AGENZIA MOBILITÀ AMBIENTE TERRITORIO

Monitoraggio Area C

EMISSIONI ATMOSFERICHE DA TRAFFICO STRADALE A MILANO

PERIODO GENNAIO - FEBBRAIO 2013

elaborato: **RELAZIONE**		*codifica:* 130540034_00	
		revisione: **00**	
data: 21 / 05 / 2013	*redatto:* *Marco Bedogni*	*verificato:* *Marco Bedogni*	*approvato:* *Bruno Villavecchia*

Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio Srl
Sede Legale e Uffici: Via G. Deledda, 9/A – 20127 Milano
Telefono +39 02 8846 7298
Fax + 39 02 8846 7349
e-mail: info@amat-mi.it
Amministratore Unico
Arch. Maria Berrini

Tutti i diritti sono riservati
Tutti i diritti di riproduzione e rielaborazione anche parziale dei testi sono riservati; l'eventuale utilizzo e pubblicazione anche di parti di testo, delle tavole o delle tabelle dovrà prevedere la citazione della fonte.

SOMMARIO

1. ASTRACT 5

2. PREMESSA METODOLOGICA 5

3. ANDAMENTO GIORNALIERO DELLE EMISSIONI 7

3.1 PM10 ALLO SCARICO 8

3.2 PM10 TOTALE – SCARICO E ATTRITI 8

3.3 AMMONIACA 9

3.4 OSSIDI TOTALI DI AZOTO 9

3.5 BIOSSIDO D'AZOTO 10

3.6 COMPOSTI ORGANICI VOLATILI NON METANICI 10

3.7 ANIDRIDE CARBONICA 11

4. RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI PER CLASSE VEICOLARE 11

4.1 PM10 ALLO SCARICO 11

4.2 PM10 TOTALE – SCARICO E ATTRITI 12

4.3 CARBONIO ELEMENTARE E CARBONIO ORGANICO 12

4.4 AMMONIACA 13

4.5 OSSIDI TOTALI D'AZOTO 14

4.6 BIOSSIDO D'AZOTO 14

4.7 COMPOSTI ORGANICI VOLATILI NON METANICI E BENZENE 15

4.8 ANIDRIDE CARBONICA 16

4.9 METANO E PROTOSSIDO D'AZOTO 16

5. SERIE STORICA DELLA RIPARTIZIONE VEICOLARE IN 'AREA C' 17

6. SERIE STORICA DELLE EMISSIONI 19

6.1 PM10 ALLO SCARICO 20

6.2 PM10 TOTALE – SCARICO E ATTRITI 20

6.3 CARBONIO ELEMENTARE – SCARICO E ATTRITI 21

6.4 CARBONIO ORGANICO – SCARICO E ATTRITI 22

6.5 AMMONIACA 23

6.6 OSSIDI TOTALI D'AZOTO 23

6.7 BIOSSIDO D'AZOTO 24

6.8 COMPOSTI ORGANICI VOLATILI NON METANICI 24

6.9 BENZENE 25

6.10 ANIDRIDE CARBONICA 25

6.11 METANO 26

6.12 PROTOSSIDO D'AZOTO 26

6.13 POTENZIALE CLIMALTERANTE 27

7. RIEPILOGO EMISSIONI MENSILI DA TRAFFICO IN AREA C 28

8. EMISSIONI DA TRAFFICO IN 'AREA C' E IN MILANO 30

8.1 PM10 ALLO SCARICO 31

8.2 PM10 TOTALE – SCARICO E ATTRITI 31

8.3 CARBONIO ELEMENTARE – SCARICO E ATTRITI 32

8.4 CARBONIO ORGANICO – SCARICO E ATTRITI 33

8.5 AMMONIACA 34

8.6 OSSIDI TOTALI D'AZOTO 35

8.7 BIOSSIDO D'AZOTO 36

8.8 COMPOSTI ORGANICI VOLATILI NON METANICI 37

8.9 BENZENE 38

8.10 ANIDRIDE CARBONICA 39

8.11 METANO 39

8.12 PROTOSSIDO D'AZOTO 40

8.13 POTENZIALE CLIMALTERANTE 41

1. ASTRACT

Il presente documento riassume i risultati ottenuti a seguito delle stime di emissione atmosferica dovuta al traffico circolante in 'Area C' nel bimestre gennaio – febbraio 2013.

Gli indicatori di inquinamento atmosferico qui trattati sono prevalentemente in diminuzione. In 'Area C' con provvedimento vigente, infatti, stanno continuando a diminuire le emissioni di PM10 allo scarico (-59% rispetto al 2010), PM10 totale (-40% rispetto al 2010), Carbonio Elementare (-62% rispetto al 2010), Carbonio Organico (-33% rispetto al 2010), Ammoniaca (-49% rispetto al 2010). Rispetto al 2010 risultano in calo anche le emissioni di ossidi di azoto e di composti organici volatili non metanici, tuttavia nel primo bimestre 2013 viene segnalata una crescita delle emissioni di NOx (soprattutto di biossido d'azoto) rispetto al primo bimestre 2012 e una sostanziale stabilizzazione delle emissioni di benzene e composti organici volatili. Le ragioni sono legate alla maggior diffusione di autoveicoli diesel leggeri di nuova generazione nel primo caso, e alla incidenza dei motoveicoli nel secondo caso.

In 'Area C' con provvedimento vigente sono in diminuzione, rispetto al 2010, anche le emissioni di gas climalteranti dovute al traffico stradale (-30% per l'anidride carbonica, -14% per il metano, -29% per il protossido d'azoto), che nel primo bimestre 2013 appaiono sostanzialmente stabili rispetto all'analogo periodo del 2012 o in leggero aumento per quanto riguarda il protossido d'azoto.

Il peso percentuale delle emissioni atmosferiche rilasciate dal traffico stradale circolante in 'Area C', rispetto alla totalità delle emissioni da traffico di Milano, varia dal 2% al 6% a seconda dell'inquinante: il contributo è minore per gli inquinanti per i quali sono stati previsti disincentivi o limitazioni alla circolazione per i veicoli maggiormente responsabili delle relative emissioni.

2. PREMESSA METODOLOGICA

Il presente documento riassume i risultati ottenuti a seguito delle stime di emissione atmosferica dovuta al traffico circolante in 'Area C' nel bimestre gennaio – febbraio 2013.

La metodologia adottata per la stima delle emissioni atmosferiche si è basata sul numero di transiti rilevati dai varchi elettronici di controllo degli accessi di 'Area C' nonché sull'applicazione del modello europeo pubblico COPERT4, aggiornato alla versione 10.0 (novembre 2012), implementazione informatica della *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook*.
La versione 10.0 di COPERT4 ha introdotto alcune modifiche sostanziali rispetto alle precedenti versioni, soprattutto per quanto riguarda i fattori di emissione di ossidi di azoto dei veicoli diesel di nuova generazione, di anidride carbonica, di composti organici volatili e di metano. Inoltre detta versione introduce una distinzione tra i fattori di emissione dei ciclomotori a due e a quattro tempi, e comincia ad affrontare le questioni legate alle emissioni dei veicoli alimentati a metano.
Per questo motivo le procedure di calcolo delle emissioni atmosferiche da traffico sono state aggiornate e sono state riviste anche le stime relative agli anni precedenti, che potrebbero pertanto differenziarsi da quelli pubblicati in precedenza.

Tra gli input forniti al modello COPERT, sono stati utilizzati i valori medi mensili delle temperature minime e massime giornaliere rilevate dalle stazioni meteorologiche posizionate in centro città, mentre Unione Petrolifera ha gentilmente fornito le caratteristiche dei carburanti per autotrazione aggiornate al 2011. Per quanto riguarda i consumi unitari (e quindi anche le emissioni di anidride carbonica) degli autoveicoli leggeri Euro 5 ed Euro 6, sono stati introdotti dei fattori correttivi (attualmente ancora

non previsti da COPERT 10.0) rispetto ai fattori di consumo delle tecnologie Euro 4 che tengono conto degli obiettivi prefissati a livello comunitario (riduzione del 36% delle emissioni specifiche di CO_2 del parco auto venduto dal 2005 al 2020) nonché della riduzione effettiva delle emissioni unitarie di CO_2 da parte delle autovetture nuove vendute negli ultimi anni (fonte: report periodici di monitoraggio della Commissione Europea sul rispetto delle Direttive sulla riduzione dell'anidride carbonica dal settore dei trasporti).

La composizione del parco veicolare circolante, distinta in circa 250 differenti tipologie, è stata dedotta direttamente a partire dai rilevamenti ai varchi elettronici di accesso. Per ogni veicolo in transito, a partire dalla targa vengono ricavate dal database della Motorizzazione Civile le informazioni necessarie per una classificazione dei veicoli in funzione della tipologia, dell'alimentazione, della classe Euro e della disponibilità di sistemi di riduzione della massa di particolato, al fine di caratterizzare il veicolo nell'ambito di una delle classi definite dal provvedimento.

Gli inquinanti atmosferici qui esaminati sono i seguenti:

a) il PM10 allo scarico, un inquinante principalmente dovuto ai veicoli diesel privi di sistemi di abbattimento della massa di particolato, in particolare mezzi pesanti e veicoli datati, ma anche ai motoveicoli con motore 2 tempi;
b) il PM10 totale, dovuto sia al rilascio di particolato atmosferico allo scarico sia ai fenomeni di attrito meccanico. Nella presente relazione i fenomeni di attrito quantificati sono l'usura degli pneumatici e dei freni nonché l'abrasione del manto stradale al transito dei veicoli;
c) l'ammoniaca atmosferica (NH_3), un inquinante principalmente dovuto agli autoveicoli a benzina di classe tecnologica Euro 1 ed Euro 2;
d) gli ossidi totali di azoto (NO_x), in generale rilasciati da qualsiasi motore a combustione interna ma, a parità di condizioni (età del veicolo, cilindrata ..), emessi soprattutto dai veicoli diesel. Il biossido di azoto (NO_2), in particolare, ha visto negli ultimi anni un progressivo aumento a motivo degli autoveicoli leggeri diesel da Euro 3 in avanti, il cui fattore di emissione di NO_2 è più alto di quello degli autoveicoli diesel di precedente tecnologia o alimentati con altri carburanti;
e) i composti organici volatili non metanici (COVNM), rilasciati soprattutto dai veicoli a benzina o miscela più datati, tra i quali si annoverano sostanze cancerogene come il benzene (C_6H_6). Nelle presenti stime sono inclusi sia i COVNM emessi allo scarico sia quelli dovuti all'evaporazione dalle varie parti del veicolo;
f) il Carbonio Elementare (EC) ed il Carbonio Organico (OC), ovvero la frazione carboniosa del particolato atmosferico primario. In particolare saranno qui fornite le stime di EC e OC contenuto nel PM10 totale da traffico stradale (scarico + attrito meccanico);
g) l'anidride carbonica (CO_2), un inquinante ad effetto serra legato ai consumi di carburante: a parità di condizioni (età del veicolo, cilindrata, potenza ..) tra i veicoli in circolazione a maggiore diffusione sono quelli alimentati a GPL e a gasolio ad avere la minore emissione specifica di CO_2 seguiti dai veicoli a metano, mentre quelli alimentati a benzina sono caratterizzati dall'emissione unitaria maggiore;
h) il metano (CH_4) e il protossido d'azoto (N_2O), altri due importanti gas climalteranti.

Per i suddetti inquinanti sono qui riportati sia l'andamento delle emissioni giornaliere sul periodo temporale considerato sia un'analisi relativa alla ripartizione delle stesse in

classi veicolari. In particolare, le emissioni atmosferiche sono ripartite in sei macroclassi così definite:

- ✓ Classe 1 - autoveicoli elettrici
- ✓ Classe 1b - autoveicoli ibridi (termici/elettrici) e alimentati a GPL o metano
- ✓ Classe 2 - autoveicoli alimentati a benzina Euro 1 e successivi, autoveicoli alimentati a gasolio Euro 4, Euro 5 o Euro 6 ed equivalenti dal punto di vista delle emissioni della massa di particolato atmosferico
- ✓ Classe 3 – autoveicoli alimentati a benzina Euro 0, autoveicoli alimentati a gasolio Euro 0, Euro 1 o Euro 2, motoveicoli a due tempi Euro 0
- ✓ Classe 3b - autoveicoli alimentati a gasolio Euro 3
- ✓ Motoveicoli (con esclusione dei motoveicoli a due tempi Euro 0)

Inoltre, per gli inquinanti per i quali è disponibile la serie storica, viene presentato un confronto tra le emissioni atmosferiche stimate per il periodo esaminato e quelle relative allo stesso periodo degli anni precedenti.

Infine viene fornita una contestualizzazione delle emissioni atmosferiche da traffico in 'Area C' rispetto alle emissioni dovute al traffico stradale circolante su tutta la città.

Si precisa che, nell'ambito della presente relazione, con il termine "giorno prefestivo" si intendono non solamente i giorni di sabato non festivi, ma anche i giorni feriali che presentano caratteristiche simili a quelle di un sabato (per esempio, periodi di ponte tra festività). Si precisa, inoltre, che con il termine "fascia oraria diurna" si intende la fascia oraria 07:30 – 19:30 per tutti i giorni ad eccezione dei giovedì da settembre 2012 in avanti, per i quali la fascia di riferimento è 07:30 – 18:00.

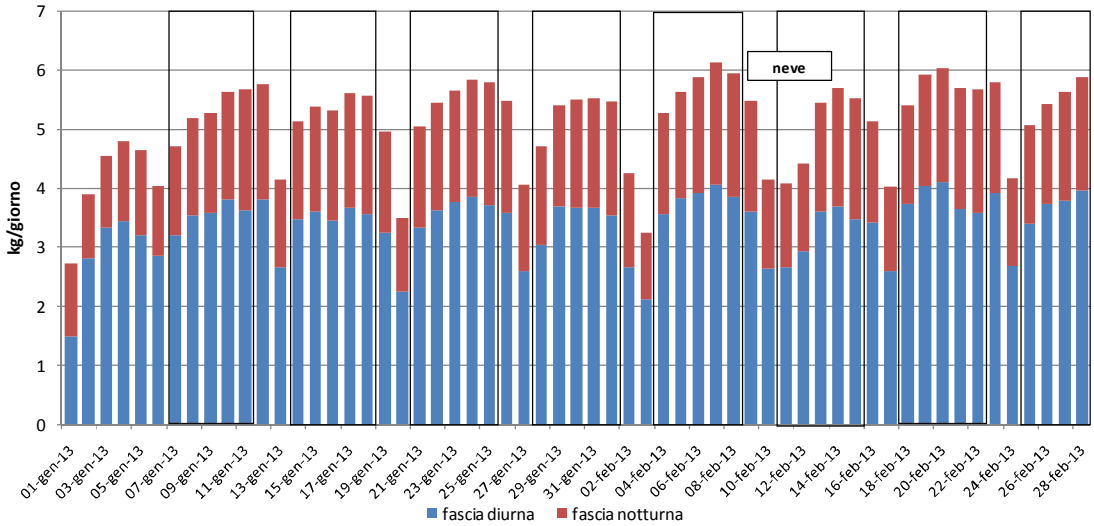
3. ANDAMENTO GIORNALIERO DELLE EMISSIONI

Nei seguenti grafici è riportato l'andamento giornaliero delle emissioni atmosferiche dei principali inquinanti qui esaminati e dovuti al traffico stradale in 'Area C' sul periodo considerato. Il grafico riporta un istogramma relativo alle emissioni giornaliere, suddivise in emissioni nella fascia oraria diurna (in blu) e nella fascia oraria notturna (in rosso). Gli inquinanti non presentati nel presente capitolo mostrano andamenti giornalieri del tutto analoghi a quelli qui mostrati.

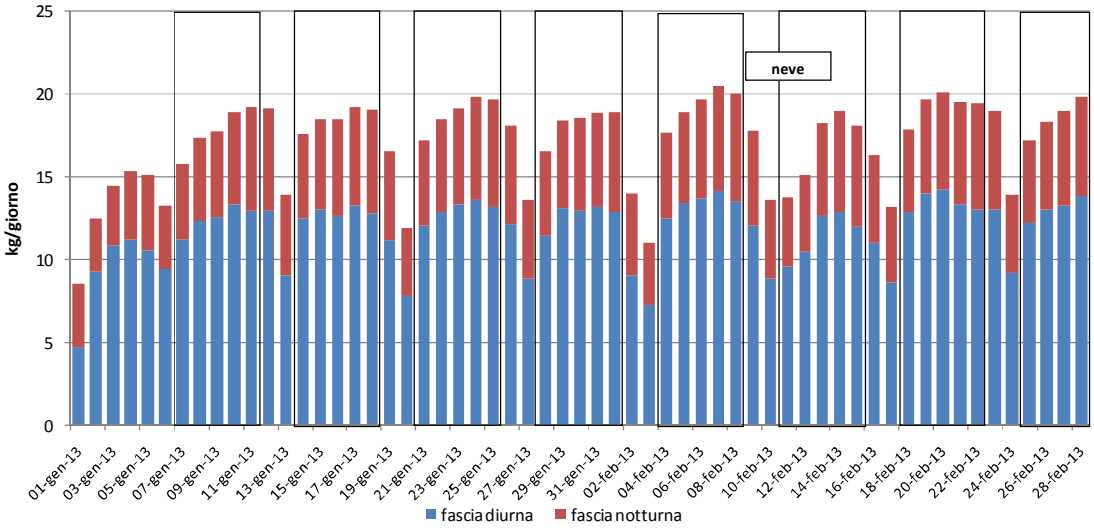
I giorni di applicazione del provvedimento 'Area C' sono evidenziati nell'istogramma da rettangoli. Nel 2013 il provvedimento 'Area C' è stato sospeso nel periodo tra Capodanno e l'Epifania, ed è stato riattivato a partire dal 7 gennaio senza altre interruzioni fino a fine febbraio. Poiché il traffico stradale dei giorni dal 2 al 4 gennaio ha mostrato caratteristiche più simili a quelle di un giorno festivo che di uno feriale, di fatto sul bimestre considerato non si sono avuti periodi tipicamente feriali e senza applicazione del provvedimento.
Dal punto di vista meteorologico, da segnalare una nevicata abbastanza consistente tra l'11 e il 12 febbraio, e alcuni eventi nevosi meno importanti tra il 21 e il 24 febbraio.
Da segnalare anche il fatto che per tutto il periodo considerato era attivo il provvedimento regionale di blocco programmato del traffico stradale (dalle 07:30 alle

19:30 dei giorni feriali) e il divieto di circolazione (dalle 00:00 alle 24:00 di tutti i giorni) per i motoveicoli a due tempi Euro 0.
Inoltre, dal 15 al 17 gennaio è stato attivato il provvedimento provinciale di blocco parziale della circolazione per gli autoveicoli diesel Euro 3.

