



GALILEO AMBIENTE s.n.c.

Via Davanzati, 5 - 20158 Milano
tel 02 3931 6500 fax 02 3932 5105
e-mail info@galileo-ambiente.it
http://www.galileo-ambiente.it

Aggiornamento dell'Inventario provinciale delle emissioni in atmosfera, indagini e rilevazioni

ANALISI DELLE PERDITE DI METANO NELLE RETI DI DISTRIBUZIONE URBANE



COMMITTENTE:

PROVINCIA DI MILANO, DIREZIONE CENTRALE RISORSE AMBIENTALI
AFFARI GENERALI ARIA E RISCHIO INDUSTRIALE

Determinazione n. 69/2006 del 02/02/2006

AUTORE:

Dott.ssa Samantha Pilati

versione: 1.0 **data:** 24 aprile 2007

INDICE

Introduzione	pag.	1
1. La rete di distribuzione del gas metano nella provincia di Milano	pag.	1
2. Metodologia EMEP/CORINAIR per il calcolo delle emissioni	pag.	2
2.1 <i>Metodologia semplificata</i>	pag.	2
2.2 <i>Metodologia dettagliata</i>	pag.	3
3. Il censimento	pag.	4
3.1 <i>Le aziende e le informazioni richieste</i>	pag.	4
3.2 <i>I dati raccolti</i>	pag.	5
4. Calcolo dei fattori di emissione	pag.	7
4.1 <i>Metodologia semplificata</i>	pag.	7
4.2 <i>Metodologia dettagliata</i>	pag.	11
4.3 <i>Emissioni per unità di lunghezza</i>	pag.	14
4.4 <i>Applicazioni</i>	pag.	16
5. Conclusioni	pag.	18

INTRODUZIONE

Il metano (CH₄) è il principale componente del cosiddetto gas naturale; esso è incolore e inodore, ma viene odorizzato artificialmente, solitamente con tetraidrotiofene, per rendere avvertibile la sua presenza.

Le emissioni in atmosfera del metano, considerato uno dei principali gas serra, hanno origine sia da processi naturali sia da attività antropiche. Tra queste ultime particolare rilevanza hanno le perdite e le fughe dalle infrastrutture di trasporto.

Per reperire informazioni utili a stimare la quantità di gas metano emessa nella provincia di Milano in seguito a tali fughe, nell'anno 2005, è stato realizzato un censimento delle aziende distributrici di gas naturale nei 189 comuni della Provincia. Le informazioni richieste dovrebbero permettere il calcolo, secondo le metodologie indicate nella EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, dei relativi fattori di emissione.

1. LA RETE DI DISTRIBUZIONE DEL GAS METANO NELLA PROVINCIA DI MILANO

Snam Rete Gas S.p.A. è l'azienda che si occupa del trasporto del gas naturale su tutto il territorio nazionale, mentre le aziende che si occupano della distribuzione ai 189 comuni della provincia di Milano sono 37.

Il sistema Snam Rete Gas è costituito da 30545 km circa di metanodotti, di diametro compreso tra 25 e 1200 mm, che trasportano il gas su tutto il territorio nazionale a una pressione variabile tra 0.5 e 75 bar. Della rete fanno parte anche 11 centrali di compressione e vari impianti di regolazione, riduzione e miscelazione del gas.

Il gas trasportato può essere sia gas nazionale, sia di origine nordafricana (estratto in Algeria o in Libia), sia di origine russa o nordeuropea. A seconda della differente provenienza cambiano sia la composizione indicativa del gas naturale sia le sue caratteristiche medie come, per esempio, il potere calorifico o la massa volumica.

I metanodotti di Snam Rete Gas possono essere ripartiti in due tipologie: appartenenti alla Rete Nazionale (8196 km), che comprende anche le centrali sopraccitate, e appartenenti alla Rete di Trasporto Regionale (22349 km), la quale si occupa prevalentemente della distribuzione del gas naturale su scala regionale.

A seconda delle diverse pressioni massime di esercizio, le condutture vengono classificate in 7 specie:

- Prima specie (pressioni superiori ai 24 bar)
- Seconda specie (pressioni comprese tra i 12 e i 24 bar)
- Terza specie (pressioni comprese tra 5 e 12 bar)
- Quarta specie (pressioni comprese tra 1.5 e 5 bar)
- Quinta specie (pressioni comprese tra 0.5 e 1.5 bar)
- Sesta specie (pressioni comprese 0.04 e 0.5 bar)
- Settima specie (pressioni inferiori a 0.04 bar)

In particolare, le condotte di Snam Rete Gas rientrano quasi tutte nelle prime tre specie, e in numero limitato nella quarta. Alle restanti tre specie appartengono quasi esclusivamente le reti di distribuzione locale.

Le altre 37 aziende censite si occupano della distribuzione del gas su scala locale (comunale) attraverso le reti di media e bassa pressione (si parla di tubature). Nelle tubature il valore di

pressione del metano varia tendenzialmente tra gli 0.5 e i 5 bar, per la media pressione, e raggiunge valori anche molto inferiori a 0.5 bar per la bassa pressione.

Le decompressioni tra una rete e l'altra vengono effettuate nelle cosiddette cabine di primo o di secondo salto. Le cabine di primo salto, dette anche RE.MI. (cioè cabine di regolazione e misura) permettono il collegamento fisico tra il metanodotto di alimentazione e la rete locale; in esse avviene una prima decompressione che diminuisce gli alti valori di pressione tipici dei metanodotti. Le cabine di secondo salto hanno una funzione analoga: decomprimono ulteriormente il gas naturale, sino ad arrivare anche a valori di 0.020 bar, permettendo la sua immissione nella rete dell'utenza.

Le condotte possono essere costituite da differenti materiali: le più vecchie sono solitamente in ghisa, le più moderne in acciaio e polietilene (pead). Le giunzioni tra le condotte possono essere o imbullonate o saldate elettronicamente tra loro. Quest'ultima è la tipologia più innovativa, che garantisce un minor rischio di perdite.

