



---

# Inventario delle emissioni in atmosfera 2005 – 2007

---



**Questo documento è stato elaborato dall'Agencia Provinciale per l'Ambiente**

La redazione dei testi è stata curata dall'Ufficio Aria e Rumore

Bolzano, 30 novembre 2010

## Inventario delle emissioni in atmosfera

Parte generale .....	3
Ossidi di zolfo (SO <sub>x</sub> ).....	10
Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ).....	12
Materiale articolato (Polveri totali, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> ) .....	18
Monossido di carbonio (CO).....	22
Ammoniaca (NH <sub>3</sub> ).....	22
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	23
Composti Organici Volatili (COV).....	24
Metalli pesanti.....	25
Gas climalternati.....	26

## Parte Generale

L'inventario delle emissioni consente di quantificare ed organizzare i dati d'emissione degli inquinanti atmosferici più rilevanti secondo la loro collocazione territoriale e temporale:

### Macroinquinanti

<b>Nome</b>	<b>Formula chimica</b>	<b>Unità misura</b>
Ammoniaca	NH <sub>3</sub>	[t/anno]
Composti organici volatili (non metanici)	NMVOC	[t/anno]
Monossido di carbonio	CO	[t/anno]
Biossido di zolfo	SO <sub>2</sub>	[t/anno]
Polveri < 2.5 µm	PM <sub>2.5</sub>	[t/anno]
Polveri < 10 µm	PM <sub>10</sub>	[t/anno]
Ossidi di azoto	NO <sub>x</sub>	[t/anno]

### Gas climalteranti (gas ad effetto serra)

<b>Nome</b>	<b>Formula chimica</b>	<b>Unità misura</b>
Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	[kt/anno]
Metano	CH <sub>4</sub>	[t/anno]
Protossido di azoto	N <sub>2</sub> O	[t/anno]

Tab. 1: Macroinquinanti atmosferici e "gas-serra" considerati nell'inventario della Provincia di Bolzano

### Microinquinanti

<i>Nome</i>	<i>Formula chimica</i>	<i>Unità misura</i>
Arsenico	As	[kg/anno]
Piombo	Pb	[kg/anno]
Cadmio	Cd	[kg/anno]
Cromo	Cr	[kg/anno]
Rame	Cu	[kg/anno]
Manganese	Mn	[kg/anno]
Nichel	Ni	[kg/anno]
Mercurio	Hg	[kg/anno]
Selenio	Se	[kg/anno]
Silicio	Si	[kg/anno]
Zinco	Zn	[kg/anno]
Idrocarburi policiclici aromatici	IPA	[kg/anno]
Policloro-dibenzo-p-diossine / Policloro-dibenzofurani	PCDD/F	[mg/anno]

Tab. 2: Microinquinanti atmosferici considerati nell'inventario della Provincia di Bolzano

Nell'elaborazione dell'inventario delle emissioni si sono tenute in considerazione tutte le fonti emissive e le relative cause. Per gli impianti soggetti ad autorizzazione alle emissioni e che sono tenuti ad eseguire misure di emissione con cadenza annuale, le emissioni sono state calcolate sulla base dei dati di analisi disponibili. Per tutti gli altri impianti e per tutte le altre fonti emissive di cui non si dispone di dati di analisi al camino (la maggior parte delle fonti emissive), le emissioni sono state calcolate con l'ausilio di indicatori o parametri statistici (ad es. quantità prodotte, popolazione, ecc.) e di specifici fattori di emissione riferiti alle singole attività censite. Inoltre, le fonti ed i relativi dati d'emissione sono stati aggregati in settori a diverso grado di definizione delle singole attività considerate.

A tale scopo è stata utilizzata la classificazione europea (CORINAIR 1999) che aggrega le emissioni nei seguenti macrosettori:

<b>Macrosettore</b>	
1	Produzione di energia e trasformazione combustibili (ad es. teleriscaldamenti)
2	Combustione non industriale (ad es. Impianti termici domestici)
3	Combustione nell'industria (ad es. forni fusori)
4	Processi produttivi (ad es. produzione di prodotti chimici)
5	Estrazione e distribuzione combustibili (ad es. distributori di benzina)
6	Uso di solventi (ad es. attività di verniciatura)
7	Trasporto su strada
8	Altre sorgenti mobili e macchinari (ad es. traffico aereo)
9	Trattamento e smaltimento rifiuti (ad es. impianti di incenerimento rifiuti)
10	Agricoltura (ad es. l'utilizzo di erbicidi e fertilizzanti)
11	Altre sorgenti ed assorbimenti (ad es. foreste)

Tab. 3: Macrosettori dell'inventario delle emissioni

Per la Provincia di Bolzano sono attualmente (2010) disponibili gli inventari delle emissioni riferiti agli anni 1997, 2000, 2004, 2005 e 2007. E' importante ricordare che per gli inventari 2005 e 2007 sono stati applicati aggiornamenti e metodiche nuove che hanno portato a modifiche dei fattori di emissione ed all'articolazione in settori. Di conseguenza, in determinati settori, le emissioni del 2005 e del 2007 non sono direttamente confrontabili con quelle degli anni precedenti.

Per gli anni 2005 e 2007, per il calcolo e la gestione dei dati di emissione è stato utilizzato il sistema INEMAR (Inventario delle Emissioni in Aria). Il calcolo delle emissioni in atmosfera è stato anche aggregato per comune, per inquinante e per combustibile. Ai fini della distribuzione territoriale delle emissioni è stata utilizzata la copertura del suolo CORINE al fine di generare una griglia di celle di 0,5 km per lato a cui sono state assegnate le emissioni dei singoli inquinanti.

Di seguito si riportano in forma tabellare e grafica i dati di emissione più importanti:

### Macroinquinanti

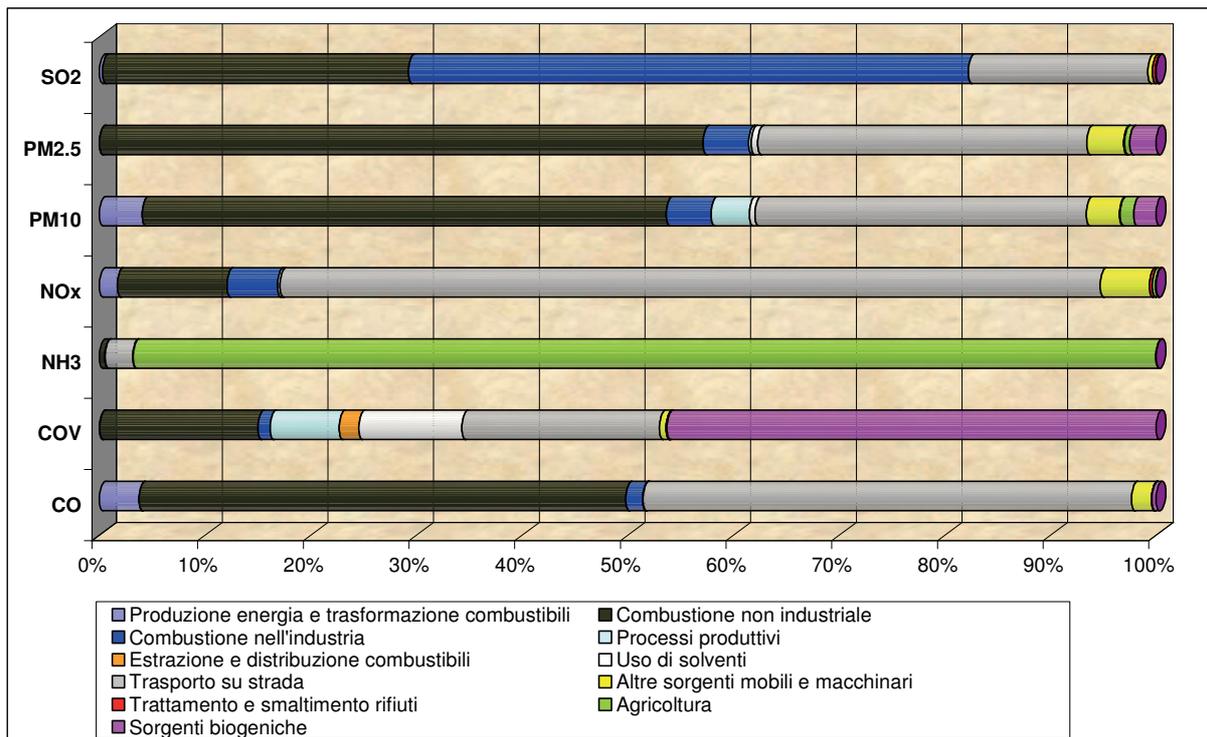


Figura 1: Distribuzione percentuale dei macroinquinanti per macrosettore (anno 2005)

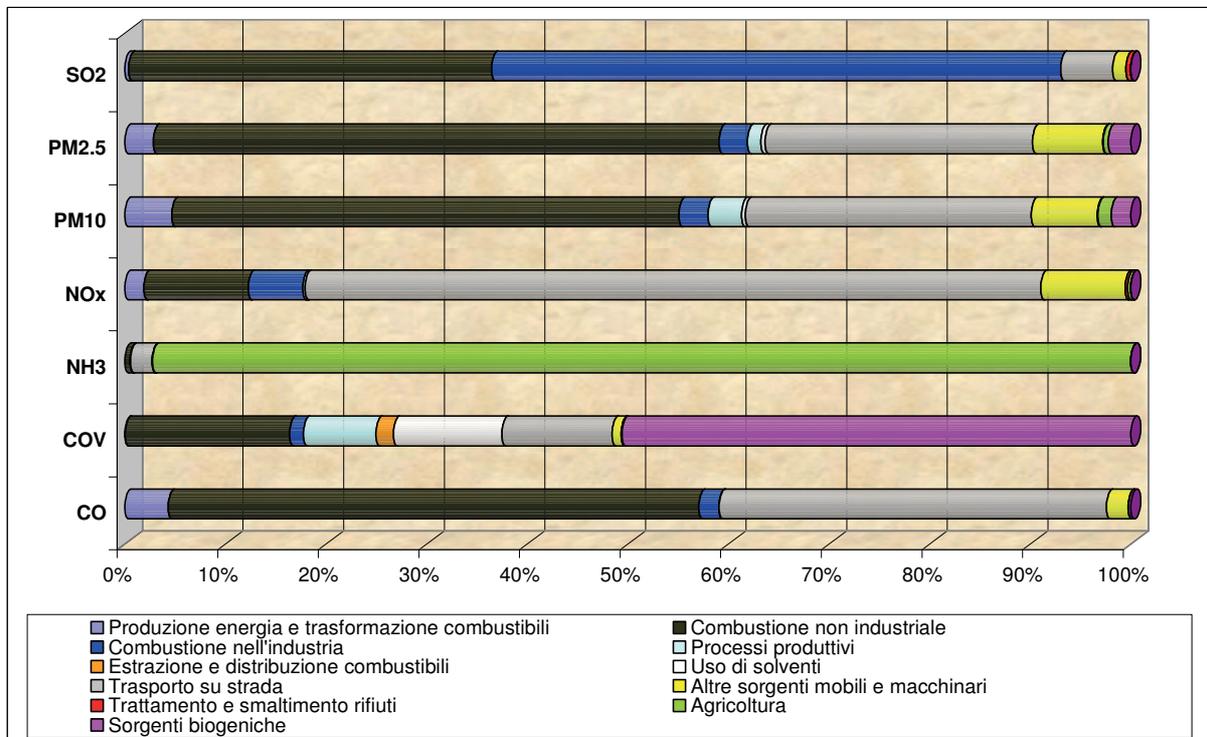


Figura 2: Distribuzione percentuale dei macroinquinanti per macrosettore (anno 2007)

Inquinante	anno	CO [t]	COV [t]	NH <sub>3</sub> [t]	NO <sub>x</sub> [t]	PM <sub>10</sub> [t]	PM <sub>2,5</sub> [t]	SO <sub>2</sub> [t]
Produzione di energia e trasformazione combustibili	2005	1.213,73	6,38		146,00	56,19	29,42	3,82
	2007	1.212,70	6,34		150,89	62,99	33,22	2,73
Combustione non industriale	2005	14.846,80	2.874,76	30,61	869,50	685,09	663,54	362,37
	2007	14.829,90	2.872,29	30,61	823,41	679,94	658,39	259,45
Combustione nell'industria	2005	507,24	219,70	1,62	379,95	45,94	38,61	678,20
	2007	559,22	242,33	1,94	431,14	39,24	32,71	406,82
Processi produttivi	2005	8,72	1.256,16	0,01	20,62	46,40	15,86	
	2007	7,58	1.263,40	0,02	18,17	44,95	15,73	
Estrazione e distribuzione combustibili	2005		357,71					
	2007		305,84					
Uso di solventi	2005		1.874,58			5,04	5,04	
	2007		1.893,73			5,04	5,04	
Trasporto su strada	2005	14.912,33	3.590,58	154,63	6.639,26	433,55	361,82	38,42
	2007	10.819,61	1.923,84	126,79	5.807,23	383,34	311,13	37,26
Altre sorgenti mobili e macchinari	2005	606,62	120,83	0,05	397,68	43,38	40,61	5,61
	2007	607,45	156,69	0,11	666,32	88,51	81,38	9,49
Trattamento e smaltimento rifiuti	2005	13,32	4,72	2,21	22,59	0,97	0,97	3,71
	2007	11,41	4,05	2,31	19,38	0,81	0,81	3,18
Agricoltura	2005		9,65	5.718,91	28,12	17,69	5,86	
	2007		9,78	5.721,43	23,47	17,82	5,90	
Altre sorgenti ed assorbimenti	2005	126,54	8.889,52	0,69	3,05	29,19	28,87	0,69
	2007	59,71	8.883,38	0,16	0,71	26,11	26,03	0,16
<b>Totale</b>	<b>2005</b>	<b>32.235,29</b>	<b>19.204,58</b>	<b>5.908,74</b>	<b>8.506,78</b>	<b>1.363,44</b>	<b>1.190,60</b>	<b>1.092,82</b>
	<b>2007</b>	<b>28.107,58</b>	<b>17.561,66</b>	<b>5.883,37</b>	<b>7.940,72</b>	<b>1.348,76</b>	<b>1.170,34</b>	<b>719,10</b>

