



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

Le sorgenti di emissione della Piana lucchese

AREA VASTA COSTA
Settore “Centro Regionale per la Tutela della
Qualità dell’Aria”

Regione Toscana





ARPAT
Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

Le sorgenti di emissione della Piana lucchese

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini
ARPAT – Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria

Autori:
Elisa Bini

ARPAT- Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria

Aprile 2015

Sintesi

Il presente documento è redatto al fine di individuare le principali fonti di emissione primaria di polveri (PM10 e PM2,5) e dei loro principali precursori (Composti organici volatili non metanici – COVNM, Ossidi di azoto – NOx, Ammoniaca – NH₃, Ossidi di zolfo – SOx) nei comuni della Piana lucchese; a tale scopo sono stati analizzati i dati relativi all'anno 2010 riportati in IRSE 2010, ultimo aggiornamento disponibile dell'inventario regionale delle sorgenti di emissione¹.

Di seguito si riporta l'elenco dei 21 comuni considerati nell'analisi suddivisi per Provincia di appartenenza:

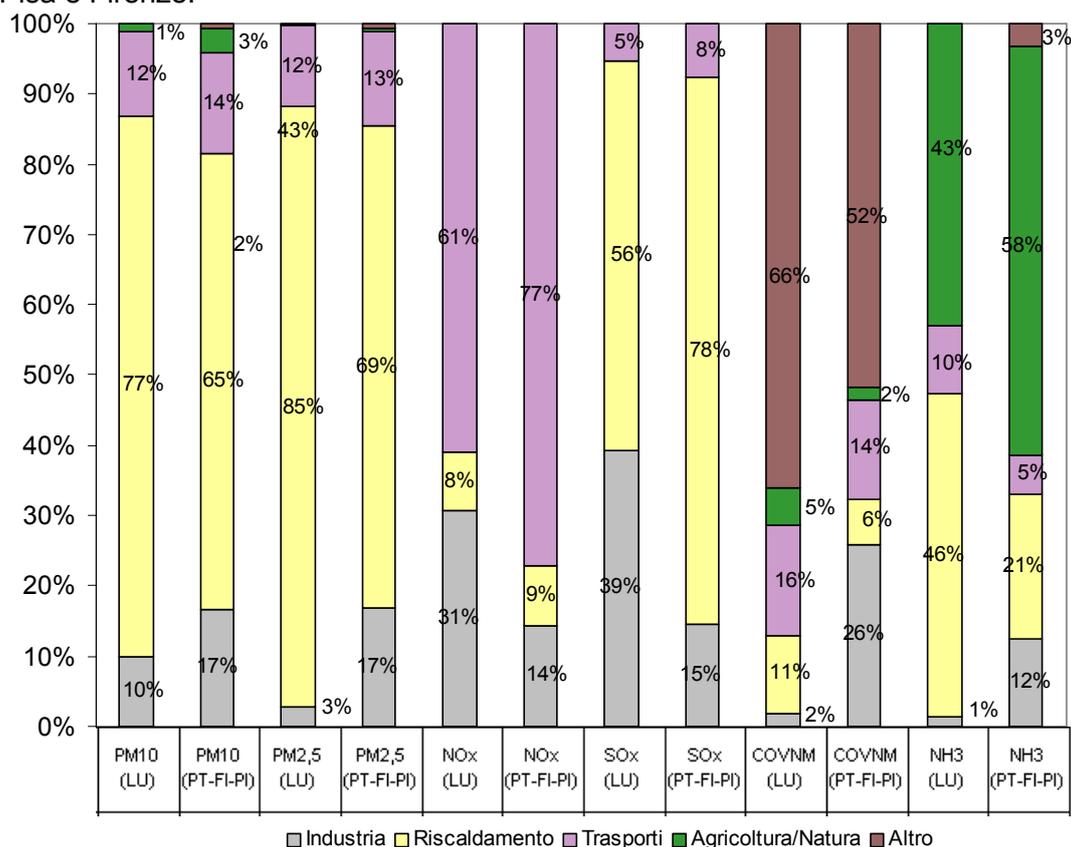
Comune	Provincia
Villabasilica Pescaglia Lucca Capannori Porcari Altopascio Montecarlo	Lucca
Castelfranco di sotto Bientina	Pisa
Fucecchio	Firenze
Uzzano Pescia Buggiano Massa e Cozzile Montecatini Terme Pieve a Nievole Monsummano Terme Larciano Lamporecchio Ponte buggianese Chiesina uzzanese	Pistoia

¹ Si fa presente che le stime di emissione presenti negli inventari sono affette da un'incertezza; l'incertezza massima viene individuata all'allegato I del D.Lgs 155/2010 (SO₂/NOx/CO: 75%, PM: 100%).

Al fine di schematizzare il più possibile l'analisi iniziale, i dati di emissione sono stati raggruppati in macro-ambiti di attività; di seguito si riporta l'aggregazione utilizzata:

Ambiti di attività	Macrosettore
Industria	01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche
	03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione
	04 Processi produttivi
Riscaldamento	02 Impianti di combustione non industriali
Trasporti	07 Trasporti stradali
	08 Altre sorgenti mobili e macchine
Agricoltura/Natura	10 Agricoltura
	11 Altre sorgenti/Natura
Altro	05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica
	06 Uso di solventi
	09 Trattamento e smaltimento rifiuti

Nel grafico successivo sono riportate le percentuali di incidenza per ciascun settore e per ciascun inquinante sul totale delle emissioni relative ai comuni della Piana appartenenti alla provincia di Lucca e sul totale delle emissioni relative ai comuni della Piana appartenenti alla provincia di Pistoia, Pisa e Firenze:

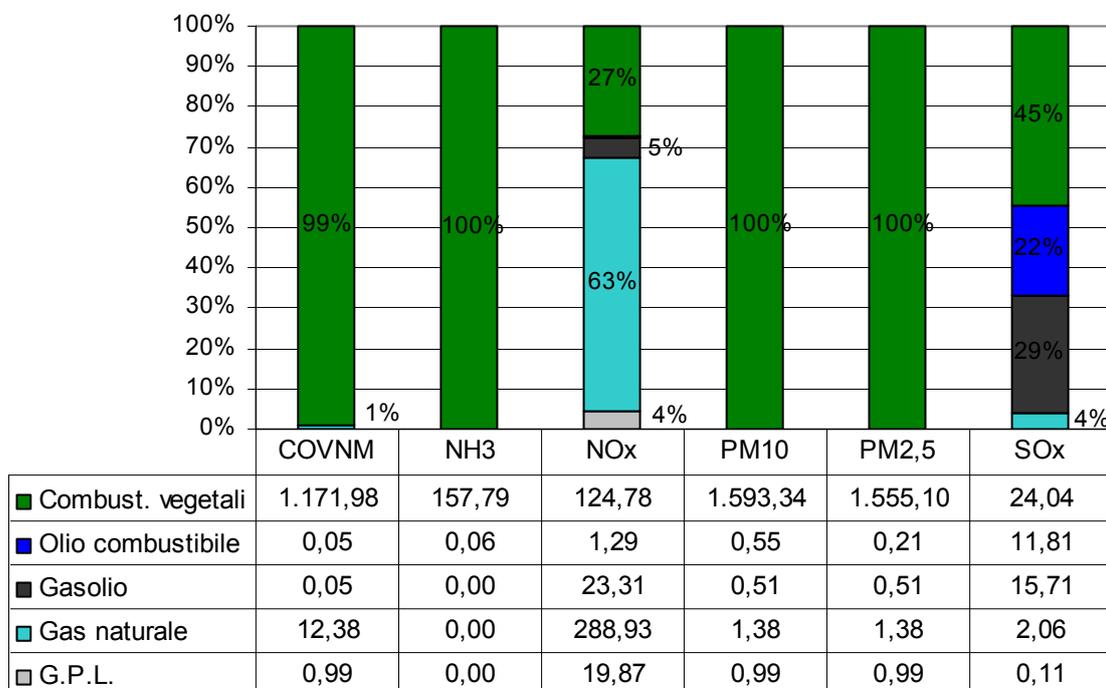


In base a quanto emerso sono stati approfonditi:

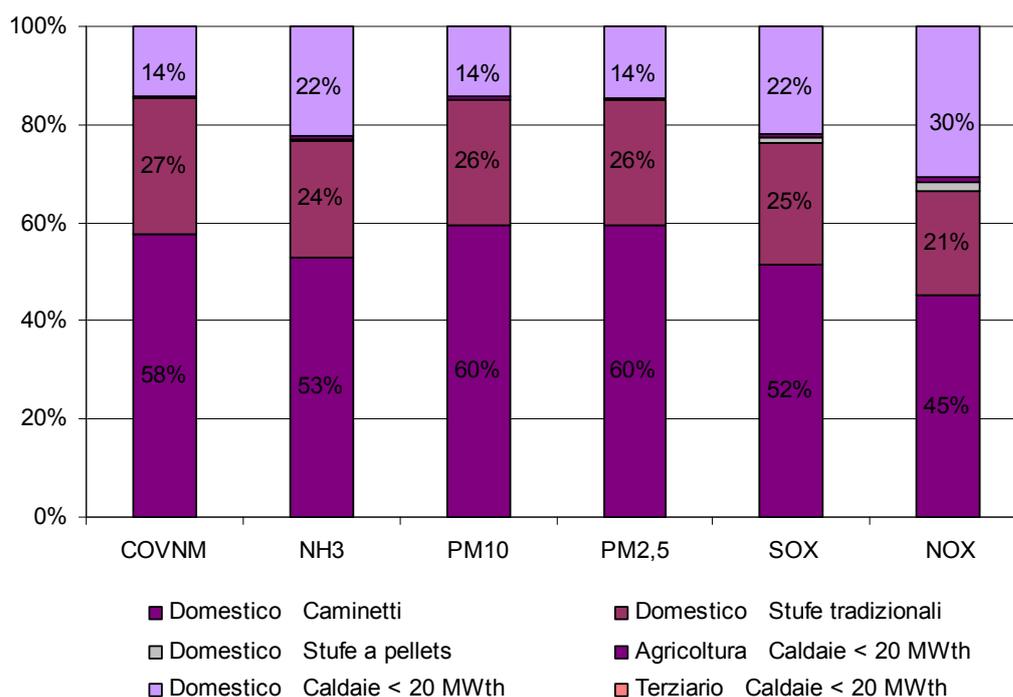
- il settore **"Riscaldamento"** per gli inquinanti PM10, PM2,5, SOx e NH₃
- il settore **"Trasporti"** per PM10, PM2,5, NOx e COVNM
- il settore **"Industria"** per PM10, PM2,5, NOx, SOx e COVNM
- il settore **"Altro"** per COVNM
- il settore **"Agricoltura/natura"** per NH₃

IL SETTORE "RISCALDAMENTO"

In base all'analisi dei dati emissivi relativi a tale settore (vedi grafico successivo), sia per i comuni appartenenti alla Provincia di Lucca che per quelli appartenenti alle province di Pistoia, Firenze e Pisa, le emissioni di COVNM, NH₃, PM10 e PM2,5 da riscaldamento domestico derivano per la quasi totalità dalla combustione di legna e simili; il contributo della legna non è indifferente nemmeno nel caso di NOx e SOx sebbene alle emissioni di tali inquinanti contribuiscano in modo evidente anche altri combustibili.



Di seguito si riporta l'analisi delle emissioni da combustione di legna e similari funzionalmente alla tecnologia di combustione utilizzata. Le stesse percentuali rilevate per i comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca si rilevano per i comuni appartenenti alle altre province.



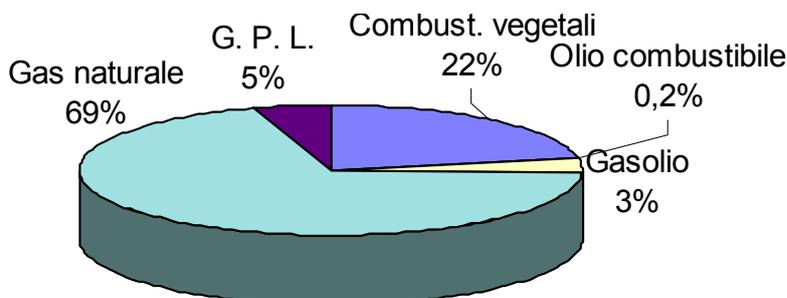
Dall'analisi dei dati di emissione estratti dall'inventario emerge che:

- > La combustione domestica di **legna** in caminetti e stufe tradizionali è responsabile di circa:
 - il 60% delle emissioni primarie di PM10 e PM2,5 dell'intera Piana
 - il 25% delle emissioni totali di NH3 dell'intera Piana
 - il 23% delle emissioni totali di ossidi di zolfo (SOx) dell'intera Piana
 - il 7% delle emissioni totali di COVNM dell'intera Piana.
- > Circa il 15% delle emissioni totali di ossidi di zolfo (SOx) della Piana sono imputabili alla combustione non industriale di **olio combustibile** effettuata in caldaia dal settore terziario
- > Circa il 20% delle emissioni totali di ossidi di zolfo (SOx) della Piana sono imputabili alla combustione non industriale in caldaia di **gasolio**, in particolare il 90% di queste deriva dalla combustione domestica effettuata in caldaia

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva delle percentuali di incidenza maggiormente rilevanti delle emissioni da riscaldamento sul totale delle emissioni della Piana:

	PM10	PM2,5	COVNM	SOx	NH ₃
LEGNA	70% (60% caminetti e stufe tradizionali)	70% (60% caminetti e stufe tradizionali)	7%	30% (23% caminetti e stufe tradizionali)	31% (25% caminetti e stufe tradizionali)
GASOLIO + OLIO COMBUSTIBILE				20% + 15%	

Da un'analisi dei consumi energetici della Piana per tipologia di combustibile si può osservare che il contributo maggiore non viene dalla legna ma dal gas naturale (la stessa distribuzione si osserva per i comuni appartenenti alla Provincia di Lucca e per gli altri comuni della Piana); la prevalenza del contributo della combustione di legna alle emissioni regionali di PM10 e PM2,5 non è, quindi, imputabile al maggiore consumo di tale combustibile rispetto agli altri. I livelli rilevati sono, invece, rapportabili ai valori dei fattori di emissione associati a ciascun combustibile e a ciascuna tecnologia di combustione.