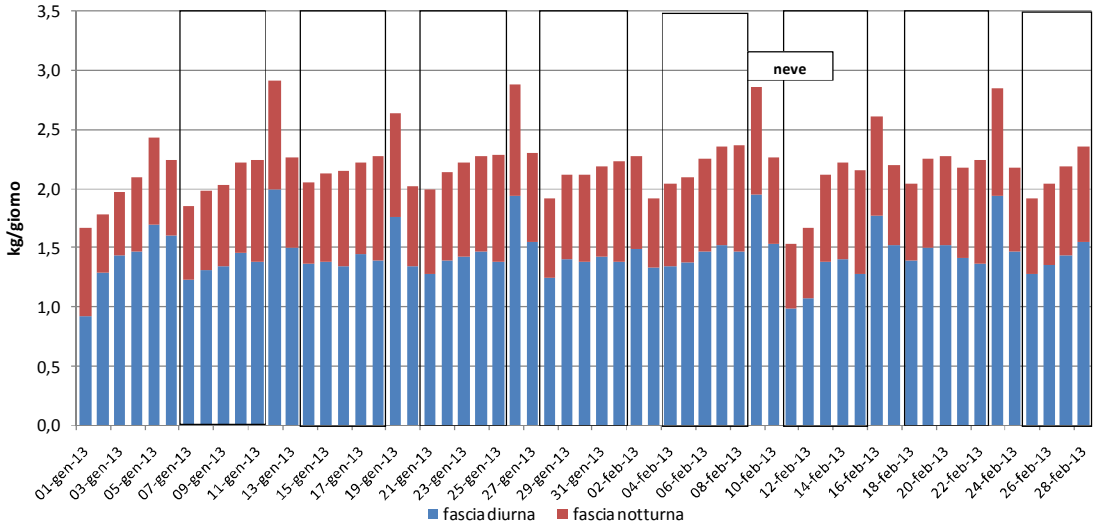
3.1 PM10 allo scarico



3.2 PM10 totale – scarico e attriti

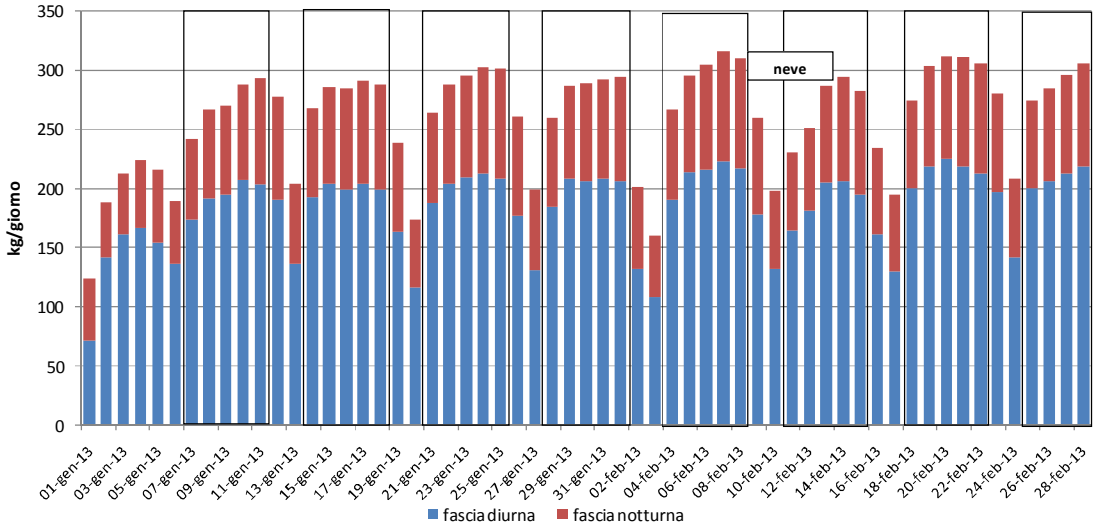


3.3 Ammoniaca

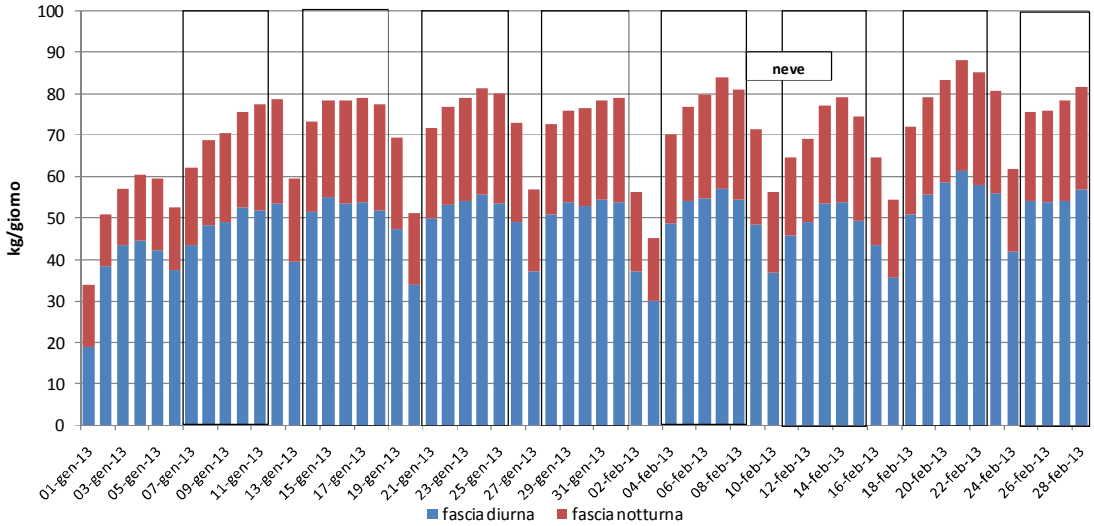


A differenza della maggior parte degli altri inquinanti, le emissioni di ammoniaca presentano tipicamente un valore massimo nei giorni di sabato. Ciò è dovuto al fatto che l'ammoniaca è, al momento attuale, un inquinante molto strettamente legato alle tecnologie a benzina Euro 1 ed Euro 2; questi autoveicoli sono soggetti a pagamento con il provvedimento 'Area C' attivo, mentre il sabato possono entrare liberamente nella ZTL Bastioni.

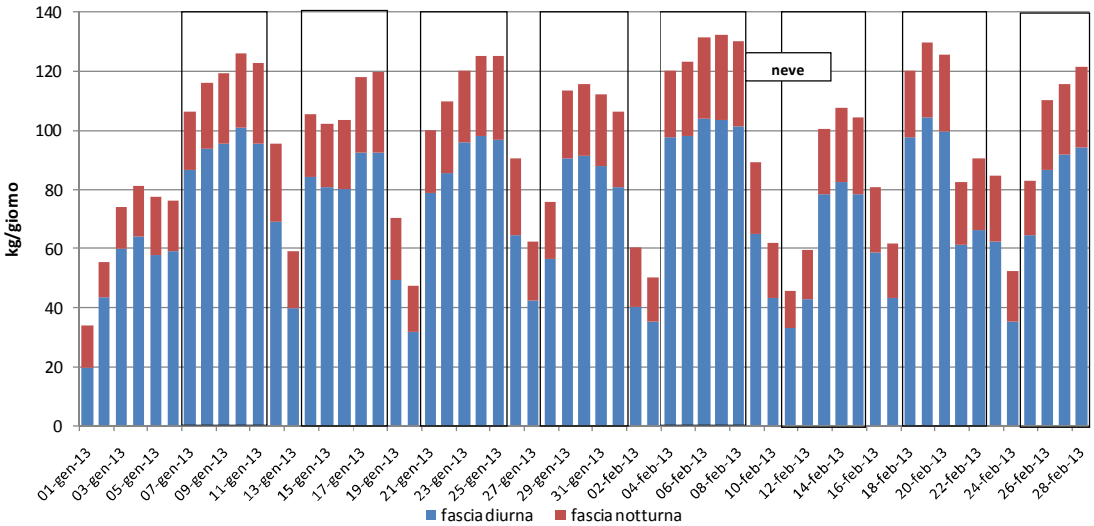
3.4 Ossidi totali di azoto



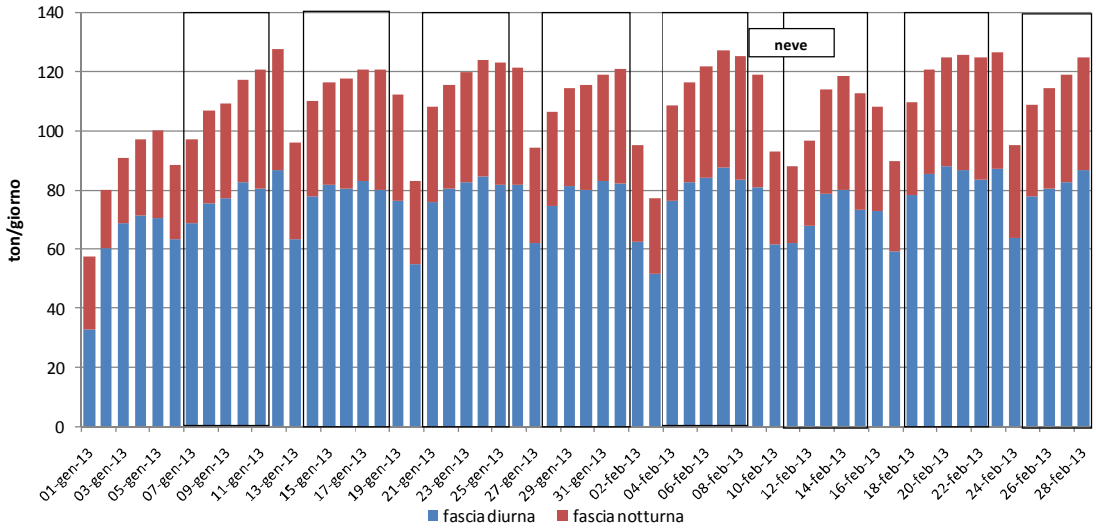
3.5 Biossido d'azoto



3.6 Composti organici volatili non metanici



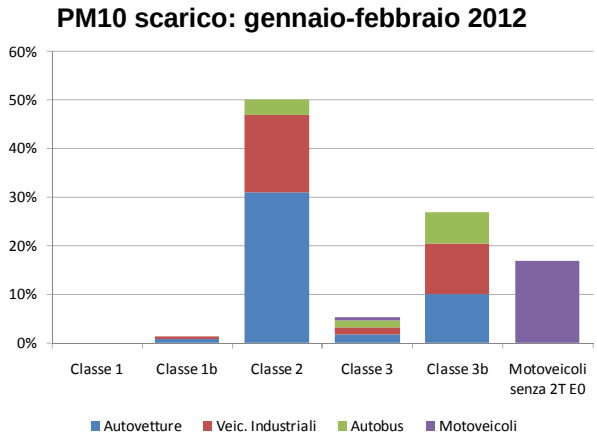
3.7 *Anidride carbonica*

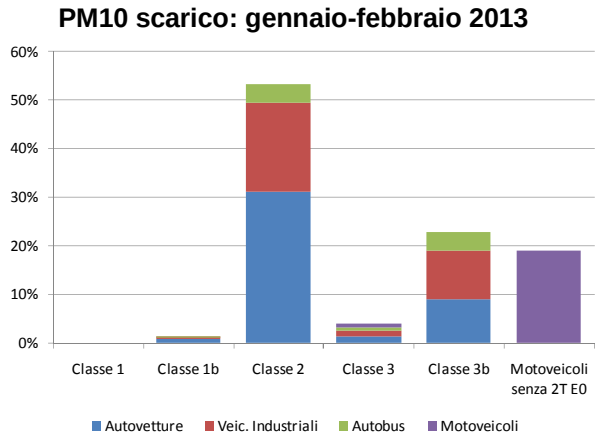


4. RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI PER CLASSE VEICOLARE

I seguenti grafici riportano la ripartizione percentuale, sul periodo gennaio – febbraio 2013, delle emissioni atmosferiche prodotte dal traffico stradale circolante in 'Area C' durante la fascia oraria di vigenza del provvedimento (fascia diurna dei giorni feriali) e il confronto sull'analogo periodo del 2012.

4.1 *PM10 allo scarico*

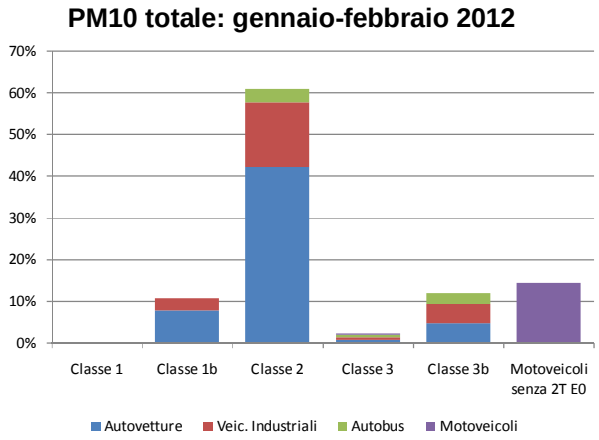


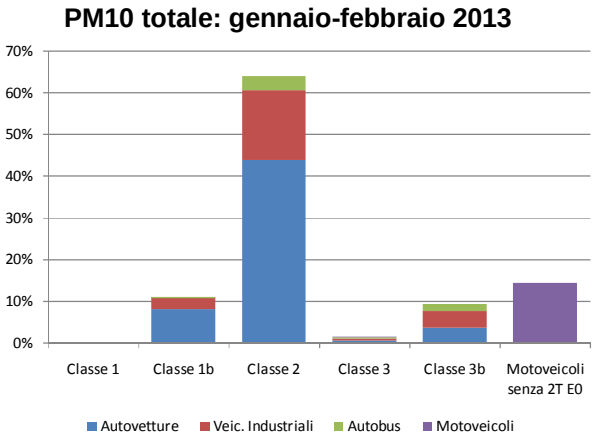


Oltre il 50% del contributo emissivo complessivo di PM10 allo scarico è dovuto ai veicoli appartenenti alla Classe 2 (in sostanza autoveicoli benzina Euro 1 e successivi nonché autoveicoli diesel Euro 4 e successivi o equivalenti dal punto di vista delle emissioni di particolato), mentre i veicoli appartenenti alla Classe 3b (autoveicoli diesel Euro 3 o equivalenti) e la classe dei motoveicoli diversi dalle moto 2 tempi Euro 0 contribuiscono ciascuna per circa il 20% delle emissioni complessive di PM10 allo scarico da traffico in 'Area C'.

Rispetto al 2012, è diminuita l'importanza dei veicoli appartenenti alle Classi 3 e 3b, a cui appartengono soprattutto autoveicoli diesel da Euro 0 ad Euro 3, ed è leggermente cresciuto il peso relativo dei motoveicoli non soggetti al divieto regionale di circolazione. La motivazione è legata al fatto che i progressi tecnologici in termini di riduzione della massa di particolato allo scarico sono più rapidi nel mondo degli autoveicoli rispetto a quello dei motoveicoli.

4.2 PM10 totale – scarico e attriti

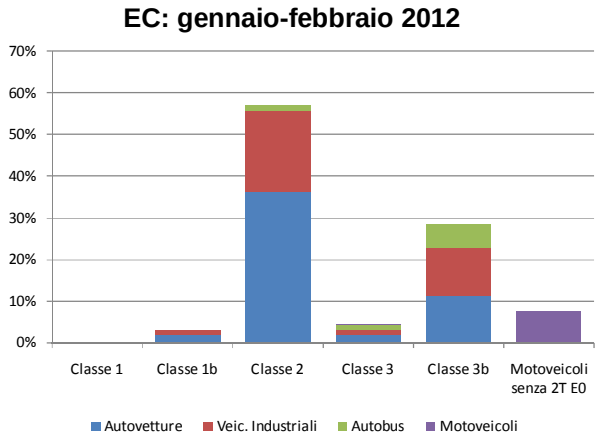


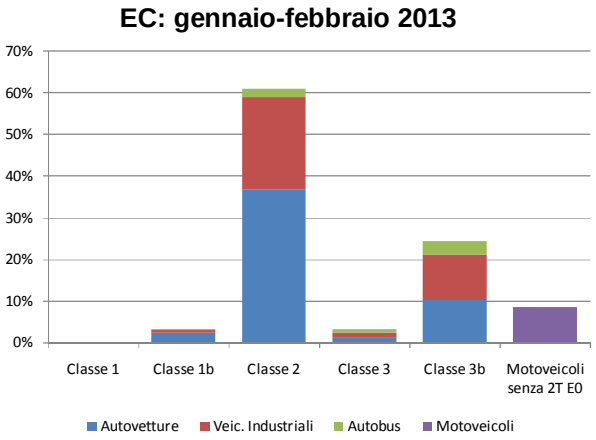


Oltre il 60% del contributo emissivo complessivo in 'Area C' di PM10 totale (scarico, usura pneumatici, usura sistema frenante, abrasione manto stradale) è dovuto ai veicoli appartenenti alla Classe 2 (in sostanza autoveicoli benzina Euro 1 e successivi nonché autoveicoli diesel Euro 4 e successivi o equivalenti dal punto di vista delle emissioni di particolato). Il restante contributo emissivo è dovuto principalmente ai motoveicoli ed ai veicoli appartenenti alle Classi 1b e 3b.

Rispetto al 2012, è diminuita l'importanza dei veicoli appartenenti alle Classi 3 e 3b, a cui appartengono soprattutto autoveicoli diesel da Euro 0 ad Euro 3, e per contro è contemporaneamente cresciuto il peso relativo ai veicoli di Classe 2.

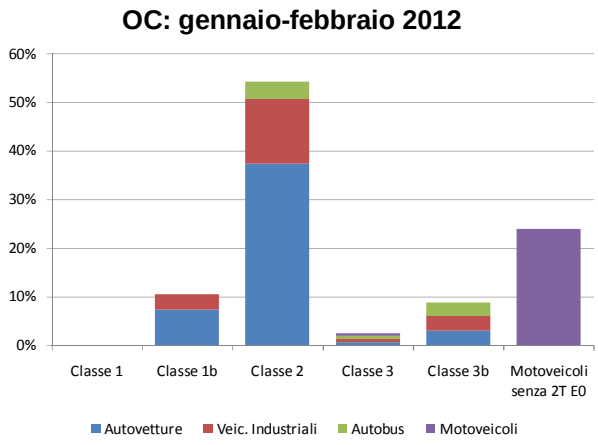
4.3 Carbonio Elementare e Carbonio Organico

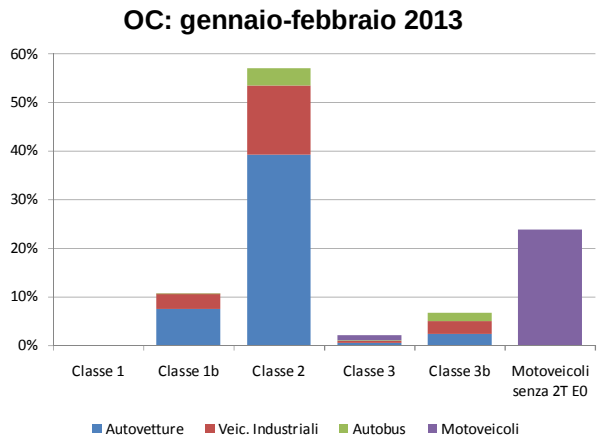




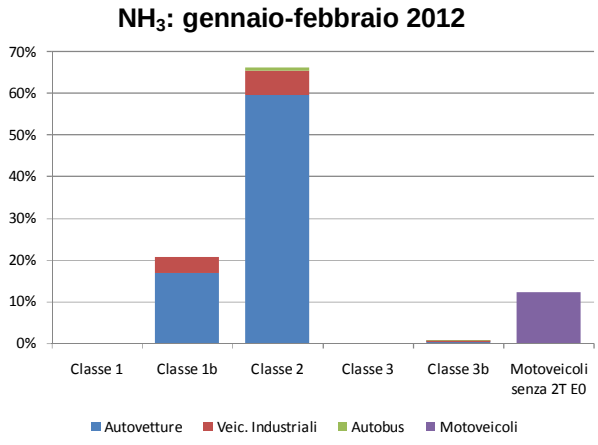
Per quanto riguarda le emissioni atmosferiche in 'Area C' della frazione carboniosa del PM10 totale, il contributo prevalente è in entrambi i casi quello legato ai veicoli appartenenti alla Classe 2 ma, mentre per il Carbonio Elementare (*grafici sopra*) la seconda Classe emissiva più importante è la 3b (autoveicoli diesel Euro 3 privi di sistemi di riduzione della massa di particolato), per il Carbonio Organico (*grafici sotto*) la seconda Classe più importante è quella dei motoveicoli, soprattutto ciclomotori e motocicli a due tempi.

