zona, ossia 45° (provenienza da NE) e 225° (provenienza da SO).

La velocità del vento è stata assunta con lo stesso criterio conservativo utilizzato per la modellazione da traffico veicolare, pari a 0,5 m/s per simulare giornate di calma (es. quando c'è nebbia).

I valori relativi alle precipitazioni e alla pressione atmosferica sono le medie dei dati raccolti su base oraria dalla stazione meteo di Viale Juvara.

Il valore della radiazione solare, ottenuto come media dei dati raccolti dalla stazione meteo di Viale Juvara, mostra un'elevata coerenza con i dati forniti dall'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) per il territorio della Provincia di Milano.

I dati meteo climatici utilizzati nella modellazione sono riassunti nella tabella sottostante, ove è riportata anche la fonte dalla quale i dati sono stati prelevati.

**Tabella 15**

Parametro	Valore	u.m.	Fonte
Nuvolosità	5,1	decimi	APAT: "Indicatori del CLIMA in Italia elaborati attraverso il sistema SCIA" - Stazione di Milano-Linate
Tempertaura media	14,8	°C	Stazione metereologica di Viale Marche – valore medio
Umidità relativa	66	%	Stazione metereologica di Viale Marche – valore medio
Pressione atmosferica	1005	mbar	Stazione metereologica di Viale Juvara – valore medio
Direzione del vento	45 / 225	deg	Stazione metereologica di Viale Marche - Direzioni predominanti NE / SO
Velocità del vento	0,5	m/s	Assunto cautelativamente inferiore ai valori medi disponibili per l'area in esame
Altezza zona di miscelazione	200	m	Valore normalmente utilizzato come default in questo tipo di modellazione
Precipitazione media oraria	40	mm	Stazione metereologica di Viale Juvara – valore orario massimo riscontrato
Radiazione solare globale media	150	Wh/m2	Stazione metereologica di Viale Juvara – valore medio

### Dati relativi alla sorgente

Nel caso preso in esame la sorgente di contaminazione è individuata dall'ipotetico camino, denominato CT01, della centrale termica a servizio del nuovo insediamento.

Nella tabella sottostante sono riportati i dati utilizzati nel modello.

**Tabella 16**

Punti emissione	Camino 1 (CT01)
Altezza camino [m]	15
Flusso di massa CO [g/s]	0,25
Flusso di massa NOx [g/s]	0,5
Flusso di massa PTS [g/s]	0,01
Temperatura di uscita dei fumi [°K]	450
Diametro camino [m]	0,16
Velocità di uscita dei fumi [m/s]	14
Portata fumi [m3/s]	0,28

Le caratteristiche del camino sono state assunte in modo da garantire una velocità dei fumi in uscita superiore a 10 m/s, valore tipicamente utilizzato nella

progettazione di questo tipo di impianti.

### **Ricettori (nodi di calcolo)**

Il software di modellazione è stato impostato per fornire una mappa di isoconcentrazione su un'area di ca. 3,14 km<sup>2</sup>.

I nodi di calcolo assunti sono stati distribuiti in maniera polare (superficie circolare) su 72 radiali distanziati tra loro di 5 gradi e su 100 cerchi concentrici distanti tra di loro 10 m, per un totale di n. 7.200 nodi di calcolo.

### **RISULTATI DELLA MODELLAZIONE**

La modellazione ha messo in evidenza che l'impatto generato dalla caldaia a metano è trascurabile.

In particolare dalle mappe di isoconcentrazione, riportate in Allegato 2, è possibile osservare come il massimo valore orario di concentrazione stimato nella zona (nel punto di massima ricaduta) sia, per tutti i parametri considerati, largamente al di sotto dei limiti normativi.

In Allegato 2 sono riportate le mappe di isoconcentrazione per entrambe le direzioni del vento considerate (NO e SE).

### **CONSIDERAZIONI**

La stima degli impatti generati dalla presenza della caldaia a metano a servizio del nuovo insediamento ha evidenziato che i valori di ricaduta al suolo dei contaminanti considerati sono del tutto trascurabili.

Le concentrazioni rilevate nei punti di massima ricaduta sono di almeno 1-2 ordini di grandezza inferiori rispetto ai limiti indicati dalla normativa.



## Conclusioni

Lo studio eseguito ha dimostrato che il nuovo insediamento previsto per l'area prospiciente Via Teodoro Moneta non genera impatti significativi in atmosfera né da parte del traffico veicolare previsto nella zona, né da parte della caldaia a metano a servizio del nuovo insediamento e nemmeno dalla somma delle due componenti distintamente esaminate.

La modellazione ha infatti messo in evidenza che, sebbene siano stati assunti parametri cautelativi rispetto alla situazione reale (es. direzione del vento peggiore e velocità del vento inferiore alla media), le concentrazioni rilevate nei punti di massima ricaduta sono notevolmente inferiori ai limiti normativi.

Prof. Dott. ing. Ezio Rendina

Dott. Alessandro Girelli



*Alessandro Girelli*

# Allegato 1

Impatto in atmosfera da traffico veicolare  
Cartografie tematiche (curve di isoconcentrazione)





Scenario: **Attuale**  
 Contaminante: **CO**  
 Limite di riferimento: **10.000 ug/m3**

**PII - Via Teodoro Moneta - Milano**  
**Valutazione impatto in atmosfera da traffico veicolare**

**A**ndustria Ambiente s.r.l.  
 Via De Amicis 6/10, 16122, Genova, Italy  
 Phone: +39 010 5956633, Fax: +39 010 5538035  
 web page: [www.industriaambiente.it](http://www.industriaambiente.it)  
 email: [ia@industriaambiente.it](mailto:ia@industriaambiente.it)