Settore riscaldamento: incidenza dei diversi combustibili sui consumi totali, espressi in termini energetici

I valori dei fattori di emissione relativi a PM10 e PM2,5 per i combustibili vegetali (legna e similari) per qualsiasi tecnologia sono più elevati (fino a 3 ordini di grandezza) di quelli relativi agli altri combustibili; la combustione della stessa quantità di combustibile, in termini energetici, produce, nel caso della legna, emissioni di PM10 e PM2,5 anche di tre ordini superiori agli altri combustibili.

Recentemente sono stati pubblicati i risultati di uno studio del Task 32 dell'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA, www.ieabcc.nl)²; da tale studio risulta che:

² Nussbaumer T., Czasch1 C., Klippel1 N., Johansson L., Tullin C. 2008. *Particulate Emissions from Biomass Combustion in IEA Countries, survey on measurements and emission factors*. On behalf of IEA Task 32 and Swiss Federal Office of Energy (SFOE). ISBN 3-908705-18-5.

- le caldaie a legna a tiraggio naturale mostrano valori di concentrazione di polveri in media più o meno superiori ai 100 mg/Nm³
- nelle caldaie con tiraggio forzato e regolazioni elettroniche il valore medio dei livelli di concentrazione di polveri scende sotto i 50 mg/Nm³
- il puffer ha un ruolo fondamentale per la riduzione del fattore di emissione delle polveri
- le caldaie a pellet presentano un valore medio intorno ai 30 mg/Nm³, con variazioni tra 10 e 50 mg/Nm³
- le caldaie automatiche a cippato (70-500 kW) presentano tipicamente fattori di emissione variabili tra 50 e 100 mg/Nm³; nei casi migliori si scende fino a 30 mg/Nm³.

In merito a eventuali misure per la riduzione delle polveri emesse dalla combustione di biomassa legnosa in impianti di piccola-media taglia si possono individuare, quindi, due diverse azioni:

- le prime riguardano la sostituzione successiva degli impianti con impianti tecnologicamente più avanzati (misure primarie);
- le seconde riguardano, invece, l'applicazione agli impianti di sistemi di separazione (filtri) (misure secondarie). A tale proposito si evidenzia che, vista la prevalenza della classe dimensionale con diametro < 1µm, i sistemi a gravità (multiciclone) non hanno nessun effetto di separazione sul particolato, perciò, a valle del multiciclone si deve ricorrere ai più costosi filtri a manica o agli elettrofiltri. La restrizione dei limiti che sarà imposta in vari stati mitteleuropei nel breve periodo ha stimolato la ricerca tecnologica e l'implementazione di nuovi filtri elettrostatici e filtri a manica (in acciaio) applicabili in impianti inferiori a 1 MW che consentono di mantenere l'emissione di polveri rispettivamente sotto i 20 e i 5 mg/Nm³.

A fini informativi, al paragrafo "Investimenti e costi di gestione degli impianti a legna, cippato e pellet", si riportano le indicazioni relative a investimenti e costi di gestione per impianti a legna, cippato e pellet riportate nel manuale pratico "Impianti termici a legna, cippato e pellet" pubblicato da ARSIA (Agenzia Regionale Sviluppo e Innovazione nel Settore Agricolo) in collaborazione con l'associazione AIEL (Associazione Italiana Energie Agroforestali).

Recenti indagini sperimentali su utenze di riscaldamento civile a biomassa di piccola potenzialità (Cernuschi et al., 2010; Ozgen et al., 2012) hanno dimostrato il contributo significativo di polveri ultrafini (Dp < 0.1 µm) al numero totale di particelle emesse, con percentuali che variano dal 50% al 90% in funzione delle condizioni operative dell'impianto⁴.

Particolare interesse ha suscitato negli ultimi anni, nello specifico, il black carbon (individuato anche come EC, carbonio elementare), componente di origine primaria del particolato ultrafine (diametro aerodinamico < 1 µm) emesso direttamente durante la combustione incompleta di carburante; le dimensioni di tale frazione di particolato variano tra i 10 nm (particelle individuali di BC) e 1 µm (nel caso di agglomerati di più particelle).

Tale componente, in termini di potenziale danno alla salute umana, è uno dei più importanti inquinanti atmosferici in quanto, in funzione delle dimensioni, penetra a diversi livelli del sistema respiratorio.

Durante il trasporto atmosferico le particelle di BC interagiscono, inoltre, con diverse componenti combinandosi, ad esempio, con composti organici (come ad esempio IPA di cui il B(a)P è classificato come agente cancerogeno- IARC Categoria 1) e solfati. Il black carbon è stato inserito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nell'elenco delle sostanze che possono provocare il cancro- Categoria 2B (WHO, 2012)⁵.

Oltre ad avere potenziali effetti negativi sulla salute umana il BC è collocato tra le sostanze potenzialmente climalteranti; secondo alcuni studi, infatti, il black carbon è la componente di PM

³ FRANCESCATO V. 2007. Combustione del legno e polveri fini, fattori di emissione ed effetti sulla salute delle moderne caldaie di piccola e media taglia. Sherwood n° 133.

⁴Tesi di dottorato *La combustione di biomassa in piccoli impianti residenziali: emissioni, incertezze, scenari di riduzione*, ing. Silvia Galante (Politecnico di Milano, Dipartimento di ingegneria civile ed ambientale, Dottorato in ingegneria ambientale e delle infrastrutture), relatore ing. Stefano Caserini.

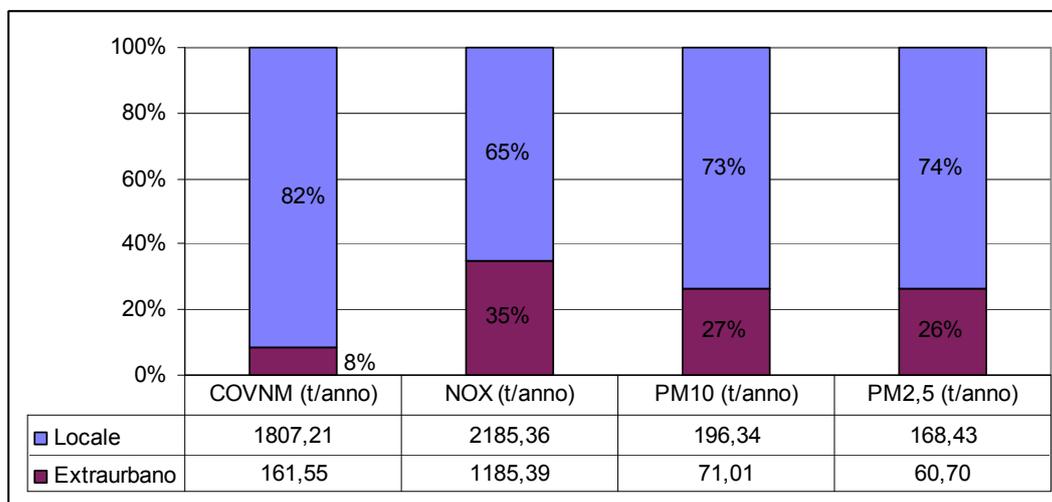
⁵ *Status of black carbon monitoring in ambient air in Europe*, EEA Technical report No 18/2013

che maggiormente assorbe la luce e risulta essere uno dei principali responsabili dei cambiamenti climatici (Bond et al., 2013).

In base a quanto emerge dalle valutazioni effettuate dall'International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), le emissioni da combustione domestica di biomassa rappresentano circa il 40% del totale delle emissioni di black carbon in Europa (EU28). In particolare, emerge che più del 70% delle emissioni di BC da combustione domestica di biomassa derivano dall'utilizzo di stufe tradizionali e caminetti.

IL SETTORE "TRASPORTI"

Analizzando i dati relativi ai comuni della Piana (vedi grafico successivo) si può osservare che, fatta eccezione per gli NOx, più del 70% delle emissioni derivano dal traffico su strade urbane; anche nel caso degli ossidi di azoto, in ogni caso, l'incidenza delle emissioni da trasporto extraurbano rappresentano solo il 35% delle emissioni totali da trasporto su strada.



Le emissioni da trasporto su strada, sia su rete urbana che extraurbana, sono associabili a tre diverse sorgenti: combustione, abrasione di gomme, strada e freni e emissioni evaporative; il contributo alle emissioni di PM10 primario dell'abrasione di freni, gomme e strada non può ritenersi trascurabile rappresentando circa il 40% del totale in ambito urbano e il 50% in ambito extraurbano.

Il contributo del traffico extraurbano è molto ridotto rispetto a quello del traffico locale nel caso delle emissioni di COVNM mentre non è trascurabile per gli altri inquinanti: nel caso delle emissioni di ossidi di azoto esso rappresenta circa la metà delle emissioni totali dal settore "trasporti" della Piana e nel caso delle emissioni di polveri circa un terzo.

Analizzando i dati di emissione di NOx e PM10 da combustione (escludendo, quindi, il contributo dell'abrasione di gomme, freni e strada) per il trasporto extraurbano si rileva che più del 90% di tali emissioni viene imputato alle automobili e ai veicoli commerciali (pesanti e leggeri) diesel.

Per quanto riguarda, invece, il trasporto su reti stradali locali si osserva che le emissioni di PM10 e PM2,5 sono imputabili ai veicoli diesel per circa l'80%, ripartiti in maniera uniforme tra automobili, veicoli leggeri e veicoli pesanti mentre solo il 20% delle emissioni di polveri è originato dai ciclomotori (cc > 50) a benzina. Nel caso degli NOx tale percentuale sale al 90%, in misura maggiore imputata ai veicoli pesanti. Le emissioni di COVNM sono, invece, imputabili per circa il 90% ai veicoli a benzina e, in particolare, ai ciclomotori (cc < 50); solo il 6% delle emissioni vengono associate ai veicoli pesanti diesel.

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva delle percentuali di incidenza maggiormente rilevanti delle emissioni del settore "trasporti" sul totale delle emissioni della Piana:

	PM10	PM2,5	NOx	COVNM
EXTRAURBANO			24%	
URBANO	10% (8% diesel)	10% (8% diesel)	45% (40% diesel)	14% (12% ciclomotori)

In relazione a tali tipologie di veicoli, è stata valutata l'incidenza sui livelli emissivi delle varie tecnologie; le elaborazioni effettuate sono relative all'anno 2010, ultimo anno disponibile dell'inventario regionale, non tengono conto, perciò, dei veicoli costruiti secondo gli standard richiesti dalla normativa Euro 6 e dei ciclomotori costruiti secondo gli standard richiesti dalla normativa Euro 3 non ancora circolanti nel corso dell'anno analizzato.

A parità di percorrenza, nel caso dei veicoli pesanti diesel, le classi Euro 4 e Euro 5 sono quelle potenzialmente meno impattanti in termini emissivi sia per gli NOx che per il PM10.

Nel caso degli autoveicoli diesel, invece, si osserva un livello emissivo simile nel caso degli ossidi di azoto per tutti i tipi di veicolo con valori leggermente inferiori nel caso della classe EURO 4 mentre nel caso del PM10 i veicoli Euro 4 e, in particolare, i veicoli Euro 5 sono quelli a minor impatto emissivo. I veicoli leggeri diesel Euro 5 mostrano livelli emissivi per NOx e in maniera ancora più evidente per PM10 inferiori a tutte le altre classi.

Per i ciclomotori si osserva, per le classi Euro 1 e Euro 2, una netta riduzione delle emissioni di PM10 e un incremento delle emissioni di NOx.

Al fine di dare elementi di valutazione in merito all'efficacia in termini emissivi delle misure di riduzione dei limiti di velocità in ambito extraurbano sono state analizzate le curve di variazione del fattore di emissione per le emissioni a caldo relativi ai veicoli e agli inquinanti analizzati in funzione della velocità. La variazione del livello emissivo con la velocità è evidente per autoveicoli e veicoli leggeri diesel nel caso di veicoli PreEuro1, meno evidente nel caso di veicoli costruiti secondo standard europei successivi; non si osservano, invece, variazioni di rilievo nel caso di veicoli pesanti diesel superata la soglia dei 50 km/h.

In base a quanto emerso dall'analisi dei dati, la successiva sostituzione dei mezzi diesel PreEuro1 e Euro1 con veicoli rispondenti alla più recente normativa europea può essere un'efficace misura di riduzione delle emissioni di PM e NOx, suo precursore.

Allo stesso modo la riduzione dei limiti di velocità su strade extraurbane può portare ad una riduzione delle emissioni inquinanti di PM e NOx sebbene poco rilevante nel caso di veicoli diesel rispondenti alla normativa europea più recente; in particolare, misure di riduzione dei limiti di velocità non apporterebbero alcuna riduzione delle emissioni derivanti dalla circolazione dei mezzi pesanti diesel.

In particolare, usando come riferimento il parco veicolare e le percorrenze relative all'anno 2010, una riduzione della velocità massima da 130 km/h a 100 km/h porterebbe a una riduzione media di circa il 40% delle emissioni di NOx e PM10 sia nel caso di autoveicoli diesel che dei veicoli leggeri diesel.

È ormai dimostrato che i motori diesel sono responsabili di un significativo contributo alle emissioni di particelle ultrafini (Marconi et al, 2008). Le particelle con dimensioni inferiori ad 1 μm contribuiscono molto marginalmente alla concentrazione in volume o in massa (Morawska et al, 1999) ma hanno effetti molto nocivi sulla salute umana.