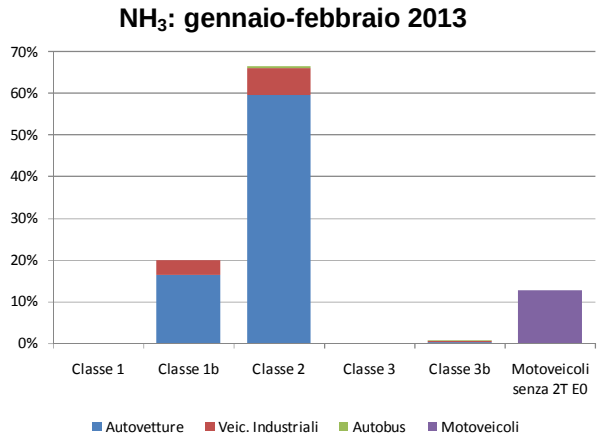
Per il Carbonio Organico non si notano sostanziali differenze con la ripartizione percentuale dell'analogo periodo del 2012, mentre nel caso del Carbonio Elementare si nota nel 2013 una minore importanza della Classe 3b, a motivo della progressiva sostituzione degli autoveicoli diesel Euro 3 in circolazione.





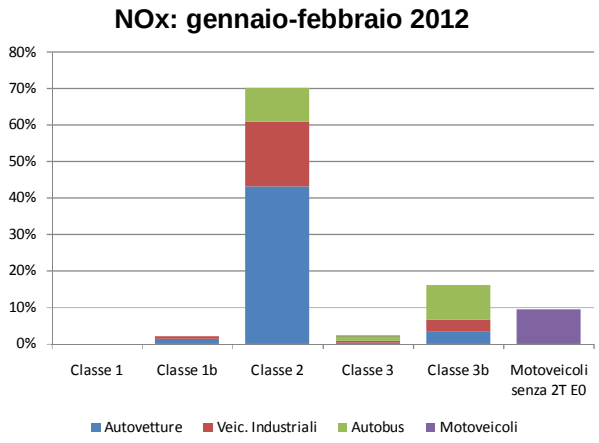
4.4 Ammoniaca

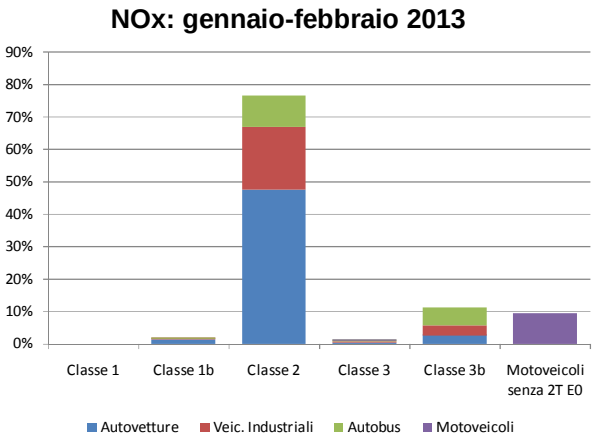




Il contributo emissivo complessivo di ammoniaca atmosferica da traffico in 'Area C' è dovuto prevalentemente alle autovetture a benzina Euro 1 ed Euro 2, appartenenti alla Classe 2. Non vi sono sostanziali differenze con la ripartizione percentuale dell'analogo periodo del 2012.

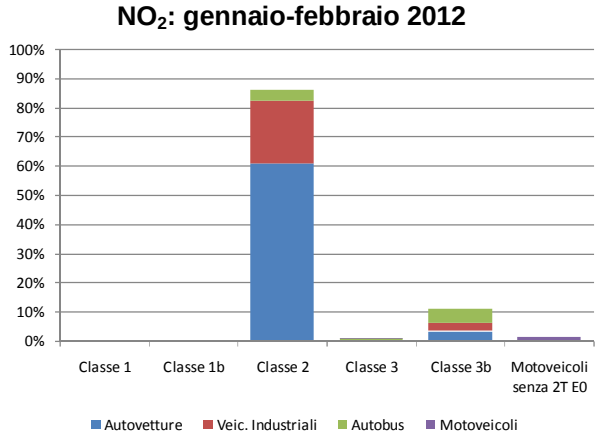
4.5 *Ossidi totali d'azoto*

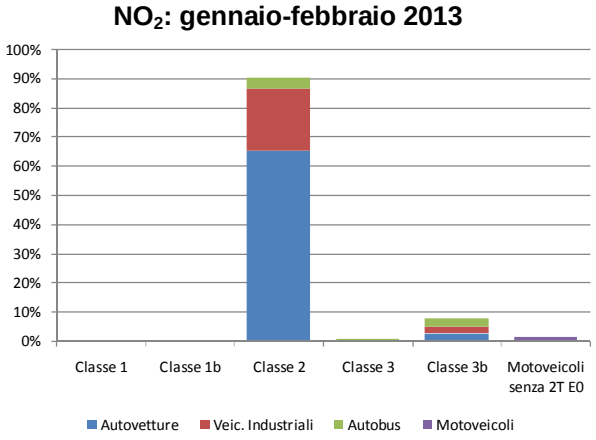




Il contributo emissivo complessivo di ossidi totali di azoto da traffico in 'Area C' è dovuto prevalentemente ai veicoli appartenenti alla Classe 2, all'interno della quale contribuiscono tutte le macrotipologie veicolari (autovetture, veicoli industriali, autobus). Non vi sono sostanziali differenze con la ripartizione percentuale dell'analogo periodo del 2012.

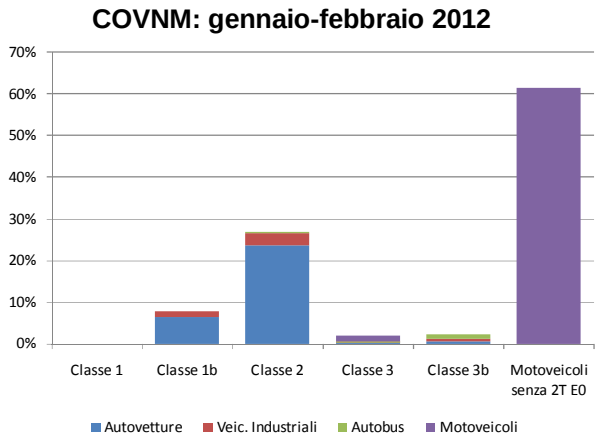
4.6 *Biossido d'azoto*

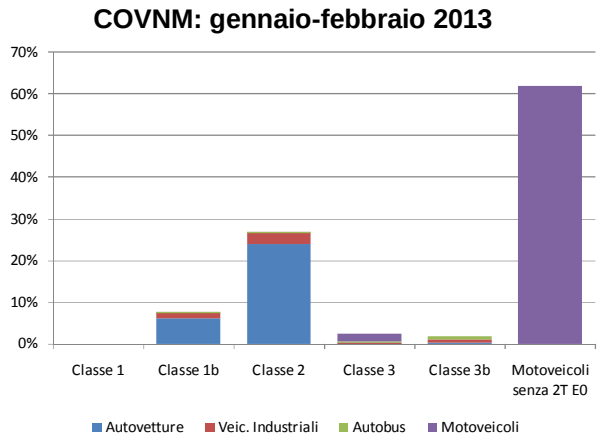




Il contributo emissivo complessivo di biossido d'azoto da traffico in 'Area C' è dovuto quasi esclusivamente ai veicoli appartenenti alla Classe 2, all'interno della quale contribuiscono soprattutto le autovetture e, in seconda battuta, i veicoli industriali. Il contributo principale è dovuto agli autoveicoli diesel, in particolare quelli di nuova generazione per quanto riguarda i veicoli leggeri, e per questo motivo la ripartizione percentuale del primo bimestre 2013 è leggermente più sbilanciata verso la Classe 2 rispetto all'analogo periodo del 2012.

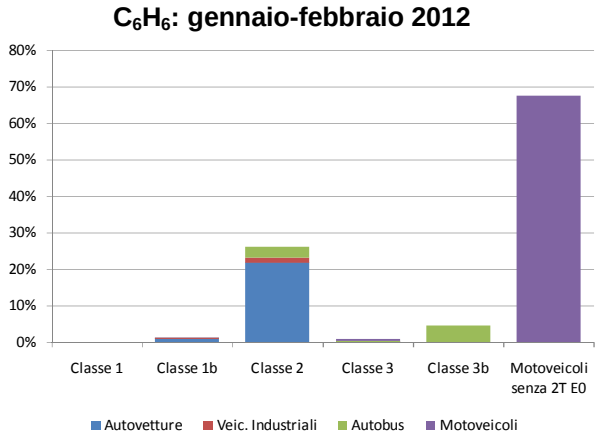
4.7 Composti organici volatili non metanici e benzene

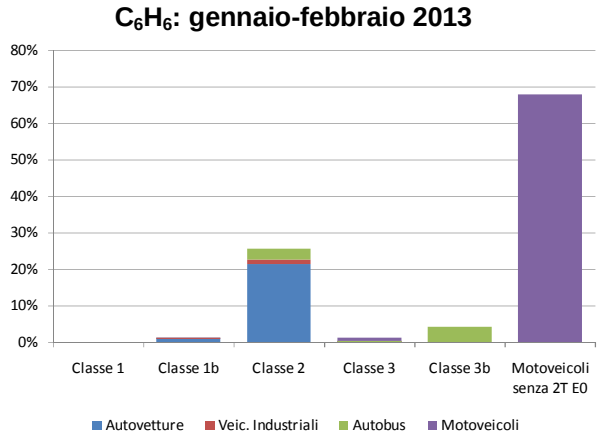




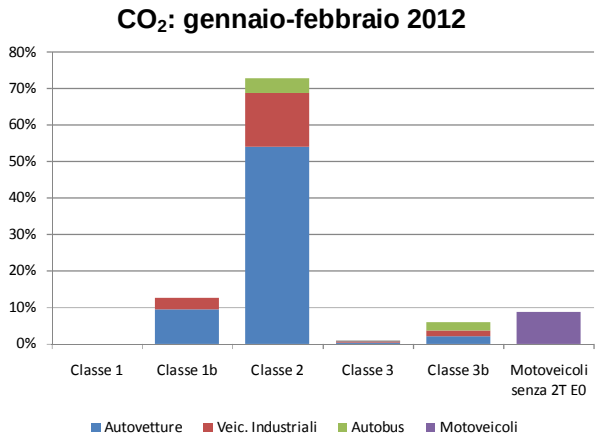
Il contributo emissivo complessivo di composti organici volatili non metanici da traffico in 'Area C' (*grafici sopra*) è dovuto prevalentemente ai motoveicoli e, in seconda battuta, agli autoveicoli appartenenti alle Classi 2 e 1b, soprattutto a quelli alimentati a benzina o GPL. Non vi sono sostanziali differenze con la ripartizione percentuale dell'analogo periodo del 2012.

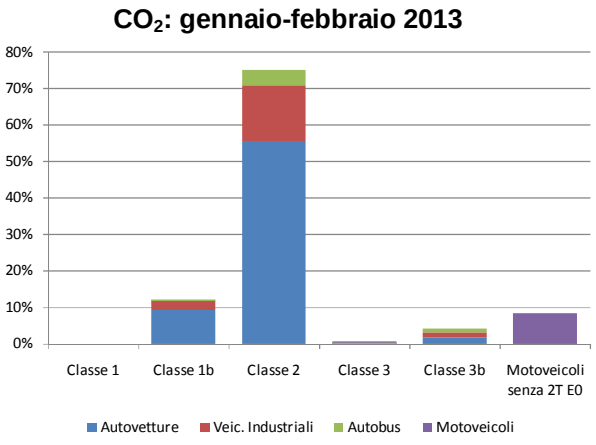
Analoga la situazione per quanto riguarda il benzene (*grafici sotto*), ad eccezione del fatto che è meno importante il contributo della Classe 1b in quanto i veicoli alimentati a GPL rilasciano in atmosfera meno benzene dei veicoli alimentati a benzina.





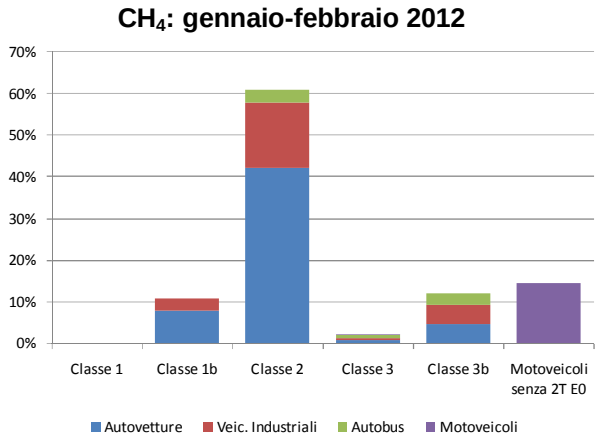
4.8 *Anidride carbonica*

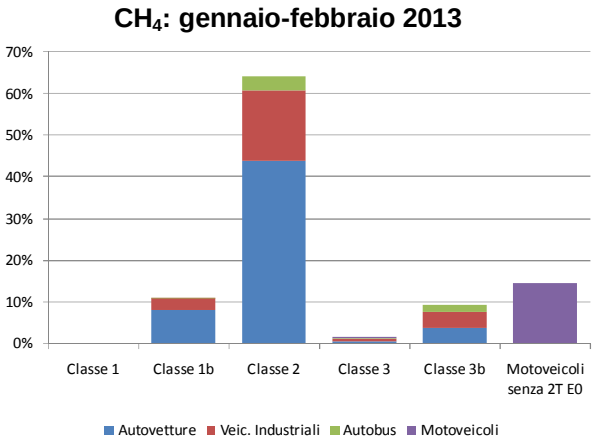




Il contributo emissivo complessivo di anidride carbonica da traffico in 'Area C' è dovuto prevalentemente ai veicoli appartenenti alla Classe 2, all'interno della quale contribuiscono soprattutto le autovetture. Non vi sono sostanziali differenze con la ripartizione percentuale dell'analogo periodo del 2012.

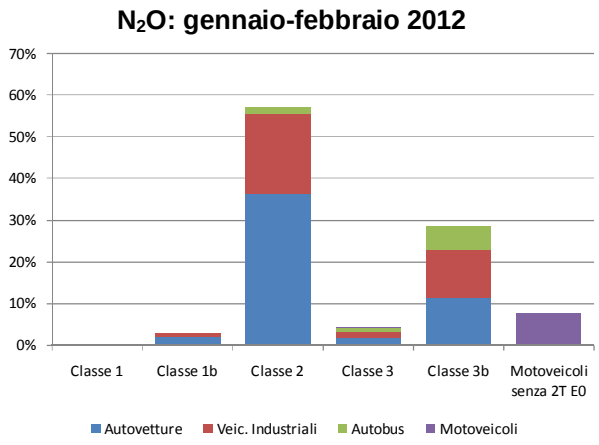
4.9 *Metano e protossido d'azoto*

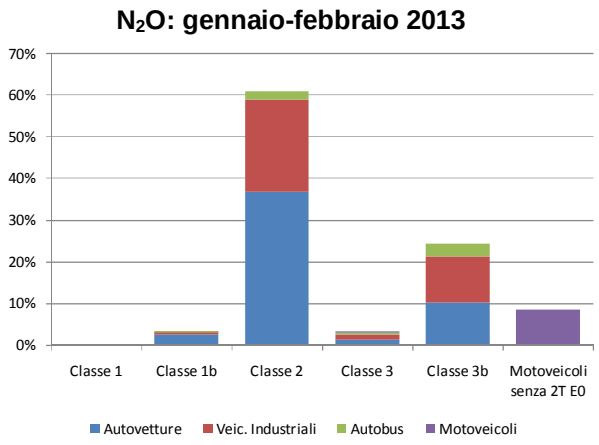




Per quanto riguarda le emissioni atmosferiche in 'Area C' degli altri due gas climalteranti qui esaminati, il contributo prevalente è in entrambi i casi legato ai veicoli appartenenti alla Classe 2. Nel caso del metano (*grafici sopra*) appare non trascurabile il contributo dei motocicli, mentre per il protossido d'azoto (*grafici sotto*) il maggiore peso delle motorizzazioni diesel fa sì la seconda Classe più importante sia la 3b.

Non si notano sostanziali differenze con la ripartizione percentuale dell'analogo periodo del 2012.