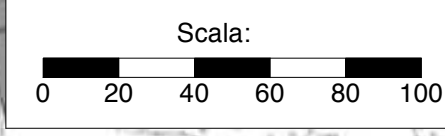
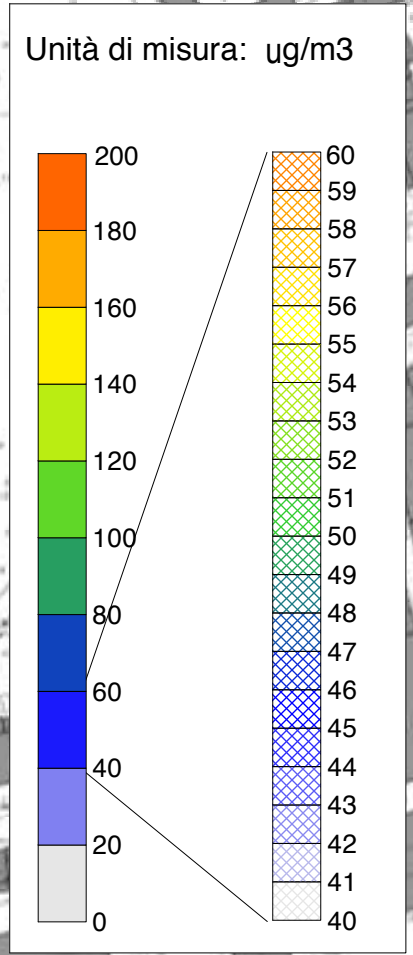
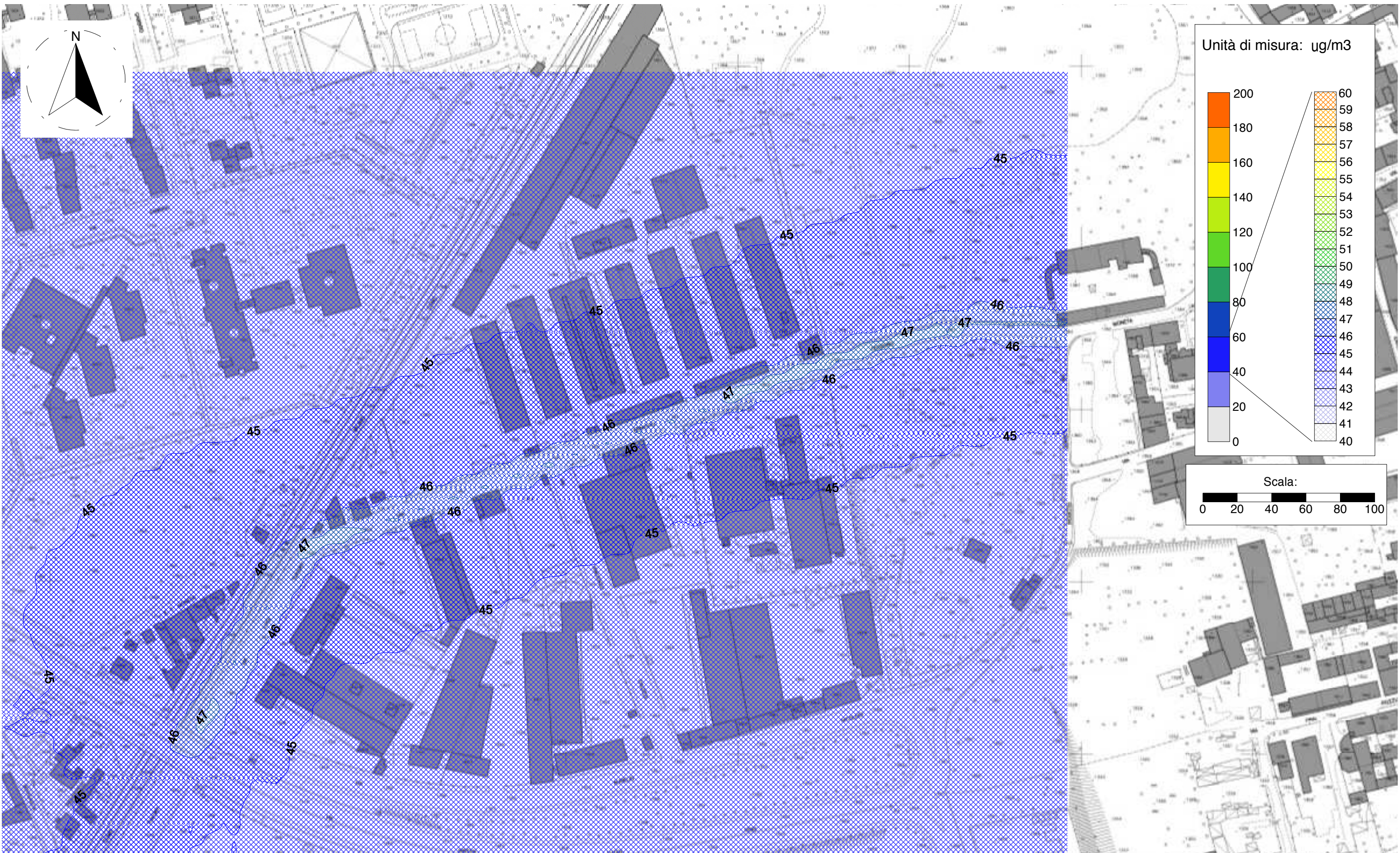
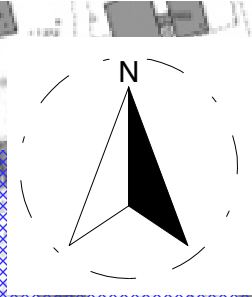


Scenario: **Futuro**  
 Contaminante: **CO**  
 Limite di riferimento: **10.000 ug/m3**

**PII - Via Teodoro Moneta - Milano**  
**Valutazione impatto in atmosfera da traffico veicolare**

**A**ndustria Ambiente s.r.l.  
 Via De Amicis 6/10, 16122, Genova, Italy  
 Phone: +39 010 5956633, Fax: +39 010 5538035  
 web page: [www.industriaambiente.it](http://www.industriaambiente.it)  
 email: [ia@industriaambiente.it](mailto:ia@industriaambiente.it)