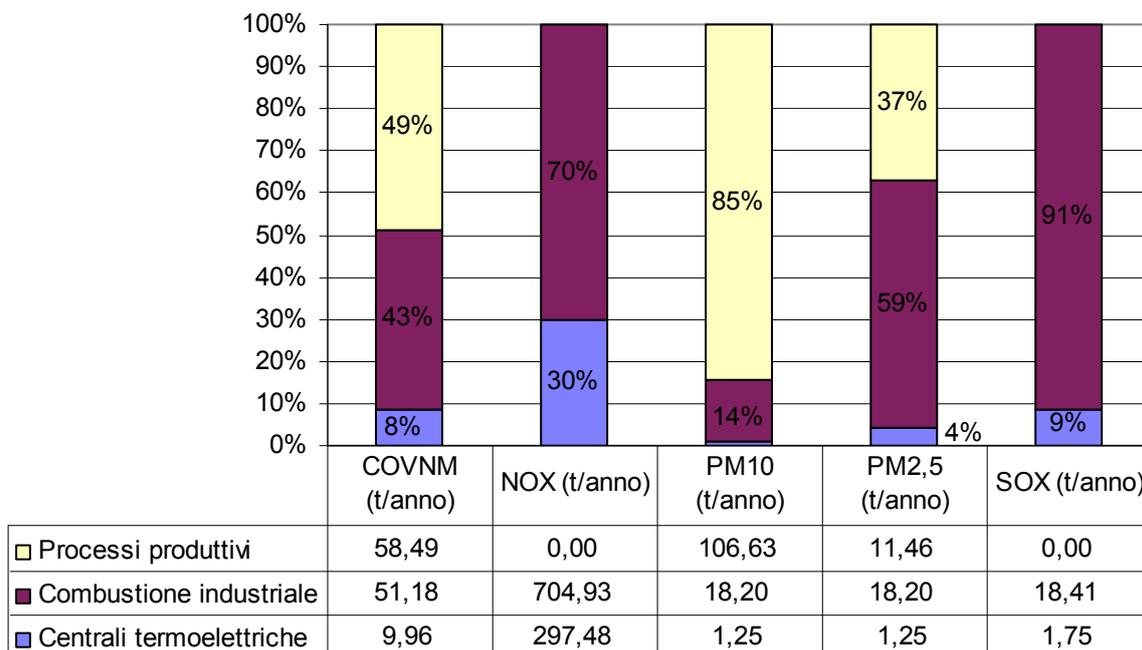
Tra queste, particolare interesse ha suscitato negli ultimi anni, il black carbon (individuato anche come EC, carbonio elementare), componente di origine primaria del particolato ultrafine (diametro aerodinamico < 1 μm) emesso direttamente durante la combustione incompleta di carburante; le dimensioni di tale frazione di particolato variano tra i 10 nm (particelle individuali di BC) e 1 μm (nel caso di agglomerati di più particelle).

In base a quanto emerge dalle valutazioni effettuate dall'International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), le emissioni da trasporto su strada alimentato a gasolio rappresentano circa il 40% del totale delle emissioni di black carbon in Europa (EU28).

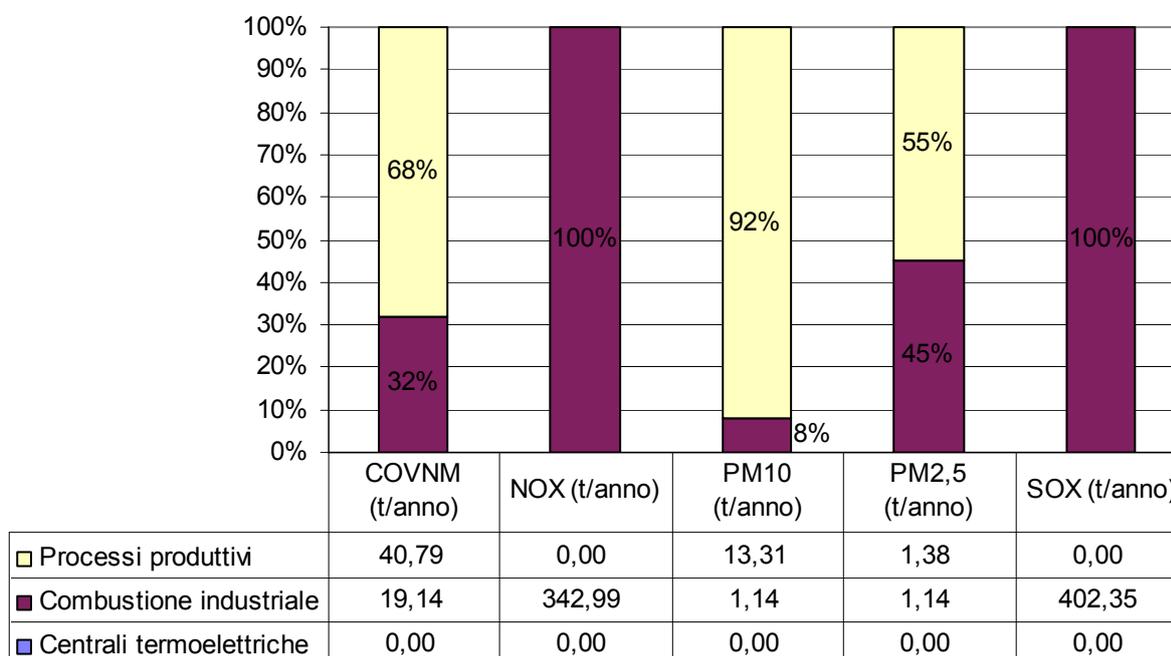
In particolare da un lavoro effettuato dal DIIAR del Politecnico di Milano nel quale vengono analizzati i fattori di emissione presenti in letteratura (18 diverse fonti); la percentuale di EC (black carbon) sul totale delle emissioni di polveri non dipende in modo evidente dalla tecnologia più o meno innovativa né emergono tipologie di veicoli con emissioni particolarmente rilevanti rispetto agli altri.

IL SETTORE "INDUSTRIA"

L'ambito di attività "industria" può essere suddiviso in tre principali settori: centrali termoelettriche, combustione industriale, processi produttivi.



Comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca: incidenza della tipologia di fonte industriale



Comuni della Piana appartenenti alle Province di Pistoia, Pisa, Firenze: incidenza della tipologia di fonte industriale

Per quanto riguarda la tipologia di produzione, si osserva che:

- le emissioni di ossidi di zolfo sono quasi completamente imputate all'attività di produzione del vetro (in particolare ai processi di combustione ad essa associati)
- le emissioni di polveri sono associate per più del 70% alla produzione di carta (in particolare ai processi di combustione ad essa associati)

- le emissioni di ossidi di azoto e di COVNM sono associate per circa il 50% nel primo caso e per più del 60% nel secondo alla produzione di carta (in particolare ai processi di combustione ad essa associati), e per il restante alla produzione di vetro (in particolare ai processi di combustione ad essa associati) e alla produzione di energia elettrica (in particolare ai processi di combustione ad essa associati)

	COVNM	NOx	PM10	PM2,5	SOx
Cartiere	1%	0%	0%	0%	0%
Combustione industriale	3%	13%	1%	4%	0%
CTE pubbliche	1%	5%	0%	0%	0%
Estrazione cave e lavorazione rocce	0%	0%	6%	2%	0%
Lavorazione metalli	0%	0%	0%	0%	1%
Produzione alimenti	6%	0%	0%	0%	0%
Produzione di cemento e calcestruzzo	0%	0%	4%	1%	0%
Produzione conglomerati bituminosi	1%	0%	0%	0%	0%
Produzione laterizi	0%	0%	0%	0%	0%
Produzione vetro	1%	5%	0%	1%	29%

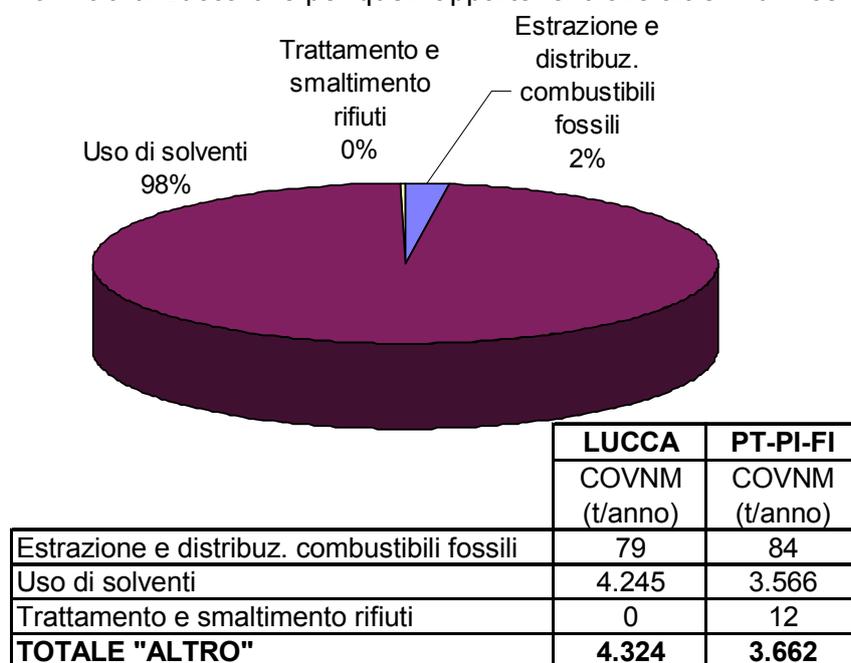
Incidenza della produzione industriale sul totale delle emissioni della Piana

Come si può osservare dalla tabella precedente, l'unica attività che presenta una certa rilevanza in termini di impatto sul totale delle emissioni è l'attività di combustione associata alla produzione di vetro (localizzata nel territorio del comune di Pescia) per le emissioni di ossidi di zolfo; a questa si aggiunge, in misura ridotta, la combustione nel settore industriale.

IL SETTORE "ALTRO"

Nel gruppo di attività "altro" sono inclusi tre diversi settori: estrazione e distribuzione di combustibili fossili, uso di solventi, trattamento e smaltimento rifiuti.

Come si può osservare dal grafico successivo, le emissioni di COVNM derivanti da tale gruppo di attività sono quasi completamente associabili all'uso di solventi (98%), sia per i comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca che per quelli appartenenti alle altre Province considerate.



In particolare, per i comuni appartenenti alla Provincia di Lucca risulta avere un'incidenza rilevante l'attività produttiva di lavorazione della schiuma poliuretanica, effettuata nel comune di Porcari, a cui si aggiungono le attività di uso di vernici e colle mentre per i comuni delle province di Pistoia, Pisa e Firenze si rileva una prevalenza di emissioni di COVNM dalla lavorazione delle pelli e del cuoio insieme alle attività di applicazione di colle e uso domestico di solventi (vedi tabella successiva).

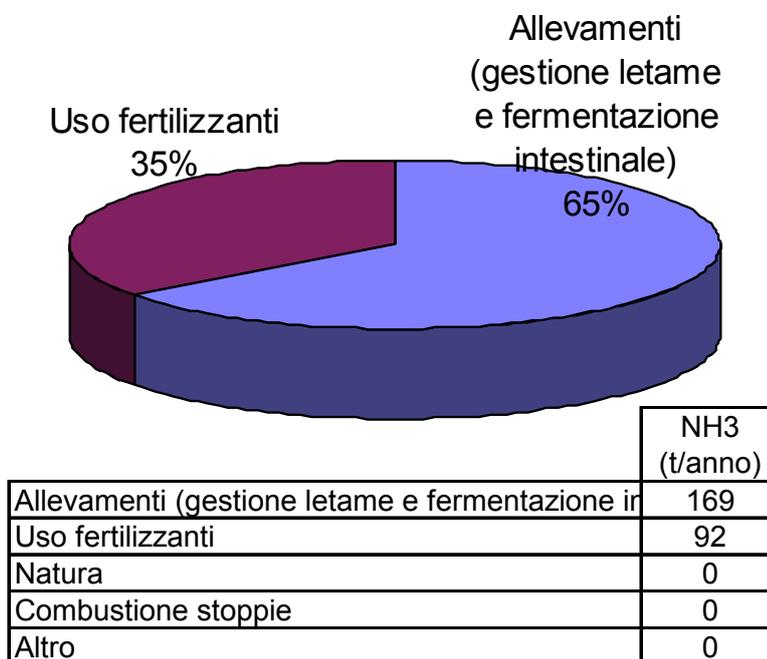
	COVNM (t/anno)	Incidenza sul totale di settore	Incidenza sul totale regionale
Lavorazione di schiuma poliuretanic	1.680	22%	12%
Industria pelli e cuoio	1.458	19%	11%
Applicazione di colle e adesivi	939	12%	7%
Uso domestico di solventi	768	10%	6%
Applicazione di vernici in altri settori industriali	612	8%	4%
Applicazione di vernici nell'industria del legno	599	8%	4%
Applicazione di vernici per uso domestico	563	7%	4%
Calzaturifici	302	4%	2%
Applicazione di vernici in edilizia	239	3%	2%
Industria della stampa	155	2%	1%
Manifattura vernici	151	2%	1%
Sgrassaggio metalli	130	2%	1%
Pulitura a secco - ciclo aperto	103	1%	1%
Conservazione del legno	36	0%	0%
Lavorazione di cloruro di polivinile	33	0%	0%
Manifattura di colle	17	0%	0%
Deparaffinazione di veicoli	15	0%	0%
Lavorazione della gomma (escluso pneumatici)	7	0%	0%
Industria tessile (eccetto lavorazione resine acriliche)	3	0%	0%
Applicazione di vernici per costruzione di navi	0	0%	0%
TOTALE EMISSIONI REGIONALI DI COVNM (t/anno)			13.630

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva delle percentuali di incidenza maggiormente rilevanti delle emissioni del settore "altro" sul totale delle emissioni della Piana:

	PM10	PM2,5	NOx	COVNM	SOx	NH3
USO SOLVENTI				50% (25% lavoraz. schiuma poliuretanic+lavoraz. pelli e cuoio)		

IL SETTORE "AGRICOLTURA/NATURA"

Nel settore "agricoltura/natura" sono incluse tutte le emissioni derivanti dalle attività relative alla coltivazione di piante e all'allevamento degli animali insieme alle emissioni correlate ai processi di respirazione delle piante (definita "natura" di seguito), ai laghi, alle paludi e agli incendi.



Visto che il settore "agricoltura/natura" incide sulle emissioni totali di NH3 della Piana per circa il 50%, le emissioni di NH3 derivanti dalle attività di allevamento e di uso dei fertilizzanti rappresentano circa il 50% delle emissioni totali di NH3 dell'intera Piana (di cui il 33% dagli allevamenti e il 18% dall'uso di fertilizzanti).

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva delle percentuali di incidenza maggiormente rilevanti delle emissioni del settore "agricoltura/natura" sul totale delle emissioni della Piana:

	PM10	PM2,5	NOx	COVNM	SOx	NH3
AGRICOLTURA						50% (30% allevamenti, 20% uso fertilizzanti)

FOCUS SULLA COMBUSTIONE INCONTROLLATA DEI RESIDUI AGRICOLI

Al fine di valutare l'incidenza delle emissioni regionali di PM10 e PM2,5 e dei principali inquinanti precursori emessi da tale attività sono stati utilizzati i dati riportati, per la Regione Toscana, nella disaggregazione provinciale dell'inventario nazionale delle sorgenti di emissione relativamente all'anno 2010. Non vengono utilizzati, per questo approfondimento, i dati dell'inventario regionale delle sorgenti di emissione in quanto in corso di revisione.