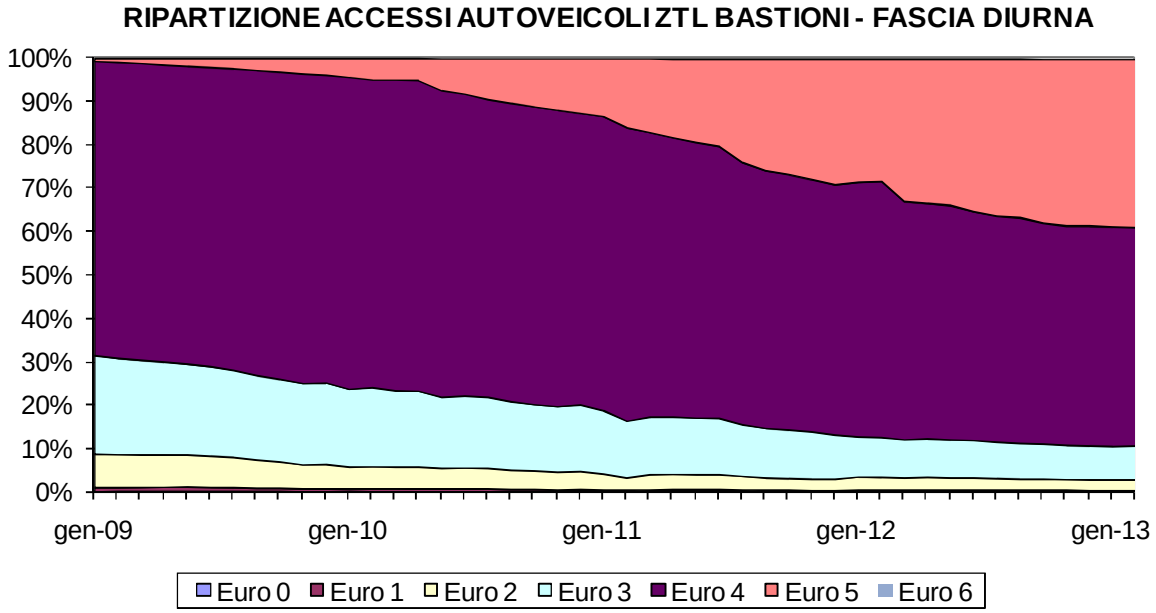




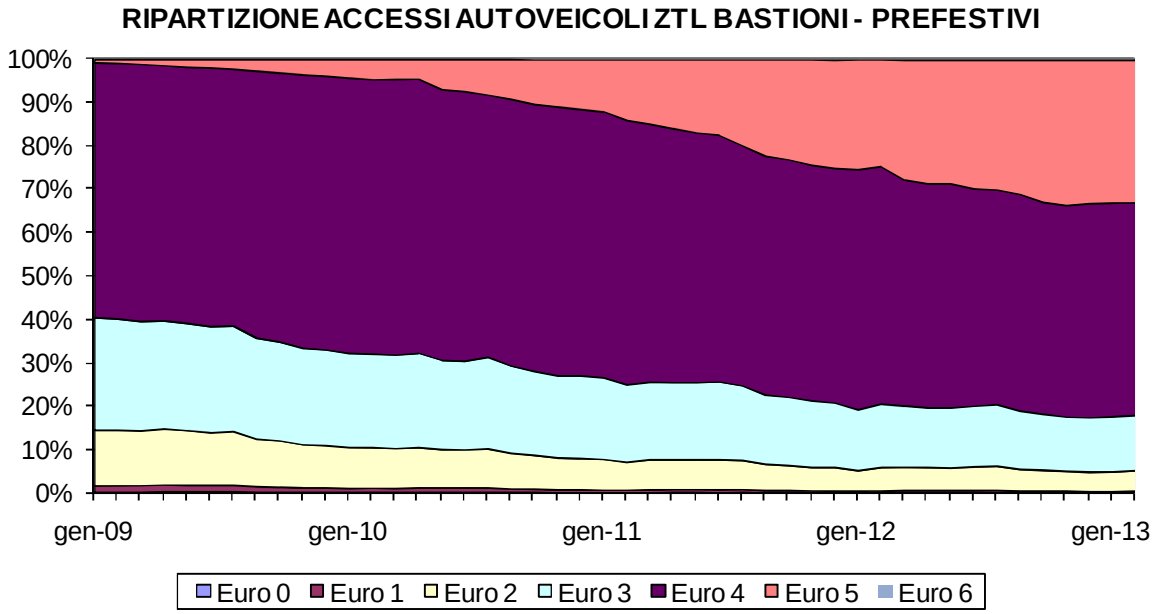
5. SERIE STORICA DELLA RIPARTIZIONE VEICOLARE IN 'AREA C'

I successivi capitoli saranno dedicati alle serie storiche delle emissioni atmosferiche da traffico stradale, tuttavia prima di affrontare tale aspetto sarà qui sinteticamente riportato, per completezza, l'andamento storico della ripartizione percentuale della composizione autoveicolare del traffico in ingresso alla ZTL Bastioni. Infatti, le emissioni atmosferiche dipendono sia dalle percorrenze complessive del traffico stradale nell'area considerata sia dall'alimentazione e dalla tecnologia adottata dai veicoli.

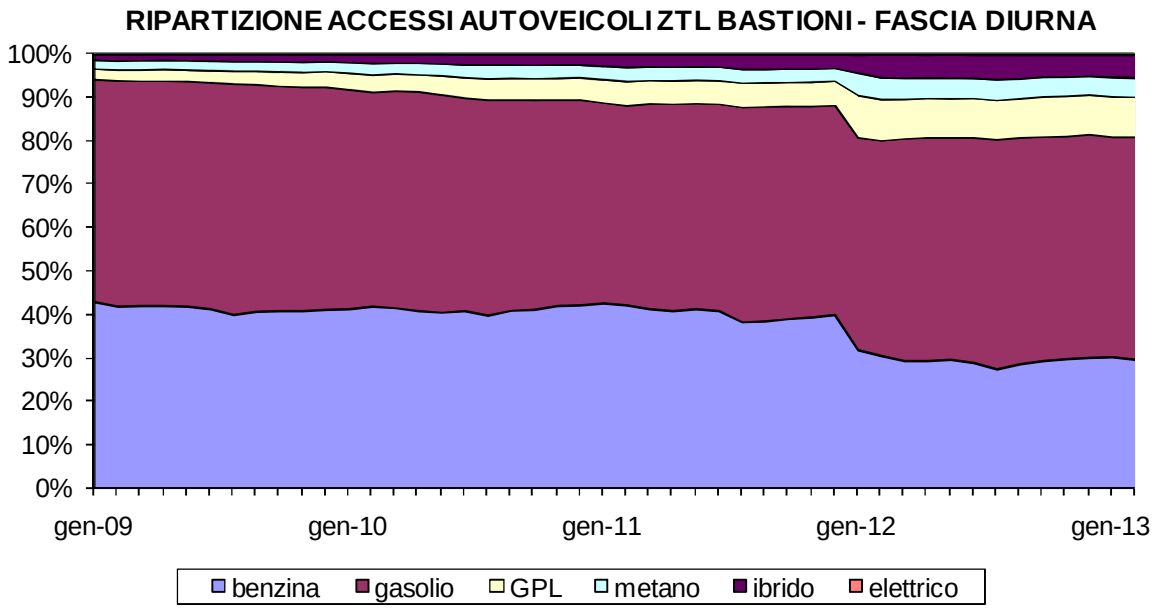
Nella sottostante figura è riportato l'andamento temporale della ripartizione percentuale degli accessi alla ZTL Bastioni, suddivisi per classe tecnologica Euro. L'andamento si riferisce alla fascia oraria diurna dei giorni feriali con provvedimenti di limitazione della circolazione vigenti. Si può vedere come gli autoveicoli Euro 5 abbiano fatto la loro prima comparsa all'inizio del 2009 e come la loro presenza sia notevolmente aumentata a partire dal 2010 fino a divenire, ben presto, la seconda classe tecnologica maggiormente diffusa dopo Euro 4. Negli ultimi mesi sembra che il ricambio tecnologico tra Euro 4 ed Euro 5 abbia subito un rallentamento.

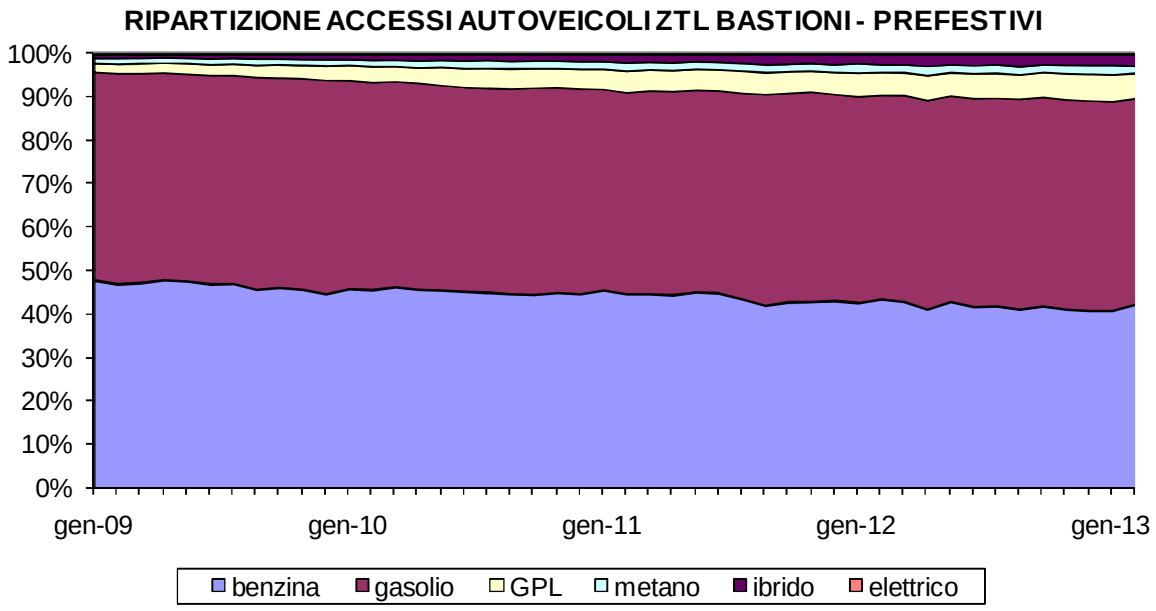


Lo stesso grafico, riferito ai giorni prefestivi invece che ai feriali, mostra come, in assenza di provvedimenti di limitazione della circolazione nella ZTL Bastioni, la percentuale di autoveicoli di classe tecnologica ante Euro 5 sia inferiore rispetto a quella rilevata nella fascia diurna dei giorni feriali.



Nei due grafici sottostanti, infine, sono riportati gli andamenti temporali della ripartizione percentuale degli accessi alla ZTL Bastioni, suddivisi per alimentazione, e relativi rispettivamente alla fascia diurna dei giorni feriali e ai giorni prefestivi. Nel primo è evidente l'effetto dell'introduzione di 'Area C', che ha inciso sugli autoveicoli a benzina e a gasolio, ma non sulle altre trazioni le quali, pertanto, hanno assunto da gennaio 2012 un peso percentuale maggiore. In ogni caso, è evidente una lenta ma continua espansione della presenza degli autoveicoli a trazione alternativa, soprattutto GPL e ibrido, che appare leggermente rallentata negli ultimi mesi.





6. SERIE STORICA DELLE EMISSIONI

In questo capitolo sono riportati i grafici relativi all'andamento storico delle emissioni atmosferiche prodotte dal traffico stradale circolante nella ZTL Bastioni nel periodo gennaio – febbraio. I grafici si riferiscono sia alle emissioni atmosferiche medie giornaliere della sola fascia oraria di vigenza del provvedimento (fascia diurna dei giorni feriali), sia alle emissioni totali di periodo (intendendo con tale termine la totalità delle emissioni generate dal traffico stradale nella ZTL Bastioni per i mesi considerati,

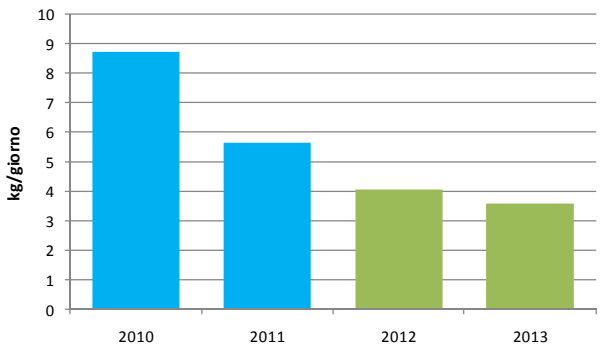
ivi inclusi i periodi notturni, i giorni prefestivi e festivi nonché le eventuali giornate soggette al blocco della circolazione stradale).

La serie storica è fornita a partire dal 2010, anno per il quale la stima delle emissioni mensili totali è stata stabilmente inserita nelle procedure di calcolo degli indicatori di monitoraggio della ZTL Bastioni. Le emissioni atmosferiche sono espresse in chilogrammi, tranne per l'anidride carbonica e per gli indicatori di potenziale climalterante che sono espressi in tonnellate.

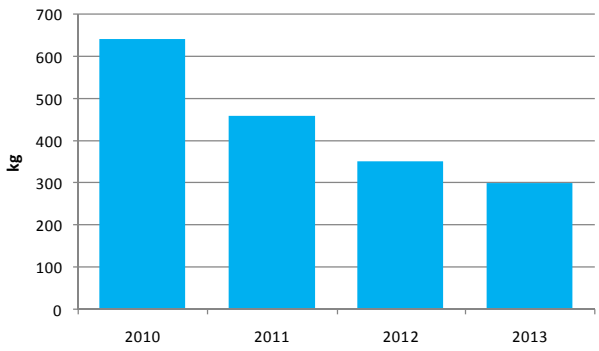
Nei grafici delle emissioni medie giornaliere diurne, i dati relativi al periodo di applicazione di 'Area C' sono riportati in colore verde.

6.1 PM10 allo scarico

PM10 scarico: emissioni giornaliere diurne



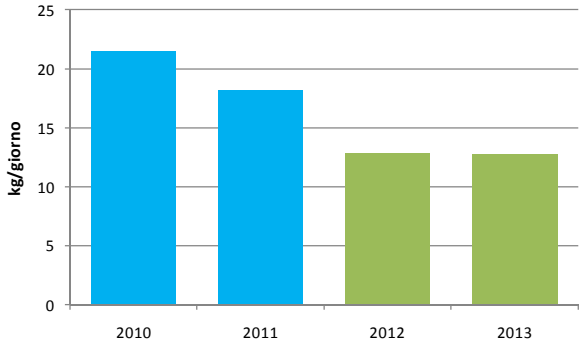
PM10 scarico: emissioni totali di periodo



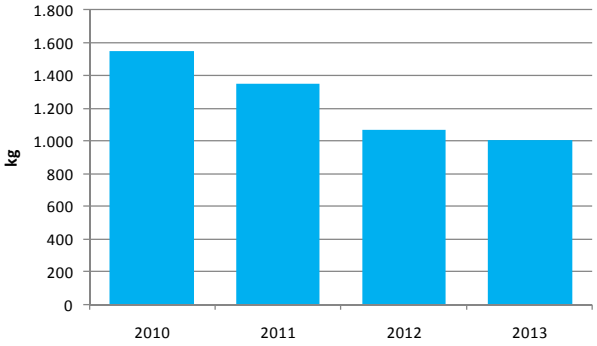
Le emissioni di PM10 allo scarico stanno continuando a decrescere, sia come media giornaliera diurna sia come totale di periodo, dimezzandosi nel giro di quattro anni: rispetto al 2010, infatti, le emissioni medie giornaliere diurne di PM10 allo scarico si sono ridotte del 59% e le emissioni totali di periodo del 53%. Il progressivo ricambio del parco veicolare circolante e le politiche di limitazione della circolazione di veicoli caratterizzati da alte emissioni di particolato atmosferico fanno sì che il trend di decrescita stia continuando anche al secondo anno di adozione del provvedimento 'Area C'.

6.2 PM10 totale – scarico e attriti

PM10 totale: emissioni giornaliere diurne



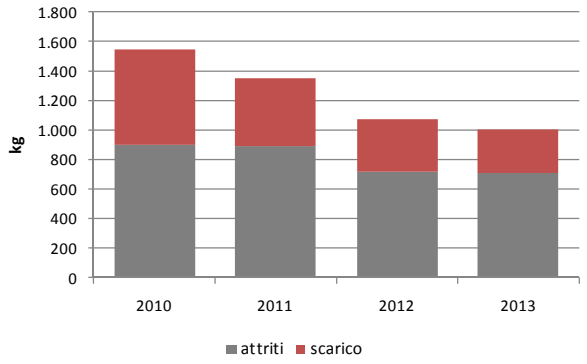
PM10 totale: emissioni totali di periodo



Le emissioni di PM10 totale da traffico (scarico e attriti) stanno continuando a decrescere, sia come media giornaliera diurna sia come totale di periodo: rispetto al 2010, infatti, le emissioni medie giornaliere diurne di PM10 totale si sono ridotte del 40% e le emissioni totali di periodo del 35%.

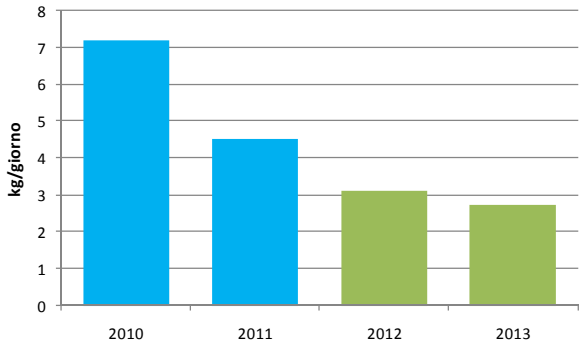
A differenza del PM10 allo scarico, il trend del PM10 totale mostra un'evidente discontinuità nel 2012, in concomitanza con l'introduzione del provvedimento 'Area C' che ha indotto una forte diminuzione del numero di autoveicoli in ingresso alla ZTL Bastioni. Poiché la maggior parte del PM10 totale da traffico è ormai dovuto ai fenomeni di attrito meccanico (si veda a tal proposito la figura sottostante), la riduzione delle percorrenze veicolari complessive in centro città nel 2012 ed una loro sostanziale stabilizzazione nel 2013 ha fatto sì che vi sia stata una forte riduzione delle emissioni di PM10 totale nel 2012 (incluse quelle dovute ai fenomeni di attrito meccanico, per le quali negli anni precedenti 'Area C' non erano state riscontrate variazioni significative) ed una meno marcata riduzione del 2013, quest'ultima legata esclusivamente alla diminuzione delle emissioni di particolato allo scarico.

Ripartizione PM10 totale in scarico e attriti: emissioni totali di periodo

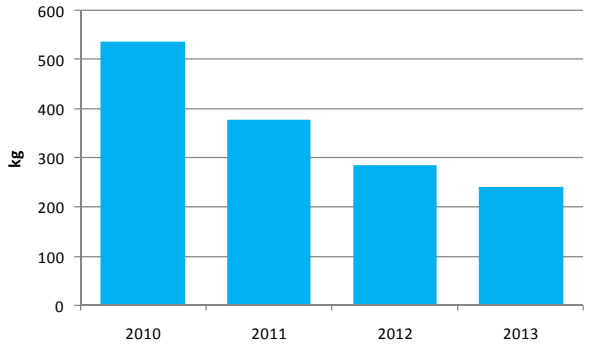


6.3 Carbonio Elementare – scarico e attriti

EC: emissioni giornaliere diurne



EC: emissioni totali di periodo

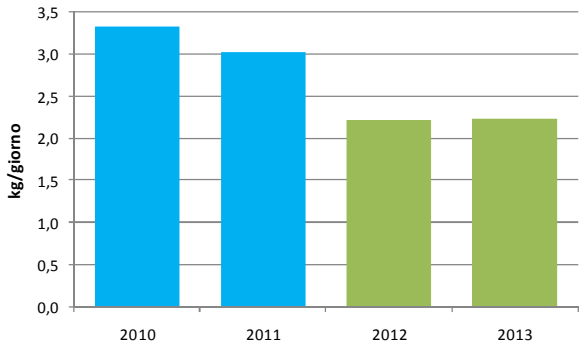


Le emissioni di Carbonio Elementare contenuto nel PM10 totale da traffico (scarico e attriti meccanici) presentano un trend di decrescita del tutto simile a quello del PM10 allo scarico, con percentuali di riduzione anche superiori. Ciò è dovuto al fatto che la maggior parte di Carbonio Elementare dovuto al traffico stradale è emesso allo scarico,

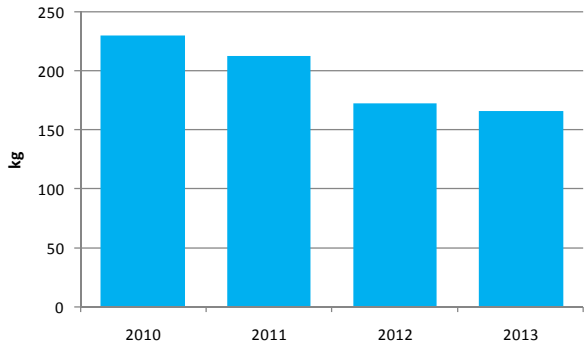
soprattutto da veicoli diesel. Rispetto al 2010, le emissioni medie giornaliere diurne di EC si sono ridotte del 62% e le emissioni totali di periodo del 55%.