Le caratteristiche delle reti dei singoli comuni verranno descritte nel dettaglio in seguito.

2. METODOLOGIA EMEP/CORINAIR PER IL CALCOLO DELLE EMISSIONI

La metodologia EMEP/CORINAIR è la metodologia di stima ufficiale adottata dagli stati europei per redarre gli inventari delle emissioni atmosferiche. Tale metodologia individua le principali attività, sia naturali sia antropiche, responsabili delle emissioni e le raggruppa in 11 macrosettori: uno di questi macrosettori riguarda l'estrazione e la distribuzione del gas metano.

The EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook illustra, per ognuna della attività sopracitate, le metodologie da seguire per il calcolo delle emissioni.

Riguardo al trasporto del gas metano vengono indicate due metodologie per il calcolo delle emissioni in atmosfera dalle condotte principali di trasporto (SNAP 050601) e dalle reti di distribuzione cittadine (SNAP 050603), definite *metodologia semplificata* e *metodologia dettagliata*.

2.1 Metodologia semplificata

La *metodologia semplificata* permette di stimare l'emissione in atmosfera nota la quantità totale di gas venduto nell'unità territoriale di interesse (il comune).

Il fattore di emissione può venire espresso sia come valore percentuale rispetto alla quantità di gas venduto sia come tonnellate di emissione per PJ di energia.

Nel primo caso, di interesse ai fini del presente studio, il fattore di emissione è ricavato come rapporto tra gas disperso in atmosfera (ovvero le perdite e le fughe dalle condotte e dalle tubature delle reti di distribuzione) e il gas venduto nell'unità territoriale di interesse:

$$f = \frac{smcdispersi \cdot 100}{smcvenduti} \quad (1)$$

dove *smcdispersi* rappresenta i metricubi di gas disperso in atmosfera, *smcvenduti* la quantità di gas fatturata all'utenza.

Per l'Europa occidentale la Guida fornisce i seguenti intervalli di valori per i fattori di emissione, da considerarsi quali fattori di emissione di default (tab. 8.1 pag. B561-7):

- 14.8-27.0 t/PJ per il metano
- 19.0-35.0 t/PJ per le emissioni totali (assumendo che il gas naturale sia costituito da metano)

per il 78% in peso).

L'utilizzo di tali fattori di emissione di default può implicare un errore nella stima delle emissioni superiore a $\pm 100\%$.

L'obiettivo del presente studio è reperire dati a livello comunale relativamente agli indicatori di attività per ricavare valori locali del fattore di emissione: quantità di gas naturale disperso in atmosfera da condutture e tubature, quantità di gas venduto/fatturato all'utenza.

2.2 Metodologia dettagliata

La *metodologia dettagliata* richiede un numero maggiore di informazioni sulla rete di distribuzione del gas.

Per prima cosa, le condotte di trasporto e distribuzione vanno considerate suddivise in diverse categorie, per esempio in base alla pressione d'esercizio. Di ciascuna categoria deve essere nota la lunghezza della relativa rete.

Sono inoltre considerate le perdite dalle altre infrastrutture che costituiscono il sistema di trasporto del gas naturale, ovvero dalle stazioni di compressione e dai depositi o giacimenti di stoccaggio del gas che vengono considerate sorgenti puntuali.

La metodologia dettagliata prevede l'utilizzo di più fattori di emissione f_i , uno per ogni tratto di condotta considerata, centrale di compressione e giacimento di gas.

L'emissione annua in atmosfera viene calcolata nel seguente modo:

$$E = \sum_{i=1}^m l_i p_i f_i + \sum_{k=1}^p n_k f_k \quad (2)$$

dove:

l_i = lunghezza, in chilometri, della i -esima condotta

p_i = pressione, in millibar, del gas nella i -esima condotta

f_i = fattore di emissione corrispondente alla i -esima condotta

n_k = numero del k -esimo giacimento di stoccaggio o serbatoio di gas

f_k = perdita, in tonnellate per anno, corrispondente al k -esimo giacimento

Il primo addendo rappresenta la sommatoria delle emissioni dovute alle diverse tratte di condotte considerate, mentre il secondo addendo è la sommatoria delle perdite presso cabine, serbatoi, e giacimenti di stoccaggio.

La Guida EMEP/CORINAIR mostra una suddivisione a sette tipi diversi di condotta e tre tipi di giacimento o serbatoio. Tale suddivisione varia in funzione delle nazioni e soprattutto delle informazioni fornite dalle compagnie di distribuzione del gas metano.

I fattori di emissione utilizzati nel primo addendo della (1) possono essere ricavati, per ogni condotta, nel seguente modo:

$$f_i = \frac{\text{massa}_i}{\text{lunghezza}_i \cdot \text{pressione}_i} \quad (3)$$

dove con massa, lunghezza e pressione si intendono, nell'ordine, la quantità annua di gas dispersa in atmosfera (in tonnellate o chilogrammi), la lunghezza (misurata in chilometri) e la pressione (in millibar), rispetto alla i -esima condotta considerata.

Si osserva quindi che, mentre il fattore di emissione calcolato con la metodologia semplificata è rappresentato da una grandezza adimensionale, con la metodologia dettagliata il fattore di emissione è indicato da tonnellate (o chilogrammi) annui per unità di lunghezza e unità di pressione.

3. IL CENSIMENTO

3.1 Le aziende e le informazioni richieste

Come precedentemente detto, le aziende che forniscono il gas naturale ai 189 comuni della Provincia di Milano sono 37 (Tabella 1). Alcuni comuni vengono riforniti da più aziende.

A tutte le aziende in questione sono state richieste le seguenti informazioni:

- Lunghezza della rete (distinguendo rete ad alta, media e bassa pressione)
- Valore delle pressioni di esercizio
- Stazioni di compressione e di decompressione
- Siti di stoccaggio e numero di serbatoi di gas
- Perdite di gas naturale nelle diverse tipologie di reti, nelle stazioni di decompressione e nei serbatoi (sia in valore assoluto sia in percentuale rispetto al totale di gas erogato)
- Composizione chimica del gas distribuito
- Età della rete
- Caratteristiche tecniche (materiali e tecnologie di costruzione)
- Metodologia di stima delle perdite

Tali informazioni sono state richieste con dettaglio comunale, nel caso che l'azienda rifornisca più comuni.