Tab. 4: Emissioni di macroinquinanti negli anni 2005 e 2007

### Microinquinanti

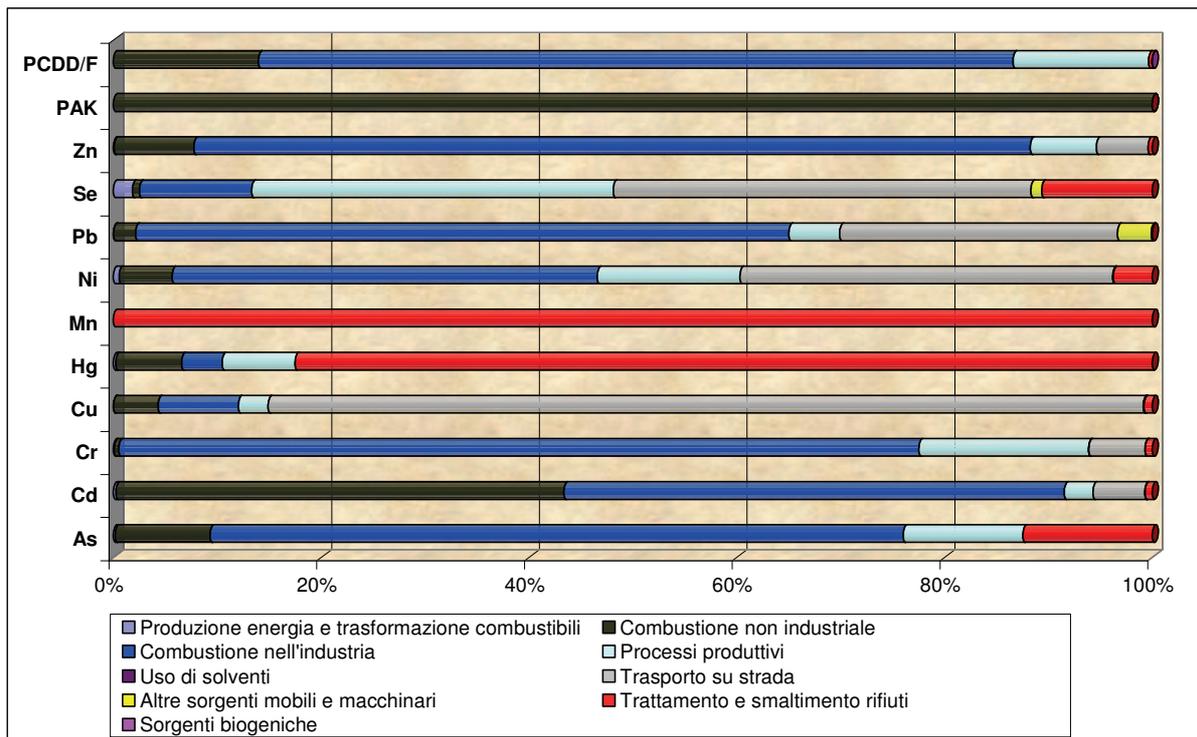


Figura 3: Distribuzione percentuale dei microinquinanti per macrosettore (anno 2005)

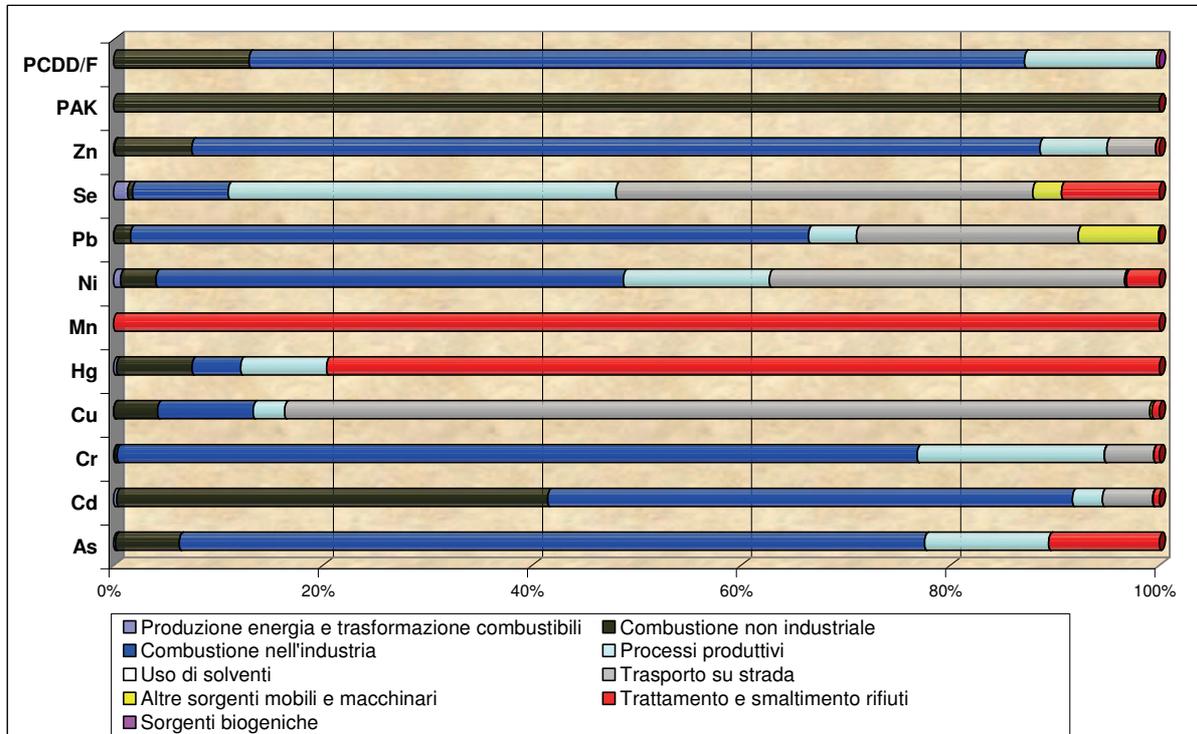


Figura 4: Distribuzione percentuale dei microinquinanti per macrosettore (anno 2007)

## Gas climalteranti

Macrosettore \ Inquinante	anno	CH <sub>4</sub> [t]	CO <sub>2</sub> [kt]	N <sub>2</sub> O [t]
Produzione di energia e trasformazione combustibili	2005	73,5	22,8	25,5
	2007	72,8	28,1	25,5
Combustione non industriale	2005	1.024,8	686,2	120,2
	2007	1.017,9	604,8	103,5
Combustione nell'industria	2005	14,6	195,3	19,0
	2007	16,3	203,2	17,1
Processi produttivi	2005	1,8	4,8	0,5
	2007	1,8	5,0	0,5
Estrazione e distribuzione combustibili	2005	2.288,7		
	2007	2.277,8		
Trasporto su strada	2005	170,6	1.220,8	39,4
	2007	130,5	1.191,7	34,8
Altre sorgenti mobili e macchinari	2005	2,7	31,0	12,2
	2007	3,7	52,7	20,5
Trattamento e smaltimento rifiuti	2005	1.506,6	43,3	29,4
	2007	2.116,6	38,2	28,3
Agricoltura	2005	14.451,2		672,5
	2007	1.4574,2		662,1
Altre sorgenti ed assorbimenti	2005	127,9		
	2007	123,5		
<b>Totale</b>	<b>2005</b>	<b>19.662,4</b>	<b>2.204,1</b>	<b>918,8</b>
	<b>2007</b>	<b>20.335,1</b>	<b>2.123,7</b>	<b>892,2</b>

Tab. 5: Emissioni di gas climalteranti nel 2005 e nel 2007 (la combustione di biomassa viene considerata neutrale e quindi con emissione di CO<sub>2</sub> uguale a zero)

Dai grafici relativi ai macroinquinanti (figure 1 e 2) è facilmente riconoscibile come il traffico stradale ed i processi di combustione non industriali (in particolare il riscaldamento) siano i due settori con la maggior quantità di emissioni. In particolare, per quanto concerne i livelli di concentrazione nell'aria ambiente del biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) che in alcune stazioni di misura risultano ancora superiori ai valori limite, si noti come dalla somma di questi due settori risulti un quota di emissioni di ossidi di azoto superiore all'80% del totale.

Un quadro di maggiore dettaglio sulle emissioni, lo si può ottenere dall'analisi per singolo inquinante atmosferico di seguito riportata:

### Ossidi di zolfo ( $\text{SO}_x$ )

---

Il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) è tossico per la salute umana, contribuisce in modo determinante alla formazione delle piogge acide ed è coinvolto nella formazione di materiale particolato nell'atmosfera. L' $\text{SO}_2$  si forma principalmente dalla combustione di combustibili contenenti zolfo (ad es. derivati del petrolio e carbone).

Dall'entrata in vigore della legge provinciale 16 marzo 2000, n. 8, in Alto Adige è stato interdetto quasi totalmente l'utilizzo di carbone come combustibile. L'utilizzo dei derivati del petrolio è invece consentito sotto forma di gasolio da riscaldamento, olio combustibile e carburanti da autotrazione (in particolare diesel). L'applicazione di una serie di direttive europee ha prodotto negli ultimi due decenni una notevole diminuzione della presenza di zolfo nei combustibili sia nel settore dei trasporti stradali che nel settore della produzione di calore (gasolio da riscaldamento e oli pesanti). L'utilizzo di olio combustibile ai fini del riscaldamento domestico è inoltre vietato dalla legge provinciale e pertanto in Alto Adige, gli stessi sono utilizzati solo in alcune attività produttive. La progressiva metanizzazione del territorio ha infine dato un notevole contributo di riduzione permettendo a moltissime attività di abbandonare il gasolio e gli oli combustibili per passare ad un combustibile decisamente meno inquinante (e non solo dal punto di vista dell' $\text{SO}_2$ ).

Da quanto sopra descritto ne deriva di conseguenza che in alto Adige le attività produttive sono la maggiore fonte di emissione di  $\text{SO}_2$ .

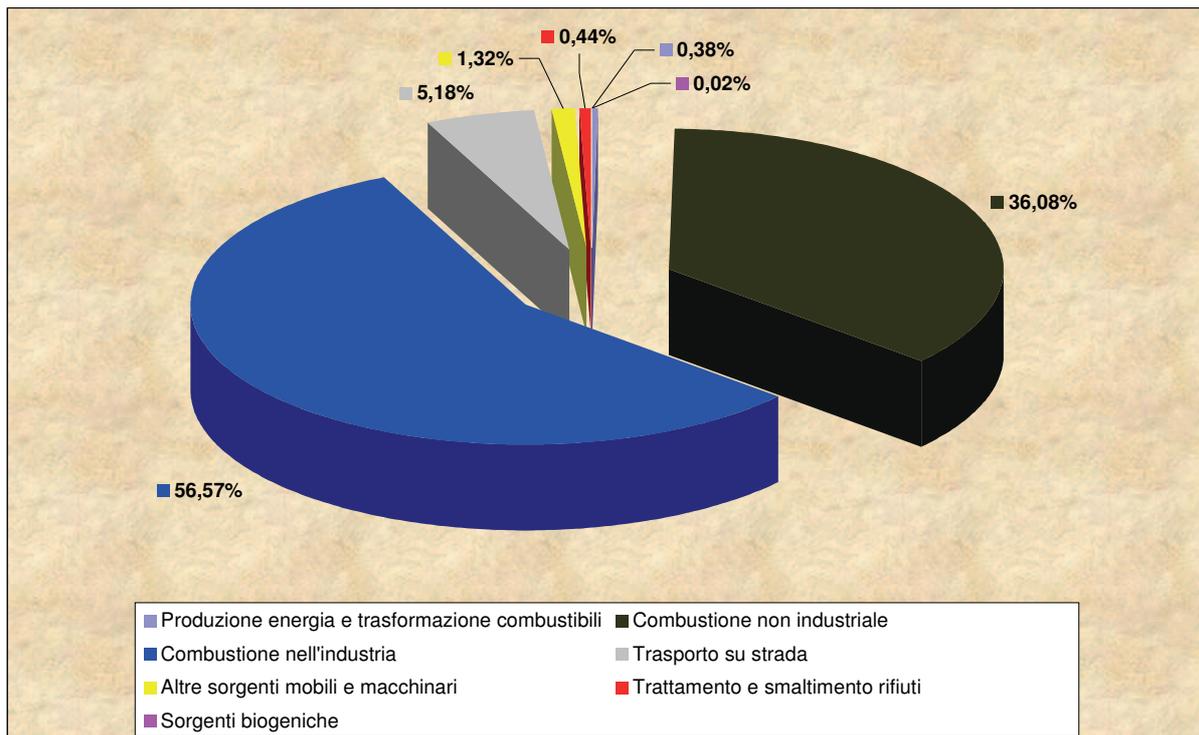


Figura 5: Distribuzione percentuale delle emissioni di SO<sub>2</sub> in relazione al macrosettore (anno 2007)

L'analisi delle emissioni di SO<sub>2</sub> dai processi di combustione ci indica il ruolo fondamentale dei combustibili liquidi ed in particolare dell'olio combustibile e del gasolio da riscaldamento. Da sottolineare come le emissioni di quest'ultimo e del diesel siano minori di quelle da olio combustibile nonostante che il loro consumo annuo risulti essere decisamente superiore.