6.4 Carbonio Organico – scarico e attriti

OC: emissioni giornaliere diurne



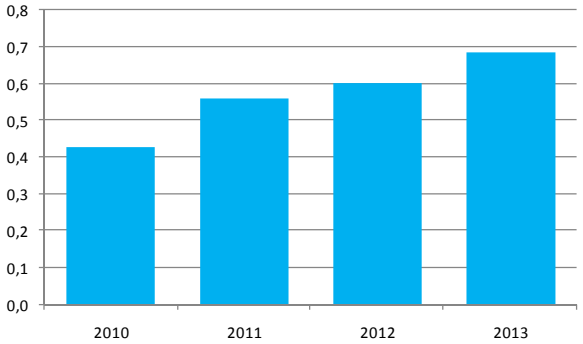
OC: emissioni totali di periodo



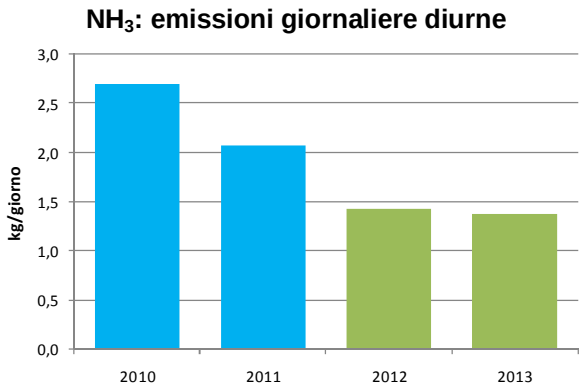
Le emissioni di Carbonio Organico contenuto nel PM10 totale da traffico (scarico e attriti meccanici) presentano un trend di decrescita simile a quello del PM10 totale. Ciò è dovuto al fatto che il Carbonio Organico dovuto al traffico stradale è contenuto sia nei gas di scarico sia nel particolato dovuto ai fenomeni di attrito meccanico. Rispetto al 2010, le emissioni medie giornaliere diurne di OC si sono ridotte del 33% e le emissioni totali di periodo del 28%.

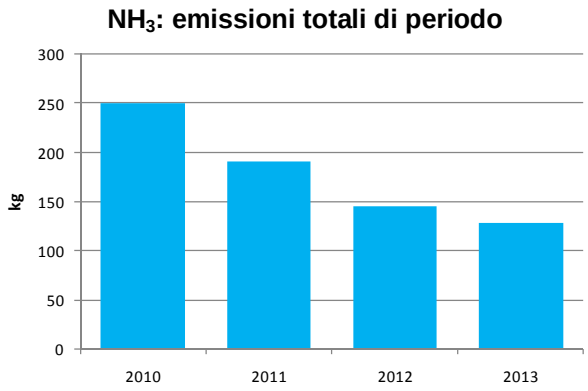
Il fatto che le emissioni di Carbonio Organico si stiano riducendo meno velocemente di quelle di Carbonio Elementare fa sì che il rapporto OC/EC, calcolato sulle emissioni da traffico in 'Area C' e legate allo scarico e agli attriti meccanici, stia progressivamente crescendo nel tempo.

Rapporto OC/EC (scarico e attriti): emissioni totali di periodo



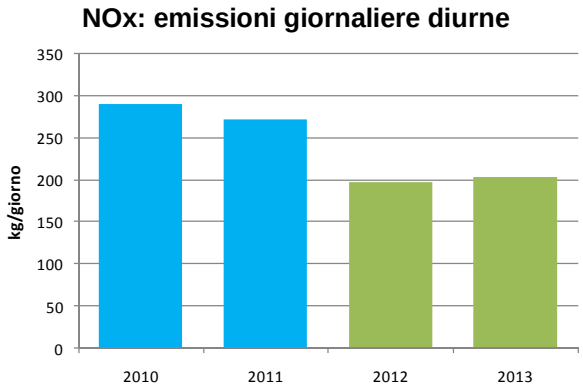
6.5 *Ammoniaca*

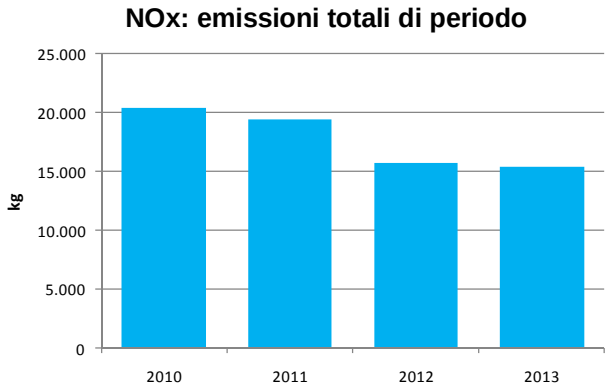




Le emissioni di ammoniaca atmosferica dovute al traffico circolante stanno continuando a decrescere, sia come media giornaliera diurna sia come totale di periodo, dimezzandosi nel giro di quattro anni: rispetto al 2010, infatti, le emissioni medie giornaliere diurne di ammoniaca si sono ridotte del 49% e le emissioni totali di periodo del 48%. Il progressivo ricambio del parco veicolare circolante e le politiche di disincentivazione dell'utilizzo nella ZTL Bastioni di veicoli caratterizzati da alte emissione di ammoniaca fanno sì che il trend di decrescita stia continuando anche al secondo anno di adozione del provvedimento 'Area C', anche se in maniera meno marcata rispetto agli anni precedenti.

6.6 *Ossidi totali d'azoto*

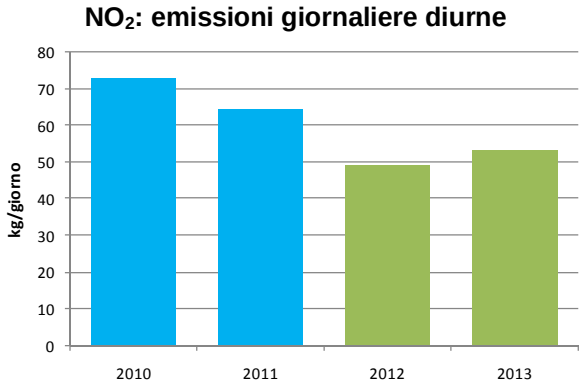


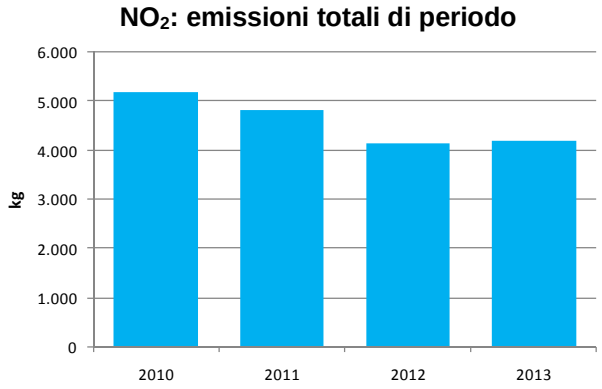


Le emissioni di ossidi totali d'azoto dovute al traffico circolante in 'Area C' nel 2013 sembrano essersi stabilizzate sui livelli del 2012, con una leggera diminuzione (-2%) sulle emissioni totali di periodo e un leggero aumento (+3%) sulle emissioni medie giornaliere diurne. Ciò è dovuto al fatto che le percorrenze veicolari complessive in 'Area C' si sono sostanzialmente stabilizzate, ma il ricambio delle flotte stradali non sta favorendo la riduzione delle emissioni di NOx. Infatti gli ossidi di azoto sono emessi da tutti i veicoli a combustione interna, ma soprattutto da quelli alimentati a gasolio. A motivo della regolamentazione della circolazione stradale in 'Area C', nella ZTL Bastioni possono entrare prevalentemente autoveicoli diesel leggeri di recente tecnologia che presentano fattori di emissione analoghi a quelli dei veicoli diesel più vecchi e molto più alti di quelli dei veicoli a benzina.

Rispetto al 2010, le emissioni medie giornaliere diurne di NOx si sono ridotte del 30% e le emissioni totali di periodo del 24%.

6.7 Biossido d'azoto

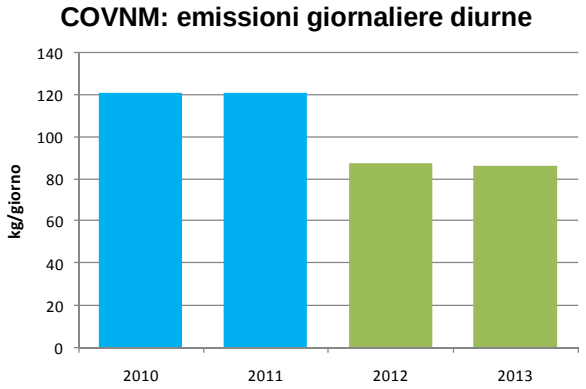


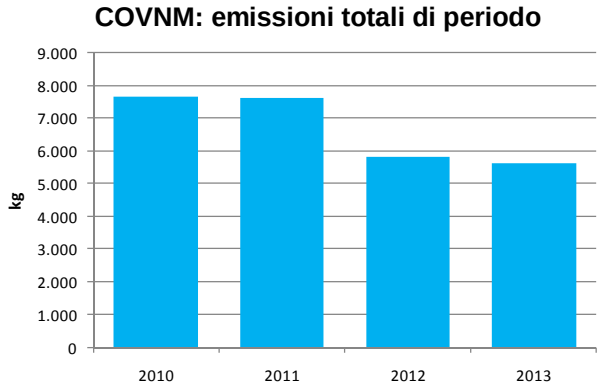


Le emissioni di biossido d'azoto dovute al traffico circolante in 'Area C' nel 2013 presentano un andamento analogo a quello degli ossidi totali di azoto, con una più marcata tendenza alla crescita dal 2012 al 2013 (+8% sulle emissioni medie giornaliere diurne, +1% sulle emissioni totali di periodo). Le motivazioni sono le medesime già illustrate per gli NOx, alle quali va aggiunto anche il fatto che le emissioni specifiche di NO_2 di autoveicoli leggeri diesel Euro 4 e Euro 5 sono (a parità di tipologia di veicolo) più alte di qualsiasi altra tecnologia e motorizzazione.

Rispetto al 2010, le emissioni medie giornaliere diurne di NO_2 si sono ridotte del 27% e le emissioni totali di periodo del 19%.

6.8 Composti Organici Volatili Non Metanici



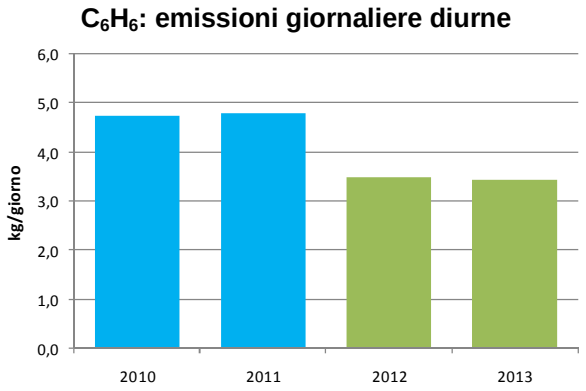


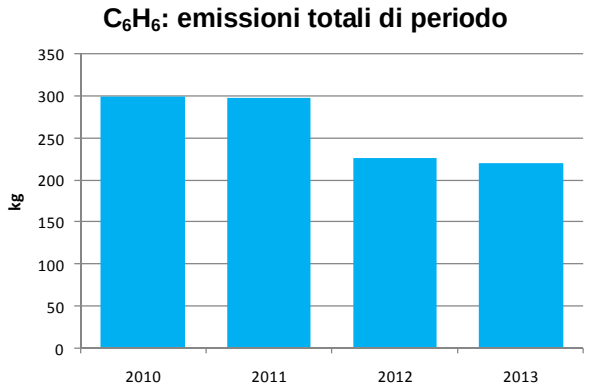
Le emissioni di composti organici volatili non metanici dovute al traffico circolante in 'Area C' nel 2013 sembrano essersi stabilizzate sui livelli del 2012, rispetto ai quali vi è una leggera diminuzione (-1% sulle emissioni medie giornaliere diurne e -3% sulle emissioni totali di periodo). Ciò è dovuto al fatto che la maggior parte delle emissioni di COVNM sono dovute ai motoveicoli che non sono regolamentati dal provvedimento 'Area C'. Le variazioni sulle emissioni di COVNM sono dunque legate alle fluttuazioni delle percorrenze dei motoveicoli nonché alla riduzione delle percorrenze degli

autoveicoli a benzina, soprattutto quelli più vecchi, che costituiscono la seconda fonte emissiva più importante di COVNM e la cui regolamentazione ha determinato la forte riduzione delle emissioni all'introduzione di 'Area C' nel 2012.

Rispetto al 2010, le emissioni medie giornaliere diurne di COVNM si sono ridotte del 29% e le emissioni totali di periodo del 26%.

6.9 Benzene

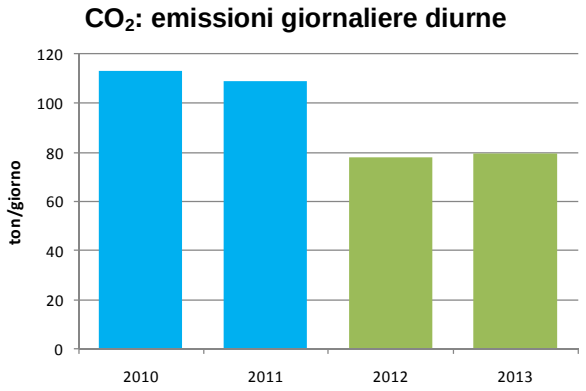


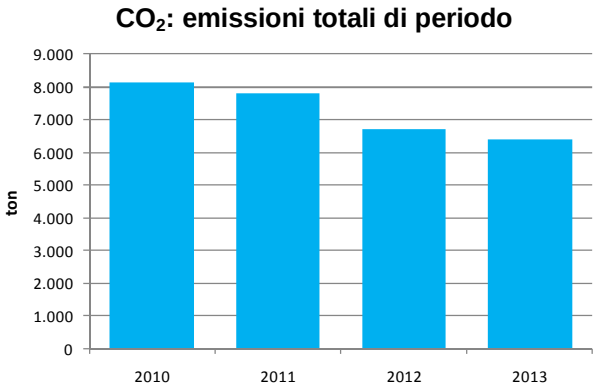


Le emissioni di benzene dovute al traffico circolante in 'Area C' presentano un andamento del tutto analogo a quello dei composti organici volatili non metanici (-2% sulle emissioni medie giornaliere diurne e -3% sulle emissioni totali di periodo). Le motivazioni sono le medesime già illustrate per i COVNM.

Rispetto al 2010, le emissioni medie giornaliere diurne di benzene si sono ridotte del 28% e le emissioni totali di periodo del 26%.

6.10 Anidride carbonica



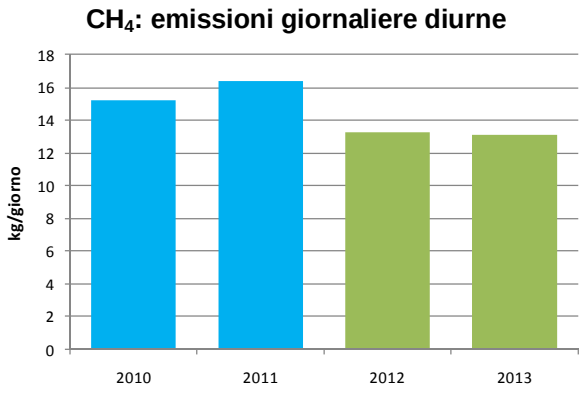


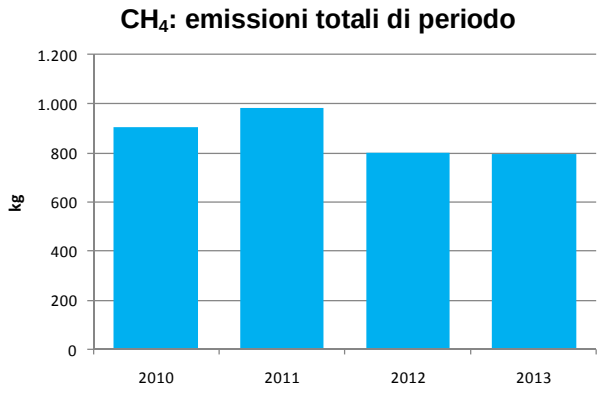
Le emissioni di anidride carbonica dovute al traffico circolante in 'Area C' nel 2013 appaiono abbastanza simili a quelle del 2012, con una diminuzione (-4%) sulle emissioni totali di periodo e un leggero aumento (+2%) sulle emissioni medie giornaliere diurne. La riduzione delle emissioni medie di periodo è legata alla maggiore presenza di veicoli a tecnologia più recente che, in generale, presentano emissioni unitarie di anidride carbonica inferiori rispetto a quelle di veicoli più datati. Il fatto che,

invece, sulle emissioni medie diurne con provvedimento vigente si rilevi un leggero incremento è dovuto al fatto che nel gennaio 2012, immediatamente dopo l'attivazione del provvedimento 'Area C', si sono registrati indici di ingresso veicolare alla ZTL Bastioni più bassi di quelli del gennaio 2013.

Rispetto al 2010, le emissioni medie giornaliere diurne di CO_2 si sono ridotte del 30% e le emissioni totali di periodo del 21%.

6.11 Metano

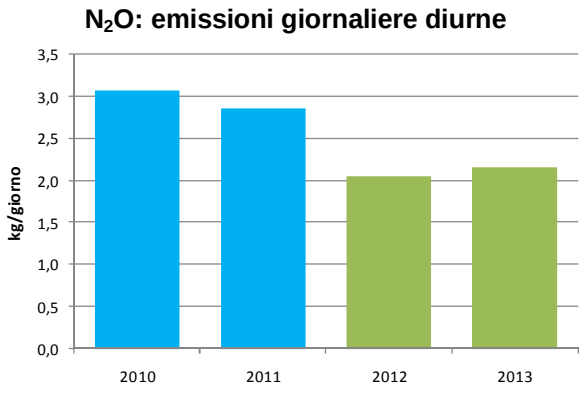


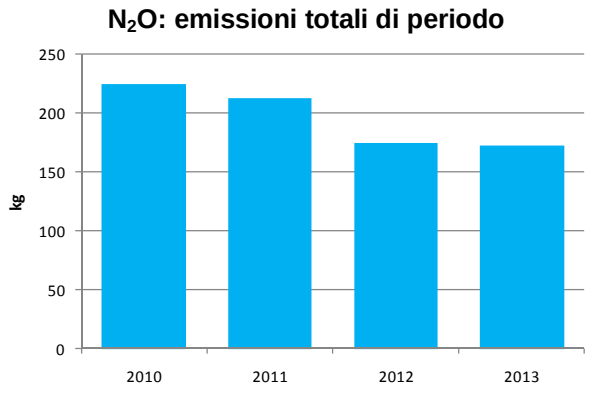


Le emissioni di metano dovute al traffico circolante in 'Area C' nel 2013 appaiono del tutto simili a quelle del 2012. L'aumento delle emissioni di metano nel 2011 è legato ad un incremento dell'utilizzo di autoveicoli (soprattutto commerciali) alimentati a metano. L'introduzione, nel 2012, del provvedimento 'Area C' ha compensato il fenomeno grazie alla riduzione complessiva delle percorrenze delle altre tipologie veicolari che, pur presentando emissioni unitarie di CH_4 inferiori rispetto a quelle dei veicoli alimentati a metano, rappresentano complessivamente il maggiore contributo delle relative emissioni atmosferiche.