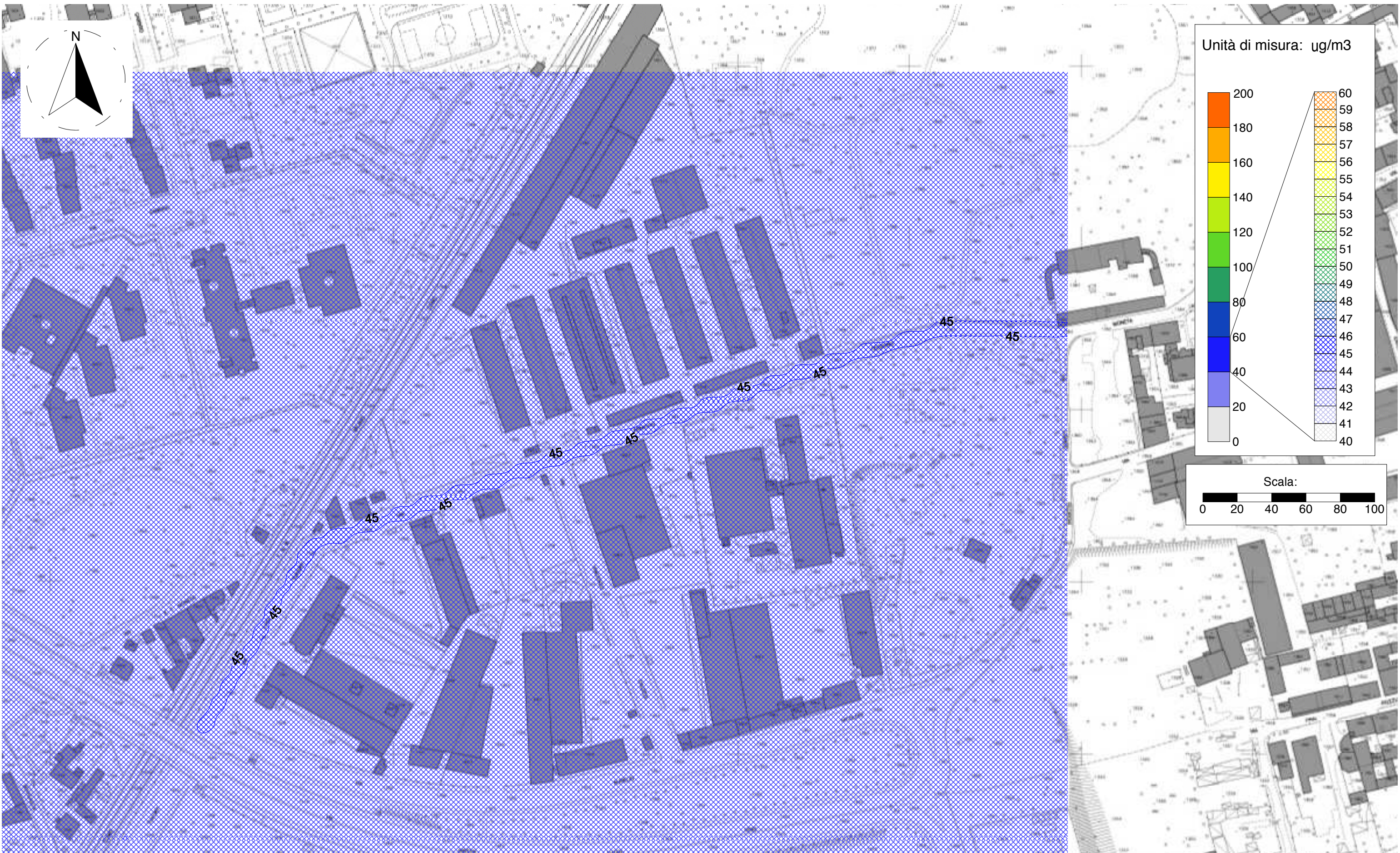
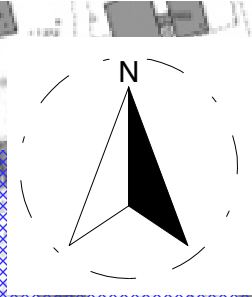


Scenario: **Attuale**  
Contaminante: **NO2**  
Limite di riferimento: **200** ug/m3

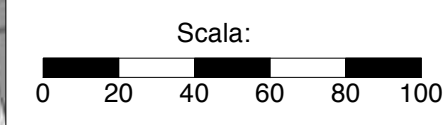
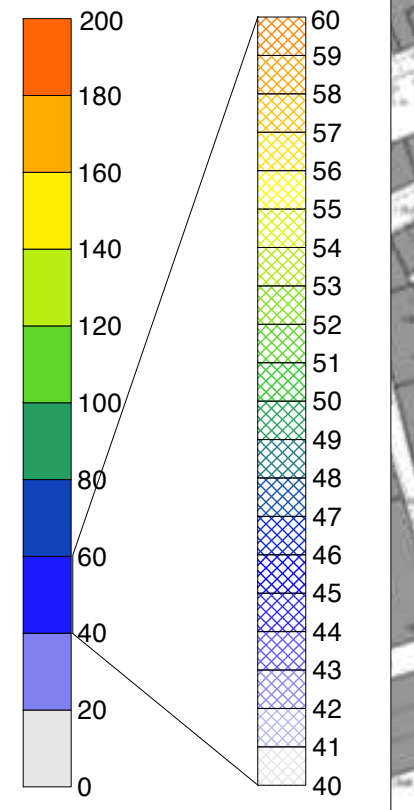
**PII - Via Teodoro Moneta - Milano**  
**Valutazione impatto in atmosfera da traffico veicolare**

**Industria Ambiente s.r.l.**  
Via De Amicis 6/10, 16122, Genova, Italy  
Phone: +39 010 5956633, Fax: +39 010 5538035  
web page: [www.industriaambiente.it](http://www.industriaambiente.it)  
email: [ia@industriaambiente.it](mailto:ia@industriaambiente.it)





Unità di misura: ug/m3

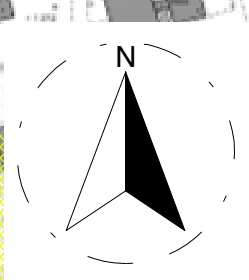


Scenario: **Futuro**  
Contaminante: **NO2**  
Limite di riferimento: **200** ug/m3

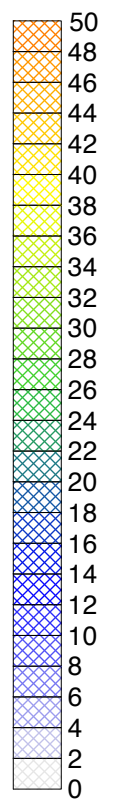
**PII - Via Teodoro Moneta - Milano**  
**Valutazione impatto in atmosfera da traffico veicolare**