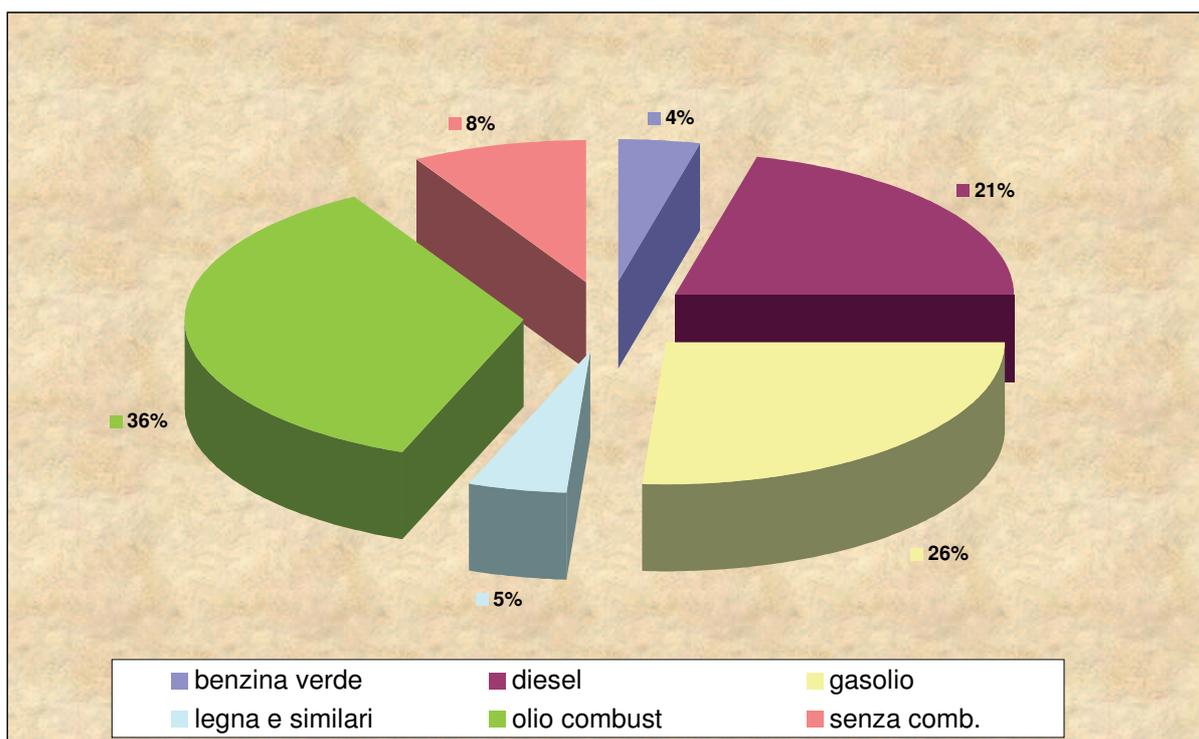


Figura 6: Distribuzione percentuale delle emissioni di SO<sub>2</sub> in relazione al combustibile (anno 2007)  
 Nella distribuzione territoriale delle emissioni è possibile riconoscere, oltre all'autostrada, le aree in cui sono insediate le attività produttive e le zone abitative dove si utilizza ancora gasolio da riscaldamento.

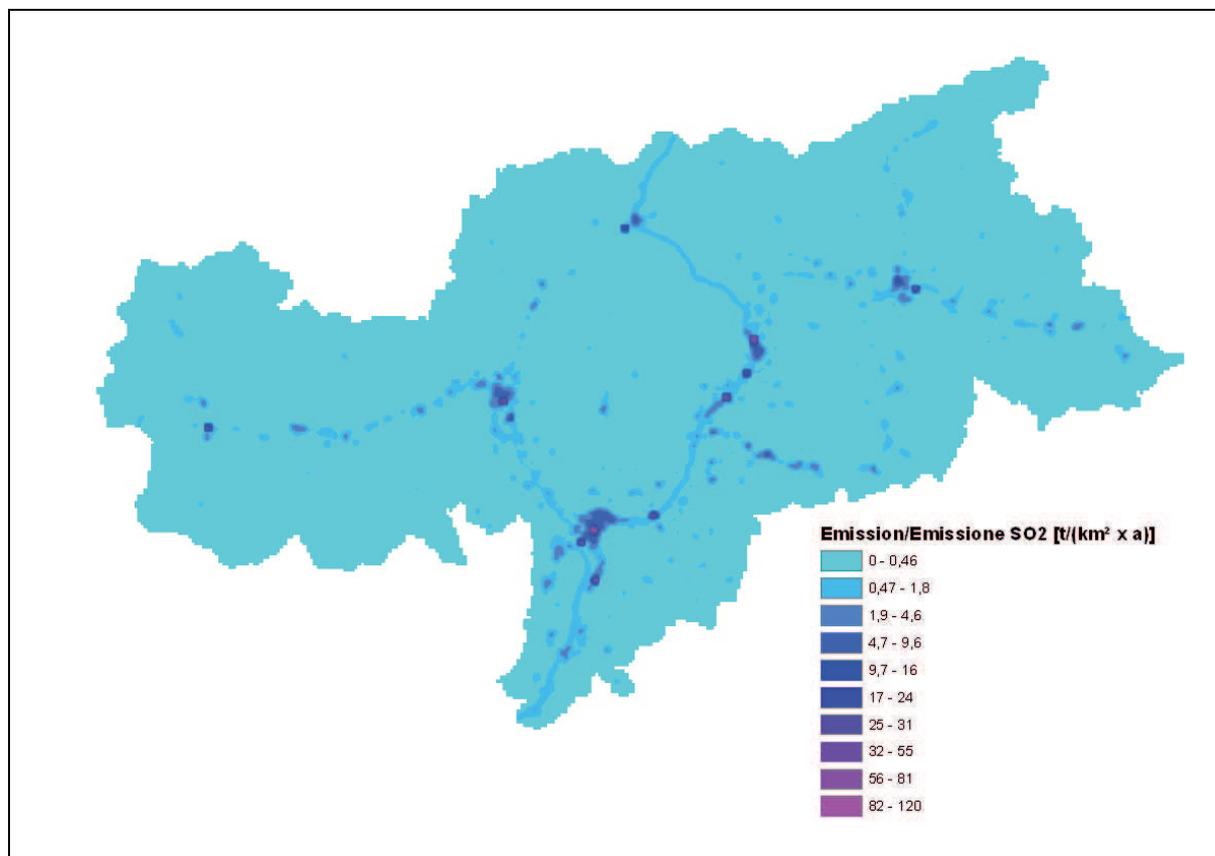


Figura 7: Distribuzione territoriale delle emissioni di SO<sub>2</sub> (anno 2005)

## Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

Gli ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>) sono irritanti per gli organi respiratori e concorrono alla formazione di piogge acide. Il loro contributo è inoltre importante nella formazione di materiale particolato secondario (PM) e nella formazione di ozono nella troposfera (O<sub>3</sub>). La formazione di NO<sub>x</sub> trova origine anch'essa nei processi di combustione ed in particolare in quelli in cui sono raggiunte alte temperature. La fonte principale è il traffico stradale. A tale riguardo vi è da sottolineare come da una parte, le sempre più stringenti norme europee sui limiti di emissione degli autoveicoli spingono ad importanti migliorie dei motori e del trattamento dei gas di scarico, mentre dall'altra il costante aumento dei chilometri percorsi dai veicoli a motore tende ad annullare la riduzione delle emissioni così ottenuta.

Le miglierie più significative nel settore della riduzione delle emissioni derivano dalle cosiddette “classi euro” ed in particolare, per quanto concerne gli NOx, da quanto previsto per la classe Euro 6 in quanto impongono importanti riduzioni delle emissioni di NOx.

La maggior parte dei costruttori di mezzi pesanti hanno in commercio veicoli di classe Euro 5 che montano un sistema di abbattimento degli ossidi azoto nei gas di scarico conosciuto con il nome di SCR (Selective Catalytic Reduction). Questo sistema, con l’aggiunta a monte del catalizzatore di un additivo a base di urea (AdBlue), trasforma gli ossidi di azoto in altre sostanze innocue come l’azoto molecolare ed il vapore acqueo. I valori limite Euro 5 dell’NOx stabiliti per i mezzi pesanti possono essere anche raggiunti con l’ausilio di un altro sistema di trattamento dei gas di scarico, ovvero con una combinazione del sistema di ricircolo dei gas di scarico (ERG) ed un catalizzatore di particelle. Questi sistemi andranno ulteriormente perfezionati al fine di garantire il rispetto dei limiti fissati dalla classe Euro 6 (che riduce ulteriormente sia i valori limite di emissione degli NOx che del particolato). La normativa Euro 6 per la commercializzazione dei mezzi pesanti entrerà in vigore a partire dal 2014, mentre per autovetture e piccoli veicoli commerciali bisognerà attendere il 2015.

I fattori di emissione finora utilizzati nell’inventario delle emissioni hanno ovviamente tenuto conto delle miglierie introdotte dalle varie classi euro e pertanto anche in Alto Adige è stato stimato un importante trend al ribasso delle emissioni di NOx.

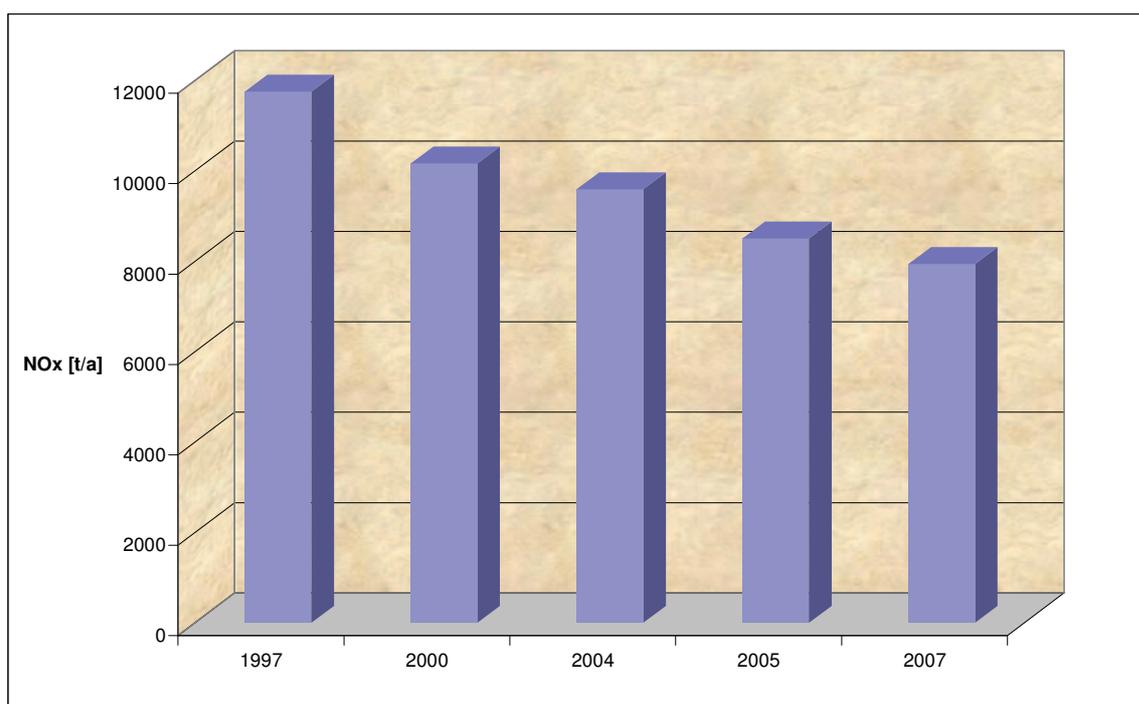


Figura 8: Trend delle emissioni di NOx nell’inventario della Provincia di Bolzano

Tale trend al ribasso è possibile riscontrarlo anche nelle misure di qualità dell'aria dove si evidenzia un trend in diminuzione dell'NO. Tale trend non è però riscontrabile nelle misure di NO<sub>2</sub> (vedi figure 9 e 10 del capitolo 2.1). Di seguito riportiamo un'analisi che cerca di dare una possibile risposta a tale situazione contraddittoria.

In primo luogo bisogna segnalare come i fattori di emissione utilizzati fino a poco tempo fa non fossero in linea con le emissioni realmente generate dai motori diesel delle autovetture. Ciò è facilmente riscontrabile confrontando i fattori di emissione utilizzati fino al 2009 con quelli contenuti nell'ultimo aggiornamento del manuale delle emissioni (HBEFA), pubblicato dai ministeri dell'ambiente tedesco, austriaco e svizzero nel gennaio 2010 (vedi figura 9).