Rispetto al 2010, le emissioni medie giornaliere diurne di metano si sono ridotte del 14% e le emissioni totali di periodo del 12%.

6.12 Protossido d'azoto



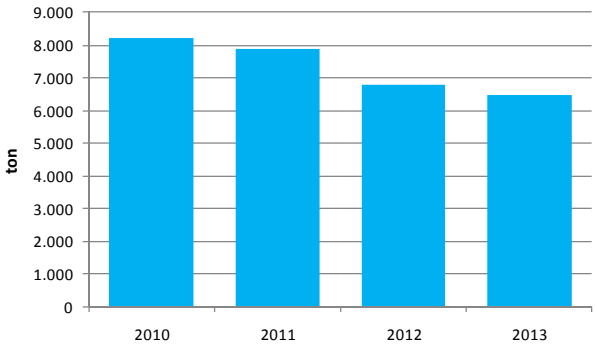


Le emissioni di protossido d'azoto dovute al traffico circolante in 'Area C' nel 2013 sono abbastanza simili a quelle del 2012, con un aumento (+6%) sulle emissioni medie giornaliere diurne e una leggera diminuzione (-1%) sulle emissioni totali di periodo. Le motivazioni sono del tutto analoghe a quelle già illustrate per l'anidride carbonica, alle quali va aggiunto anche il fatto che le emissioni specifiche di N_2O di autoveicoli diesel di recente tecnologia sono più alte degli analoghi veicoli diesel più datati.

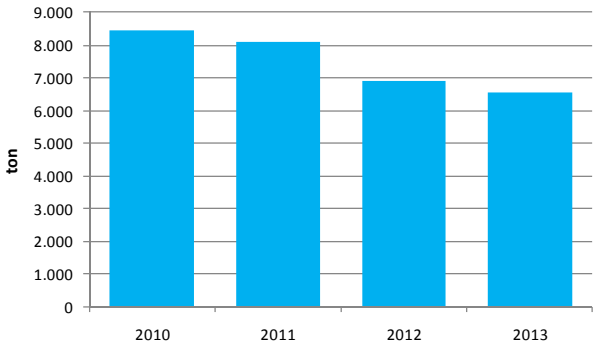
Rispetto al 2010, le emissioni medie giornaliere diurne di protossido d'azoto si sono ridotte del 29% e le emissioni totali di periodo del 23%.

6.13 Potenziale climalterante

GWP100: emissioni totali di periodo



GWP100 (EC-OC-SO_2): emissioni totali di periodo



L'indice relativo al potenziale climalterante complessivo (GWP, *Global Warming Potential*) esprime il contributo all'effetto serra delle emissioni atmosferiche degli inquinanti qui esaminati. Per ciascun inquinante è definito un potenziale climalterante in relazione alla molecola di anidride carbonica, che pertanto per definizione ha un potenziale pari a 1. L'indice è qui espresso in tonnellate di CO_{2eq}.

Facendo riferimento al 4th Assessment Report dell'IPCC (*International Panel on Climate Change*), il potenziale climalterante a 100 anni (GWP100) relativo a metano e protossido d'azoto, due gas tipicamente considerati nelle valutazioni di questo tipo, è pari rispettivamente a 25 e 298. Calcolando dunque il trend relativo al potenziale climalterante complessivo delle emissioni atmosferiche dovute al traffico veicolare circolante in 'Area C', si può notare (*figura sopra, a sinistra*) che l'andamento è del tutto simile a quello dell'anidride carbonica, con percentuali di variazione identiche al caso della CO_2: rispetto al 2010, riduzione del 21% sulle emissioni totali equivalenti di periodo.

Inoltre, è ben noto nel mondo scientifico che anche la frazione carboniosa del particolato ha degli effetti dal punto di vista dei cambiamenti climatici. L'IPCC non ha ancora fornito esplicitamente un valore di riferimento di GWP per la frazione carboniosa del particolato, tuttavia alcuni autori (si veda per esempio la pubblicazione del 2010 dell'International Council on Clean Transportation sulle strategie controllo delle emissioni di *Black Carbon*) utilizzando le informazioni presenti nel 4th Assessment Report dell'IPCC e, in particolare, gli stessi modelli dell'IPCC (Forester et al., 2007), stimano un GWP100 pari a 460 per il *Black Carbon*, a -69 per il Carbonio Organico e a -40 per gli Ossidi di Zolfo. Questi valori sono cautelativi, in quanto tengono conto solo

degli effetti diretti della frazione carboniosa e non includono gli effetti indiretti né la variazione dell'albedo delle superfici innevate, tuttavia rappresentano dei primi riferimenti congruenti con i GWP forniti per gli altri gas climalteranti sopra esaminati.

Un'altra incertezza riguarda il fatto che il *Black Carbon* e il Carbonio Elementare non rappresentano la stessa proprietà del particolato atmosferico: misure di BC e di EC condotte su analoghi campioni di particolato forniscono valori differenti in quanto essi dipendono dai metodi di misura adottati (termici per l'EC, ottici per il BC). Tuttavia vi sono diverse evidenze scientifiche che EC e BC misurati simultaneamente, pur non presentando lo stesso valore, risultano comunque dello stesso ordine di grandezza. Pertanto, assumendo che alle emissioni di Carbonio Elementare qui calcolate possa essere applicato in prima battuta lo stesso indice di GWP100 del *Black Carbon*, l'indice relativo al potenziale climalterante complessivo a 100 anni delle emissioni atmosferiche dovute al traffico veicolare circolante in 'Area C', tenendo conto anche di Carbonio Elementare, Carbonio Organico e Biossido di Zolfo (*figura sopra, a destra*), presenta comunque un andamento del tutto simile a quello dell'anidride carbonica, con una riduzione delle emissioni totali equivalenti di periodo leggermente più accentuata della sola CO_2: -22% dal 2010 al 2013.

7. RIEPILOGO EMISSIONI MENSILI DA TRAFFICO IN AREA C

Nelle seguenti tabelle sono riportate, per i principali inquinanti sopra esaminati, la serie storica delle emissioni atmosferiche mensili totali da traffico stradale in 'Area C'. Si ribadisce che per "emissioni mensili totali" si intende la totalità delle emissioni generate dal traffico stradale in 'Area C' per il mese considerato, ivi inclusi i periodi notturni, i giorni prefestivi e festivi nonché le giornate soggette al blocco della circolazione stradale.

La serie storica è fornita a partire dal 2010, anno per il quale la stima delle emissioni mensili totali è stato stabilmente inserito nelle procedure di calcolo degli indicatori di monitoraggio della ZTL Bastioni.

PM10 allo scarico (kg)				
	2010	**2011**	**2012**	**2013**
Gennaio	323	251	177	155
Febbraio	319	208	176	146
TOTALE	**642**	**459**	**353**	**301**

PM10 totale (kg)				
	2010	**2011**	**2012**	**2013**
Gennaio	763	702	547	522
Febbraio	787	654	529	491
TOTALE	**1.550**	**1.356**	**1.076**	**1.013**

Carbonio Elementare nel PM10 totale (kg)				
	2010	2011	2012	2013
Gennaio	271	208	143	125
Febbraio	267	171	145	118
TOTALE	**538**	**379**	**288**	**243**

Carbonio Organico nel PM10 totale (kg)				
	2010	2011	2012	2013
Gennaio	112	109	89	86
Febbraio	118	104	84	81
TOTALE	**230**	**213**	**173**	**166**

Ammoniaca (kg)				
	2010	2011	2012	2013
Gennaio	123	106	76	68
Febbraio	127	86	70	62
TOTALE	**250**	**192**	**147**	**130**

Ossidi totali di azoto (kg)				
	2010	2011	2012	2013
Gennaio	9.823	9.646	7.952	7.880
Febbraio	10.603	9.858	7.780	7.553
TOTALE	**20.427**	**19.503**	**15.732**	**15.433**

Biossido d'azoto (kg)				
	2010	2011	2012	2013
Gennaio	2.541	2.408	2.071	2.143
Febbraio	2.651	2.430	2.076	2.052
TOTALE	**5.192**	**4.838**	**4.147**	**4.194**

Composti organici volatili non metanici (kg)				
	2010	2011	2012	2013
Gennaio	3.762	3.973	3.146	2.966
Febbraio	3.919	3.671	2.700	2.687
TOTALE	**7.681**	**7.644**	**5.845**	**5.653**

Benzene (kg)				
	2010	2011	2012	2013
Gennaio	147	156	122	115
Febbraio	152	143	105	106
TOTALE	**299**	**299**	**227**	**220**

Anidride carbonica (ton)				
	2010	2011	2012	2013
Gennaio	3.961	3.973	3.447	3.314
Febbraio	4.185	3.860	3.271	3.107
TOTALE	**8.146**	**7.833**	**6.719**	**6.421**

Metano (kg)				
	2010	2011	2012	2013
Gennaio	437	503	433	421
Febbraio	473	484	368	377
TOTALE	**910**	**986**	**802**	**799**

Protossido d'azoto (kg)				
	2010	2011	2012	2013
Gennaio	110	107	89	89
Febbraio	116	106	86	84
TOTALE	**225**	**214**	**175**	**173**

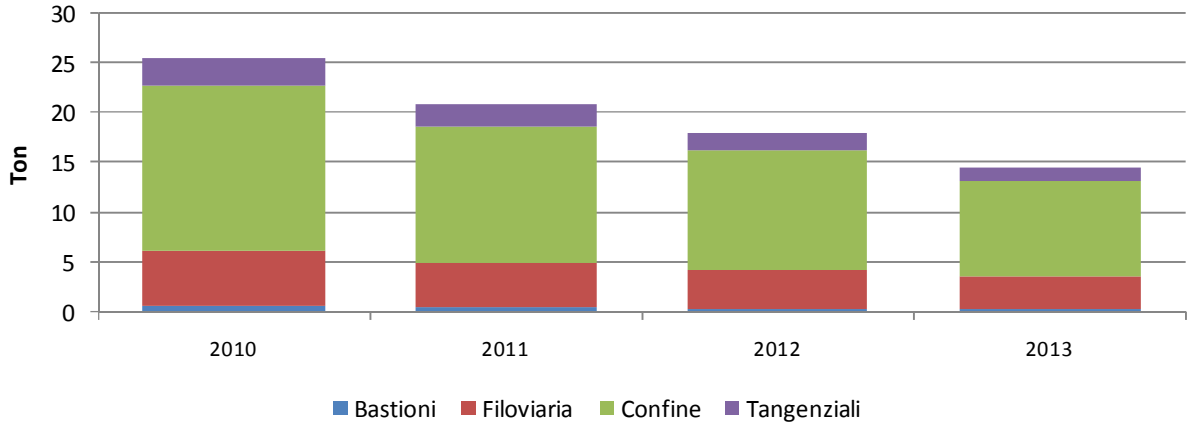
8. EMISSIONI DA TRAFFICO IN 'AREA C' E IN MILANO

In quest'ultimo capitolo vengono riportati i grafici relativi all'andamento storico delle emissioni atmosferiche prodotte dal traffico stradale circolante sull'intera città di Milano nel periodo gennaio – febbraio. I grafici riportano le emissioni suddivise per zone principali di rilascio, ovvero: 1) entro la cerchia dei Bastioni; 2) tra i Bastioni e la cerchia filoviaria; 3) tra la cerchia filoviaria e il confine comunale; 4) sui tratti urbani delle tangenziali. I dati riportati si riferiscono alle emissioni totali di periodo, intendendo con tale termine la totalità delle emissioni generate dal traffico stradale per i mesi considerati, ivi inclusi i periodi notturni, i giorni prefestivi e festivi nonché le eventuali giornate soggette al blocco della circolazione stradale.

Le emissioni da traffico sulla città sono state stimate a partire dai dati prodotti nell'ambito del PGTU 2012 (Piano Generale del Traffico Urbano) del Comune di Milano, aggiornati sulla base dei conteggi di traffico prodotti dai sistemi di rilevamento in Milano nonché, per quanto riguarda le tangenziali, sulla base degli indicatori pubblicati da AISCAT (Associazione Italiana Società Concessionarie Autostrade e Trafori).

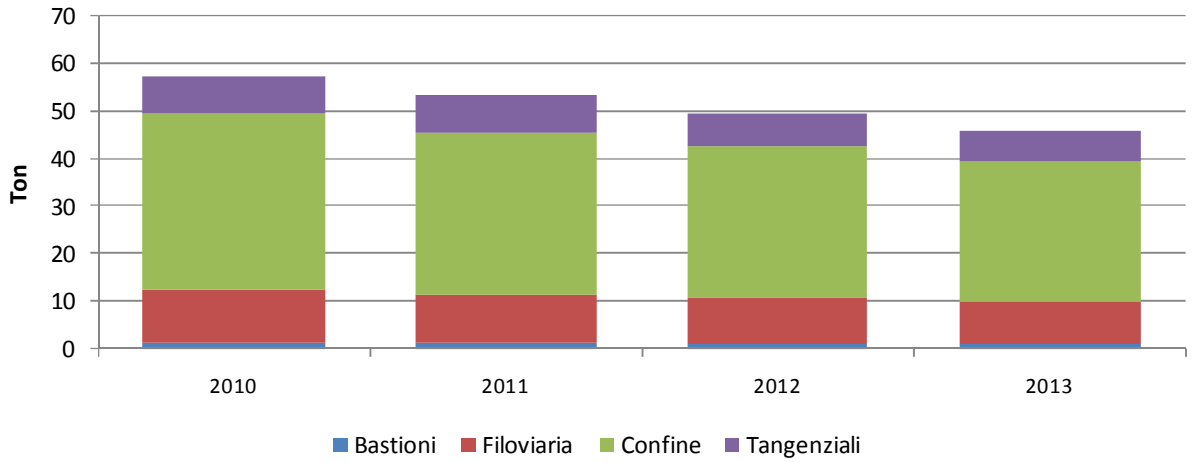
Analogamente a quanto riportato nei precedenti capitoli, la serie storica è fornita a partire dal 2010. Le emissioni atmosferiche sono espresse in chilogrammi, tranne per l'anidride carbonica e per gli indicatori di potenziale climalterante che sono espressi in tonnellate.

8.1 PM10 allo scarico



Le emissioni di PM10 allo scarico dovuto al traffico stradale circolante a Milano sono drasticamente diminuite: infatti, dal 2010 al 2013 esse si sono ridotte del 43% grazie soprattutto ai provvedimenti di disincentivazione dell'utilizzo dei veicoli caratterizzati dalle maggiori emissioni specifiche di particolato atmosferico allo scarico nonché al progressivo ricambio del parco veicolare circolante. Rispetto alla totalità delle emissioni di PM10 allo scarico, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 2-3% circa, leggermente inferiore alla percentuale di percorrenze veicolari complessive a motivo dei provvedimenti di limitazione della circolazione dei veicoli maggiormente inquinanti.

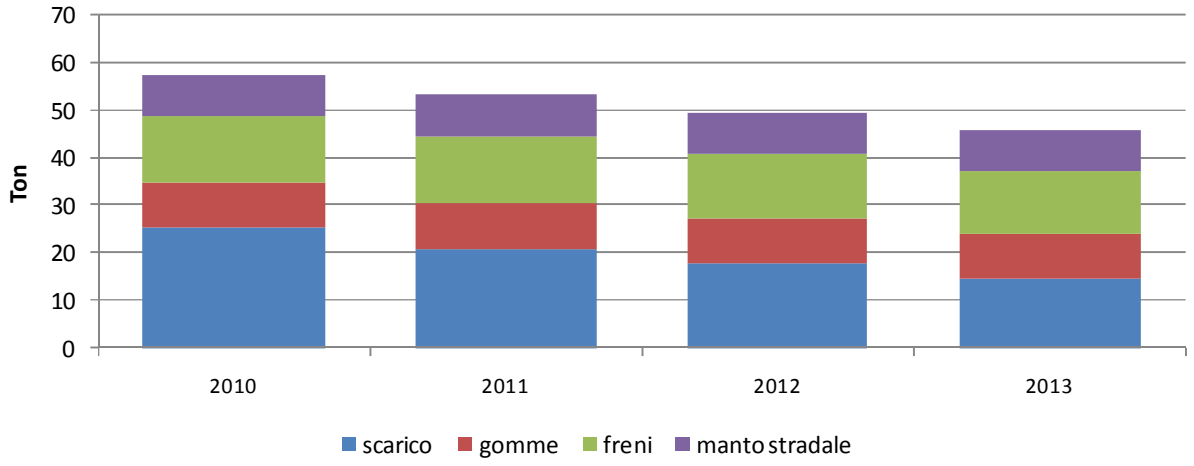
8.2 PM10 totale – scarico e attriti



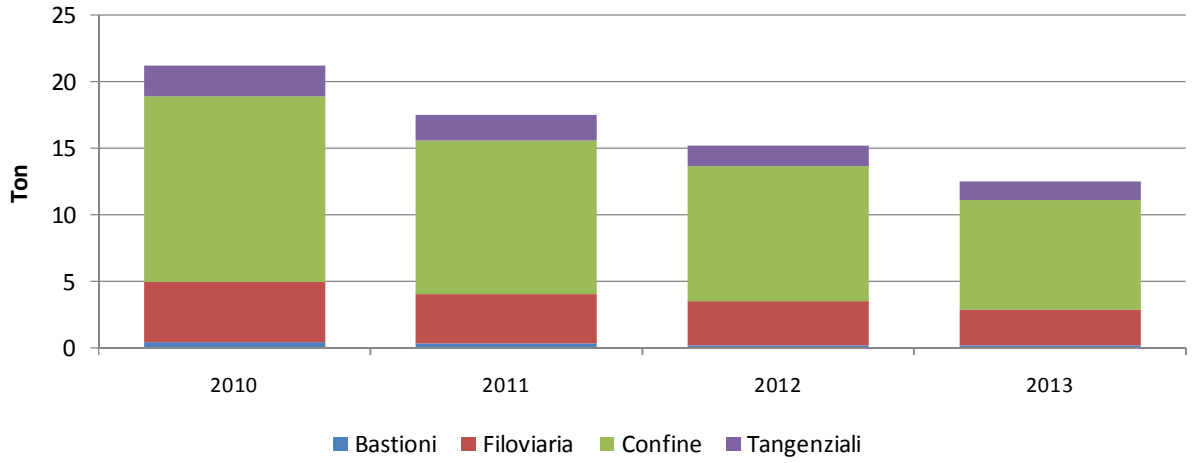
Le emissioni di PM10 totale (scarico + attriti) dovuto al traffico stradale circolante a Milano sono diminuite in maniera importante, anche se meno consistente rispetto al PM10 allo scarico: infatti, dal 2010 al 2013 esse si sono ridotte del 20%, grazie soprattutto ai provvedimenti di disincentivazione dell'utilizzo dei veicoli caratterizzati dalle maggiori emissioni specifiche di particolato atmosferico allo scarico nonché al progressivo ricambio del parco veicolare circolante e alla riduzione delle percorrenze

complessive in città. Rispetto alla totalità delle emissioni di PM10 totale da traffico, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 3% circa.