**Industria Ambiente s.r.l.**  
Via De Amicis 6/10, 16122, Genova, Italy  
Phone: +39 010 5956633, Fax: +39 010 5538035  
web page: [www.industriaambiente.it](http://www.industriaambiente.it)  
email: [ia@industriaambiente.it](mailto:ia@industriaambiente.it)

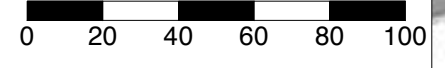




Unità di misura: ug/m3



Scala:

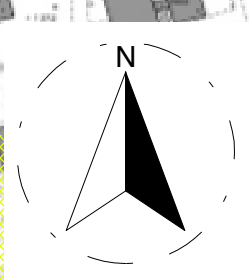


Scenario: **Attuale**  
Contaminante: **PTS**  
Limite di riferimento: **50** ug/m3

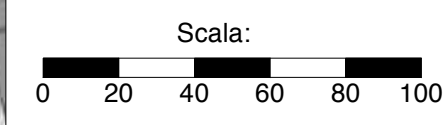
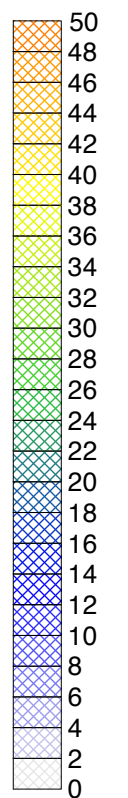
**Pil - Via Teodoro Moneta - Milano**  
**Valutazione impatto in atmosfera da traffico veicolare**

**Industria Ambiente s.r.l.**  
Via De Amicis 6/10, 16122, Genova, Italy  
Phone: +39 010 5956633, Fax: +39 010 5538035  
web page: [www.industriaambiente.it](http://www.industriaambiente.it)  
email: [ia@industriaambiente.it](mailto:ia@industriaambiente.it)





Unità di misura: ug/m3



Scenario: **Futuro**  
Contaminante: **PTS**  
Limite di riferimento: **50** ug/m3

**PII - Via Teodoro Moneta - Milano**  
**Valutazione impatto in atmosfera da traffico veicolare**

**Industria Ambiente s.r.l.**  
Via De Amicis 6/10, 16122, Genova, Italy  
Phone: +39 010 5956633, Fax: +39 010 5538035  
web page: [www.industriaambiente.it](http://www.industriaambiente.it)  
email: [ia@industriaambiente.it](mailto:ia@industriaambiente.it)



# Allegato 2

Impatto in atmosfera dalla caldaia a metano  
Cartografie tematiche (curve di isoconcentrazione)

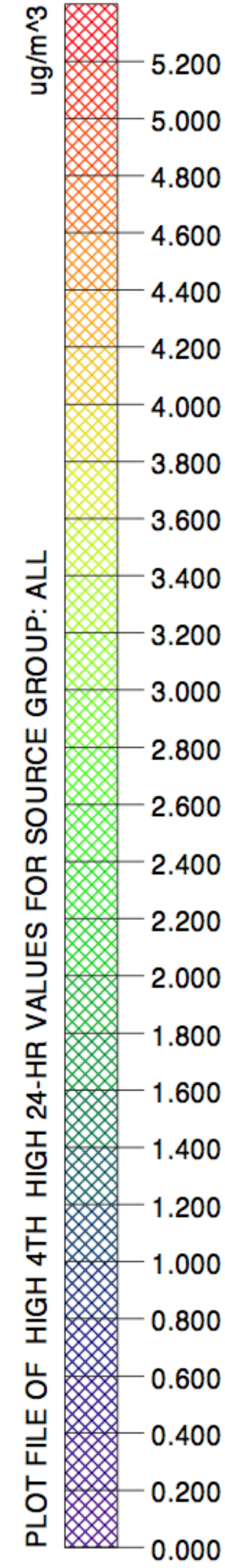
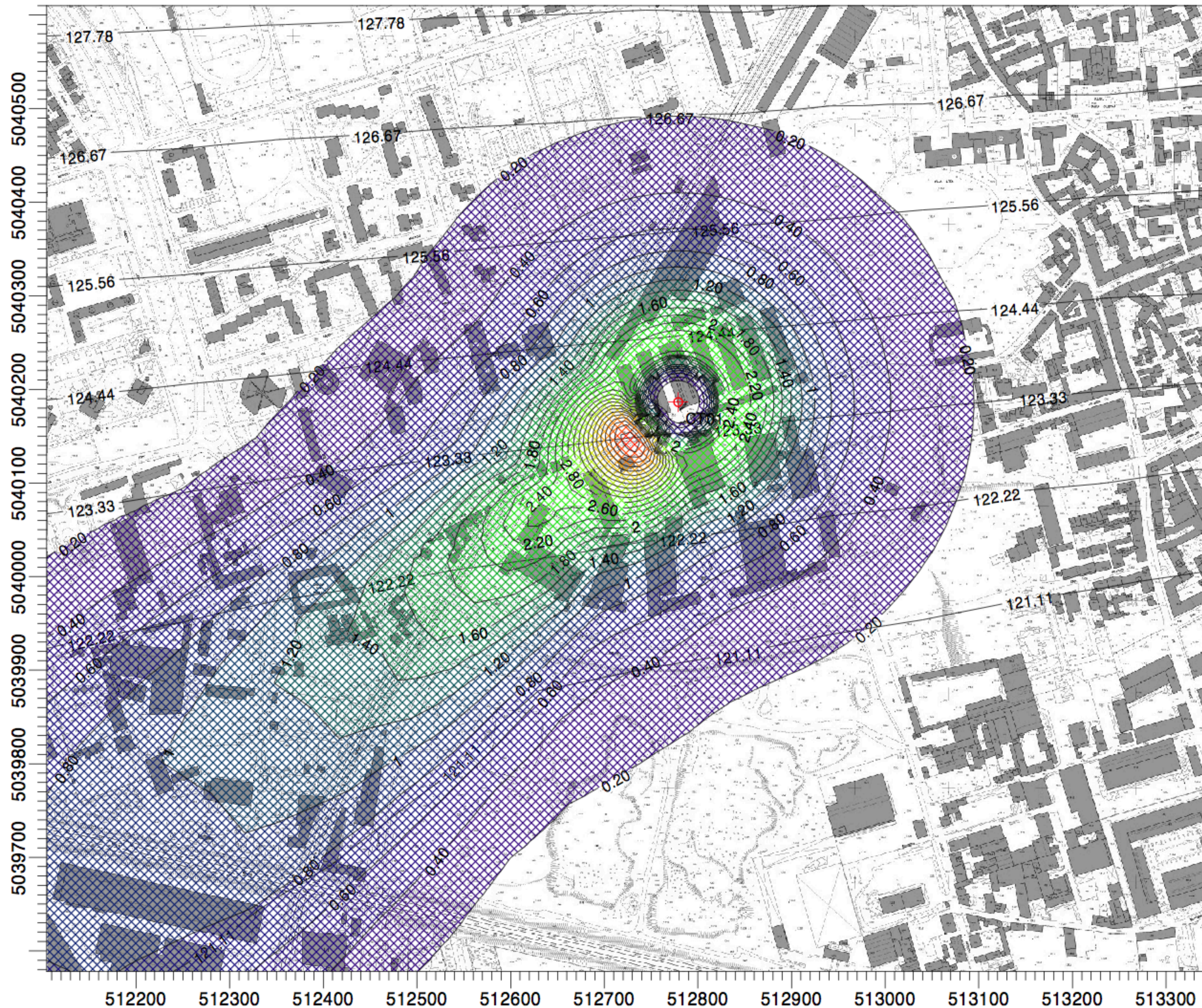