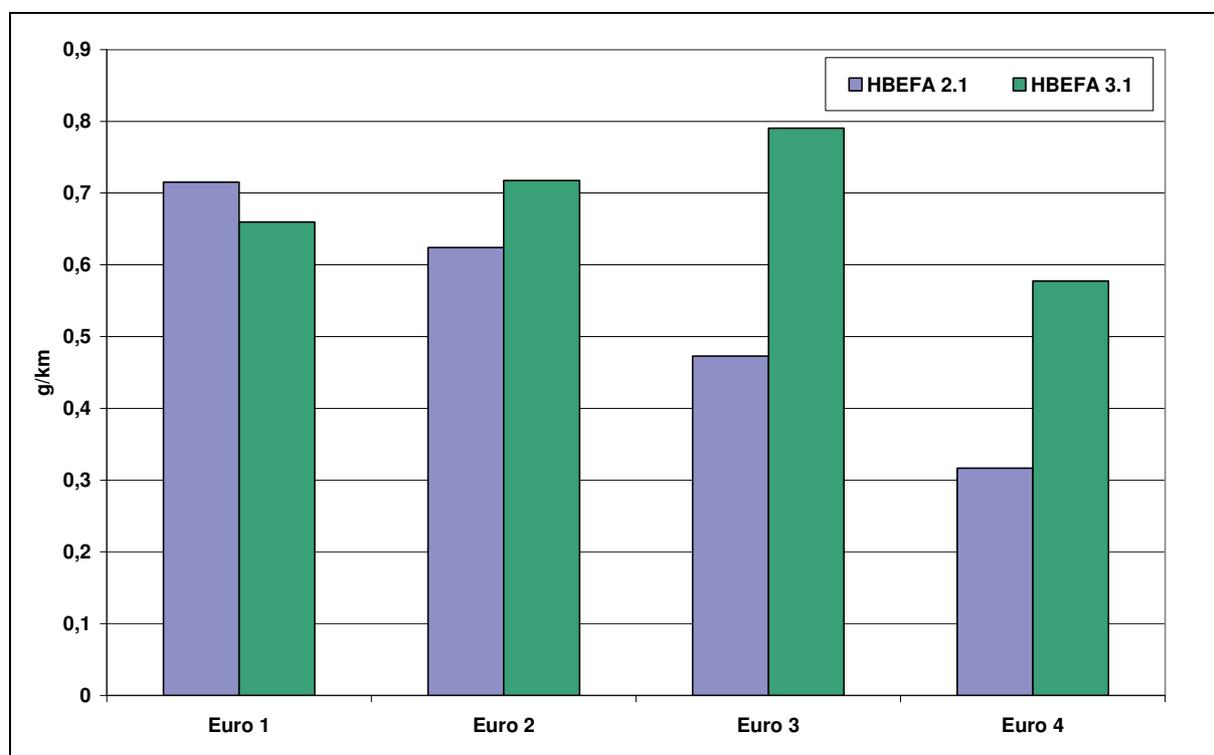


Figura 9: Vecchi e nuovi fattori di emissione degli NOx per le autovetture diesel (HBEFA)

Tale differenza è da ricondurre alla disponibilità di dati di misura su veicoli circolanti per le classi euro 3 ed euro 4 e che nella precedente versione del manuale (2004) erano solo stimati. Tale divergenza tra emissioni attese (stimate dalle normative) ed emissioni reali (ricavate da misurazioni su strada) ha riguardato anche i veicoli pesanti, ma in misura meno ampia. Per quanto concerne al contrario i veicoli a benzina, le previsioni si sono rivelate sostanzialmente in linea con le misure sul campo.

Ma tale divergenza tra fattori di emissione previsti e misure sul campo non spiega in modo soddisfacente il differente andamento delle concentrazioni in atmosfera di NO e di NO<sub>2</sub>. Per

tale ragione è necessario approfondire ulteriormente l'analisi andando a scomporre le emissioni di NO<sub>x</sub> nelle due componenti (NO ed NO<sub>2</sub>).

Negli ultimi anni è stato possibile constatare come il rapporto NO<sub>2</sub>/NO delle emissioni da traffico si sia progressivamente spostato a favore dell'NO<sub>2</sub>. Questo rapporto è importante in quanto il valore limite per la protezione della salute umana è fissato solamente per l'NO<sub>2</sub>. Il motivo di tale aumento delle emissioni di NO<sub>2</sub> è ricercarsi nell'adozione del catalizzatore ossidante nei veicoli diesel. Tale sistema, adottato a partire dalla classe Euro 3, serve a ridurre le emissioni di idrocarburi (HC) e di monossido di carbonio (CO), ma come effetto secondario ossida l'NO in NO<sub>2</sub>. Il rapporto più alto tra NO<sub>2</sub> ed NO lo si trova nelle autovetture diesel Euro 4 (vicino al 50%). La figura 10 ci indica le emissioni che sono state verificate a seguito delle ricerche e delle analisi sul campo.

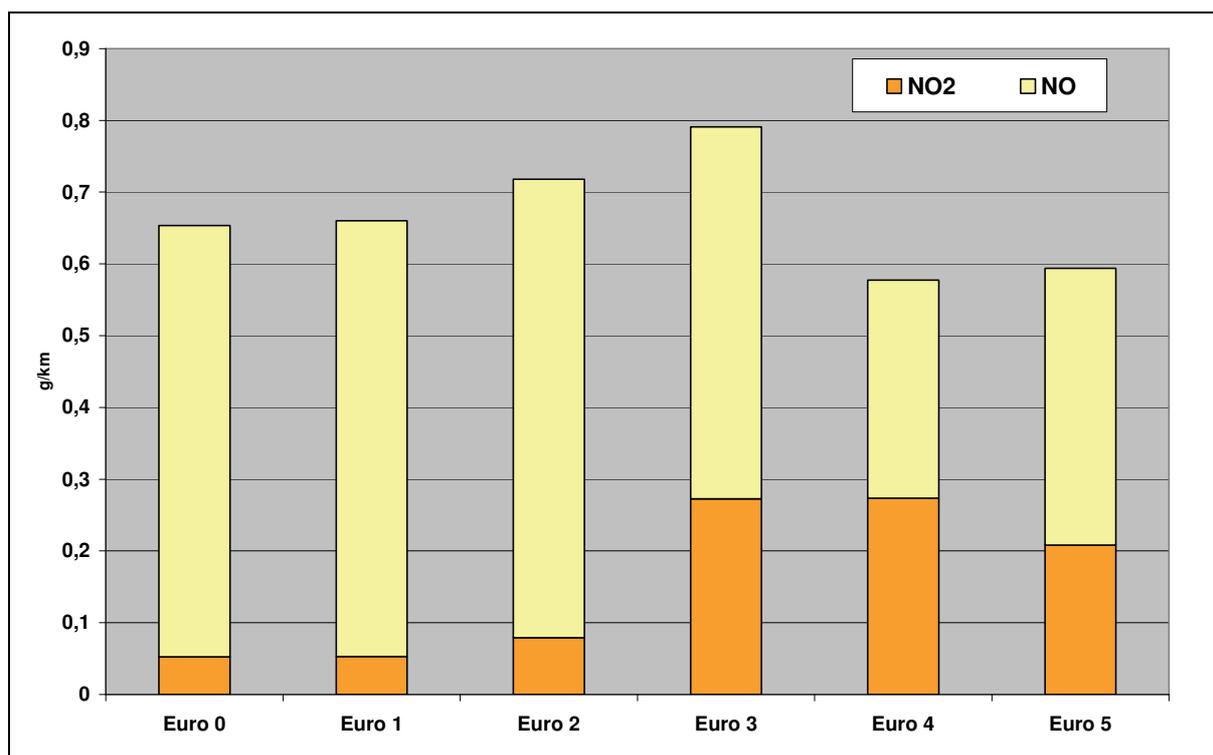


Figura 10: Nuovi fattori di emissione per NO e NO<sub>2</sub> da autovetture diesel

L'aumento dell'emissione di NO<sub>2</sub> allo scarico non comporta un aumento direttamente proporzionale delle concentrazioni in aria a causa delle reazioni chimiche in atmosfera (reazioni tra NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, radicali OH) che non permettono di avere un rapporto 1:1 tra emissione ed immissione di NO<sub>2</sub>. Ciò nonostante, tale aumento risulta essere certamente di

ostacolo alla riduzione delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> in atmosfera anche in presenza di una riduzione delle emissioni complessive di NO<sub>x</sub>.

Come sopra già riportato, il traffico su gomma ha una grandissima influenza sulle emissioni di NO<sub>x</sub>. In tale contesto vi è da rilevare come la A22 nel tratto altoatesino da Brennero a Salorno rappresenti di gran lunga l'arteria di traffico più importante a livello provinciale. Il tratto più traffico è tra i caselli di BZ-Sud ed Egna dove nel 2008 si è registrato un TGM di 41.345 veicoli/giorno. Di particolare rilievo è la notevole presenza di traffico pesante (30% circa) che risulta essere particolarmente negativa sulle emissioni rendendosi responsabile per il 72% delle emissioni totali di NO<sub>x</sub> dell'autostrada.

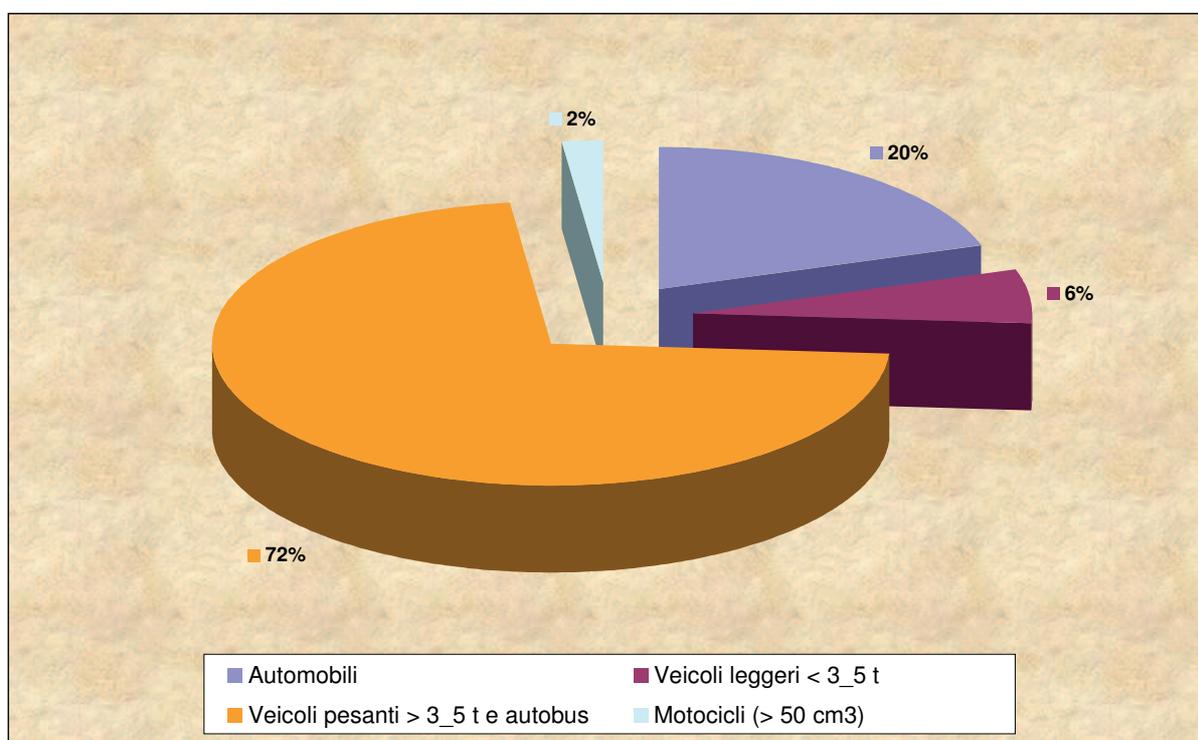


Figura 11: Quota percentuale di emissioni di NO<sub>x</sub> per tipologia di veicolo sulla A22 (2007)

L'importanza delle emissioni derivanti dal traffico circolante sull'autostrada del Brennero sul bilancio complessivo delle emissioni di NO<sub>x</sub> emerge in modo chiaro dal confronto con le altre strade presenti sul territorio provinciale.