L'analisi dei dati ha confermato la scarsa significatività delle emissioni primarie di polveri e dei precursori principali emessi dalla combustione dei residui, sia a livello regionale che provinciale.

Va accennato, però, il fatto che, visto che la combustione incontrollata dei residui agricoli avviene in condizioni assolutamente non ottimali, tale attività è fonte non trascurabile di microinquinanti in particolare di diossine e furani le cui emissioni rappresentano ben il 34% delle emissioni totali regionali di PCDD-F, per l'anno 2010 (fonte: Disaggregazione provinciale inventario nazionale, anno 2010).

Le emergenze del presente lavoro in termini di principali sorgenti di emissione della Piana lucchese vengono riassunte nella tabella seguente:

		PM10	PM2,5	COVNM	NOx	SOx	NH₃
Riscaldamento	LEGNA	70% (60% caminetti e stufe tradizionali)	70% (60% caminetti e stufe tradizionali)	7%		30% (23% caminetti e stufe tradizionali)	31% (25% caminetti e stufe tradizionali)
	GASOLIO + OLIO COMBUSTIBILE					20% + 15%	
Trasporti	EXTRAURBANO				24%		
	URBANO	10% (8% diesel)	10% (8% diesel)	14% (12% ciclomotori)	45% (40% diesel)		
Industria	COMBUSTIONE INDUSTRIALE				13%		
	PRODUZIONE VETRO					29%	
Uso di solventi				50% (25% lavoraz. schiuma poliuret.+ lavoraz. pelli e cuoio)			
Agricoltura							50% (30% allevamenti, 20% uso fertilizzanti)

INDICE

Introduzione	1
L'analisi delle fonti di emissione della Piana lucchese.....	4
IL SETTORE “RISCALDAMENTO”	8
Le principali sorgenti di emissione del settore “riscaldamento”.....	10
Le emissioni specifiche per la combustione della legna e la spesa prevista.....	12
Analisi dei fattori di emissione	12
Investimenti e costi di gestione degli impianti a legna, cippato e pellet.....	25
IL SETTORE “TRASPORTI”	29
Le emissioni specifiche per i trasporti su strada.....	34
Il parco circolante e i fattori di emissione	34
IL SETTORE “INDUSTRIA”	51
IL SETTORE “ALTRO”	58
IL SETTORE “ AGRICOLTURA/NATURA ”	61
LA COMBUSTIONE INCONTROLLATA DEI RESIDUI AGRICOLI.....	64
SINTESI DEI RISULTATI.....	66
ALLEGATI	
ALLEGATO 1.....	I
Le emissioni dei comuni della Piana	
ALLEGATO 2.....	XIV
Il parco auto dei comuni della Piana	

Introduzione

Il presente documento è redatto al fine di individuare le principali fonti di emissione primaria di polveri (PM10 e PM2,5) e dei loro principali precursori (Composti organici volatili non metanici – COVNM, Ossidi di azoto – NOx, Ammoniaca – NH₃, Ossidi di zolfo – SOx) nei comuni della Piana lucchese⁶.

A tale scopo sono stati, innanzitutto, individuati i comuni appartenenti al territorio oggetto del presente approfondimento.

In termini puramente geografici la Piana di Lucca è un'area pianeggiante di circa 300 km² delimitata ad Ovest e a Sud-Ovest dal gruppo montuoso dei Monti Pisani - che separa la Provincia di Lucca dalla Provincia di Pisa, a Nord dalle propaggini sudorientali delle Alpi Apuane, dal gruppo montuoso dell'Appennino Tosco-Emiliano e dalla Garfagnana, a Est dal massiccio collinare del Montalbano - confine con la Provincia di Pistoia, a Sud-Est dalle modestissime alture delle Cerbaie che separano la Provincia di Lucca da quella di Firenze e dal Val d'Arno Inferiore e a Ovest dai Monti d'Oltre Serchio che separano la Piana dalla Versilia. L'area comprende la parte orientale della Provincia di Lucca e l'area della Val di Nievole che include parte dei territori comunali della confinante Provincia di Pistoia. Rientrano nella Piana di Lucca anche parte dei comuni di Bientina e Castelfranco di Sotto, che si trovano nell'estremità Nord orientale della Provincia di Pisa, e parte del comune di Fucecchio, che si trova all'estremo lembo occidentale della Provincia di Firenze, dove si estende l'area delle Padule di Fucecchio, zona di transizione tra la Piana di Lucca e il Val d'Arno Inferiore.

La Piana di Lucca comprende, per intero o parzialmente, i territori di 21 Comuni e 4 Province; tutti i Comuni individuati quali afferenti la Piana hanno anche solo parte del proprio territorio con dislivello compreso tra 0 e 20 m s.l.m. ricadente nella Piana (vedi fig. 1; fonte: IFT 400, Inventario Forestale della Toscana). Di seguito si riporta l'elenco dei 21 comuni individuati suddivisi per Provincia di appartenenza:

Comune	Provincia
Villabasilica Pescaglia Lucca Capannori Porcari Altopascio Montecarlo	Lucca
Castelfranco di sotto Bientina	Pisa
Fucecchio	Firenze
Uzzano Pescia Buggiano Massa e Cozzile Montecatini Terme Pieve a Nievole Monsummano Terme Larciano Lamporecchio Ponte buggianese Chiesina uzzanese	Pistoia

⁶ Le particelle di origine primaria sono riconducibili direttamente alle emissioni naturali e antropiche. Quelle di origine secondaria provengono, invece, da reazioni chimiche e fotochimiche (attivate cioè dalla radiazione solare) in atmosfera con formazione di vari composti solidi. Alla formazione di PM10 secondario contribuiscono anche altri inquinanti emessi in atmosfera dalle attività antropiche. Tra questi, definiti precursori del PM10, i principali sono ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca e composti organici volatili. Le polveri di origine terziaria derivano principalmente dal risollevarsi di quella parte depositata sul suolo per effetto del vento e del transito di mezzi di trasporto.

L'analisi dei dati emissivi è stata, quindi, effettuata in relazione ai 21 comuni così individuati. I dati di emissione sono relativi all'anno 2010; la fonte dei dati è l'ultimo aggiornamento disponibile dell'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione, IRSE 2010.

Sono stati analizzati i dati emissivi sia in relazione all'intera Piana che separatamente per l'insieme dei comuni appartenenti alla Piana e ricadenti nel territorio della Provincia di Lucca e per l'insieme dei comuni ricadenti negli altri territori provinciali.

Le analisi sono state condotte in modo da individuare il "peso" in termini emissivi del gruppo di comuni appartenenti alla Provincia di Lucca rispetto agli altri comuni per ciascuna tipologia di settore di attività e individuando le attività che maggiormente impattano sulle emissioni primarie di polveri e dei relativi precursori.

Ai fini della completezza delle informazioni fornite, si fa presente che le stime di emissione presenti negli inventari sono affette da un'incertezza; gli obiettivi di qualità per gli inventari sono individuati al punto 1 dell'allegato I al DLgs 155/2010. Gli inventari delle emissioni vengono, infatti, individuati tra gli strumenti utilizzabili per l'applicazione delle tecniche di stima obiettiva, metodi matematici per calcolare le concentrazioni a partire da valori misurati in luoghi o tempi diversi da quelli a cui si riferisce il calcolo basati su conoscenze scientifiche circa la distribuzione delle concentrazioni.

I livelli di incertezza massima individuati dal D.Lgs 155/2010 per le tecniche di stima obiettiva sono i seguenti:

SO ₂ , NO ₂ , NO _x , CO	PM10/PM2,5
75%	100%

L'analisi delle fonti di emissione della Piana lucchese

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi effettuate sui dati di emissione; al fine di schematizzare il più possibile l'analisi iniziale, i dati di emissione, generalmente aggregati per macrosettore nell'inventario, sono stati ulteriormente raggruppati in nuovi ambiti di attività (Riscaldamento, Trasporti, Agricoltura/Natura, Industria, Altro). Di seguito si riporta l'aggregazione utilizzata:

Ambiti di attività	Macrosettore
Industria	01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche
	03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione
	04 Processi produttivi
Riscaldamento	02 Impianti di combustione non industriali
Trasporti	07 Trasporti stradali
	08 Altre sorgenti mobili e macchine
Agricoltura/Natura	10 Agricoltura
	11 Altre sorgenti/Natura
Altro	05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica
	06 Uso di solventi
	09 Trattamento e smaltimento rifiuti

Innanzitutto è stata verificata l'incidenza dei vari ambiti emissivi alle emissioni di polveri e precursori riferita al territorio dell'intera Piana lucchese (Figura 1).

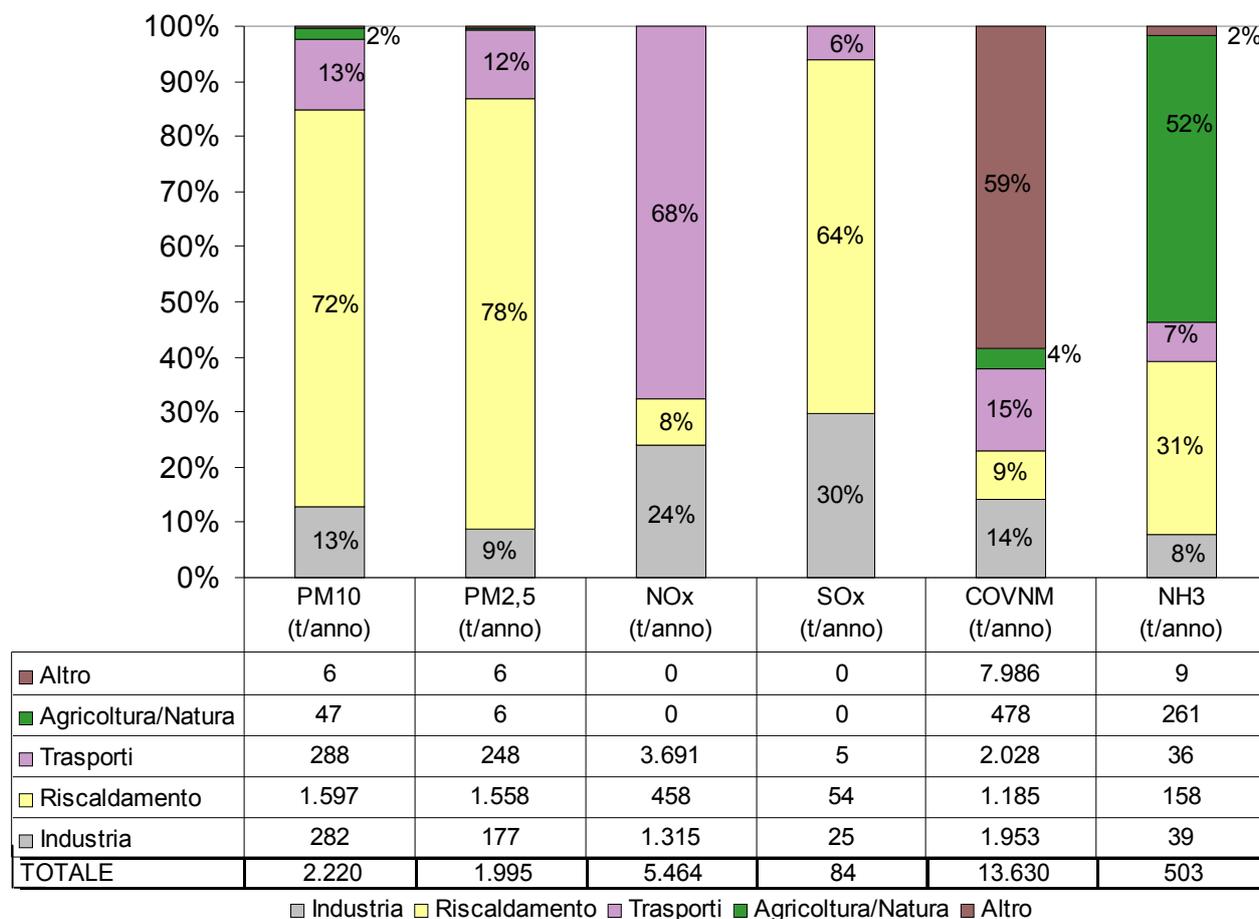


Fig. 1. La Piana lucchese: emissioni di polveri e precursori - incidenza dei diversi settori emissivi (anno 2010)

Come si può osservare, il settore predominante varia al variare dell'inquinante considerato; in particolare:

Inquinante	Settore prevalente	Altri settori
PM10	Riscaldamento	Industria, Trasporti
PM2,5	Riscaldamento	Industria, Trasporti
NOx	Trasporti	Industria
SOx	Riscaldamento	Industria
COVNM	Altro	Industria, Trasporti
NH3	Agricoltura/Natura	Riscaldamento

E' stata, quindi, verificata l'incidenza dei soli comuni appartenenti alla Provincia di Lucca sull'intera Piana:

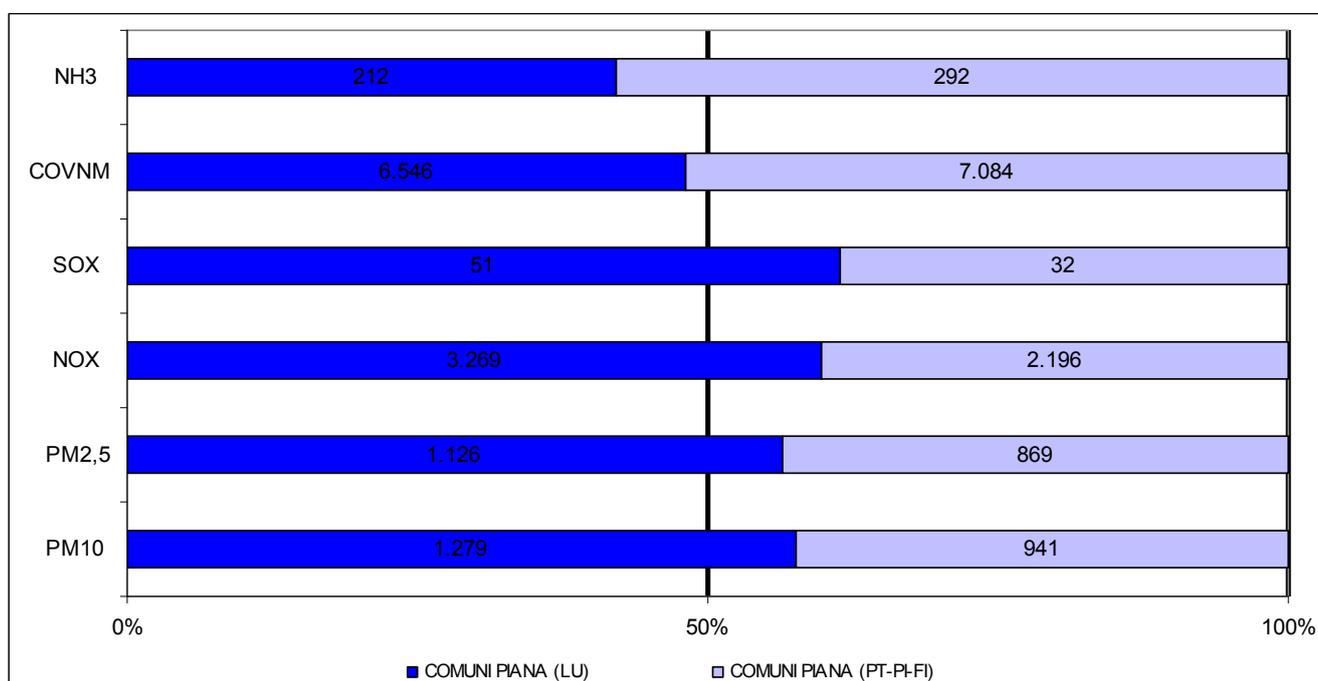


Fig 2. Incidenza del contributo emissivo dei comuni della Provincia di Lucca ricadenti nel territorio della Piana sul contributo dell'intera Piana

Come si può osservare, fatta eccezione per l'ammoniaca (NH₃) e i composti organici volatili (COVNM), i 7 comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca apportano un contributo maggiore del 50% alle emissioni dell'intera Piana (21 Comuni).