Tabella 1 Aziende distributrici di gas nella Provincia di Milano

Aziende	Numero di comuni serviti
Enel Rete Gas Spa	42
Italgas Spa	32
Thuga Padana Srl	25
Aem Gas Spa	10
Arcalgas Progetti Spa	10
Aeb Distribuzioni Spa	9
Amga Legnano Spa	8
Cogeser Distribuzione Srl	6
Simgas Nord Srl	4
Amaga Spa	3

Aziende	Numero di comuni serviti
Azienda Speciale Multiservizi Srl	3
Azienda Servizi Multisetoriali Lombardia	3
Gei Spa	3
Italcogim Reti Spa	3
Thuga Mediterranea Srl	3
Edison D.G. Spa	2
Egea Spa	2
Erogasmet Spa/Molteni	2
Nuove Energie Distribuzione Srl	2
Sib Spa	2
Agam Spa	1
Api Rozzano Spa	1
Azienda Servizi Gaggiano Srl	1
Asm Distribuzione Srl	1
Ages Spa	1
Ascopiave Spa	1
Azienda Servizi Pubblici	1
Cea Srl	1
Metano Nord Spa	1
Genia Spa	1
Gestione Servizi Desio Spa	1
Gorgonzola Servizi Integrati Srl	1
Mea Spa	1
Bria Spa	1
Metano Arcore Spa	1
Sapigas Srl	1
Serenissima Gas Spa	1

3.2 I dati raccolti

Le aziende che hanno risposto al censimento effettuato sono 21 (compresa Snam Rete Gas), per un totale di 131 comuni serviti.

Purtroppo le risposte pervenute non sono state nella maggioranza dei casi precise ed esaustive rispetto ai dati richiesti, impedendo di derivare per molti comuni i fattori di emissione della metodologia dettagliata e talvolta anche della metodologia semplificata. Alcune informazioni sono state tratte direttamente dai siti internet delle rispettive aziende.

Nessuna azienda ha indicato la composizione chimica del gas distribuito o descritto la metodologia di stima delle perdite di gas dalla rete. Verbalmente da più aziende è stato segnalato che attualmente non esistono linee guida o metodologie riconosciute per la stima di perdite e fughe di gas. La quantità di gas rilasciata in atmosfera da eventuali fughe o perdite è stata quindi fornita

semplicemente come differenza tra il gas immesso nella rete dalle aziende in ogni singolo comune (che corrisponde al gas acquistato da Snam Rete Gas) e il gas fatturato, cioè la quantità di gas che è stata realmente venduta all'utenza. Il dato di perdita così stimato potrebbe essere però affetto da sovrastima, dovuta a eventuale morosità dell'utenza (allacciamenti abusivi).

La Tabella 2 riporta le aziende che hanno aderito al censimento, segnalando per quali richieste hanno fornito informazioni (i dati forniti sono disponibili nel file Database).

Tabella 2 Aziende che hanno risposto al Censimento e informazioni fornite

	Lunghezza reti	Pressione d'esercizio	Cabine serbatoi	Gas distribuito	Gas disperso	Età rete	Caratteristiche tecniche
AEM	X		X	X			
AEB	X		X				X
AMGA	X	X	X		X	X	X
COGESER	X	X	X	X	X		
SIMGAS	X		X				
AMAGA	X	X	X		X	X	X
CEA	X	X	X		X		X
EROGASMET/MOLTENI	X	X	X		X	X	X
GORGONZOLA SERVIZI INTEGRATI	X	X	X		X	X	X
SERENISSIMA GAS METANO NORD	X	X	X	X	X	X	X
ASCOPIAVE	X	X	X	X	X	X	X
GEI	X		X	X			
API ROZZANO	X	X	X		X	X	X
ENEL RETE GAS	X	X	X	X	X	X	X
ITALCOGIM RETI	X	X	X			X	X
ASM GARBAGNATE	X	X	X			X	X
ASP AZIENDA SERVIZI PUBBLICI	X	X	X		X	X	X
EGEA	X	X	X		X	X	X
ITALGAS		X		X	X		
SNAM RETE GAS	X				X		

Le aziende hanno fornito generalmente i dati diversificati e dettagliati per ognuno dei comuni in gestione.

Talvolta è stata data un'informazione complessiva, riferita alla somma di tutti i comuni serviti. È il caso di AEM che ha fornito la lunghezza di rete, la quantità di gas distribuito e numero di cabine di primo e secondo salto complessivamente per i 10 comuni di competenza. In tali casi, per avere un'informazione dettagliata a livello comunale, i valori totali sono stati disaggregati considerando la popolazione, la superficie e la densità abitativa dei singoli comuni.

Le informazioni inerenti al gas distribuito da ITALGAS a livello comunale (quale differenza tra il gas prelevato da Snam Rete Gas e immesso nella rete di distribuzione) sono state rilevate sul sito dell'azienda, su suggerimento della società stessa. Tali informazioni, però, sono disponibili per un numero esiguo di comuni rispetto ai 32 gestiti da Italgas nella provincia di Milano e appaiono

eccessivamente eterogenei come mostrato nel cap. 4. Per confronto e per ricavare dati medi più affidabili si è anche ricorso al 'Rapporto salute sicurezza ambiente 2005' di Italgas, da cui sono state ricavate informazioni riguardanti la lunghezza totale della rete, il gas distribuito e le emissioni in atmosfera su tutta l'Italia.

Anche le informazioni fornite da Snam Rete Gas riguardanti lunghezza della rete ed emissione in atmosfera si riferiscono a tutta la rete nazionale.

Come precedentemente anticipato, le informazioni fornite sono spesso eccessivamente generiche o poco dettagliate: per esempio, AEB e ITALCOGIM hanno fornito solo la lunghezza totale della rete, senza distinguere tra condotte a media e bassa pressione.

4. CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE

Le aziende che hanno fornito le informazioni minime necessarie (gas immesso in atmosfera rispetto al totale erogato) per il calcolo del fattore di emissione con la metodologia semplificata sono, oltre a Snam Rete Gas, dieci: Enel Rete Gas, Italgas, Cogeser, Simgas Nord, Erogasmet, Serenissima Gas, GEI, API Rozzano, ASP, Egea. Tali aziende servono 62 comuni.

Di queste dieci aziende, sei (Erogasmet, Serenissima Gas, Enel Rete Gas, API Rozzano, ASP, Egea) hanno riportato anche informazioni riguardanti la lunghezza della rete di trasporto, distinguendo fra tratta a media e bassa pressione, e le pressioni di esercizio, necessarie per l'applicazione della metodologia dettagliata.

4.1 Calcolo del fattore di emissione con la metodologia semplificata

Le aziende censite hanno fornito due dei seguenti dati: quantità di gas erogato ovvero immesso in rete (acquistato da Snam Rete Gas), quantità di gas venduto o fatturato all'utenza, percentuale di gas disperso in atmosfera rispetto al gas erogato. Le tre grandezze sono legate dalla seguente equazione:

$$smc\ venduti = smc\ erogati - smc\ dispersi \quad (4)$$

Per ciascun comune, utilizzando l'equazione (4) si sono calcolati i metri cubi (in condizioni standard, ovvero alla temperatura di 15°C e alla pressione di 1013 hPa) di gas venduto e di gas disperso. È stato quindi possibile calcolare il fattore di emissione utilizzando la (1).

Nella tabella 3 vengono mostrati i fattori di emissione per il gas naturale che sono stati ricavati per i 62 comuni in questione e per tutta la rete nazionale di Italgas e di Snam Rete Gas.

Non è stato derivato il fattore di emissione per il metano non avendo ottenuto da alcuna azienda il profilo di composizione del gas naturale (Snam Rete Gas ha riportato verbalmente che la composizione del gas immesso nelle reti di distribuzione può variare da azienda ad azienda anche nello stesso territorio provinciale). In assenza di questa informazione, il profilo di speciazione della Guida EMEP-CORINAIR riporta che il metano rappresenta mediamente il 78% in peso del gas naturale.

Nella tabella sono riportati anche i quantitativi di gas venduto e di gas disperso ovvero emesso.

Tabella 3 Applicazione della metodologia semplificata

Azienda	Comune	Gas venduto (smc)	Gas disperso (smc)	FE gas (%)
ENEL GAS	Aicurzio	2275692	18352	0.8
	Arese	17819598	143706	0.8
	Assago	8668678	69909	0.8
	Basiglio	8908338	71841	0.8
	Bernareggio	9579357	77253	0.8
	Bernate T.	5540734	44683	0.8
	Biassono	10186921	82153	0.8
	Briosco	4862140	39211	0.8
	Busto G.	13122047	105823	0.8
	Cambiago	7804399	62939	0.8
	Carate B.	18622719	150183	0.8
	Carnate	5879278	47414	0.8
	Ceriano L.	13353162	107687	0.8
	Cerro al L.	3836181	30937	0.8
	Corbetta	16038273	129341	0.8
	Cornate	8053148	64945	0.8
	Cuggiono	11158313	89986	0.8
	Inveruno	15389575	124109	0.8
	Lainate	28400964	229040	0.8
	Locate T.	6760822	54523	0.8
	Marcallo	7079176	57090	0.8
	Mediglia	8290700	66860	0.8
	Mezzago	4238640	34183	0.8
	Novoglio	3135986	25290	0.8
	Peschiera B.	21709037	175073	0.8
	Ronco B.	3695772	29805	0.8
	S.Colombano	8681700	70014	0.8
	S. Giorgio	6551792	52837	0.8
	S. Vittore	7572998	61073	0.8
	Sedriano	8731467	70415	0.8
	Senago	18917697	152562	0.8
	Solaro	3986419	32149	0.8
	Tribiano	8404895	67781	0.8
Vanzaghello	7118427	57407	0.8	
Vedano	5989200	48300	0.8	
Verano B.	7667032	61831	0.8	
Vernate	7067738	56998	0.8	
Zibido S.G.	5855921	47225	0.8	
ASP	Canegrate	12671873	127	0.001
API	Rozzano	32829168	240749	0.7

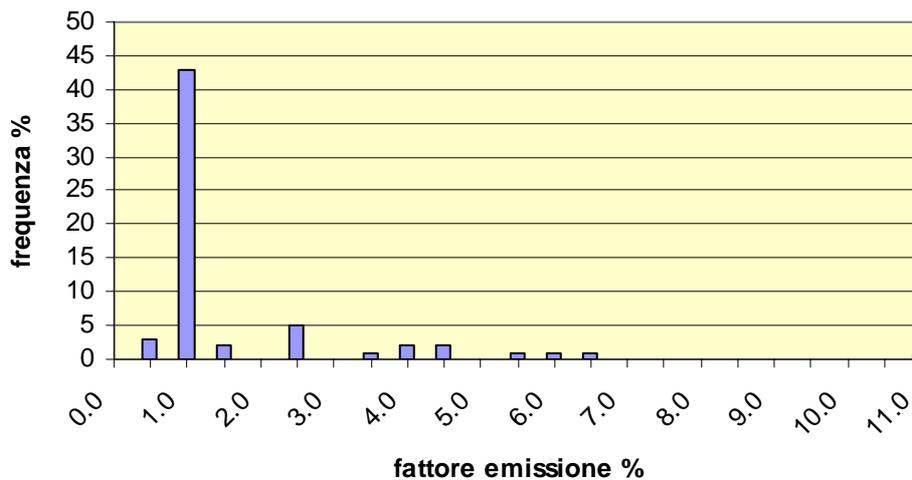
Azienda	Comune	Gas venduto (smc)	Gas disperso (smc)	FE gas (%)
COGESER	Bellinzago	2646550	30974	1.2
	Inzago	9832094	239826	2.4
	Pioltello	25794242	237816	0.9
	Truccazzano	10003618	93319	0.9
	Vignate	8427715	201502	2.4
SIMGAS	Besate	8033618	178696	2.2
EROGASMET	Busnago	6727198	74	0.001
	Roncello	2434726	56	0.002
SERENISSIMA	Barlassina	7012623	35300	0.5
GEI	Castano P.	11939800	284362	2.4
EGEA	Besana	14504640	604360	4.2
	Burago M.	7659342	277800	3.6
	Casarile	4608000	192000	4.2
ITALGAS	Arluno	8716480	531895	6.1
	Cologno M.	197429545	6962401	3.5
	Cusano M.	15209218	320405	2.1
	Dairago	4433682	243625	5.5
	Pogliano M.	13220270	1417063	10.7
	San Donato	25453237	866290	3.4
	Turbigo	8134384	473704	5.8
	Vaprio	7172078	104835	1.5
	Vimercate	28288770	240761	0.9
MINIMO				0.001
MASSIMO				10.7
MEDIA				1.6
MEDIANA				0.8
ITALGAS (tutta Italia)		8453300000	52700000	0.6
SNAM (tutta Italia)		85917300000	44700000	0.05