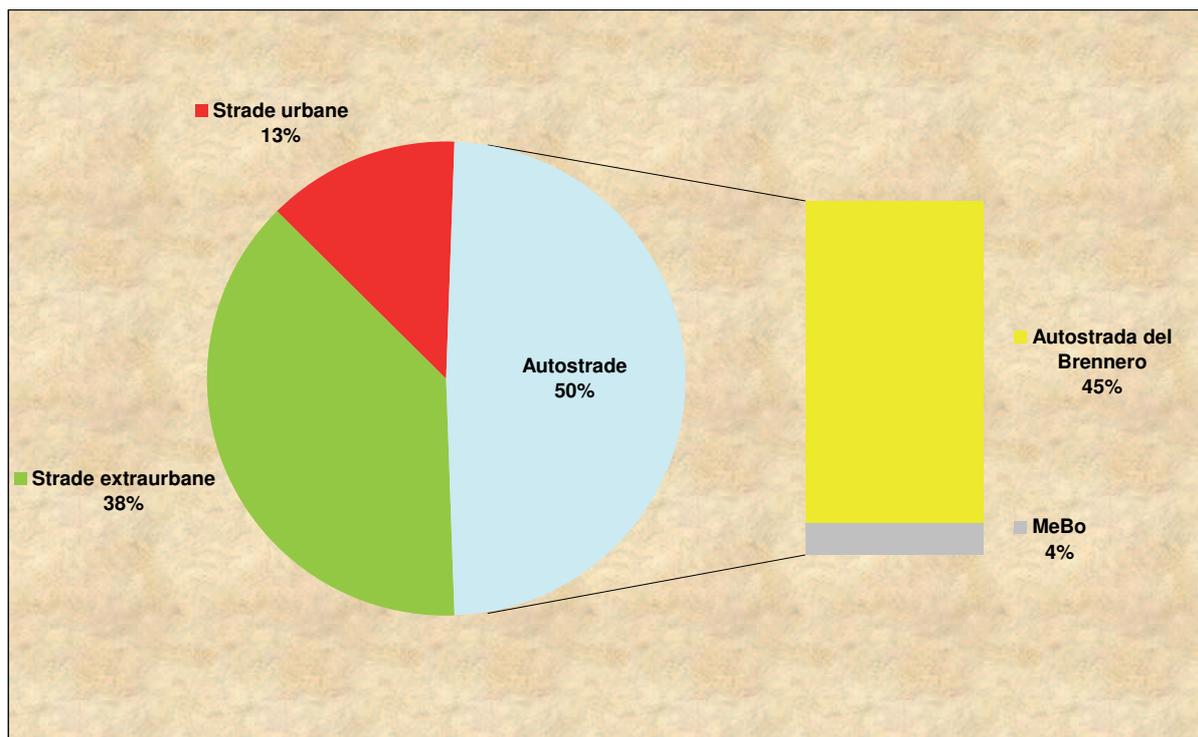


Figura 12: Quota percentuale di emissioni di NOx per tipologia di strada in Alto Adige (2007)

Anche la mappa di distribuzione territoriale evidenzia in modo inequivocabile la forte influenza del traffico stradale sul bilancio delle emissioni di NOx.

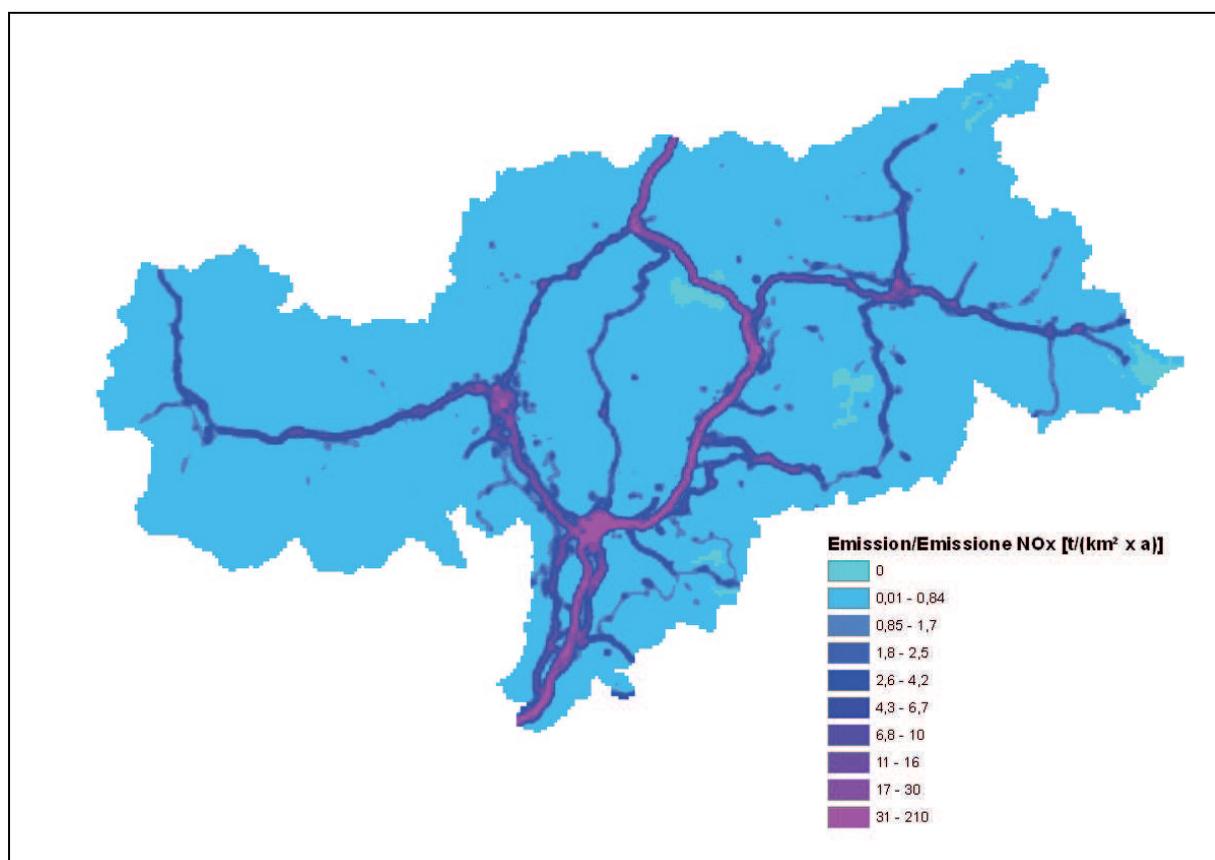


Figura 13: Distribuzione territoriale delle emissioni di NOx (2005)

Gli impianti di combustione emettono quasi esclusivamente ossidi di azoto sotto forma di NO che, una volta liberati in atmosfera, possono partecipare a reazioni chimiche trasformandosi in NO<sub>2</sub>. La reazione chimica più importante è quella che coinvolge l'NO e l'ozono (O<sub>3</sub>) e che vede come prodotti finali l'NO<sub>2</sub> e l'ossigeno (O<sub>2</sub>). In tal modo, una forte presenza di NO può avere effetti positivi ai fini dell'abbattimento dell'ozono troposferico, ma da tale situazione vi sarà da aspettarsi un aumento delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>. In direzione opposta interviene poi la reazione che vede la riduzione dell'NO<sub>2</sub> in NO; reazione attraverso la quale, con l'apporto energetico delle radiazioni solari e la presenza di radicali liberi, si ottiene un aumento delle concentrazioni di O<sub>3</sub>. Queste interdipendenze tra varie sostanze presenti in atmosfera fa sì che le concentrazioni di NO e di NO<sub>2</sub> possano variare anche in modo non direttamente dipendente dalla presenza di fonti emissive di NOx.

## Materiale Particolato (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)

---

Per definizione PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> è il materiale particolato (PM) che penetra attraverso un ingresso dimensionato con un'efficienza di penetrazione del 50% per particelle con un diametro aerodinamico di 10, ovvero 2,5 µm. Queste particelle sono particolarmente dannose per la salute in quanto riescono a penetrare fin nelle parti più profonde dei polmoni. La loro composizione è molto variegata e dipende molto dal processo in cui le stesse sono prodotte. Ricordiamo ad esempio il nero fumo prodotto dai veicoli diesel o la combustione del legno, ma anche fonti naturali come il polline o la sabbia desertica. Vi sono poi i processi di formazione di particolato secondario in atmosfera a cui ad esempio partecipa l'ammoniaca rilasciata dalle attività agricole. La composizione del particolato è decisiva in relazione alla tossicità dello stesso. Si ha così che particelle contenenti metalli pesanti o idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono particolarmente dannose per la salute. Un ulteriore aspetto in relazione alla tossicità delle particelle è dato dalla loro dimensione perché le particelle più fini possono penetrare più profondamente fino a raggiungere anche gli alveoli polmonari. Da qui la necessità di individuare anche il PM<sub>2,5</sub> come sostanza inquinante.

La direttiva 1999/30/CE ha introdotto a livello europeo un valore limite per il PM<sub>10</sub> che doveva essere rispettato a partire dal 2005. L'ultima direttiva sulla qualità dell'aria (2008/50/CE) ha consentito una proroga al 2011 per il rispetto del PM<sub>10</sub>, ma al tempo stesso ha introdotto un valore limite per il PM<sub>2,5</sub> che andrà rispettato a partire dal 2015.

Queste novità di carattere normativo hanno reso necessario prendere in considerazione le emissioni di PM non più semplicemente come somma di tutto il particolato atmosferico, ma bensì distinguendolo in PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>.

A livello provinciale le maggiori fonti di polveri fini sono il traffico motorizzato e la combustione domestica. Nel corso degli anni la combustione domestica stia diventando la fonte più importante. Nel 2000 il contributo della combustione domestica nelle emissioni di polveri era stimato intorno al 26%, mentre dai dati dell'inventario 2007 risulta che lo stesso sia salito a circa il 50%. Il contributo del traffico è invece sceso dal 36% nel 2000 al 29% nel 2007. Per quanto concerne il traffico è necessario segnalare come le notevoli riduzioni delle emissioni di particolato ottenute con il trattamento dei gas di scarico (ad. es. filtro antiparticolato) siano state parzialmente compensate dal continuo aumento dei chilometri percorsi. Al contempo, il sempre maggior ricorso alla biomassa unito ad un insufficiente regolamentazione delle emissioni di polveri da impianti di piccola taglia (camini, stufe domestiche, ecc.) ha fatto aumentare il contributo di tale fonte.

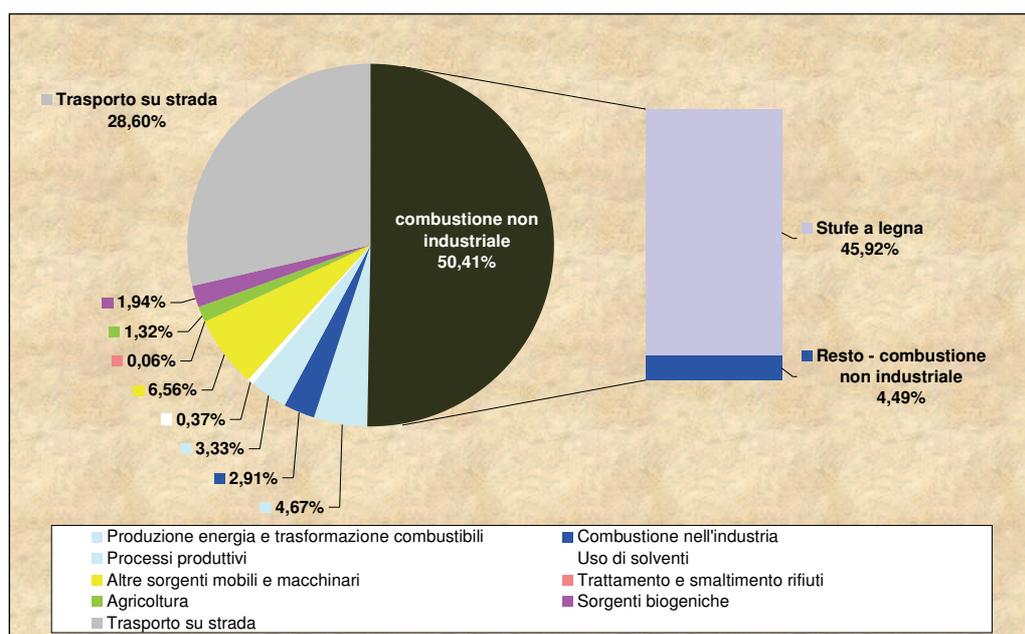


Figura 14: Distribuzione percentuale delle emissioni di PM<sub>10</sub> per tipo di fonte (2007)

Il notevole contributo della combustione della legna sul bilancio emissivo delle polveri fini viene evidenziato anche dal seguente grafico in cui si evidenzia il peso di tale combustibile all'interno del settore della combustione non industriale (riscaldamento domestico).

Considerata l'importanza del contributo emissivo della combustione della legna, nel 2009 è stata condotta a livello provinciale un'indagine al fine di poter stimare la quantità di legno combusta, il numero e le localizzazione degli impianti presenti sul territorio e lo stato tecnologico degli stessi

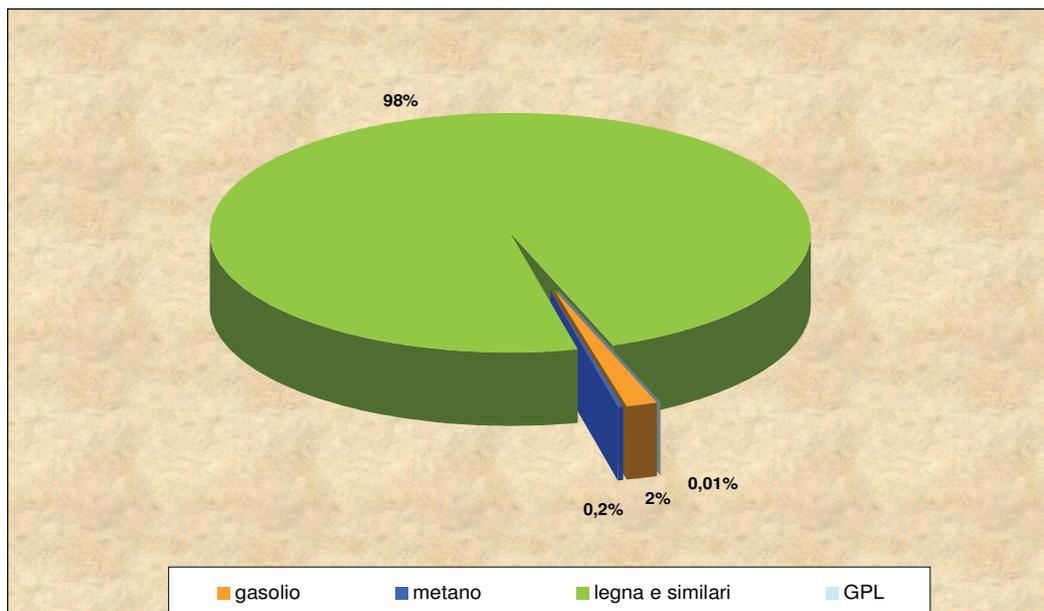


Figura 15: Distribuzione percentuale delle emissioni di PM<sub>10</sub> per tipo di combustibile per le attività comprese nel macrosettore combustione non industriale (2007)

Lo studio è stato condotto dal TIS di Bolzano in collaborazione con il gruppo professionale degli spazzacamini, la scuola professionale Johannes Gutenberg e con la collaborazione scientifica di CISMA. L’Agenzia per l’ambiente ha supervisionato il progetto concedendo anche un finanziamento.