PROJECT TITLE:

# PII Via Teodoro Moneta - Milano Impatto in atmosfera generato dalla caldaia a metano

POLLUTANT:

CO



SOURCES:

**1**

RECEPTORS:

**7200**

OUTPUT TYPE:

**Concentration**

MAX:

**5.09231 ug/m^3**

COMPANY NAME:

**I.A. Industria Ambiente S.r.l.**

MODELER:

**Dott. Alessandro Girelli**

DATE:

**11/13/2010**

SCALE:

1:7,000





PROJECT TITLE:

# Pil Via Teodoro Moneta - Milano Impatto in atmosfera generato dalla caldaia a metano

POLLUTANT:

CO

SOURCES:

**1**

RECEPTORS:

**7200**

OUTPUT TYPE:

**Concentration**

MAX:

**5.12441 ug/m<sup>3</sup>**

COMPANY NAME:

**I.A. Industria Ambiente S.r.l.**

MODELER:

**Dott. Alessandro Girelli**

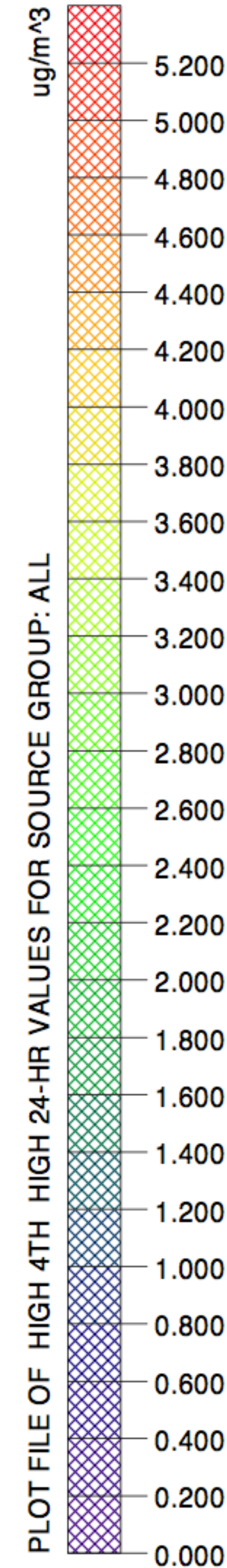
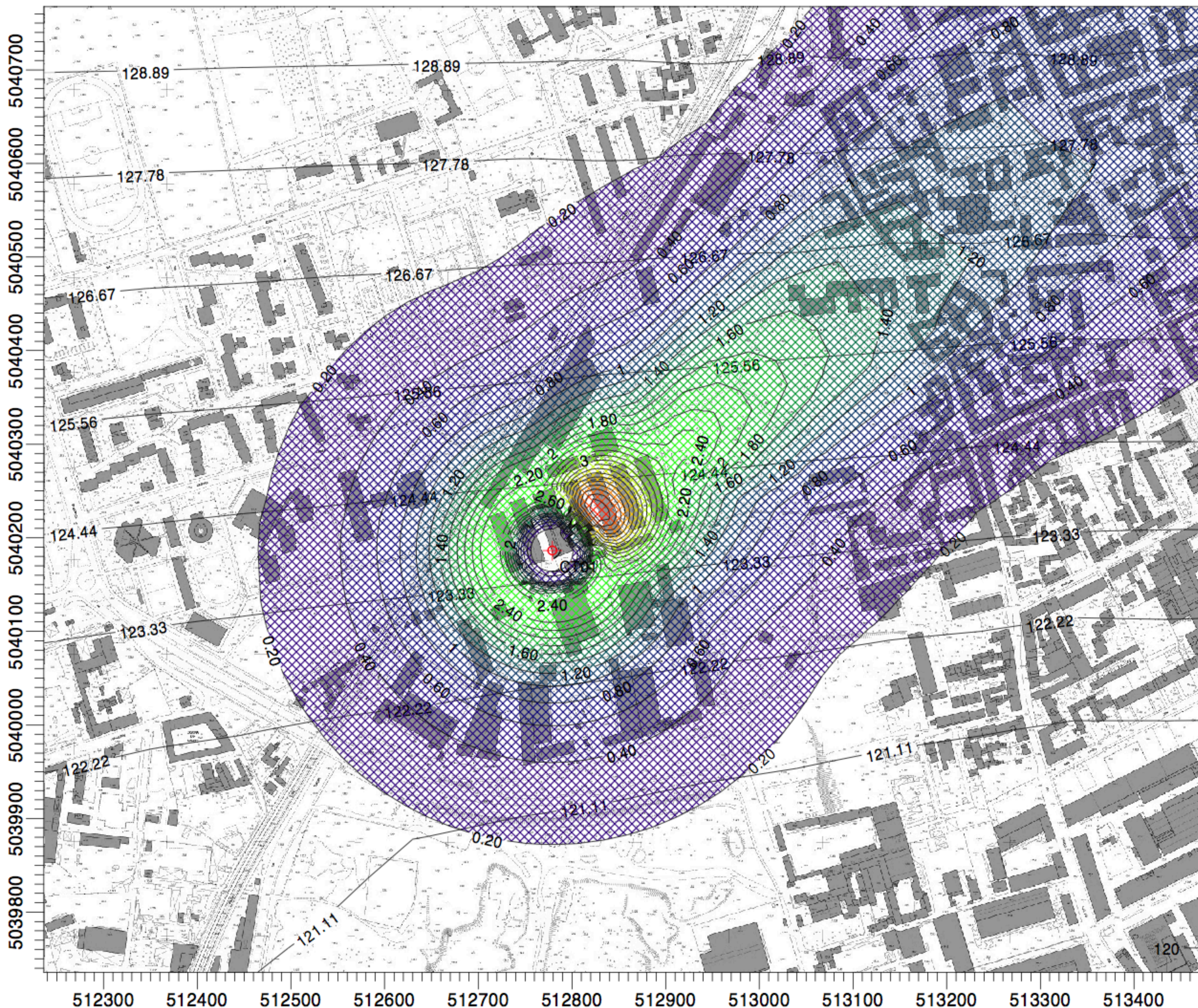
DATE:

**11/13/2010**

SCALE:

1:7,000

0  0.2 km





PROJECT TITLE:

# PII Via Teodoro Moneta - Milano Impatto in atmosfera generato dlla caldaia a metano

POLLUTANT:

NOx

SOURCES:

**1**

RECEPTORS:

**7200**

OUTPUT TYPE:

**Concentration**

MAX:

**10.18461 ug/m<sup>3</sup>**

COMPANY NAME:

**I.A. Industria Ambiente S.r.l.**

MODELER:

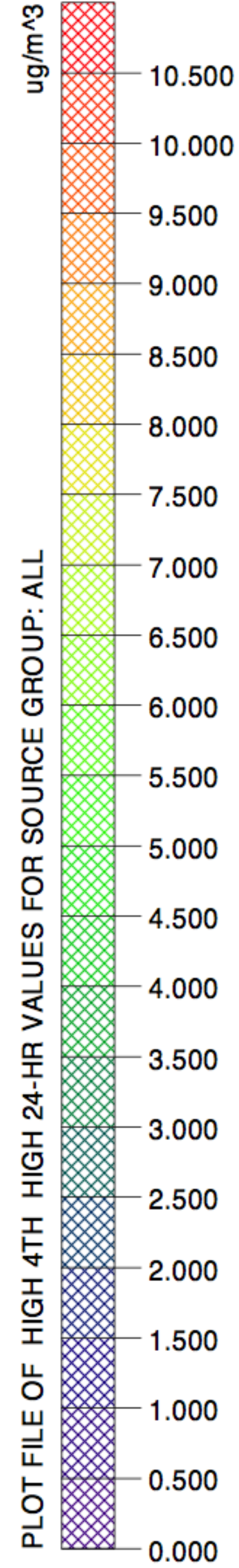
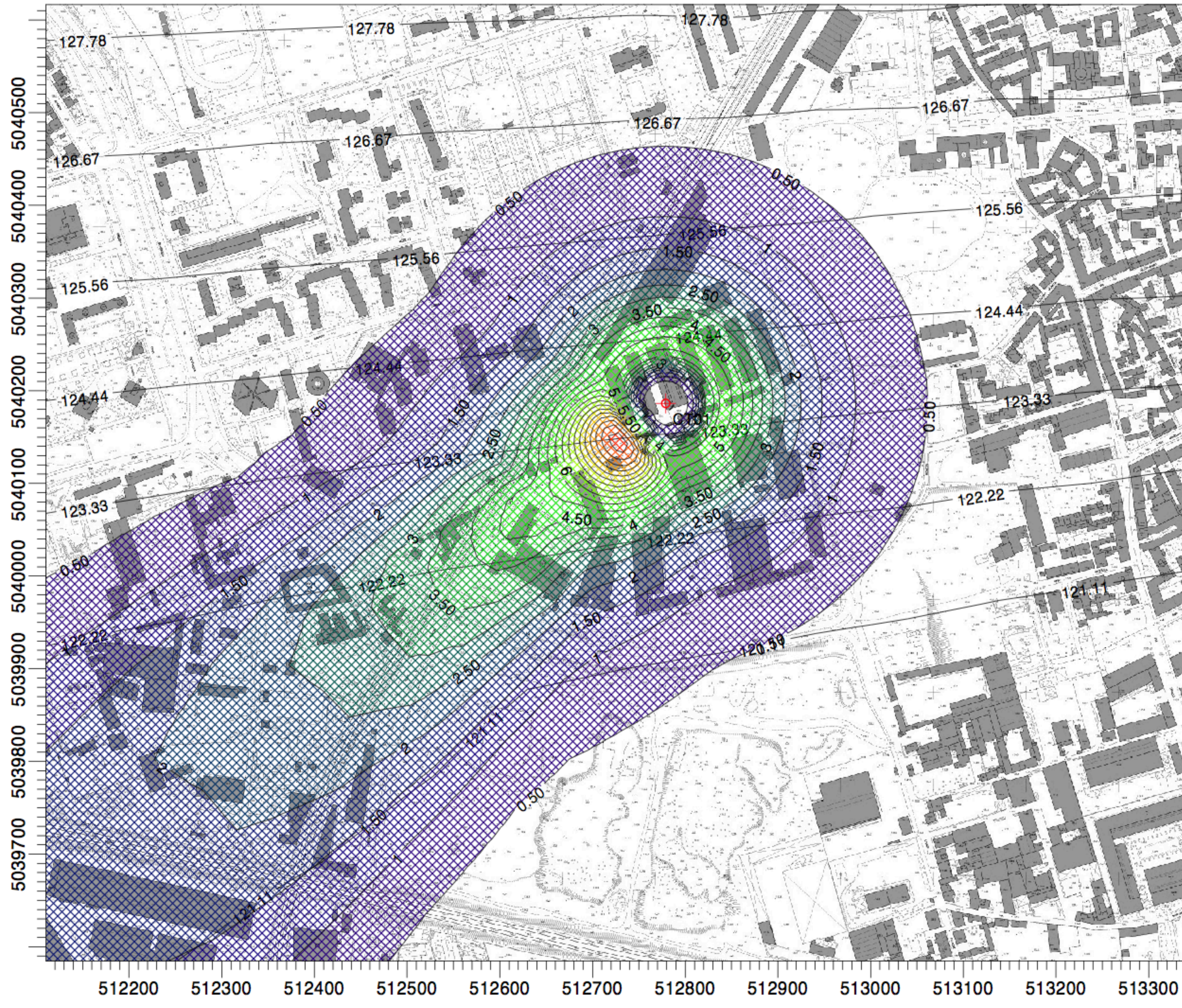
**Dott. Alessandro Girelli**