Nella tabella successiva viene riportata, invece, l'incidenza delle emissioni dei soli comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca per settore e per inquinante sul totale delle emissioni della Piana:

	PM10	PM2,5	NOx	SOx	COVNM	NH3
Industria	45%	17%	76%	81%	6%	8%
Riscaldamento	62%	62%	59%	53%	62%	62%
Trasporti	53%	53%	54%	52%	51%	57%
Agricoltura/Natura	31%	36%	73%	73%	72%	35%
Altro	0%	0%	0%	0%	54%	0%

Tabella 1. Incidenza delle emissioni primarie dei Comuni della Provincia di Lucca appartenenti alla Piana sul totale delle emissioni della Piana

Come si può osservare dalla tabella precedente i comuni appartenenti alla Provincia di Lucca e ricadenti nella Piana lucchese incidono per più del 50% sul totale delle emissioni di tutta la Piana per tutti gli ambiti di attività e per tutti gli inquinanti analizzati fatta eccezione per il settore “agricoltura/natura” nel caso di PM10, PM2,5 e NH₃ e nel caso del settore “industria” per PM10, PM2,5, COVNM e NH₃.

In particolare, le emissioni di ossidi di azoto e ossidi di zolfo derivanti dal settore “industria” sono imputabili per circa l’80% a tali comuni, le emissioni di NOx, SOx e COVNM del settore “agricoltura/natura per circa il 70% mentre circa il 60% delle emissioni imputabili al settore “riscaldamento” sono associate ai comuni lucchesi della Piana.

Di seguito viene schematizzato il contributo, per ambito di attività e per inquinante, dei comuni appartenenti alla Provincia di Lucca e afferenti la Piana e del gruppo dei comuni appartenenti, invece, alle Province di Pistoia, Pisa e Firenze:

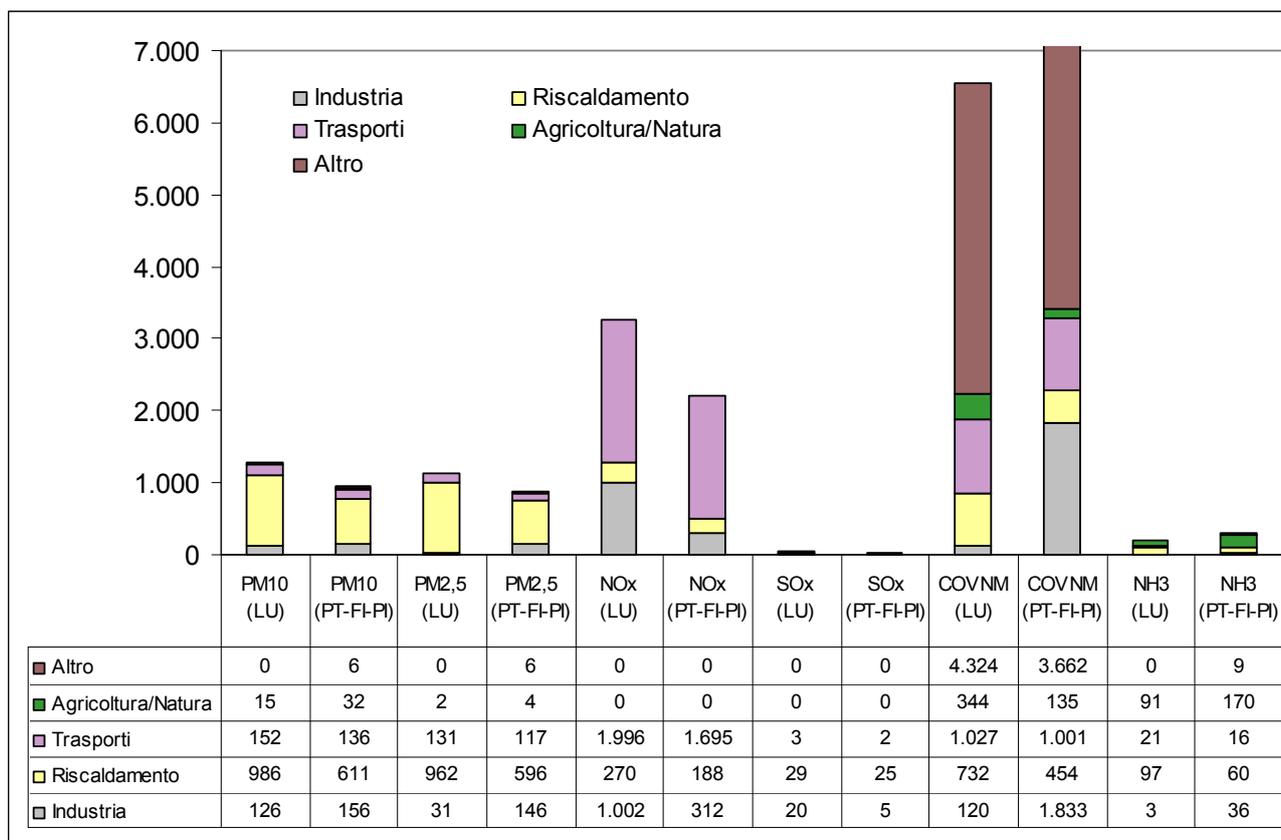


Fig 3. Contributo emissivo per ambiti di attività e inquinante relativo ai comuni della Piana suddivisi in comuni appartenenti alla Provincia di Lucca e, separatamente, alle Province di Pistoia, Firenze e Pisa

Come si può osservare da grafico, il gruppo di comuni della Provincia di Lucca presenta:

- per PM10 e PM2,5 un contributo relativamente maggiore del settore “riscaldamento”
- nel caso degli ossidi di azoto un contributo maggiore del settore “industria” e relativamente maggiore nel caso del settore “trasporti”
- per COVNM un contributo relativamente maggiore dei settori “agricoltura/natura” e “altro”
- per NH₃ un contributo relativamente maggiore del settore “agricoltura/natura”

Da parte dei comuni appartenenti alle altre province considerate i cui contributi sono generalmente inferiori a quelli dei comuni lucchesi, invece, si può osservare un contributo del settore “industria” maggiormente rilevante nel caso delle emissioni di COVNM.

In ogni caso, per entrambi i gruppi di comuni, non cambia l'ambito di attività prevalente associabile a ciascun inquinante (fig. 4):

Inquinante	Settore prevalente	Altri settori
PM10	Riscaldamento	Industria, Trasporti
PM2,5	Riscaldamento	Industria, Trasporti
NOx	Trasporti	Industria
SOx	Riscaldamento	Industria
COVNM	Altro	Industria, Trasporti
NH3	Agricoltura/Natura	Riscaldamento

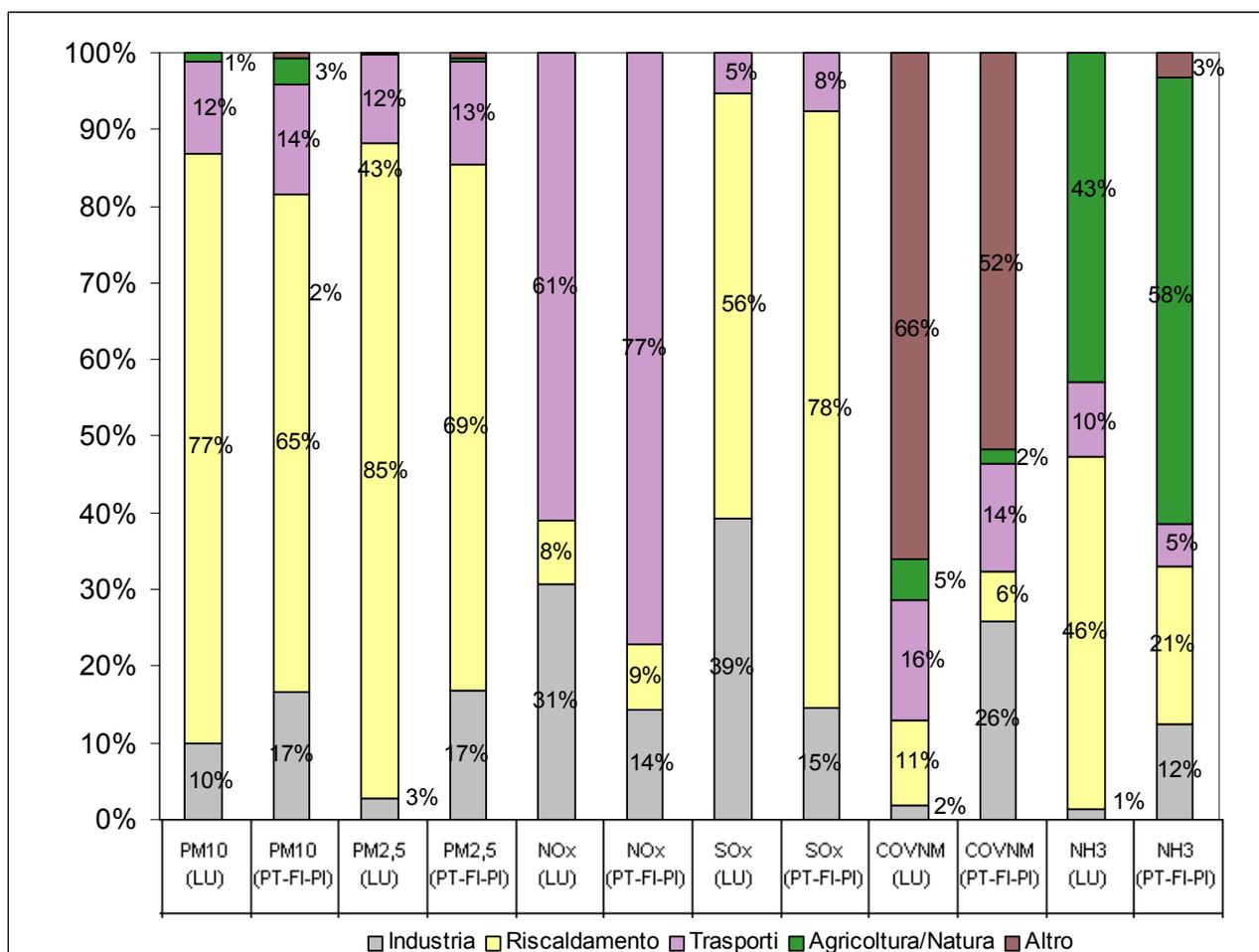


Fig 4. Incidenza dei vari settori di attività per ciascun inquinante relativamente ai comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca e, separatamente, alle Province di Pistoia, Firenze e Pisa

Nel grafico precedente sono riportate le percentuali di incidenza per ciascun settore e per ciascun inquinante sul totale delle emissioni relative ai comuni della Piana appartenenti alla provincia di Lucca e sul totale delle emissioni relative ai comuni della Piana appartenenti alla provincia di Pistoia, Pisa e Firenze.

In base a quanto emerso, perciò, verranno approfonditi:

- il settore "riscaldamento" per gli inquinanti PM10, PM2,5, SOx e NH3
- il settore "trasporti" per PM10, PM2,5, NOx e COVNM

- il settore “**industria**” per PM10, PM2,5, NOx, SOx e COVNM
- il settore “**altro**” per COVNM
- il settore “**agricoltura/natura**” per NH₃

IL SETTORE “RISCALDAMENTO”

Il settore “riscaldamento” include le emissioni relative all’uso domestico di apparecchi per la combustione. I codici di attività in esso analizzati sono:

02010400 Terziario Caldaie < 20 MWth
 02020300 Domestico Caldaie < 20 MWth
 02020620 Domestico Caminetti
 02020630 Domestico Stufe tradizionali
 02020632 Domestico Stufe a pellets
 02030300 Agricoltura Caldaie < 20 MWth

Per ciascuna attività nell’inventario vengono specificati i contributi relativi a ciascun diverso combustibile utilizzato.

Di seguito vengono riportati i contributi emissivi dei vari combustibili a ciascun inquinante per i comuni della provincia di Lucca ricadenti nella Piana e per i comuni delle province di Pistoia, Pisa e Firenze. (Figura 5 e Figura 6)

Come si può osservare dai grafici, per entrambi i gruppi di comuni le emissioni di COVNM, NH₃, PM10 e PM2,5 da riscaldamento domestico derivano per la quasi totalità dalla combustione di legna e simili; il contributo della legna non è indifferente nemmeno nel caso di NOx e SOx sebbene alle emissioni di tali inquinanti contribuiscano in modo evidente anche altri combustibili.