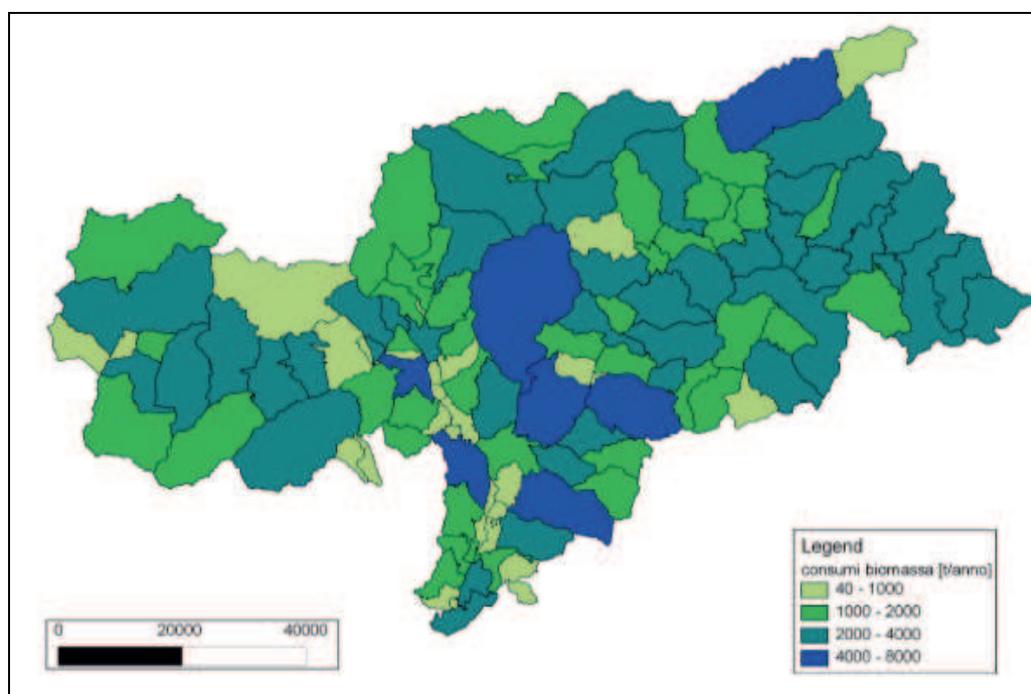


Figura 16: Utilizzo di legna da ardere nei comuni altoatesini

Fonte: TIS-Bozano / sezione energia e ambiente

La combustione della legna è molto più diffusa nei comuni rurali piuttosto che in quelli fortemente urbanizzati. Infatti, se si confronta un comune rurale come Laces con la città di Bolzano si ottengono due bilanci emissivi decisamente diversi in relazione alle fonti

maggiormente responsabili dell'emissione di PM<sub>10</sub>. Anche la distribuzione territoriale delle emissioni di PM<sub>10</sub> rende visibile come la presenza di impianti a biomassa nelle zone rurali renda meno evidente la concentrazione delle fonti emissive nei maggiori centri abitati e lungo le arterie di traffico offrendo quindi un quadro più variegato di quello che ad esempio caratterizza le emissioni di NO<sub>x</sub>. Una conferma di tale situazione ci viene offerta anche dai dati di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> registrati dalla rete di misura della qualità dell'aria.

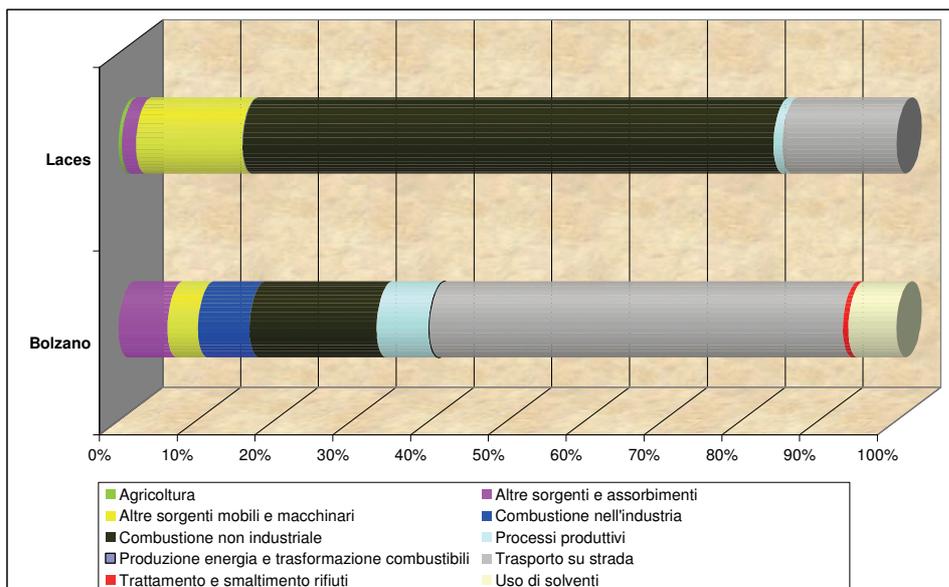


Figura 17: Confronto delle emissioni di PM<sub>10</sub> per tipo di fonte nei comuni di Laces e Bolzano

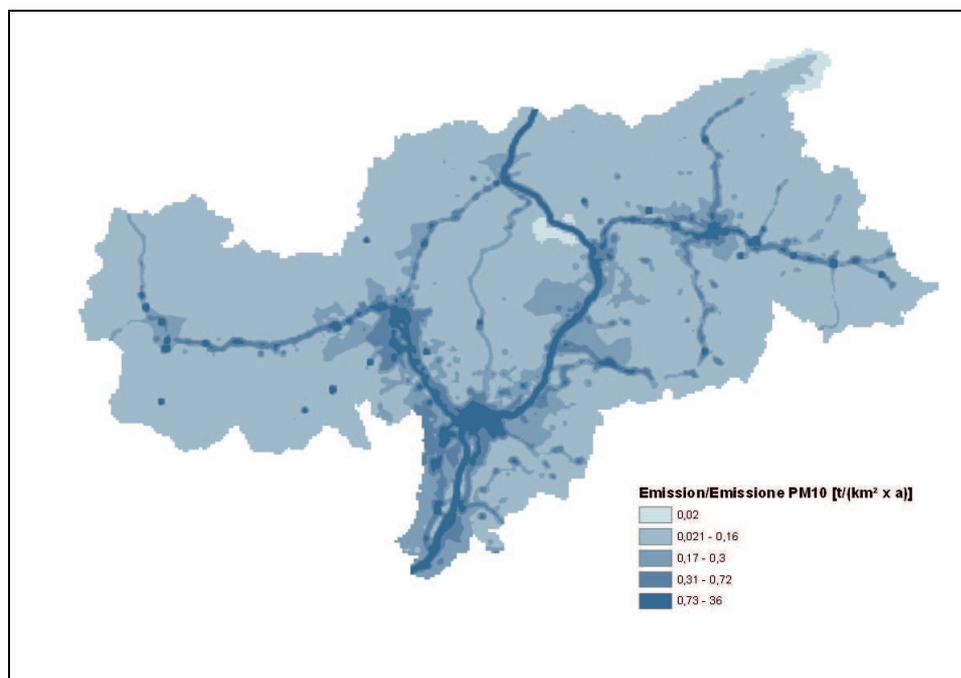


Figura 18:

Distribuzione territoriale delle emissioni di PM<sub>10</sub> (2005)

## Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio è un gas inodore ed incolore, ma velenoso per l'uomo. Esso si forma dall'incompleta ossidazione (combustione) di combustibili a base di carbonio (legna, carbone, gasolio, metano, ecc.). Anche per tale inquinante, le maggiori fonti di emissione sono il traffico ed il riscaldamento domestico ed anche qui si può osservare come negli anni il riscaldamento domestico abbia progressivamente aumentato il proprio contributo proporzionale nel bilancio emissivo.

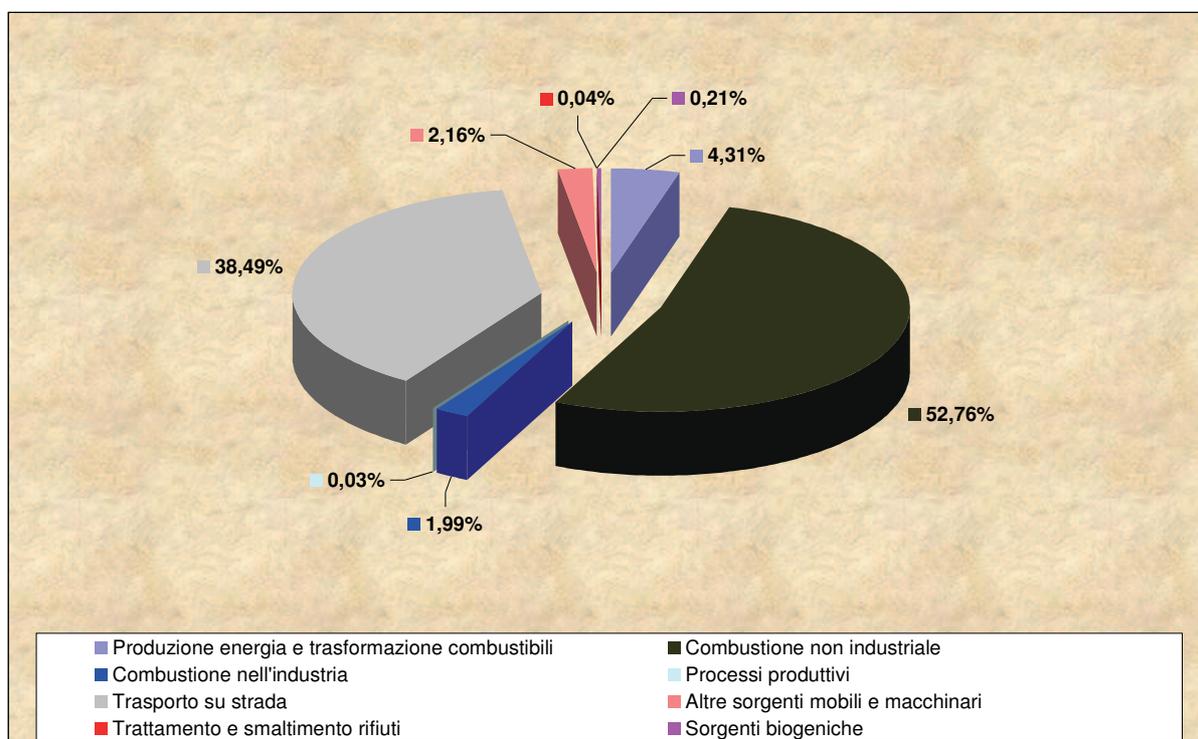


Figura 19: Distribuzione percentuale delle emissioni di CO per tipo di fonte (2007)

## Ammoniaca (NH<sub>3</sub>)

L'ammoniaca è un gas incolore ed intensamente odoroso, tossico per l'uomo. Esso si forma essenzialmente nei processi di decomposizione degli escrementi animali. Per tale ragione, la fonte principale è l'agricoltura. In atmosfera l' $\text{NH}_3$  reagisce con gli acidi per formare sali di ammonio che concorrono alla formazione del particolato secondario.