Come si può notare, il valore dei fattori di emissione comunali è compreso in un intervallo che varia tra lo 0.001% e il 10.7%, con un valor medio di 1.6% e una mediana di 0.8%.

Il valore costante del fattore di emissione dei comuni gestiti da ENEL GAS è dovuto al fatto che l'azienda ha dichiarato una percentuale di gas emesso in atmosfera, rispetto al totale erogato, variabile tra lo 0.6% e l'1% in base ad età delle tubature, materiali e altre informazioni di carattere tecnico; per l'eterogeneità delle reti nell'ambito comunale stesso, ENEL GAS ha suggerito verbalmente di utilizzare un fattore di perdita medio, pari a 0.8% del totale distribuito.

Osservando nella figura seguente la distribuzione in frequenza dei fattori di emissione si nota come 43 dei 62 fattori considerati cadano nell'intervallo di valori 0.5-1%. Difatti ai numerosi comuni gestiti da ENEL GAS è stato attribuito un fattore di emissione pari a 0.8%, che risulta coincidere con la mediana della distribuzione. Il valore quasi doppio che si ottiene considerando la media della distribuzione è dovuto alla presenza di alcuni fattori di emissione molto elevati, anche superiori al 5%, riconducibili tutti ai comuni gestiti da ITALGAS.

Figura 1 Distribuzione in frequenza dei fattori di emissione metodologia semplificata



I valori stimati per i singoli comuni gestiti da ITALGAS potrebbero essere affetti da notevoli imprecisioni a causa dei meccanismi di fatturazione del gas venduto, come segnalato dall'azienda stessa.

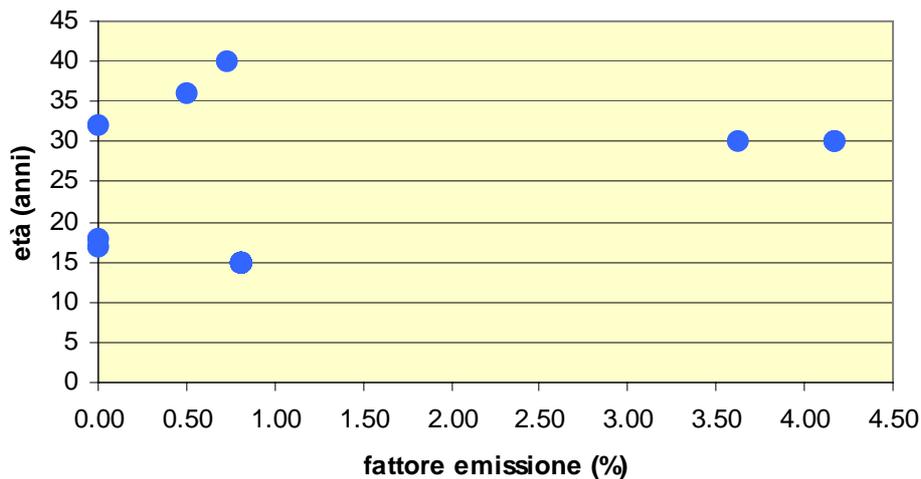
Quale parametro di confronto, è stato ricavato il fattore di emissione medio della rete ITALGAS sull'intero territorio nazionale. ITALGAS nel "*Rapporto Salute Sicurezza e Ambiente 2005*" indica come quantitativo di gas erogato sull'intera rete nazionale, da loro gestita, 8506 milioni di metri cubi, con una quantità rilasciata in atmosfera pari a 52.7 milioni di metri cubi. Si ricava che il rapporto tra gas rilasciato in atmosfera e gas distribuito, ovvero il fattore di emissione semplificato, è pari a 0.62% e tale valore si avvicina al valore mediano da noi calcolato (Tabella 3). La quantità di gas rilasciata in atmosfera a livello nazionale è stata ottenuta da ITALGAS con un metodo di stima di tipo misto, che utilizza sia misurazioni dirette su campioni di rete sia elaborazioni di coefficienti standard desunti da studi internazionali; non viene fornito purtroppo alcun dettaglio o riferimento bibliografico su tale metodologia.

Le grandi differenze tra i fattori ottenuti per i diversi comuni potrebbero essere collegati all'età della rete (si presume che reti vecchie abbiano perdite maggiori di quelle più recenti), ai materiali di costruzione (ghisa, acciaio o polietilene) o ai diversi tipi di giunzione (condotte imbullonate o saldate).

In realtà, quasi tutte le aziende esaminate hanno condotte in acciaio con piccoli inserti più recenti in polietilene e quindi il materiale di costruzione non risulta indicativo per un confronto.