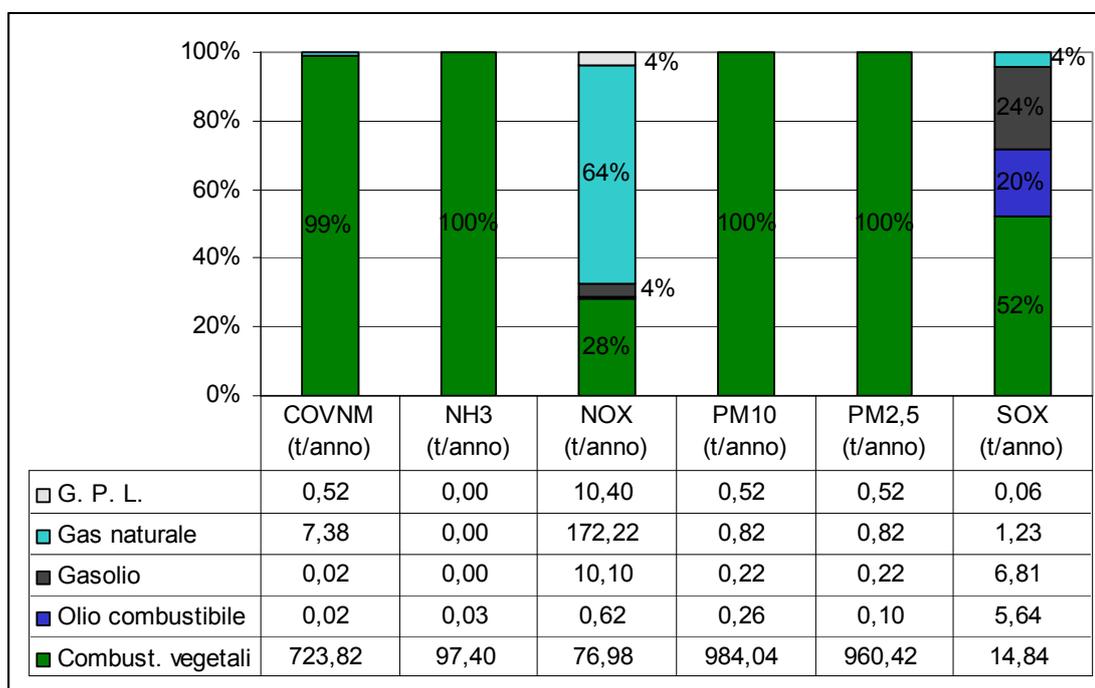


Fig 5. Riscaldamento: incidenza dei vari combustibili per ciascun inquinante relativamente ai comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca

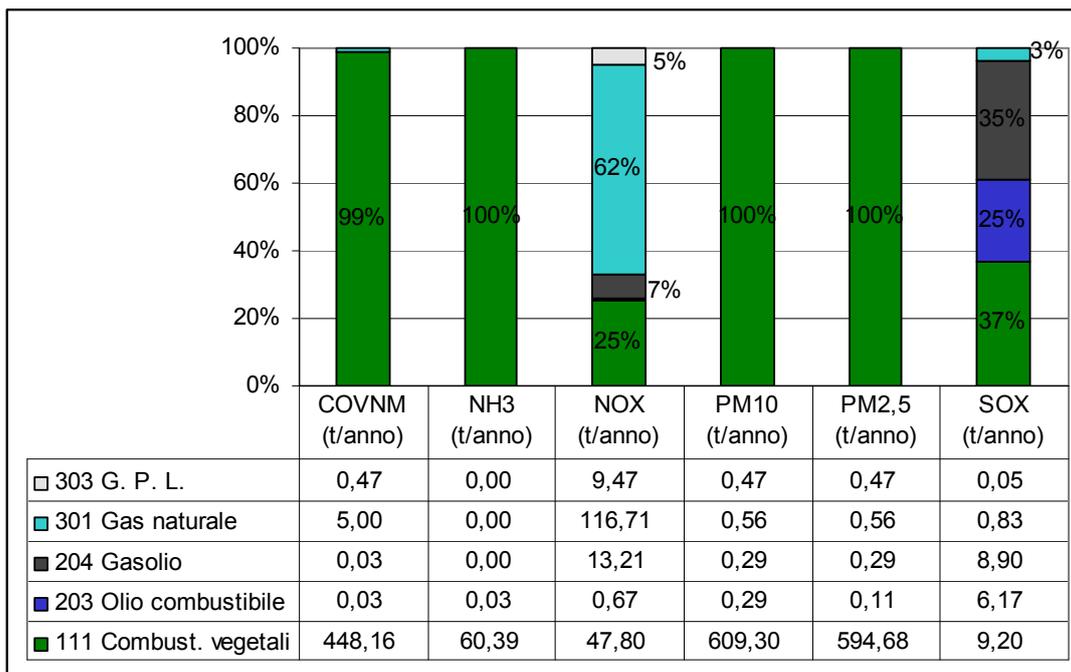


Fig 6. Riscaldamento: incidenza dei vari combustibili per ciascun inquinante relativamente ai comuni della Piana appartenenti alle Province di Pistoia, Firenze e Pisa

In particolare per le emissioni di ossidi di azoto (NOx) si può osservare un contributo predominante della combustione di gas naturale mentre per gli ossidi di zolfo (SOx) si osservano contributi non trascurabili derivanti dalla combustione del gasolio e dell'olio combustibile.

I risultati emersi da questa prima analisi focalizzano l'attenzione sulla combustione della legna e di prodotti simili. Di seguito si riporta l'analisi delle emissioni da combustione di legna e similari funzionalmente alla tecnologia di combustione utilizzata (fig 7). Le stesse percentuali rilevate per il comune della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca si rilevano per i comuni appartenenti alle altre province.

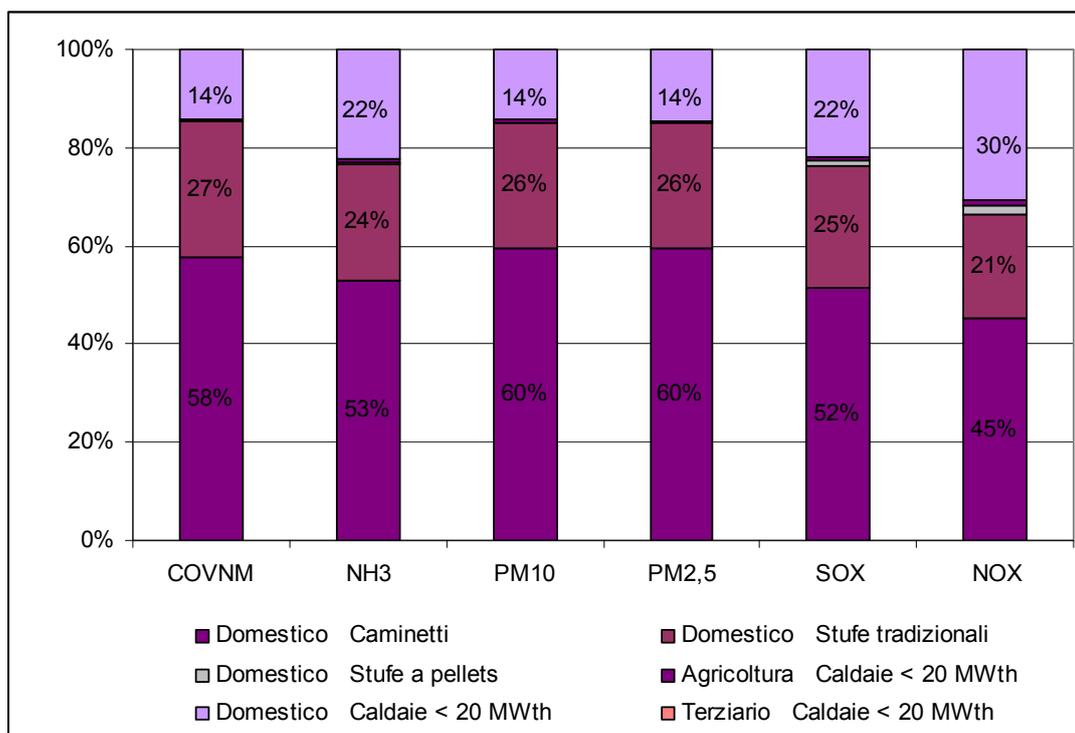


Fig. 7 Riscaldamento con combustione di legna e similari: incidenza delle varie tecnologie

Di seguito si riportano, per completezza, le tabelle dei dati di emissione per ciascun gruppo di comuni:

	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	PM ₁₀ (t/anno)	PM _{2,5} (t/anno)	SOX (t/anno)	NOX (t/anno)
Comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca						
Agricoltura Caldaie < 20 MWth	1,85	0,39	2,54	2,49	0,06	0,42
Domestico Caldaie < 20 MWth	103,06	21,79	141,34	138,40	3,24	23,56
Domestico Caminetti	419,28	51,71	586,99	573,01	7,69	34,94
Domestico Stufe a pellets	0,17	0,21	0,51	0,51	0,19	1,40
Domestico Stufe tradizionali	199,16	23,23	252,27	245,63	3,65	16,60
Terziario Caldaie < 20 MWth	0,29	0,06	0,40	0,39	0,01	0,07
Comuni della Piana appartenenti alle province di Pistoia, Pisa, Firenze						
Agricoltura Caldaie < 20 MWth	2,10	0,44	2,88	2,82	0,07	0,48
Domestico Caldaie < 20 MWth	63,66	13,46	87,30	85,48	2,00	14,55
Domestico Caminetti	258,97	31,94	362,56	353,93	4,75	21,58
Domestico Stufe a pellets	0,11	0,13	0,31	0,31	0,12	0,86
Domestico Stufe tradizionali	123,01	14,35	155,81	151,71	2,26	10,25
Terziario Caldaie < 20 MWth	0,32	0,07	0,43	0,43	0,01	0,07

Tabella 2. Emissioni da combustione di legna e similari (anno 2010)

Per completezza di informazione si fa presente che l'incidenza delle emissioni da combustione di pellet potrebbe leggermente superiore a quella rilevata dall'analisi dei dati dell'inventario IRSE 2010; tale informazione è, attualmente, in corso di verifica da parte della società che gestisce il database. In ogni caso tale eventuale variazione non apporterebbe che modifiche scarsamente rilevanti alla distribuzione dei contributi emissivi delle diverse sorgenti di emissione.

Le principali sorgenti di emissione del settore "riscaldamento"

Dall'analisi dei dati di emissione estratti dall'inventario e presentati nei paragrafi precedenti si deduce che:

- √ Circa il **60%** delle emissioni primarie di **PM₁₀ e PM_{2,5}** relative all'intera Piana lucchese sono imputabili alla **combustione domestica di legna in caminetti e stufe tradizionali**

Come si può osservare, infatti, dal grafico (Fig. 7), nel caso di PM₁₀ e PM_{2,5} almeno l'80% delle emissioni derivano dalla combustione di legna in caminetti e stufe tradizionali; si ricorda che circa il 100% delle emissioni di tali inquinanti derivanti dal riscaldamento sono imputabili alla combustione di legna (vedi fig. 5 e 6) perciò più dell'80% delle emissioni di PM₁₀ e PM_{2,5} dovute al riscaldamento sono originate dall'utilizzo di caminetti e stufe tradizionali. Se si aggiunge il fatto che, nel caso di PM₁₀ e PM_{2,5}, in media nella Piana il 70% delle emissioni totali è imputabile al riscaldamento se ne deduce che circa il 60% delle emissioni primarie di PM₁₀ e PM_{2,5} relative all'intera Piana lucchese sono imputabili alla combustione domestica di legna in caminetti e stufe tradizionali.

- √ Circa il **25%** delle emissioni totali di **NH₃** relative all'intera Piana è imputabile alla **combustione domestica della legna in stufe e caminetti**

L'incidenza dell'attività di riscaldamento sul totale delle emissioni è, infatti, pari al 31% (vedi fig. 2 e 4).

- √ Circa il **30%** delle emissioni totali di ossidi di zolfo (**SO_x**) della Piana sono imputabili alla **combustione non industriale di legna**, in particolare circa il **23%** a quella effettuata in **stufe e caminetti**

- √ Circa il **15%** delle emissioni totali di ossidi di zolfo (**SO_x**) della Piana sono imputabili alla **combustione non industriale di olio combustibile** effettuata in caldaia dal settore terziario e circa il 30% alla combustione non industriale di gasolio (vedi fig 8)

- √ Circa il **20%** delle emissioni totali di ossidi di zolfo (**SOx**) della Piana sono imputabili alla **combustione non industriale di gasolio**, in particolare il 90% di queste deriva dalla combustione domestica effettuata in caldaia (vedi grafico 8)

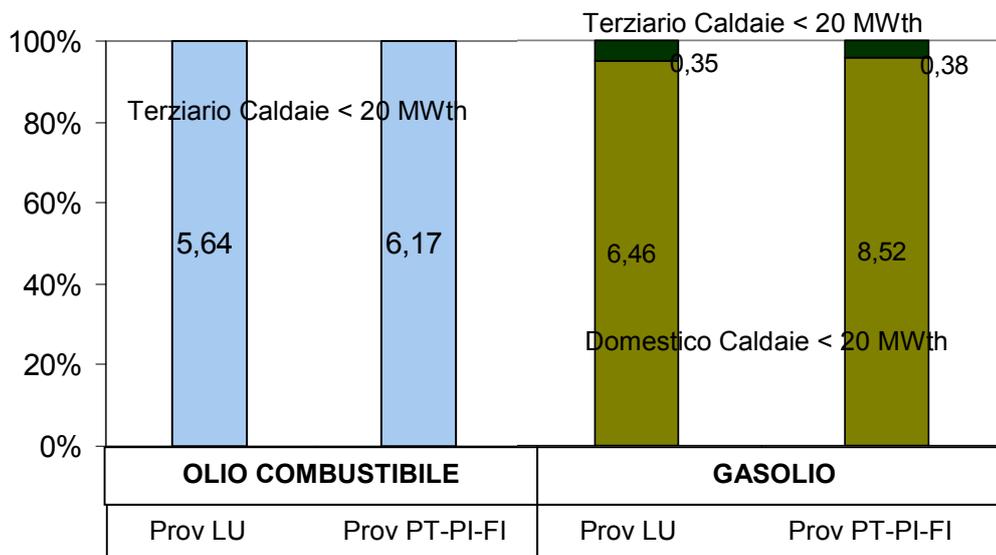


Fig 8. Emissioni di SOx da "riscaldamento": incidenza delle diverse attività - combustione di olio combustibile e gasolio

La combustione domestica della legna in caminetti e stufe tradizionali incide in maniera molto meno rilevante nel caso di COVNM e NOx.