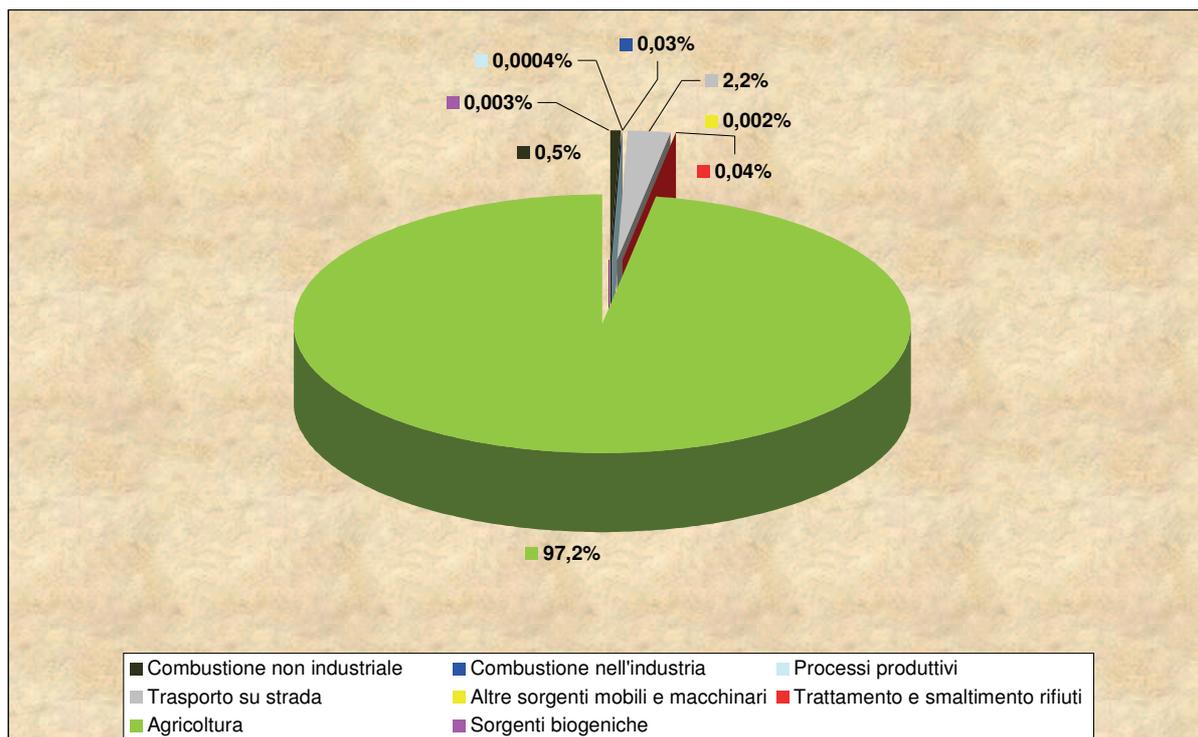


Figura 20: Distribuzione percentuale delle emissioni di NH<sub>3</sub> per tipo di fonte (2007)

## Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Con l'acronimo IPA si intende una famiglia di idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici, quali quello del benzene uniti fra loro, in un'unica struttura generalmente piana. Così come per il CO, gli IPA si formano generalmente nei processi di combustione a causa di un'incompleta o cattiva ossidazione dei composti del carbonio. Vari IPA sono stati classificati dalla IARC (1987) come probabili o possibili cancerogeni per l'uomo, mentre il benzo(a)pirene è stato recentemente classificato come cancerogeno per l'uomo. Anche per tale ragione il B(a)P è stato scelto come inquinante rappresentante dell'intera famiglia e come tale viene anche analizzato nelle stazioni di misura di qualità dell'aria.

In Alto Adige, la fonte principale delle emissioni di IPA è costituita dalla combustione domestica ed in particolare i piccoli impianti a biomassa (legna da ardere) che non dispongono di alcun sistema di regolazione automatica del caricamento e della combustione. Questi impianti vengono spesso utilizzati in modo non ottimale a causa di una cattiva regolazione della combustione che porta ad una combustione incompleta in carenza di ossigeno e quindi alla produzioni di notevoli quantità di inquinanti.

Combustibile / Macrosettore	Benzina	Legno ed altri combustibili simili	Rifiuti
Combustione non industriale (impianti termici domestici)	0%	99,9995%	0%
Altre sorgenti mobili e macchinari	0,0003%	0%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	0%	0%	0,0002%

Tabella 6: Distribuzione percentuale delle emissioni di IPA per macrosettore (2007)

## Composti organici volatili (COV)

Vengono definiti composti organici volatili i composti organici che alla temperatura di 20 ° hanno una pressione di vapore di 0,01 kPa. Con l'acronimo NMVOC vengono definiti i COV non metanici, ovvero senza CH<sub>4</sub>. Nell'inventario delle emissioni il CH<sub>4</sub> viene calcolato a parte e quindi per COV si intendono in realtà i NMVOC.

I COV giocano un ruolo importante nella formazione dell'ozono troposferico in quanto entrano a far parte della catena reattiva che porta alla formazione dello stesso.

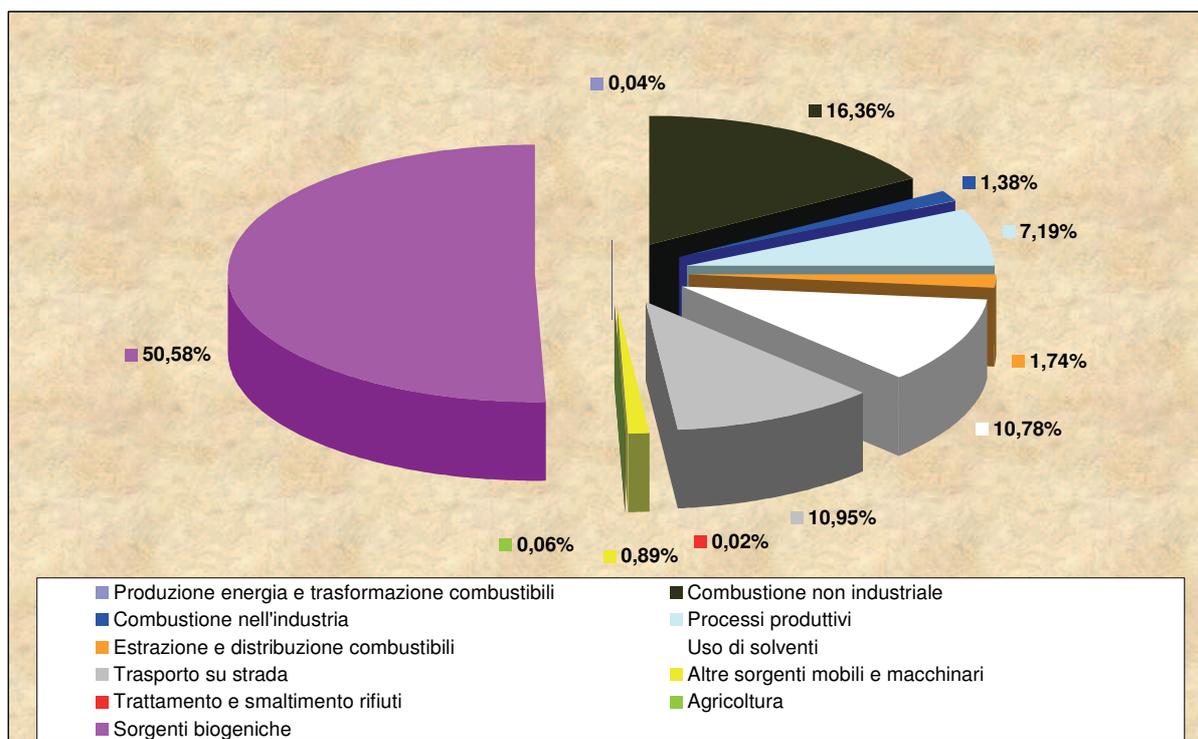


Figura 21: Distribuzione percentuale delle emissioni di COV per tipo di fonte (2007)

Nella famiglia dei COV troviamo anche il benzene per il quale le norme prevedono anche un valore limite per la qualità dell'aria. Si tratta di una sostanza liquida incolore dall'odore caratteristico che viene aggiunta alla benzina al fine di aumentarne il numero di ottani. Essendo che lo stesso evapora facilmente, si hanno emissioni di benzene durante le operazioni di travaso nelle stazioni di servizio o anche semplicemente dal suo utilizzo come carburante da autotrazione.

In Alto Adige, la principale fonte emissiva di COV è costituita dalla vegetazione ed in particolare dalle foreste di conifere che emettono notevoli quantità di terpeni. Le emissioni antropiche di VOC sono generate principalmente nei processi di combustione domestica, dal traffico motorizzato e dall'utilizzo di vernici e solventi.

Con l'introduzione della direttiva 1999/13/CE riguardante la limitazione delle emissioni di COV da determinate attività produttive ed impianti e con l'introduzione di norme per la commercializzazione l'utilizzo di prodotti vernicianti a basso contenuto di solventi si sono poste le basi per una notevole riduzione delle emissioni di tale inquinante. L'introduzione dei motori ad iniezione e dei catalizzatori, nonché degli impianti di recupero dei gas di benzina presso i distributori hanno dato un ulteriore contributo in tale senso.

## Metalli pesanti

---

Le maggiori concentrazioni di metalli pesanti nell'aria vengono di norma registrate nelle vicinanze di grandi insediamenti industriali. In Alto Adige vi è solo la zona produttiva di Bolzano che ospita alcune industrie di un certo rilievo. Tali industrie, avendo adottato le tecniche di abbattimento delle emissioni previste dalle norme, non contribuiscono in modo rilevante all'emissione di metalli pesanti. La sostituzione del piombo tetraetile delle benzine ha eliminato una delle maggiori fonti emissive di piombo. Anche il divieto d'utilizzo del carbone ha permesso di eliminare un'altra fonte emissiva.

## Gas climalteranti

I gas climalteranti contribuiscono all'effetto serra terrestre e quindi all'aumento delle temperature medie a livello mondiale. L'inventario delle emissioni considera in tale categoria l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il metano (CH<sub>4</sub>) ed il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O). I gas climalteranti hanno un effetto serra più o meno accentuato e pertanto le loro emissioni possono essere rappresentate come CO<sub>2</sub>-equivalenti. In tal modo si può ottenere un quadro riassuntivo delle emissioni rilevanti ai fini del loro contributo all'effetto serra.

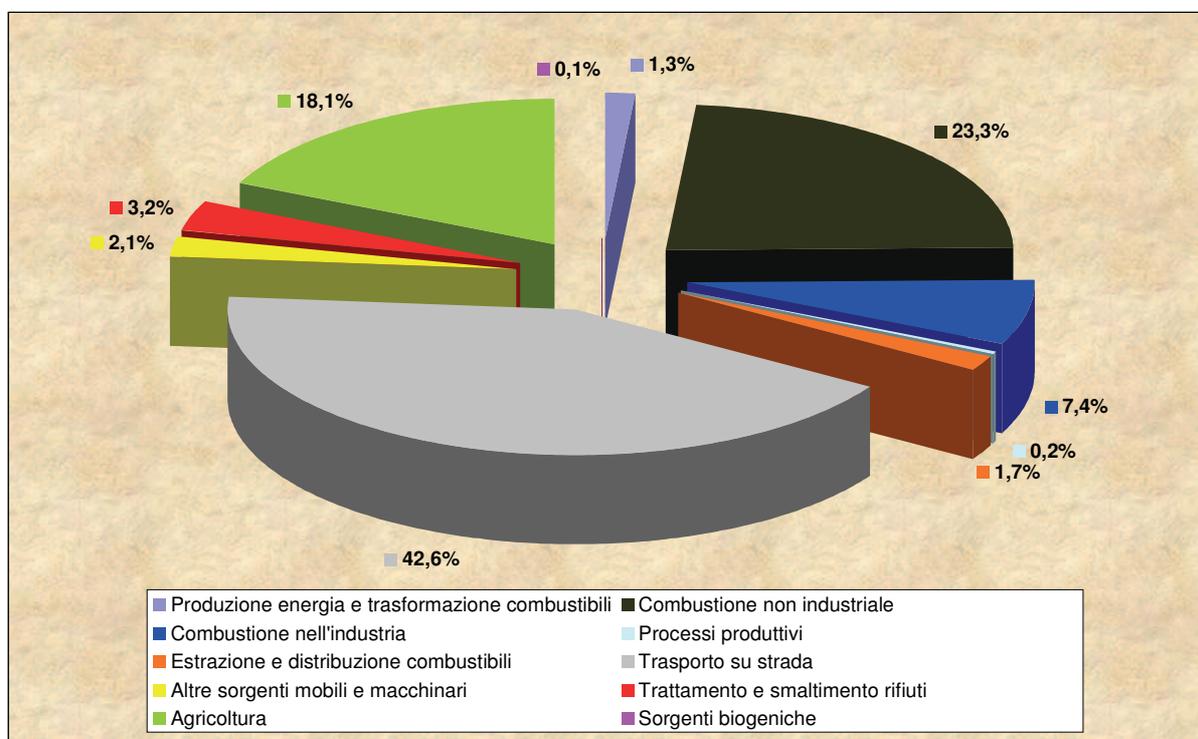


Figura 22: Distribuzione percentuale delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente per macrosettore (2007)

A tale proposito è necessario precisare che le equivalenze sono state calcolate in base ai coefficienti IPCC ed in particolare:

- le emissioni di CH<sub>4</sub> hanno un rapporto di equivalenza con la CO<sub>2</sub> pari a 21 volte
- le emissioni di N<sub>2</sub>O hanno un rapporto di equivalenza con la CO<sub>2</sub> pari a 310 volte.

Le biomasse combustibili sono considerate neutrali ai fini del calcolo della CO<sub>2</sub> equivalente e non vengono considerate nel calcolo.

## Emissioni di CO<sub>2</sub>

Il grafico sottostante riporta le emissioni di CO<sub>2</sub> così come vengono emesse dall'insieme degli impianti presenti sul territorio provinciale e pertanto comprendono anche la CO<sub>2</sub> emessa dagli impianti alimentati a biomassa. Anche in questo caso vediamo come i due settori maggiormente rappresentati sono il traffico ed i riscaldamenti civili.