DATE:

**11/13/2010**

SCALE:

1:7,000





PROJECT TITLE:

# PII Via Teodoro Moneta - Milano Impatto in atmosfera generato dalla caldaia a metano

POLLUTANT:

NOx

SOURCES:

**1**

RECEPTORS:

**7200**

OUTPUT TYPE:

**Concentration**

MAX:

**10.24881 ug/m<sup>3</sup>**

COMPANY NAME:

**I.A. Industria Ambiente S.r.l.**

MODELER:

**Dott. Alessandro Girelli**

DATE:

**11/13/2010**

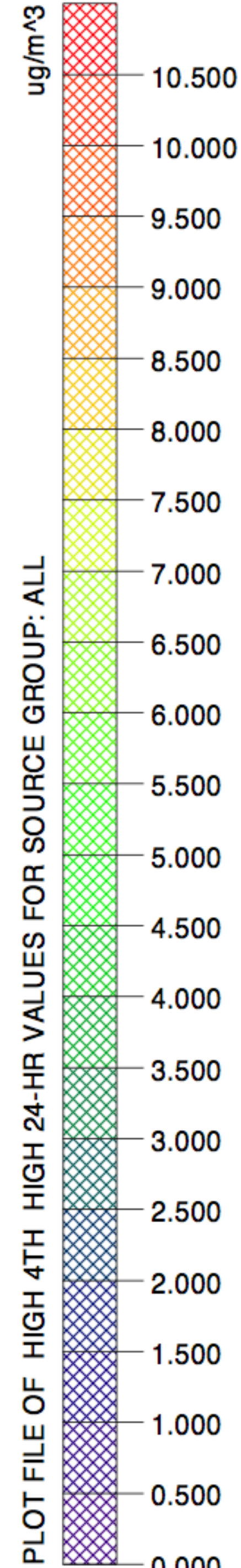
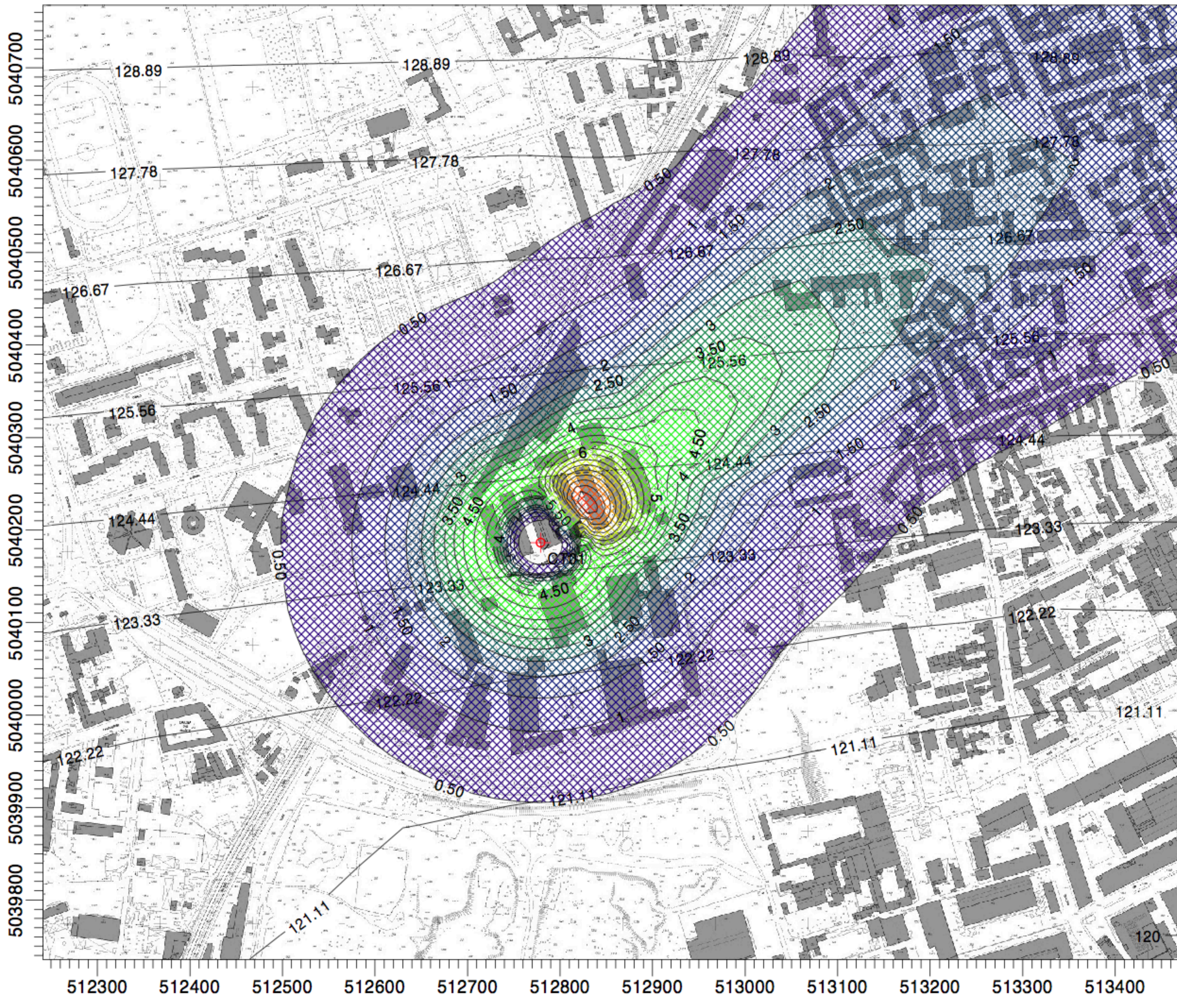
SCALE:

1:7,000

0



0.2 km





PROJECT TITLE:

# PII Via Teodoro Moneta - Milano

## Impatto in atmosfera generato dalla caldaia a metano

POLLUTANT:

PM10

SOURCES:

**1**

RECEPTORS:

**7200**

OUTPUT TYPE:

**Concentration**

MAX:

**0.20369 ug/m<sup>3</sup>**

COMPANY NAME:

**I.A. Industria Ambiente S.r.l.**

MODELER:

**Dott. Alessandro Girelli**

DATE:

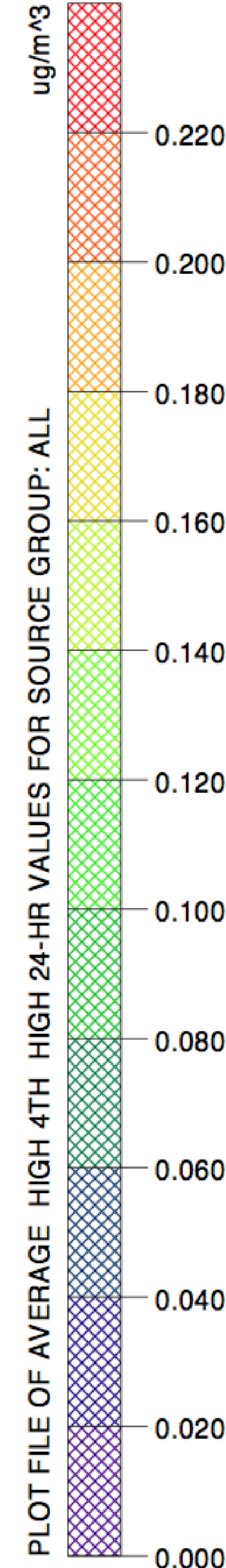
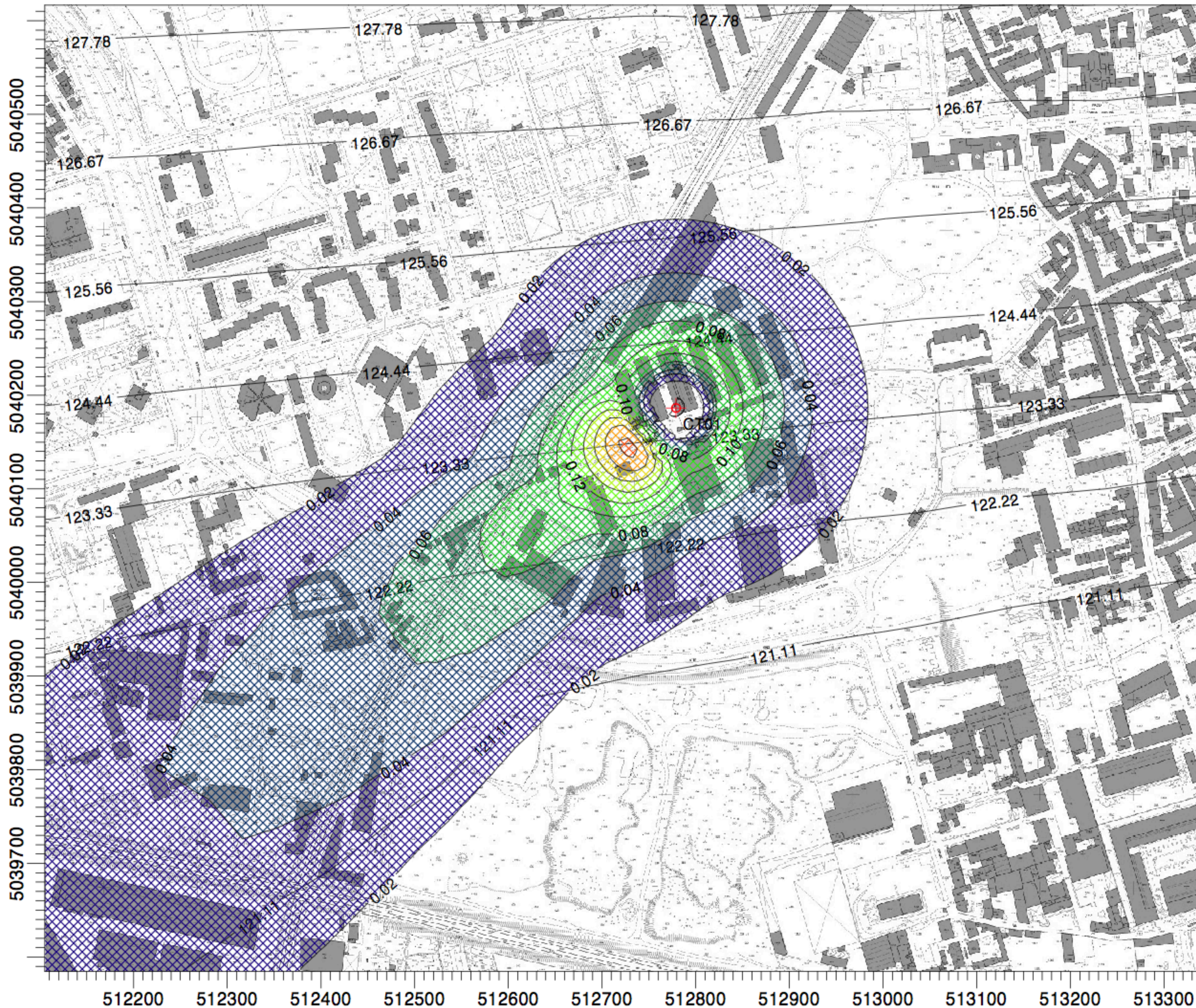
**11/13/2010**

SCALE:

1:7,000

0

0.2 km





PROJECT TITLE:

# PII Via Teodoro Moneta - Milano Impatto in atmosfera generato dalla caldaia a metano

POLLUTANT:

PM10

SOURCES:

**1**

RECEPTORS:

**7200**

OUTPUT TYPE:

**Concentration**

MAX:

**0.20498 ug/m<sup>3</sup>**

COMPANY NAME:

**I.A. Industria Ambiente S.r.l.**

MODELER:

**Dott. Alessandro Girelli**

DATE:

**11/13/2010**

SCALE:

1:7,000

0



0.2 km