Per quanto riguarda i COVNM la percentuale di incidenza della combustione domestica di legna diminuisce in quanto per tale inquinante l'incidenza dell'attività di riscaldamento sul totale delle emissioni è minore, ossia pari al 9% (vedi fig. 1 e 4). Nel caso dei COVNM, quindi, la combustione della legna incide, quindi, per circa il 7% mentre nel caso dell'ammoniaca per circa il 25%.

Vista la ridotta incidenza del settore "riscaldamento" sulle emissioni totali di NOx della Piana (8%, vedi fig 4) si ritiene di scarso interesse indagare su tale inquinante; come si può osservare dalle figure 5 e 6, le emissioni di ossidi di azoto derivanti dal riscaldamento sono prevalentemente imputabili al consumo di gas naturale e solo in secondo luogo alla legna.

Per tutti gli inquinanti valutati, i comuni della provincia di Lucca hanno un peso non indifferente sul totale delle emissioni da combustione di legna della Piana (circa il 60%); in particolare circa il 30% delle emissioni da combustione in caminetti e circa il 15% di quelle da combustione in stufa tradizionale sono imputabili a tali comuni:

	COVNM	NH3	PM10	PM2,5	SOX	NOX
Agricoltura Caldaie < 20 MWth	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Domestico Caldaie < 20 MWth	9%	14%	9%	9%	13%	19%
Domestico Caminetti	36%	33%	37%	37%	32%	28%
Domestico Stufe a pellets	0%	0%	0%	0%	1%	1%
Domestico Stufe tradizionali	17%	15%	16%	16%	15%	13%
Terziario Caldaie < 20 MWth	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Totale emissioni combustione legna	62%					

Tabella 3. Emissioni da combustione di legna per tecnologia: incidenza dei comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca sull'intera Piana

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva delle percentuali di incidenza maggiormente rilevanti delle emissioni da riscaldamento sul totale delle emissioni della Piana:

	PM10	PM2,5	COVNM	SO _x	NH ₃
LEGNA	70% (60% caminetti e stufe tradizionali)	70% (60% caminetti e stufe tradizionali)	7%	30% (23% caminetti e stufe tradizionali)	31% (25% caminetti e stufe tradizionali)
GASOLIO + OLIO COMBUSTIBILE				20% + 15%	

Le emissioni specifiche per la combustione della legna e la spesa prevista

Analisi dei fattori di emissione

Da un'analisi dei consumi energetici della Piana per tipologia di combustibile si può osservare che il contributo maggiore non viene dalla legna ma dal gas naturale; la prevalenza del contributo della combustione di legna alle emissioni regionali di PM10 e PM2,5 non è, quindi, imputabile al maggiore consumo di tale combustibile rispetto agli altri.

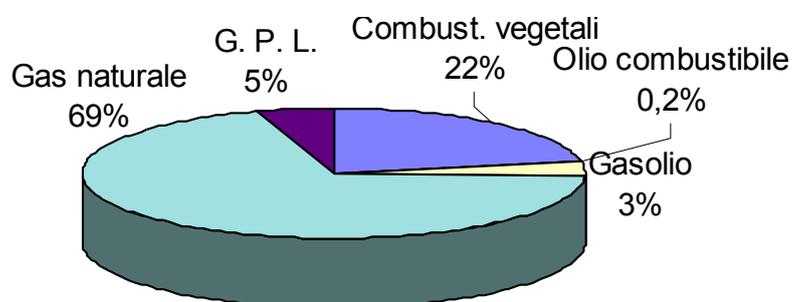


Fig 9. Settore riscaldamento: incidenza dei diversi combustibili sui consumi totali, espressi in termini energetici

La stessa distribuzione si osserva per i comuni appartenenti alla Provincia di Lucca e per gli altri comuni della Piana (vedi figura 10).

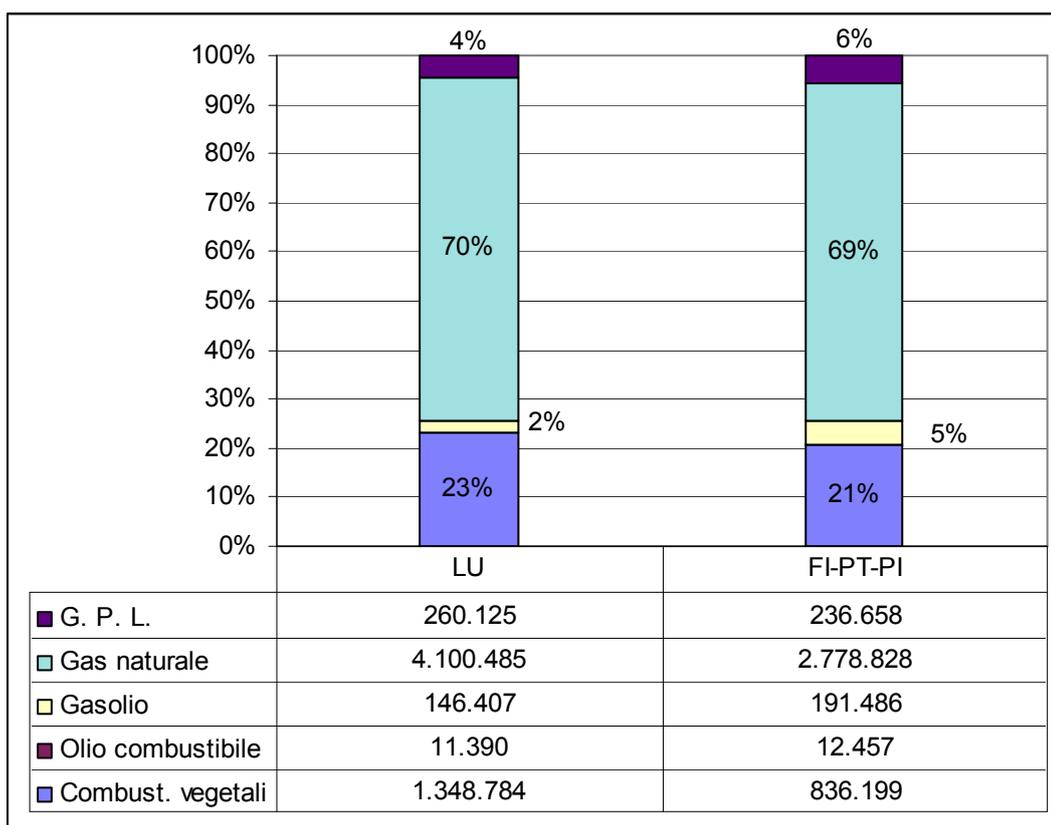


Fig 10. Settore riscaldamento: incidenza dei diversi combustibili per i comuni della Provincia di Lucca e per gli altri comuni (GJ/anno)

All'interno dell'inventario, le emissioni derivanti dal settore riscaldamento vengono calcolate come prodotto di un indicatore di attività (consumo di combustibile, espresso in GJ/anno) e un fattore di emissione relativo al tipo di combustibile e alla tecnologia di combustione adottata (che indica il livello emissivo di un dato inquinante relativo alla combustione di un GJ di combustibile, espresso in g/GJ). Come visto, il livello emissivo elevato rilevato in particolare per PM10 e PM2,5 per il settore "riscaldamento" e, in particolare, per la combustione di legna e similari non è imputabile all'indicatore di attività; i livelli rilevati, perciò, sono rapportabili ai valori dei fattori di emissione associati a ciascun combustibile e a ciascuna tecnologia di combustione.

Di seguito si riporta la tabella con i valori dei fattori di emissione utilizzati in IRSE 2010 e i relativi grafici (tabella 4 e figure 11-15).

Come si può osservare, i valori dei fattori di emissione relativi a PM10 e PM2,5 per i combustibili vegetali (legna e similari) per qualsiasi tecnologia sono più elevati (fino a 3 ordini di grandezza) rispetto a quelli relativi agli altri combustibili; la combustione della stessa quantità di combustibile quindi, produce, in termini energetici nel caso della legna emissioni di PM10 e PM2,5 anche di tre ordini superiori agli altri combustibili.

		PM10 [g/GJ]	PM2,5 [g/GJ]	SOx [g/GJ]	NH3 [g/GJ]	COVNM [g/GJ]
Combustibili vegetali	Caminetto aperto	840	820	11	74	600
	Stufe tradizionali (efficienza 40-50%)	760	740		70	600
	Caldaie < 20 MWth	480	470		74	350
	Stufe a elevata efficienza (efficienza 55-75%)	380	370		37	350
	Stufe e caldaie avanzate (circa 70% a pieno carico)	95	93		37	250
	Stufe e caldaie a pellets o cippato*	76	76		12	20
	Sistema BAT pellets (BAT - efficienza >80%)	29	29		12	10
Olio combustibile	Caldaie < 20 MWth	23,2	8,6	495	2,5	2,15
GPL	Caldaie < 20 MWth	2	2	0,22	0	2
Gasolio	Caldaie < 20 MWth	1,5	1,5	46,5	0	0,17
Gas naturale	Caldaie < 20 MWth	0,2	0,2	0,3	0	1,8

* Fonte: EMEP/Corinair 2010

Tabella 4. Settore riscaldamento: fattori di emissione per i vari combustibili (IRSE 2010)

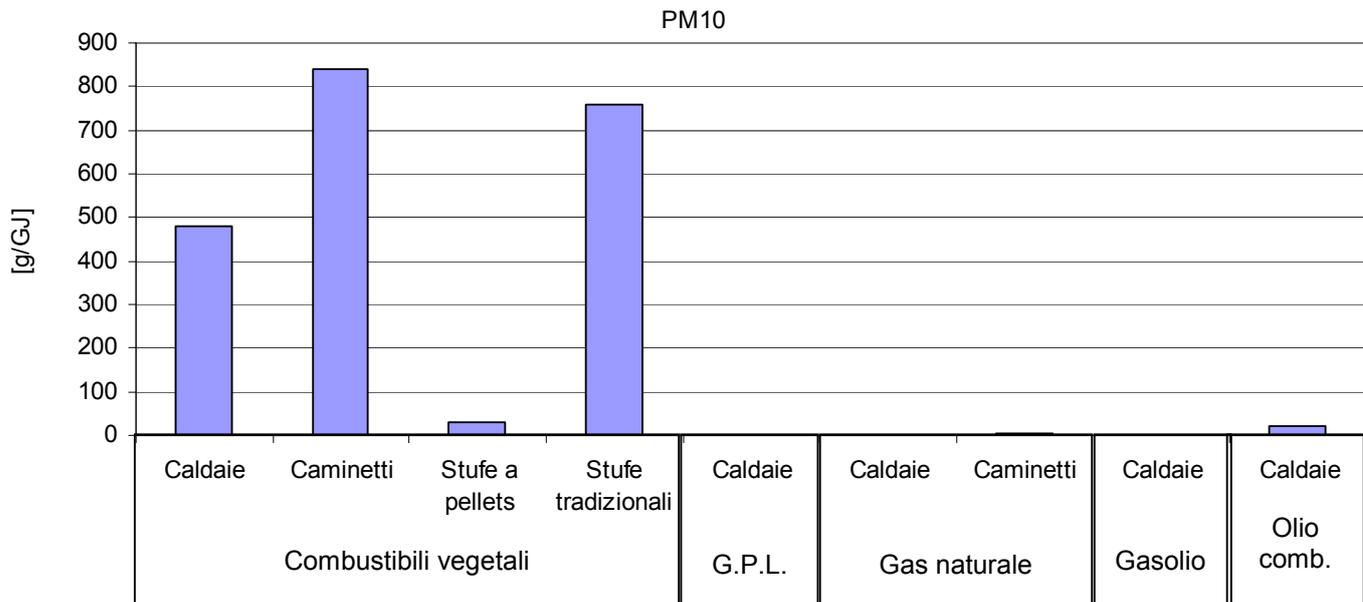


Fig 11. Settore riscaldamento: fattori di emissione PM10 per i vari combustibili (IRSE 2010, anno 2010)

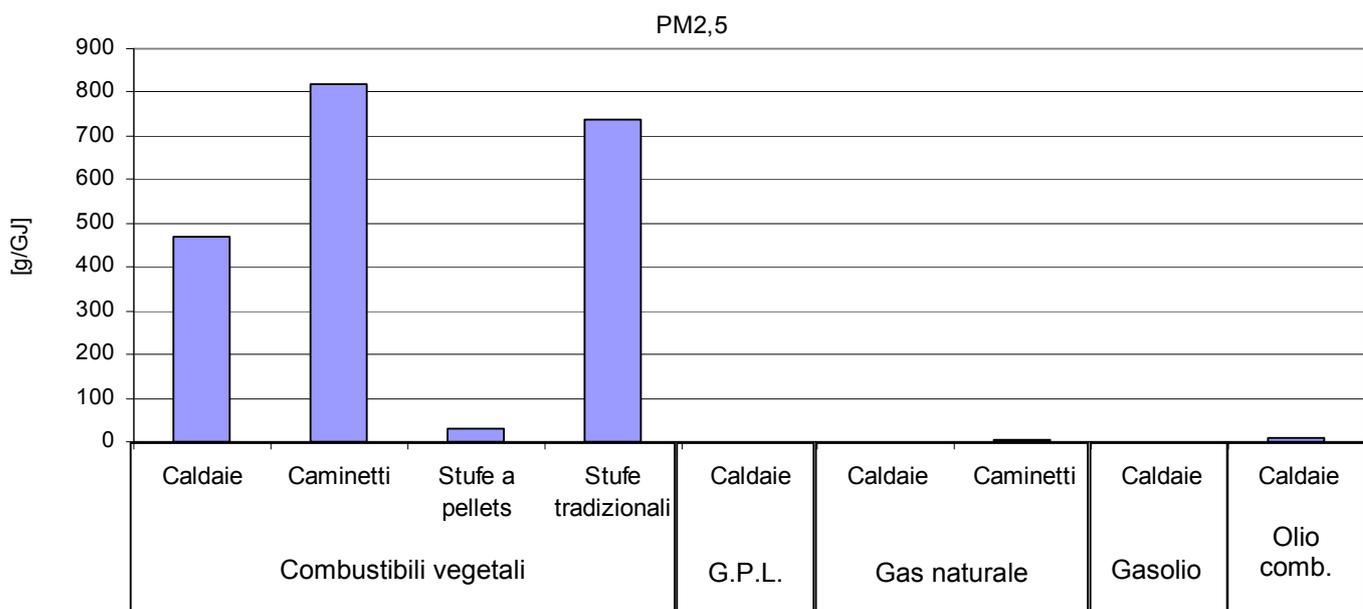


Fig 12. Settore riscaldamento: fattori di emissione PM2,5 per i vari combustibili (IRSE 2010)