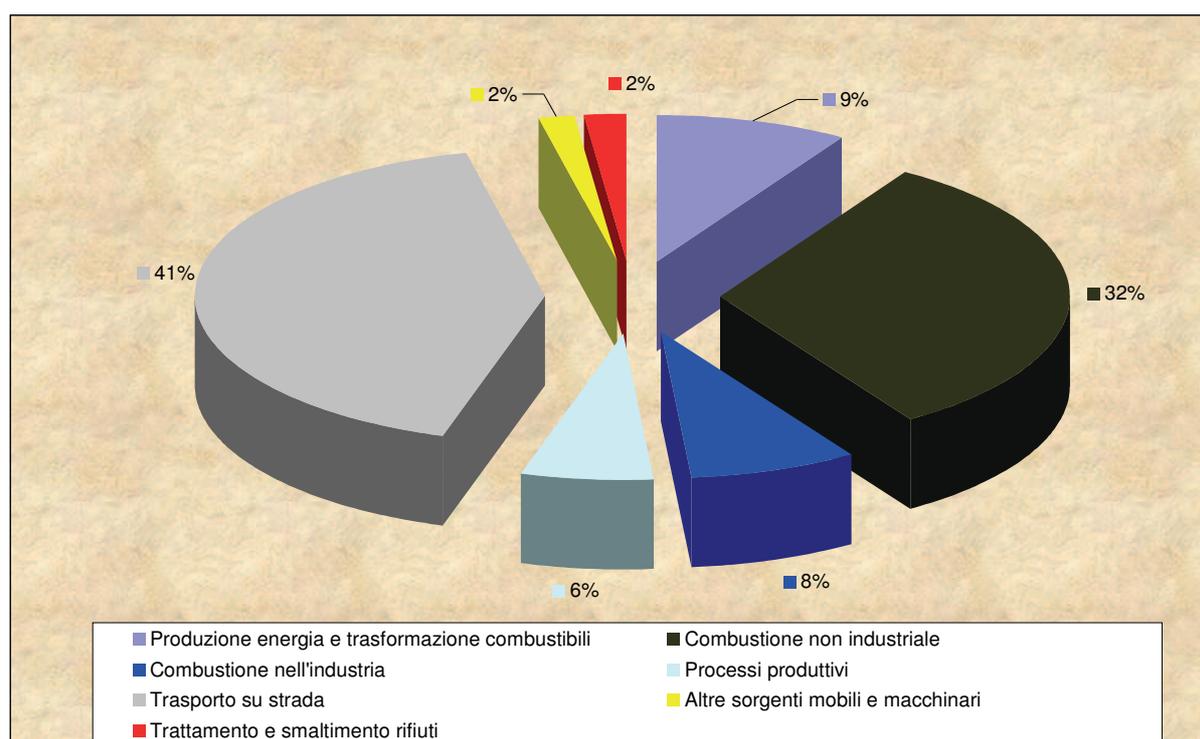


Figura 24: Distribuzione percentuale delle emissioni di CO<sub>2</sub> per macrosettore (2007)

## Emissioni di CH<sub>4</sub>

Il 72% delle emissioni di metano in Alto adige vengono generate dall'allevamento di bestiame ed in particolare dalla fermentazione anaerobica degli escrementi e dal processo digestivo dei ruminanti. Il metano prodotto dalla decomposizione dei rifiuti organici depositati nelle discariche viene in buona parte captato e combusto con appositi impianti. Un ruolo importante lo giocano anche le perdite derivanti dalle reti di distribuzione del metano. Un ruolo minore viene infine svolto dai processi di decomposizione organica negli ecosistemi naturali (ad es. acquitrini e le paludi).

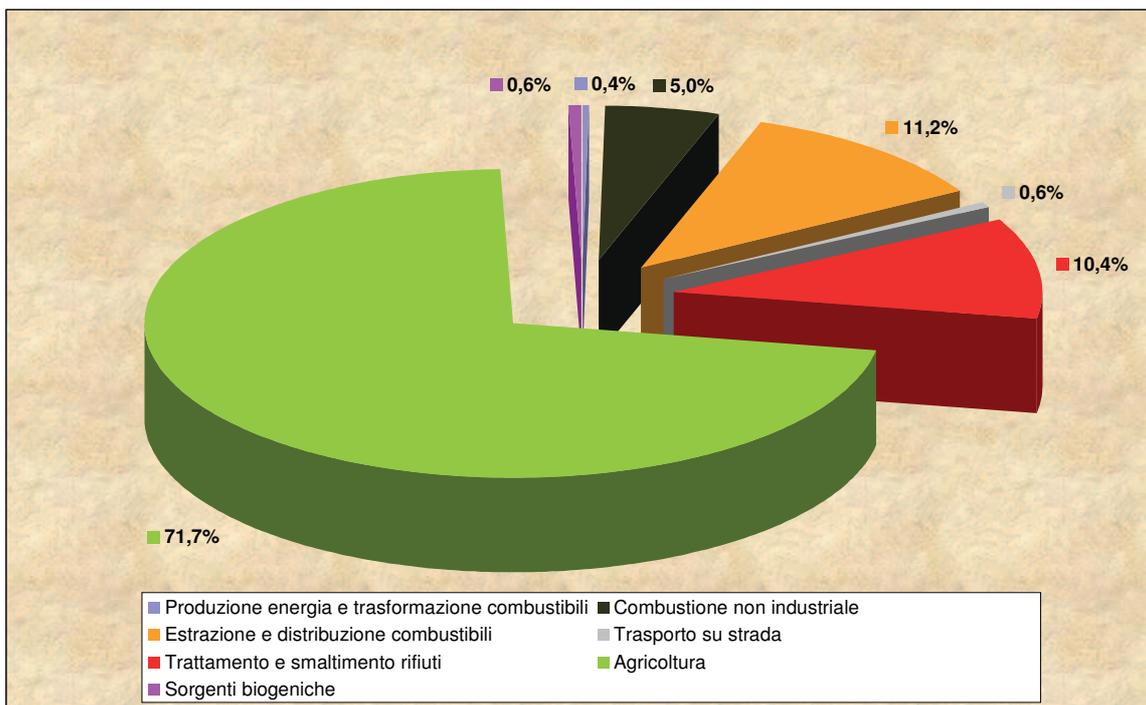


Figura 25: Distribuzione percentuale delle emissioni di CH<sub>4</sub> per tipo di fonte (2007)

### Emissioni di N<sub>2</sub>O

Le emissioni di protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), conosciuto anche con il nome di gas esilarante, provengono anche in gran parte dall'agricoltura. Infatti, in carenza di ossigeno i fertilizzanti azotati presenti nei terreni vengono trasformati in N<sub>2</sub>O che poi si disperde in atmosfera.

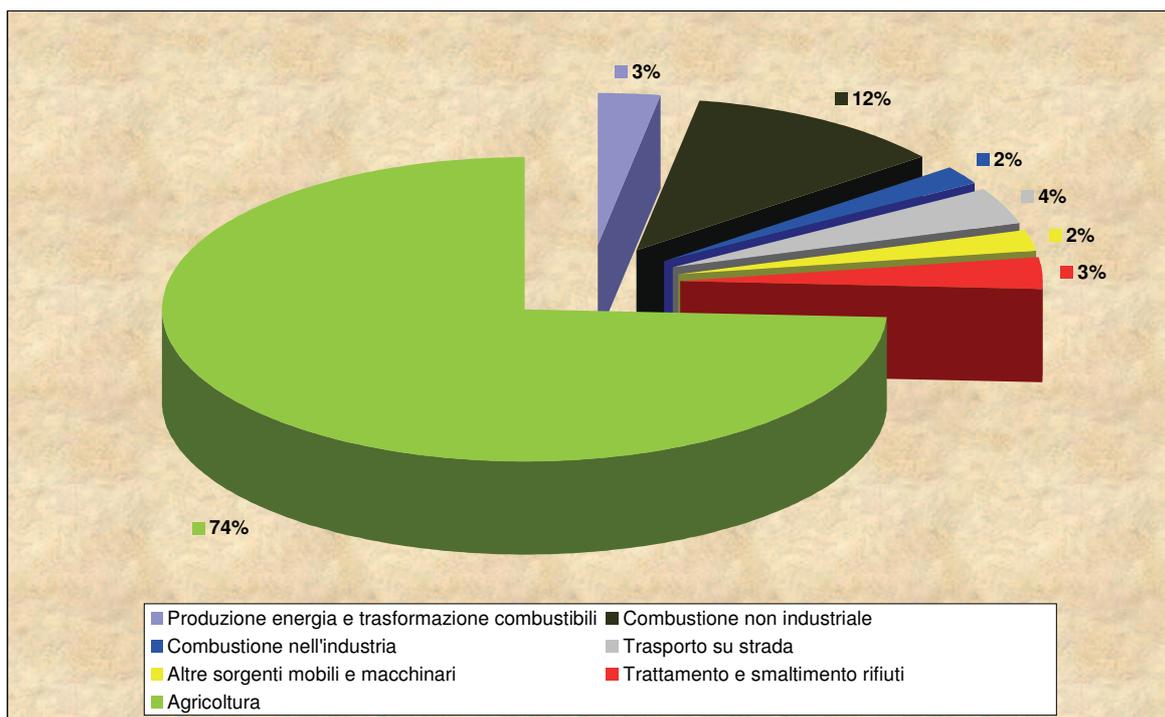


Figura 26: Distribuzione percentuale delle emissioni di N<sub>2</sub>O per tipo di fonte (2007)

## APPENDICE

### Inquinanti di origine secondaria

Gli inquinanti secondari non vengono emessi direttamente da delle fonti, ma bensì si formano attraverso reazioni chimiche in atmosfera. Per tale ragione essi non vengono considerati all'interno dell'inventario delle emissioni. Tuttavia, essendo che essi possono influenzare anche in modo decisivo la qualità dell'aria, si riporta di seguito una breve illustrazione delle loro principali caratteristiche.

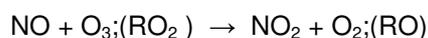
#### **Materiale particolato d'origine secondaria (PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>)**

Il particolato secondario si forma in atmosfera a causa di reazioni chimiche che coinvolgono inquinanti quali l'ammoniaca, il biossido di zolfo, gli ossidi azoto ed i composti organici volatili (COV). I prodotti di tali reazioni sono solfati e nitrati di ammonio, aldeidi e chetoni. Queste sostanze si aggregano facilmente a nuclei di condensazione già presenti nell'atmosfera dando così origine a particolato secondario.

Le particelle secondarie possono essere trasportate su lunghe distanze contribuendo così all'inquinamento atmosferico anche a notevole distanza dalle fonti emissive.

#### **Biossido di azoto d'origine secondaria (NO<sub>2</sub>)**

Ogni processo di combustione produce ossidi d'azoto (NO e NO<sub>2</sub>) come prodotto secondario della reazione di ossidazione. La maggior parte delle emissioni è composta da molecole di NO, la cui percentuale può anche arrivare a più del 90% nei motori a combustione interna. L'NO si trasforma in NO<sub>2</sub> reagendo in atmosfera con l'ozono (O<sub>3</sub>) o radicali liberi (RO<sub>2</sub>):



Attraverso il processo di fotolisi, l'NO<sub>2</sub> viene ritrasformato in NO:



Ma essendo tale secondo processo è condizionato da una velocità di reazione diversa dalla quella della prima reazione, dalla concentrazione di ozono in atmosfera e dall'intensità dell'irraggiamento solare, si ha che durante le ore notturne l'NO viene quasi completamente trasformato in NO<sub>2</sub> a causa dell'assenza di luce solare. Questi processi contrapposti possono provocare notevoli sbalzi delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> durante l'arco di una giornata.

**Ozono (O<sub>3</sub>)**

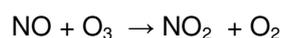
L'ozono è un gas particolare che in concentrazioni normali ha funzioni benefiche per la vita. Infatti, a quote molto elevate (stratosfera) serve a proteggere la terra dalle radiazioni ultraviolette dannose per la vita organica, mentre a bassa quota (troposfera) serve a mantenere libera l'atmosfera da microrganismi nocivi (ad es. i batteri) o altre sostanze organiche.

Questo gas però, a concentrazioni elevate agisce in modo tossico verso la vita organica e provoca irritazione alle vie respiratorie ed alle mucose, danneggiando anche le cellule vegetali e non ultimi i materiali (ad es. i monumenti).

A differenza del biossido d'azoto e del particolato esso si forma esclusivamente a causa di reazioni chimiche in atmosfera.

Nella stratosfera (dove è presente in concentrazioni molto elevate) esso si forma dall'ossigeno sotto l'azione dei potenti raggi ultravioletti. Nella troposfera e quindi a livello della vita organica, esso si forma principalmente a causa del processo chimico di fotolisi descritto al precedente capitolo sull'NO<sub>2</sub>.

La presenza di COV nella troposfera può accrescere le concentrazioni di ozono visto che queste sostanze possono ossidare l'NO ed inibire la seguente reazione di riduzione dell'O<sub>3</sub>:



Infatti, l'NO viene sottratto alla possibilità di partecipare alla reazione di cui sopra e l'ozono non trova possibilità di trasformarsi in ossigeno. Si ha così che le maggiori concentrazioni di ozono negli strati bassi dell'atmosfera si hanno dove vi è un intenso irraggiamento solare e dove si hanno alte concentrazioni di COV o assenza di NO.