Riguardo all'età, è stato calcolato il coefficiente di correlazione tra fattori di emissione ed età media della rete. Quest'ultimo è comunque un dato relativamente indicativo, in quanto in uno stesso comune coesistono condotte nuove e condotte più datate. È stato ottenuto un valore piuttosto basso, pari a 0.43, a sottolineare una correlazione abbastanza scarsa, come si osserva anche dalla Figura 2.

Figura 2 Correlazione tra età media delle reti e fattori di emissione



Un altro fattore che potrebbe influire sulle perdite è il diametro delle tubature, che però è stato fornito da una sola azienda, la CEA, che ha in gestione un solo comune.

4.2 Calcolo del fattore di emissione con la metodologia dettagliata

Per i 46 comuni serviti dalle sei aziende che hanno fornito, oltre ai valori di gas immesso in atmosfera, la lunghezza delle reti e la pressione di esercizio, è stata applicata la metodologia dettagliata per il calcolo dei fattori di emissione.

Come spiegato nel paragrafo 2.2, nell'applicare questa metodologia è possibile distinguere sino a sette tipi diversi di condotta e tre tipi di serbatoio o cabina, ricavando quindi fino a dieci fattori di emissione (uno per tipologia). Avendo però soltanto informazioni inerenti alle reti di media e bassa pressione, e non conoscendo le quantità di gas rilasciate da eventuali perdite nelle cabine di riduzione, è stato possibile ricavare solo due tipi di fattore d'emissione, uno per la rete a bassa pressione e uno per la rete a media pressione.

Prima di applicare la (3), è necessario convertire le quantità di gas disperso in atmosfera da metricubi a chilogrammi, moltiplicandolo per la cosiddetta *massa volumica*. La massa volumica dipende dalla composizione del gas naturale considerato, la quale a sua volta varia a seconda del luogo di estrazione. Non essendo stato possibile risalire alla provenienza specifica del gas distribuito in questi comuni, si è ricavata la massa volumica utilizzando i dati di perdita dichiarati da Snam Rete Gas relativi all'intero territorio nazionale (44.7 milioni di metricubi, pari a 28443 tonnellate): facendo il rapporto tra massa e volume è stata ottenuta una massa volumica di 0.63631.

Inoltre, conoscendo soltanto la quantità totale di gas disperso (e non distinta per tipologia di rete), essa è stata disaggregata in base alla lunghezza delle due tipologie di reti per calcolare i fattori di emissione per la bassa e la media pressione.

In Tabella 4 vengono riassunti i fattori di emissione ottenuti con la metodologia dettagliata per le due diverse tipologie di rete.

Tabella 4 Fattori di emissione della metodologia dettagliata

Azienda	Comune	Fattore Media Pressione kg/(km*mbar)	Fattore Bassa Pressione kg/(km*mbar)
EROGASMET	Busnago	0.001	0.046
	Roncello	0.001	0.065
SERENISSIMA	Barlassina	0.47	35.24
API	Rozzano	0.61	82.36
ENEL GAS	Aicurzio	0.42	57.20
	Arese	0.62	83.83
	Assago	0.57	77.39
	Basiglio	0.68	91.62
	Bernareggio	0.49	65.99
	Bernate T.	0.51	68.42
	Biassono	0.35	47.01
	Briosco	0.29	39.57
	Busto G.	0.40	35.41
	Cambiago	0.46	62.57
	Carate B.	0.46	61.78
	Carnate	0.46	62.23
	Ceriano L.	0.95	127.69
	Cerro al L.	0.27	36.61
	Corbetta	0.39	52.26
	Cornate	0.39	53.31
	Cuggiono	0.60	81.20
	Inveruno	0.49	66.23
	Lainate	0.55	74.63
	Locate T.	0.44	59.12
	Marcallo	0.43	57.39
	Mediglia	0.35	47.58
	Mezzago	0.60	80.80
	Novoglio	0.28	37.60
	Peschiera B.	0.50	68.16
	Ronco B.	0.49	65.97
	S.Colombano	0.33	44.50
	S. Giorgio	0.6	48.64
S. Vittore	0.41	55.23	
Sedriano	0.38	51.33	

Azienda	Comune	Fattore Media Pressione kg/(km*mbar)	Fattore Bassa Pressione kg/(km*mbar)
	Senago	0.61	82.87
	Solaro	0.16	22.21
	Tribiano	0.87	117.51
	Vanzaghello	0.42	57.03
	Vedano	0.46	62.66
	Verano B.	0.36	48.77
	Vernate	0.57	76.88
	Zibido S.G.	0.30	40.81
ASP	Canegrate	0.0005	0.03
EGEA	Besana	9.48	237.20
	Burago	2.26	282.83
	Casarile	2.45	367.90
MINIMO		0.0005	0.03
MASSIMO		9.48	367.90
MEDIA		0.72	73.77
MEDIANA		0.46	60.45

Anche in questo caso i fattori di emissione calcolati variano all'interno di un ampio intervallo, con un valore medio decisamente più elevato di quello mediano (figg. 3 e 4).

Figura 3 Distribuzione in frequenza dei fattori di emissione per la media pressione metodologia dettagliata