Il trend del PM10 totale evidenzia una diminuzione meno marcata rispetto al PM10 allo scarico in quanto quest'ultimo è stato ridotto anche grazie alla diffusione di tecnologie di abbattimento della massa di particolato allo scarico sui veicoli diesel, mentre il particolato atmosferico generato dagli attriti meccanici dipende quasi esclusivamente dalle percorrenze complessive dei veicoli. Ad oggi la maggior parte del PM10 totale da traffico è ormai dovuto ai fenomeni di attrito meccanico, in particolare all'usura dei sistemi frenanti (si veda la figura sottostante).

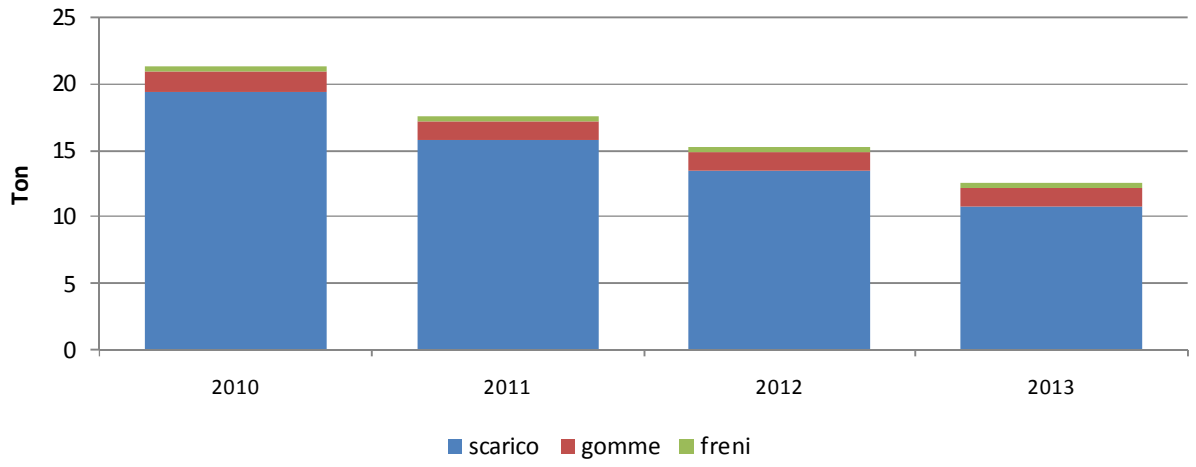


8.3 Carbonio Elementare – scarico e attriti

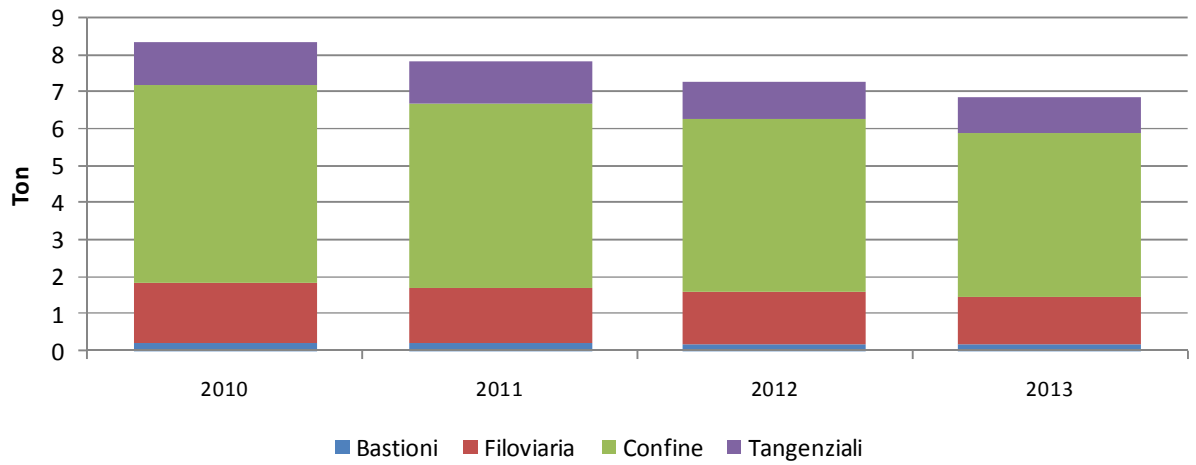


Le emissioni di Carbonio Elementare contenuto nel PM10 totale da traffico (scarico e attriti meccanici) presentano un trend di decrescita del tutto simile a quello del PM10 allo scarico: dal 2010 al 2013 esse si sono ridotte del 41%. Ciò è dovuto al fatto che la maggior parte di Carbonio Elementare dovuto al traffico stradale è emesso allo scarico (si veda figura sotto). Rispetto alla totalità delle emissioni di EC, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 2% circa, inferiore rispetto a quello della maggior parte degli altri inquinanti grazie anche ai provvedimenti di limitazione della circolazione

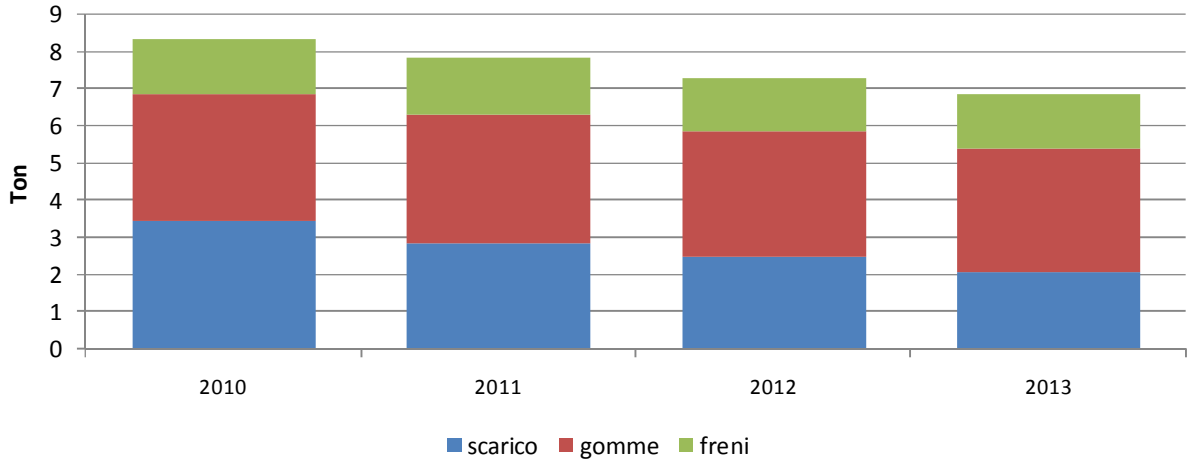
adottati in centro città nei confronti dei veicoli maggiormente responsabili delle emissioni di Carbonio Elementare.



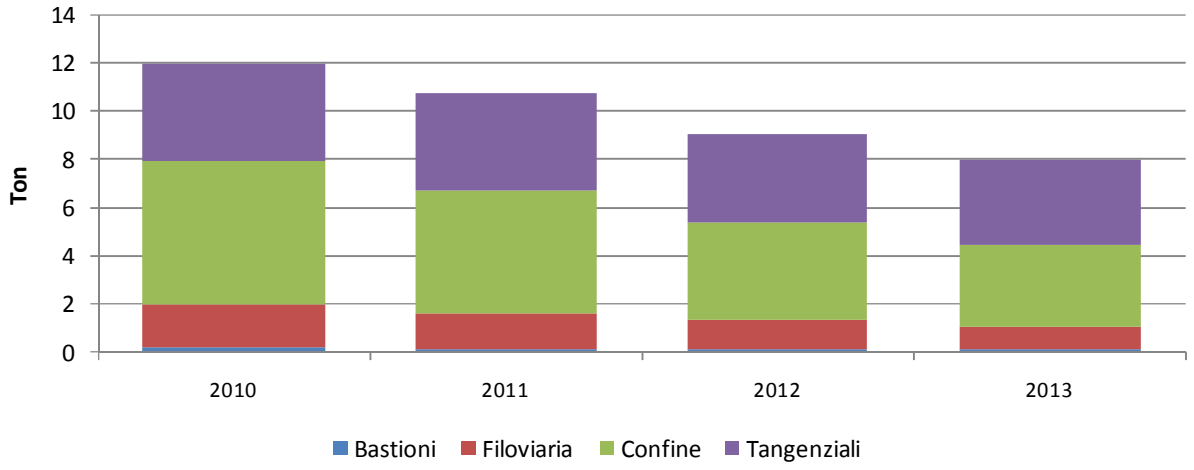
8.4 Carbonio Organico – scarico e attriti



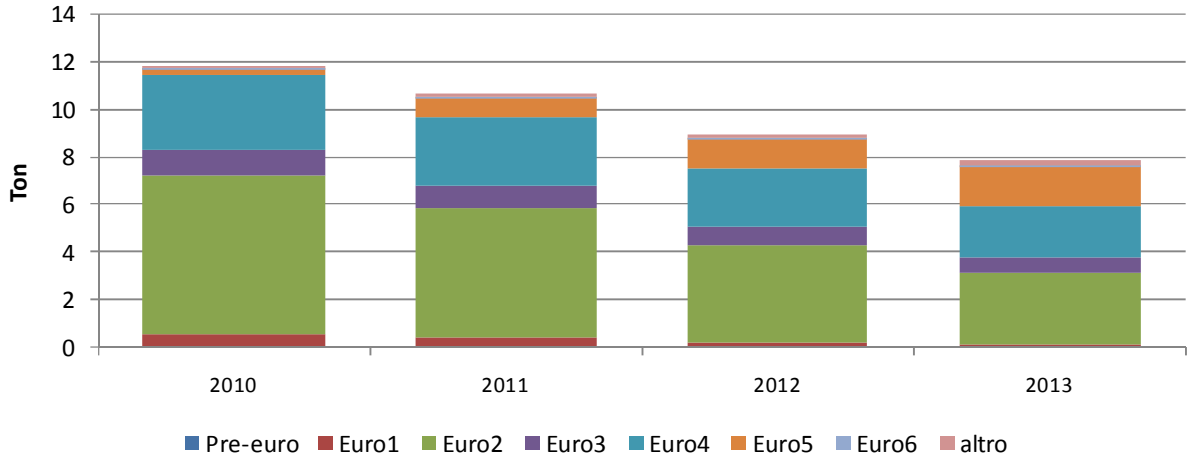
Le emissioni di Carbonio Organico contenuto nel PM10 totale da traffico (scarico e attriti meccanici) presentano un trend di decrescita simile a quello del PM10 totale: dal 2010 al 2013 esse si sono ridotte del 18%. Ciò è dovuto al fatto che il Carbonio Organico dovuto al traffico stradale è contenuto sia nei gas di scarico sia nel particolato atmosferico dovuto ai fenomeni di attrito meccanico (si veda figura sotto). Rispetto alla totalità delle emissioni di PM10 allo scarico, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 3% circa.



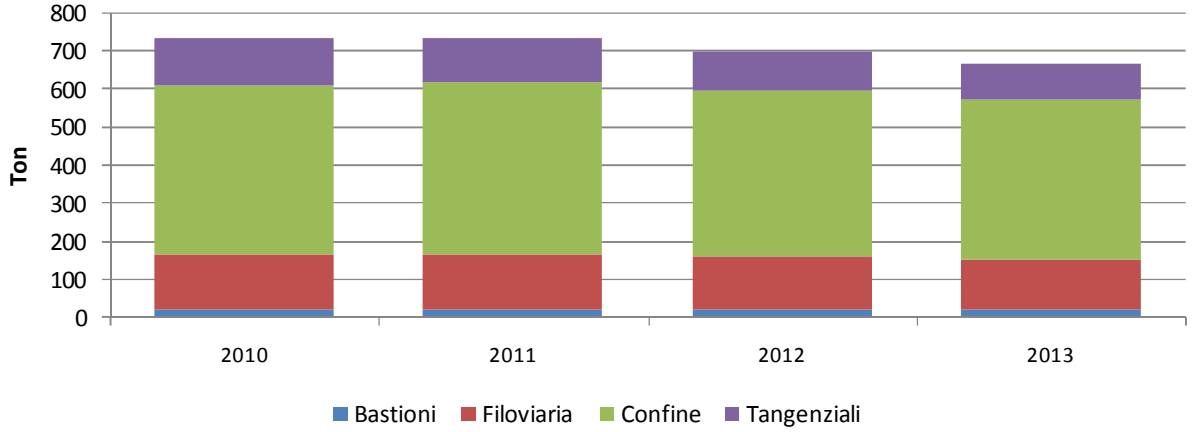
8.5 Ammoniaca



Le emissioni di ammoniaca atmosferica dovute al traffico stradale circolante a Milano sono drasticamente diminuite: infatti, dal 2010 al 2013 esse si sono ridotte del 33% grazie soprattutto al progressivo ricambio del parco veicolare circolante, in particolare alla sostituzione degli autoveicoli a benzina Euro 2 il cui contributo emissivo si è più che dimezzato (si veda figura sottostante). Sull'analogo periodo temporale il fattore di emissione medio di NH_3 da traffico a Milano si è ridotto del 33%. Rispetto alla totalità delle emissioni di ammoniaca atmosferica dovute al traffico, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 2% circa, inferiore rispetto a quello della maggior parte degli altri inquinanti grazie anche ai provvedimenti di disincentivazione della circolazione adottati in centro città nei confronti dei veicoli maggiormente responsabili delle emissioni di ammoniaca.

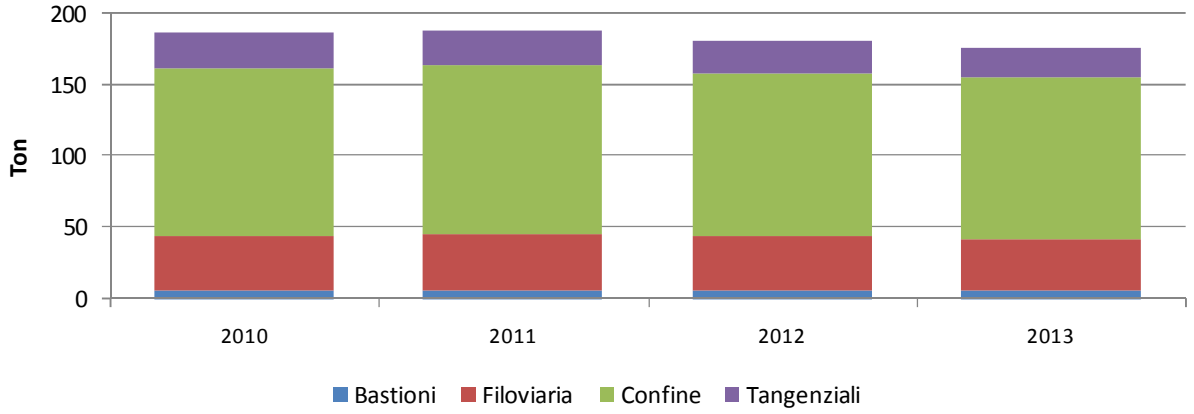


8.6 Ossidi totali d'azoto

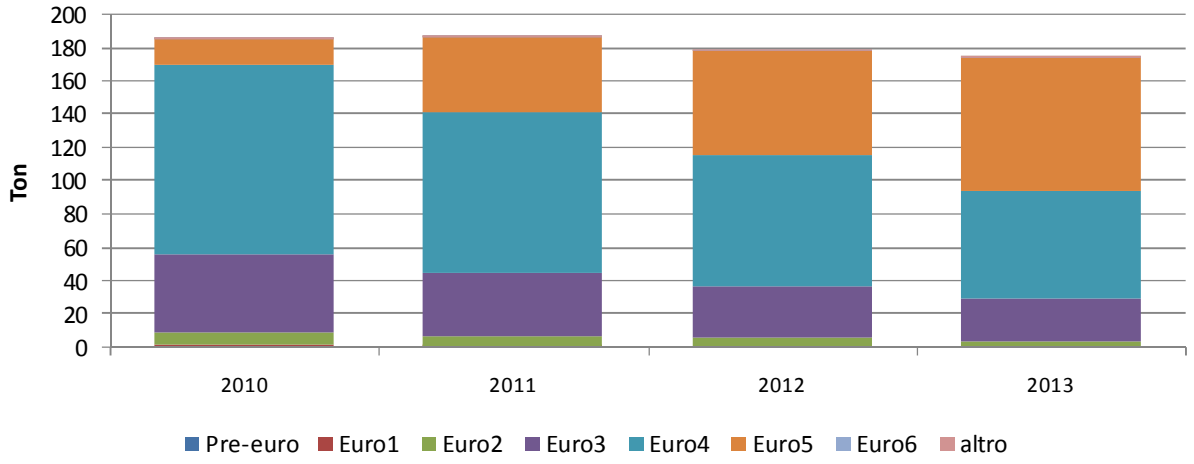


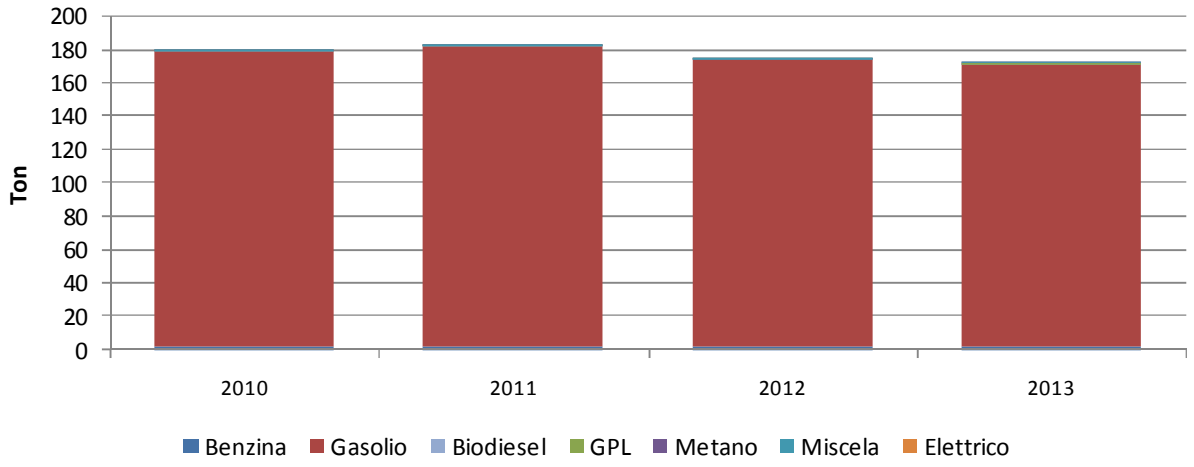
Le emissioni di ossidi totali d'azoto da traffico stradale circolante a Milano sono diminuite, dal 2010 al 2013, del 9% grazie soprattutto al progressivo ricambio del parco veicolare circolante: infatti, sull'analogo periodo temporale il fattore di emissione medio di NOx da traffico a Milano si è ridotto del 6%. Rispetto alla totalità delle emissioni di ossidi totali d'azoto da traffico, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 3%.