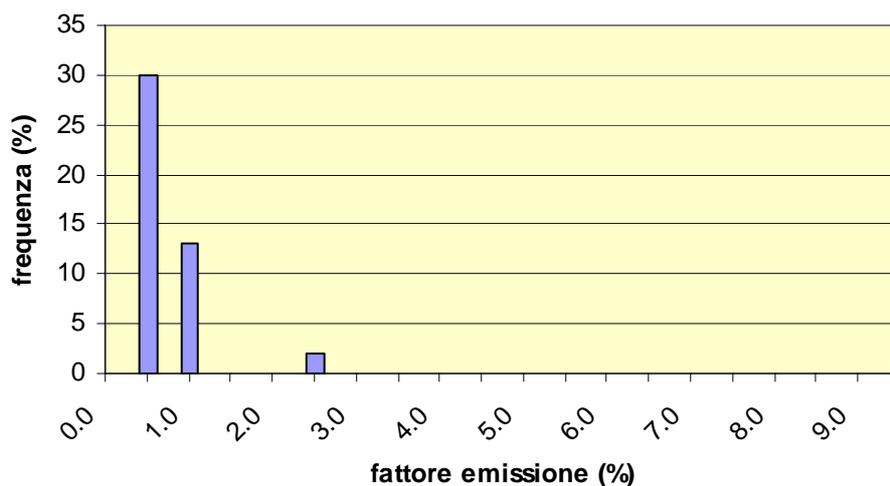
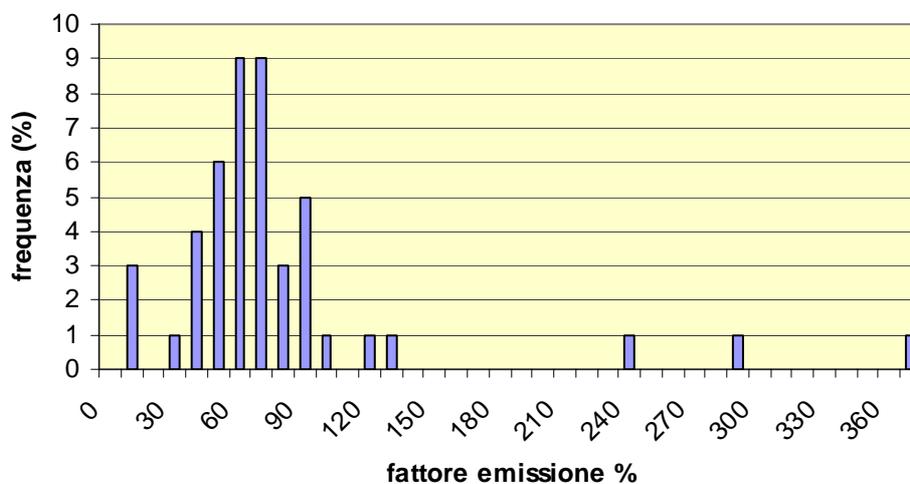


Figura 4 Distribuzione in frequenza dei fattori di emissione per la bassa pressione metodologia dettagliata



4.3 Emissioni per unità di lunghezza

Per i comuni di cui sono note lunghezza delle reti e le emissioni annue, sono state calcolate anche le perdite di gas naturale per unità di lunghezza dividendo la massa di gas dispersa in atmosfera per la lunghezza della rete, senza distinguere tra rete a media e bassa pressione. Sono stati trovati i risultati mostrati in Figura 5 e Tabella 5.

Figura 4 Distribuzione in frequenza dei fattori di emissione emissioni per unità di lunghezza

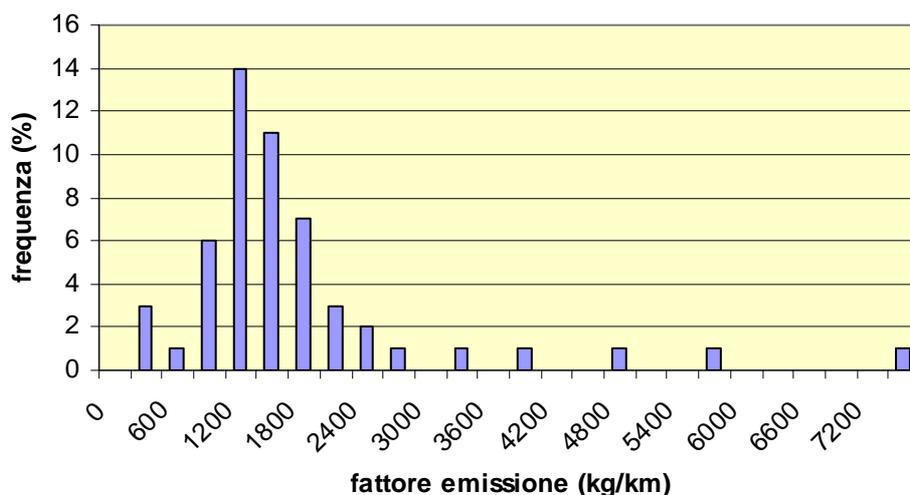


Tabella 5 Perdite per unità di lunghezza

Aziende	Comuni	Perdite (kg/km)
COGESER	Bellinzago	1090
	Inzago	3037
	Pioltello	1876
	Truccazzano	1467
	Vignate	3637
SIMGAS	Besate	2053
EROGASMET	Busnago	2
	Roncello	3
SERENISSIMA	Barlassina	705
GEI	Castano P.	2285
API	Rozzano	1647
ENEL GAS	Aicurzio	1144
	Arese	1677
	Assago	1548
	Basiglio	1832
	Bernareggio	1320
	Bernate T.	1368
	Biassono	940
	Briosco	791
	Busto G.	1068
	Cambiago	1251
	Carate B.	1236
	Carnate	1245
	Ceriano L.	2554
	Cerro al L.	732
	Corbetta	1045
	Cornate	1066
	Cuggiono	1624
	Inveruno	1325
	Lainate	1493
	Locate T.	1182
	Marcallo	1148
	Mediglia	952
	Mezzago	1148
	Novoglio	752
	Peschiera B.	1363
	Ronco B.	1319
	S.Colombano	890
	S. Giorgio	973
S. Vittore	1105	
Sedriano	1027	

Aziende	Comuni	Perdite (kg/km)
	Senago	1657
	Solaro	444
	Tribiano	2350
	Vanzaghelo	1141
	Vedano	1253
	Verano B.	975
	Vernate	1538
	Zibido S.G.	816
ASP	Canegrate	1
EGEA	Besana	4742
	Burago M.	5657
	Casarile	7358
MINIMO		1
MASSIMO		7358
MEDIA		1493
MEDIANA		1236
ITALGAS (tutta Italia)		692
SNAM (tutta Italia)		931

Come i fattori di emissione semplificati e dettagliati, anche le emissioni per unità di lunghezza sull'intera rete comunale variano in un ampio intervallo. I valori più elevati si riscontrano per i comuni gestiti dall'EGEA, che in effetti è una delle aziende che ha dichiarato la percentuale di perdita rispetto al totale erogato più elevata; valori più irrisori appartengono alle aziende che hanno dichiarato perdite annue di circa 0.001% sul totale.