8.7 Biossido d'azoto



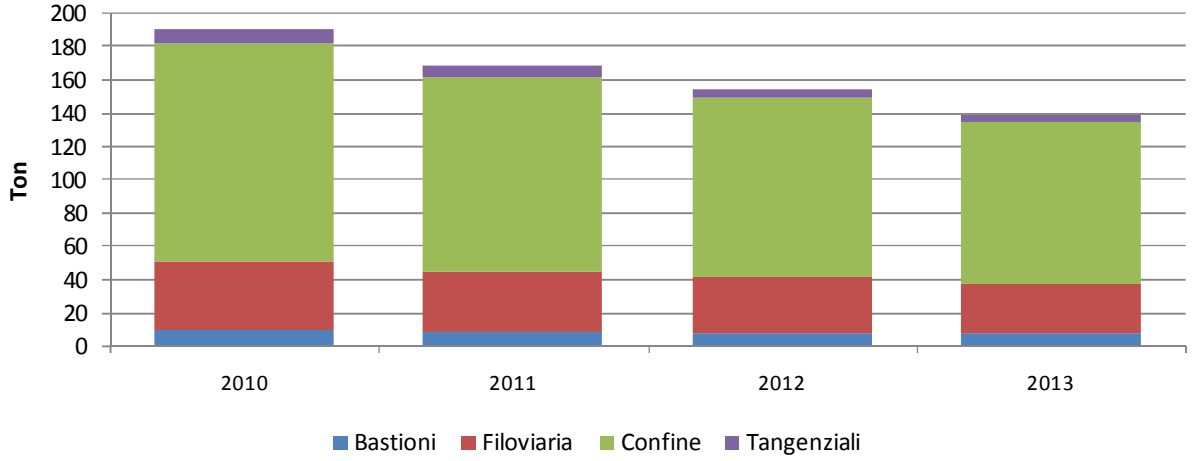
Le emissioni di biossido d'azoto da traffico stradale circolante a Milano sono diminuite più lentamente rispetto agli NOx (-6% dal 2010 al 2013). Ciò è dovuto al fatto che il ricambio del parco veicolare circolante sta favorendo in maniera più marginale la riduzione delle emissioni di biossido d'azoto (sull'analogo periodo temporale il fattore di emissione medio di NO_2 da traffico a Milano è diminuito solo del 3%) in quanto gli autoveicoli leggeri caratterizzati dalle maggiori emissioni specifiche di NO_2 sono di gran lunga i veicoli diesel di recente generazione (Euro 4 e Euro 5). A questo proposito si vedano i due grafici sottostanti che mostrano come già oggi le emissioni di biossido d'azoto siano dovute prevalentemente ai veicoli appartenenti alla classe tecnologica Euro 5 (quella attualmente sul mercato), e siano dovute quasi esclusivamente ai veicoli diesel.





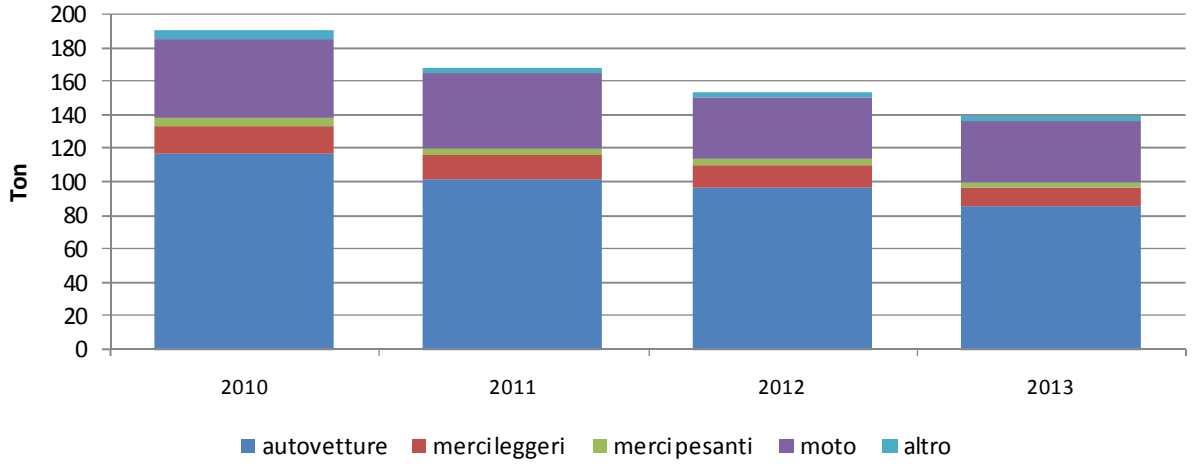
Rispetto alla totalità delle emissioni di biossido d'azoto da traffico a Milano, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 3%.

8.8 Composti Organici Volatili Non Metanici

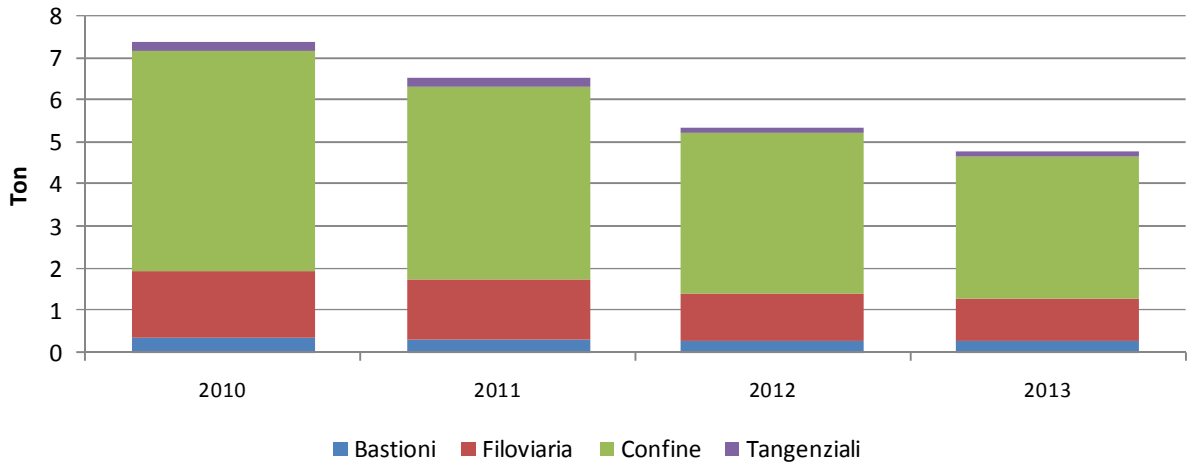


Le emissioni di composti organici volatili non metanici totali (inclusi quelli dovuti ai fenomeni di evaporazione) dovute al traffico circolante a Milano sono diminuite del 27% dal 2010 al 2013, grazie soprattutto al progressivo ricambio del parco veicolare circolante e alla riduzione delle percorrenze dei veicoli a benzina più vecchi. Infatti, sull'analogo periodo temporale il fattore di emissione medio di composti organici volatili non metanici da traffico a Milano si è ridotto del 25%.

Rispetto alla totalità delle emissioni di composti organici volatili non metanici totali da traffico, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 5%, una percentuale superiore rispetto a quello della maggior parte degli altri inquinanti. Ciò è dovuto al consistente utilizzo in centro città dei motocicli, che a Milano costituiscono una delle principali fonti emissive di NMVOC da traffico (si veda figura sottostante).



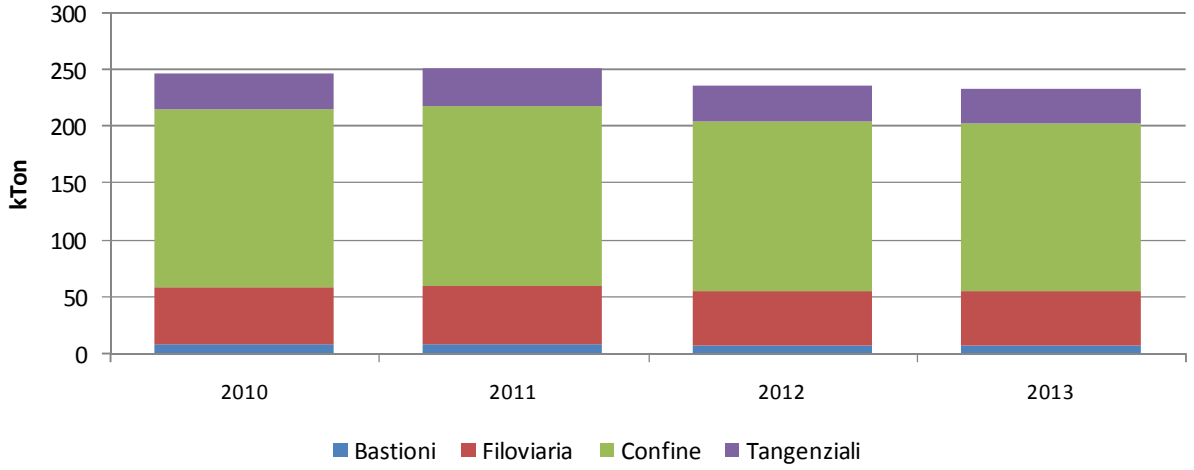
8.9 Benzene



Le emissioni di benzene dovute al traffico circolante a Milano presentano una decrescita più accentuata rispetto a quella dei composti organici volatili non metanici: dal 2010 al 2013 esse sono diminuite del 35%, quasi esclusivamente a motivo del ricambio del parco veicolare (il fattore di emissione medio di benzene da traffico a Milano si è ridotto sullo stesso periodo del 33%).

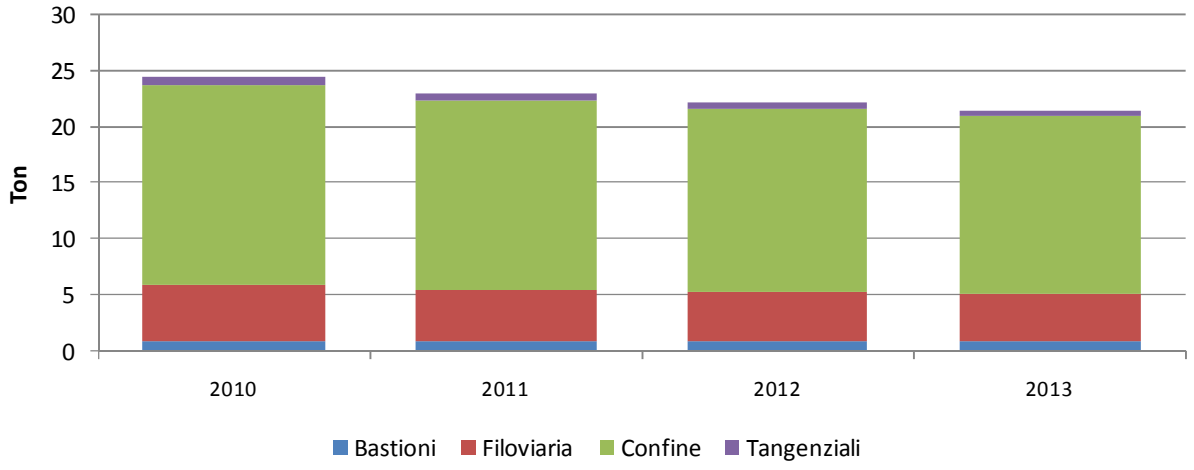
Rispetto alla totalità delle emissioni di benzene da traffico, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è superiore rispetto quello degli altri inquinanti e leggermente superiore anche a quello degli NMVOC (5-6%), per le stesse motivazioni riportate nel precedente paragrafo.

8.10 Anidride carbonica



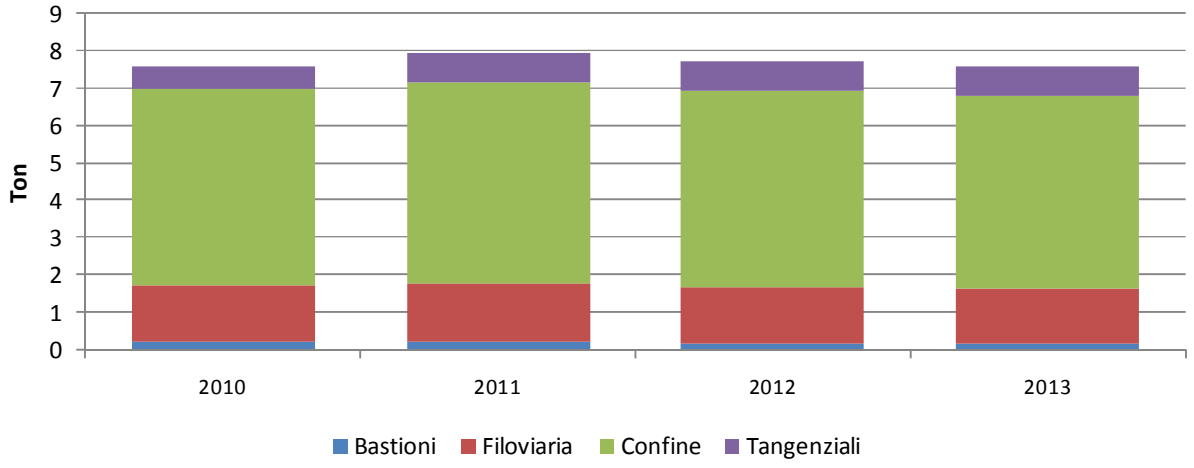
Le emissioni di anidride carbonica dovute al traffico circolante a Milano sono diminuite del 6% dal 2010 al 2013, grazie sia alla riduzione delle percorrenze veicolari complessive sia progressivo ricambio del parco veicolare circolante (sull'analogo periodo temporale, il fattore di emissione medio di CO_2 si è ridotto del 3%). Rispetto alla totalità delle emissioni di anidride carbonica da traffico, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 3%.

8.11 Metano

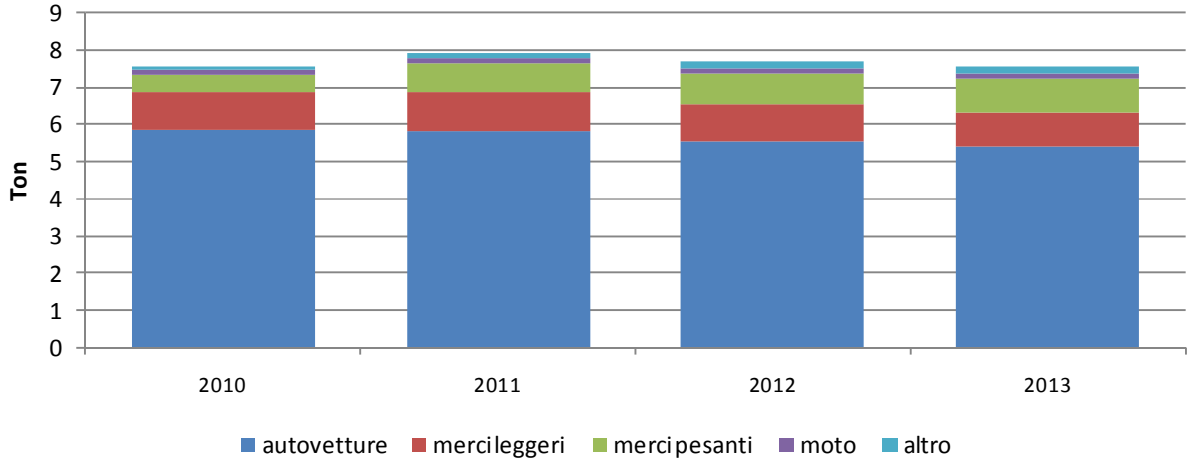


Le emissioni di metano dovute al traffico circolante a Milano sono diminuite del 12% dal 2010 al 2013, grazie soprattutto al progressivo ricambio del parco veicolare circolante (sull'analogo periodo temporale, il fattore di emissione medio di CH_4 si è ridotto del 10%). Rispetto alla totalità delle emissioni di metano da traffico a Milano, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 4%, leggermente superiore rispetto a quello della maggior parte degli altri inquinanti per la maggiore presenza su strada di veicoli alimentati a metano e di motocicli.

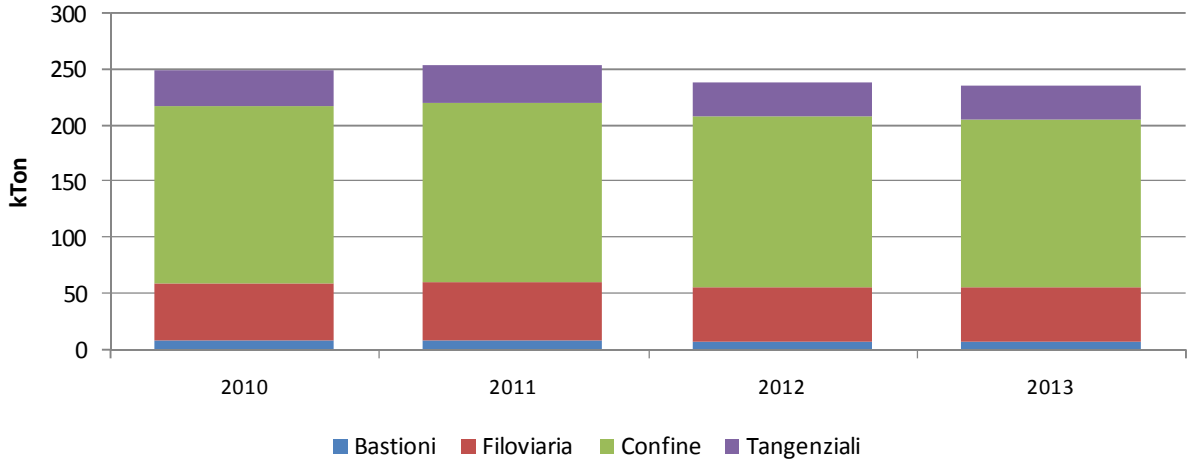
8.12 Protossido d'azoto



Le emissioni di protossido d'azoto dovute al traffico circolante a Milano appaiano sostanzialmente stabili negli quattro ultimi anni nonostante la diminuzione delle percorrenze. Ciò è dovuto al fatto che il fattore di emissione medio sta aumentando (+3% dal 2010 al 2013), soprattutto a motivo del più alto fattore di emissione di N_2O da parte dei veicoli diesel pesanti di nuova generazione. Si veda a questo proposito la figura sottostante, ove si può notare il crescente peso percentuale sulle emissioni di protossido d'azoto dei veicoli commerciali. Rispetto alla totalità delle emissioni di N_2O da traffico a Milano, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 2%, leggermente inferiore rispetto alla maggioranza degli altri inquinanti per il vigente divieto di accesso di veicoli commerciali di lunghezza superiore a 7,5 metri.



8.13 Potenziale climalterante



L'indice relativo al potenziale climalterante complessivo GWP100, calcolato sulla base di anidride carbonica, metano e protossido d'azoto dovuti al traffico circolante a Milano e definito come specificato nel paragrafo 6.13, è diminuito del 6% dal 2010 al 2013. Del tutto analogo l'andamento del GWP100 tenendo conto anche di Carbonio Elementare, Carbonio Organico e Biossido di Zolfo, con una riduzione al 2013 leggermente più marcata (-7% rispetto al 2010). Rispetto all'indice GWP100 calcolato sulla totalità delle emissioni da traffico a Milano, il contributo dei veicoli circolanti nella ZTL Bastioni è pari al 3%.