4.4 Applicazioni

I fattori di emissione medi e mediani, calcolati con le diverse metodologie descritte, sono stati impiegati per stimare le emissioni di alcuni comuni di cui sono note la pressione d'esercizio e la lunghezza delle reti, ma non utilizzati nelle stime precedenti a causa dell'assenza delle informazioni riguardanti il gas venduto o erogato.

Per poter applicare la metodologia semplificata, sono stati considerati i consumi di metano del 2003, non essendo stato possibile reperire quelli del 2005, facendo l'ipotesi che i consumi relativi ai due anni siano confrontabili.

Nella Tabella 6 vengono paragonati i valori di emissione ottenuti con le diverse metodologie di calcolo.

Tabella 6 Confronto delle emissioni ottenute con le diverse metodologie

Aziende	Comuni	Emissioni in atmosfera (metricubi standard)					
		Dettagliata FE media	Dettagliata FE mediana	Semplificata FE media	Semplificata FE mediana	Unità di lunghezza FE media	Unità di lunghezza FE mediana
AMGA	Arconte	97572	78997	107122	55468	96926	80234
	Buscate	62689	50863	83256	43110	60231	49858
	Legnano	522680	405504	1059346	548531	462978	383245
	Magnano	248088	195724	153811	79643	154222	127662
	Parabiago	361187	283534	471612	244202	277419	229642
	Rescaldina	261369	205572	256482	132807	156692	129707
	Villa C.	105069	83446	120374	62330	83331	68980
	Vittuone	132134	106601	167393	86676	76108	63001
AMAGA		353852	265722	542589	280953	333757	276278
CEA	Cerro M.	1638394	1336391	273575	141657	145176	120174
G.S.I.	Gorgonzola	265888	211925	303126	156959	142877	118271
METANO	S.Zenone	56928	42182	127552	66046	49655	41103
ASCOPIAVE	Lentate	296375	231001	230961	119592	189689	157021

nota:

AMAGA, che rifornisce tre comuni (Abbiategrasso, Morimondo, Ozzero) ha fornito parte delle informazioni non disaggregate per comune, ma come somma complessiva; per questo, nell'applicare le metodologie, abbiamo considerato la somma dei tre comuni.

E' stata poi calcolata la discrepanza di ogni valore di perdita, ottenuto con le diverse metodologie, dal valore relativo alla mediana della metodologia semplificata indicato con $metsemp(media)$:

$$\frac{perdita - metsemp(media)}{metsemp(media)} \quad (5)$$

Sono stati ottenuti i risultati sintetizzati in Tabella 7.

Le emissioni ottenute utilizzando il coefficiente di perdita per unità di lunghezza (sia medio sia mediano) sono quelle che maggiormente si avvicinano a quelle calcolate applicando la metodologia semplificata con il fattore mediano.

L'applicazione della metodologia dettagliata con il fattore di emissione medio fornisce invece i valori più elevati.

Tabella 7 Variazione rispetto alla metodologia semplificata (FE mediana)

Aziende	Comuni	Dettagliata FE media	Dettagliata FE mediana	Semplificata FE media	Unità di lunghezza FE media	Unità di lunghezza FE mediana
AMGA	Arconte	0.76	0.42	0.93	0.75	0.45
	Buscate	0.45	0.18	0.93	0.40	0.16
	Legnano	- 0.05	- 0.26	0.93	- 0.16	- 0.30
	Magnano	2.11	1.46	0.93	0.94	0.60
	Parabiago	0.48	0.16	0.93	0.14	- 0.06
	Rescaldina	0.97	0.55	0.93	0.18	- 0.02
	Villa C.	0.69	0.34	0.93	0.34	0.11
	Vittuone	0.52	0.23	0.93	- 0.12	- 0.27
AMAGA		0.26	- 0.05	0.93	0.19	- 0.02
CEA	Cerro M.	10.57	8.43	0.93	0.02	- 0.15
G.S.I.	Gorgonzola	0.69	0.35	0.93	- 0.09	- 0.25
METANO	S.Zenone	- 0.14	- 0.36	0.93	- 0.25	- 0.38
ASCOPIAVE	Lentate	1.48	0.93	0.93	0.59	0.31
	totale	1.18	0.73	0.93	0.10	- 0.09

5. CONCLUSIONI

Relativamente alla metodologia semplificata, il fattore di emissione coincidente con la mediana della distribuzione in frequenza dei fattori dei singoli comuni risulta preferibile a quello ottenuto come valor medio, essendo quest'ultimo eccessivamente elevato a causa della presenza di comuni che registrano alti valori di perdite non completamente affidabili. Inoltre, il valore mediano ottenuto, 0.8%, si discosta di soli due decimi da quello dichiarato da ITALGAS (0.6%) relativo a tutta la rete nazionale.

Anche nella metodologia dettagliata il fattore calcolato come mediana della distribuzione è da preferire rispetto a quello stimato come valore medio. In questo caso però, bisogna sottolineare come le informazioni ottenute inerenti la rete siano state scarse e poco dettagliate rispetto a quelle necessarie per effettuare una stima più precisa dei fattori di emissione.

I valori di perdita per unità di lunghezza, come i precedenti fattori di emissione, variano in un ampio intervallo a seconda del comune considerato, ma l'utilizzo del loro valore mediano nel calcolo delle emissioni fornisce in generale delle stime che poco si discostano da quelle ottenute con la metodologia semplificata.

Si ricorda, inoltre, che non conoscendo l'esatta provenienza del gas in questione, si è utilizzata una massa volumica indicativa ricavata dai dati di Snam Rete gas riferiti all'intera rete nazionale, che potrebbe aver creato delle sottostime o delle sovrastime nella conversione dei volumi in massa, e quindi anche nel calcolo dei fattori di emissione della metodologia dettagliata e delle perdite per unità di lunghezza.