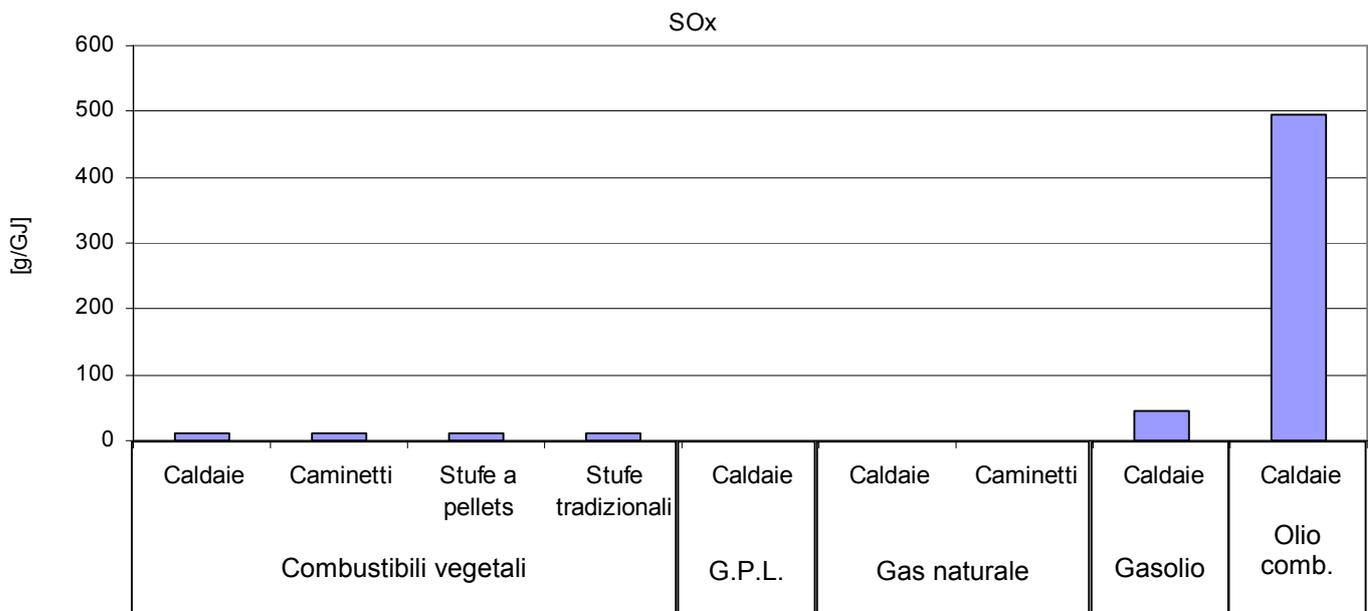


Fig 13. Settore riscaldamento: fattori di emissione SO_x per i vari combustibili (IRSE 2010, anno 2010)

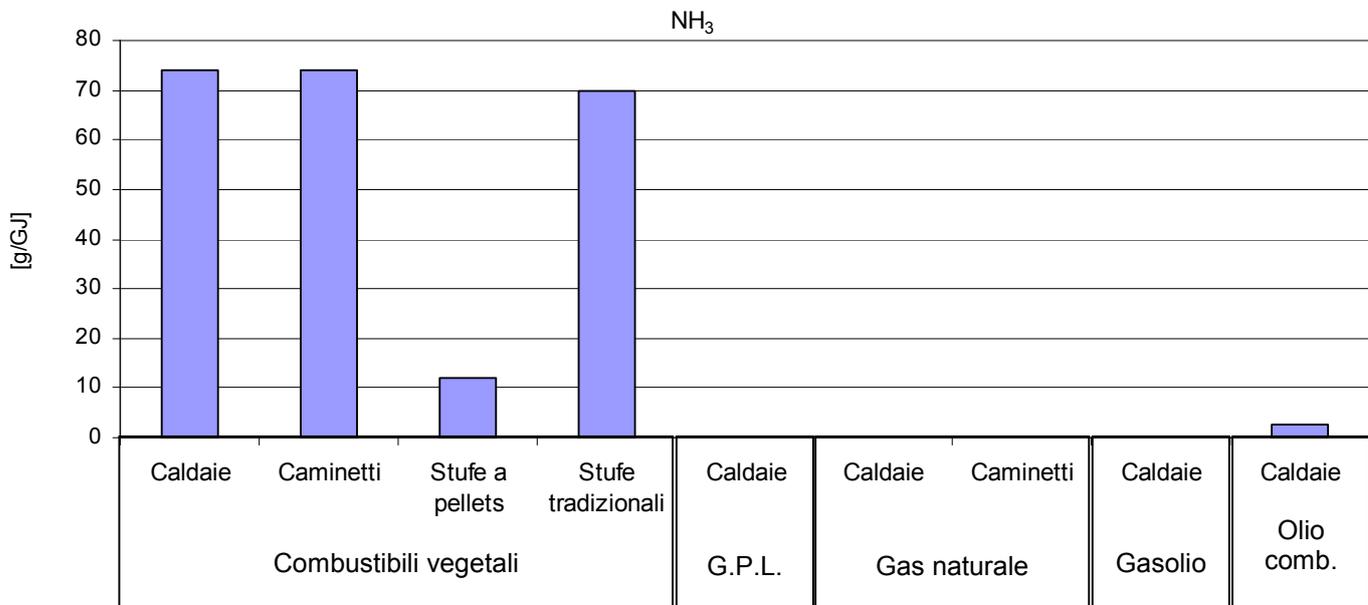


Fig 14. Settore riscaldamento: fattori di emissione NH₃ per i vari combustibili (IRSE 2010, anno 2010)

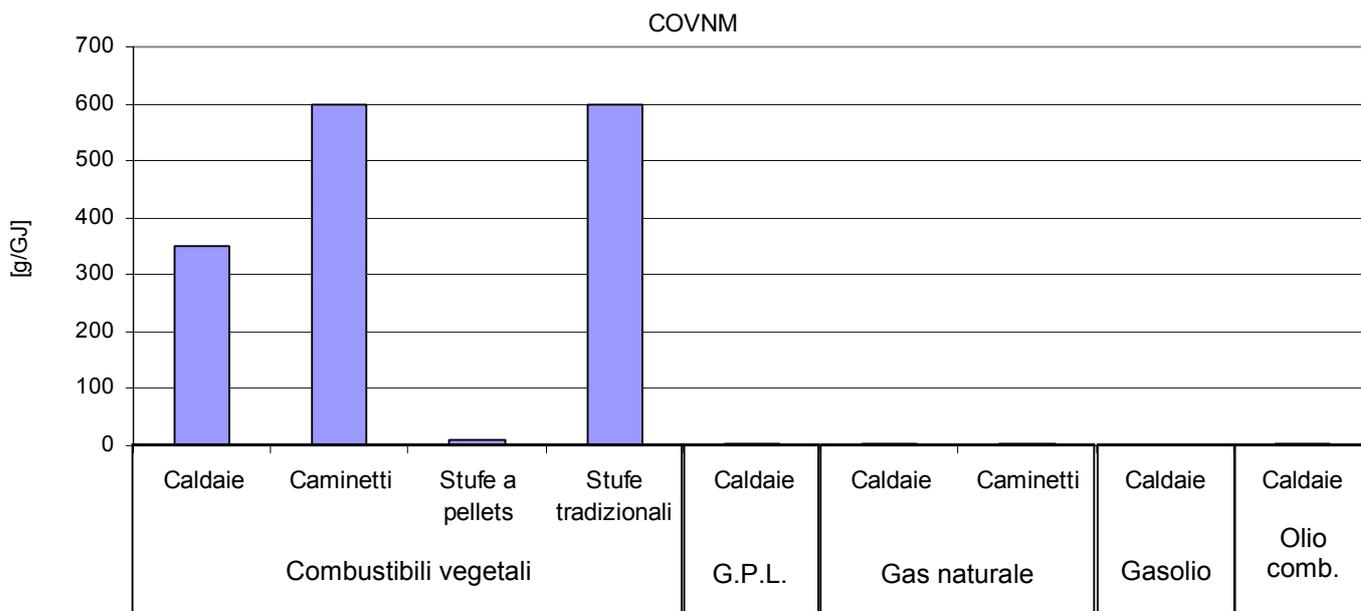


Fig 15. Settore riscaldamento: fattori di emissione COVNM per i vari combustibili (IRSE 2010, anno 2010)

Per completezza, si riportano di seguito i valori dei fattori di emissione rilevati nel corso di una recente campagna sperimentale di studio effettuata dal Politecnico di Milano e da INNOVHUB-Stazione sperimentale per i combustibili; nel corso di tale campagna sono state misurate le emissioni di apparecchi domestici di combustione di biomasse legnose, 4 ad alimentazione manuale (camino aperto, camino chiuso, stufa tradizionale, stufa avanzata) e 2 automatici a pellet. Di particolare rilevanza in questo studio è il fatto che gli apparecchi manuali sono stati testati utilizzando cicli di combustione in grado di simulare le modalità di utilizzo riscontrate nella realtà⁷. Come si può osservare dalla tabella successiva, a parità di quantità di combustibile utilizzato, in termini energetici (legna per gli impianti a carica manuale – caminetto aperto, caminetto chiuso, stufa tradizionale, stufa avanzata, pellet negli impianti a carica automatica – stufa a pellets e caldaia a pellets), il livello emissivo cambia notevolmente in funzione del tipo di combustibile vegetale utilizzato e della tecnologia di combustione. In particolare, per quanto riguarda il PM, nel caso del caminetto aperto sono stati rilevati livelli emissivi 3 volte superiori rispetto al caminetto chiuso e alle stufe (tradizionale o avanzata) mentre sono stati rilevati livelli 5 volte superiori alla stufa a pellets e 8 volte superiori rispetto alla caldaia a pellets (che rappresenta la tecnologia più avanzata attualmente presente sul mercato).

Infine, nello studio viene osservata una differenza statisticamente non rilevante tra i livelli emissivi rilevati nel caso di utilizzo di tipologie di legna diverse (faggio, robinia, carpino, quercia, abete), a parità di impianto di combustione e di ciclo di combustione utilizzati.

Viceversa, i fattori di emissione di PM relativi alla combustione di pellet di alta qualità in apparecchi automatici sono risultati essere sensibilmente inferiori a quelli relativi al pellet di scarsa qualità.

⁷ Fattori di emissione dalla combustione di legna e pellet in piccoli apparecchi domestici – Stefano Caserini, Senem Ozgen, Silvia Galante, Michele Giugliano (Politecnico di Milano, Dipartimento di ingegneria civile e ambientale, Milano), Francesca Hugony, Gabriele Migliavacca, Carmen Morreale (INNOVHUB-Stazione sperimentale per i combustibili, San Donato milanese). Ingegneria dell'Ambiente Vol. 1, n.1/2014.

Tabella 2 – Fattori di emissione medi per macroinquinanti

	Apparecchio	numero di prove	intervallo di confidenza al 95%		
			FE medio sperimentale	inferiore	superiore
CO (g GJ ⁻¹)	caminetto aperto	15	5048		
	caminetto chiuso	18	4471	4417	5828
	stufa tradizionale	15	7681	3949	5030
	stufa avanzata	15	6232	6059	11131
	stufa a pellets	6	88	4885	7829
	caldaia a pellets	2	350	73	108
NOx (g GJ ⁻¹)	caminetto aperto	15	134		
	caminetto chiuso	18	120	121	148
	stufa tradizionale	15	100	105	140
	stufa avanzata	15	132	91	110
	stufa a pellets	6	60	99	182
	caldaia a pellets	2	71	32	90
COVNM (g GJ ⁻¹)	caminetto aperto	15	1011		
	caminetto chiuso	17	548	853	1219
	stufa tradizionale	15	243	445	677
	stufa avanzata	12	366	197	352
	stufa a pellets	6	9,0	266	701
	caldaia a pellets	2	1,0	3,0	17
PM (g GJ ⁻¹)	caminetto aperto	15	512	434	611
	caminetto chiuso	15	183	152	219
	stufa tradizionale	15	178	140	225
	stufa avanzata	15	143	120	176
	stufa a pellets	6	109	75	139
	caldaia a pellets	6	61	30	103

Al fine di fornire un quadro completo in relazione alle potenzialità emissive delle diverse tipologie impiantistiche utilizzabili per il riscaldamento con biomassa legnosa si riportano alcune informazioni inerenti gli impianti alimentati a cippato ricavate dall'analisi di alcuni studi tra cui uno studio dell'ARSIA sugli impianti termici alimentati con biomassa legnosa⁸; nel grafico vengono illustrati i valori medi d'emissione delle caldaie a legna, cippato e pellet misurati dal TFZ di Straubing (Baviera) nel decennio 1996-2006⁹ mentre in tabella vengono riportati i valori medi dei livelli di concentrazione rilevati nel corso di 169 prove di combustione effettuate presso il BLT di Wieselburg (Austria)¹⁰ su caldaie a legna, a pellet e a cippato.

⁸ Manuale pratico "Impianti termici a legna, cippato e pellet", ARSIA, AIEL. 2009. ISBN 978-88-8295-110-8.

⁹ Hartmann H. (Hrsg.) *Handbuch bioenergie-Kleinanlagen* (2. Auflage) Sonderpublikation des Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMVEL) und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow (DE) 224 S., ISBN 3-00-011041-0, Mai 2007.

¹⁰ SCHWARZ M. 2006 *Argumentationsleitfaden Feinstaub*. Austrian Bioenergy Centre GmbH, Wieselburg, Österreich

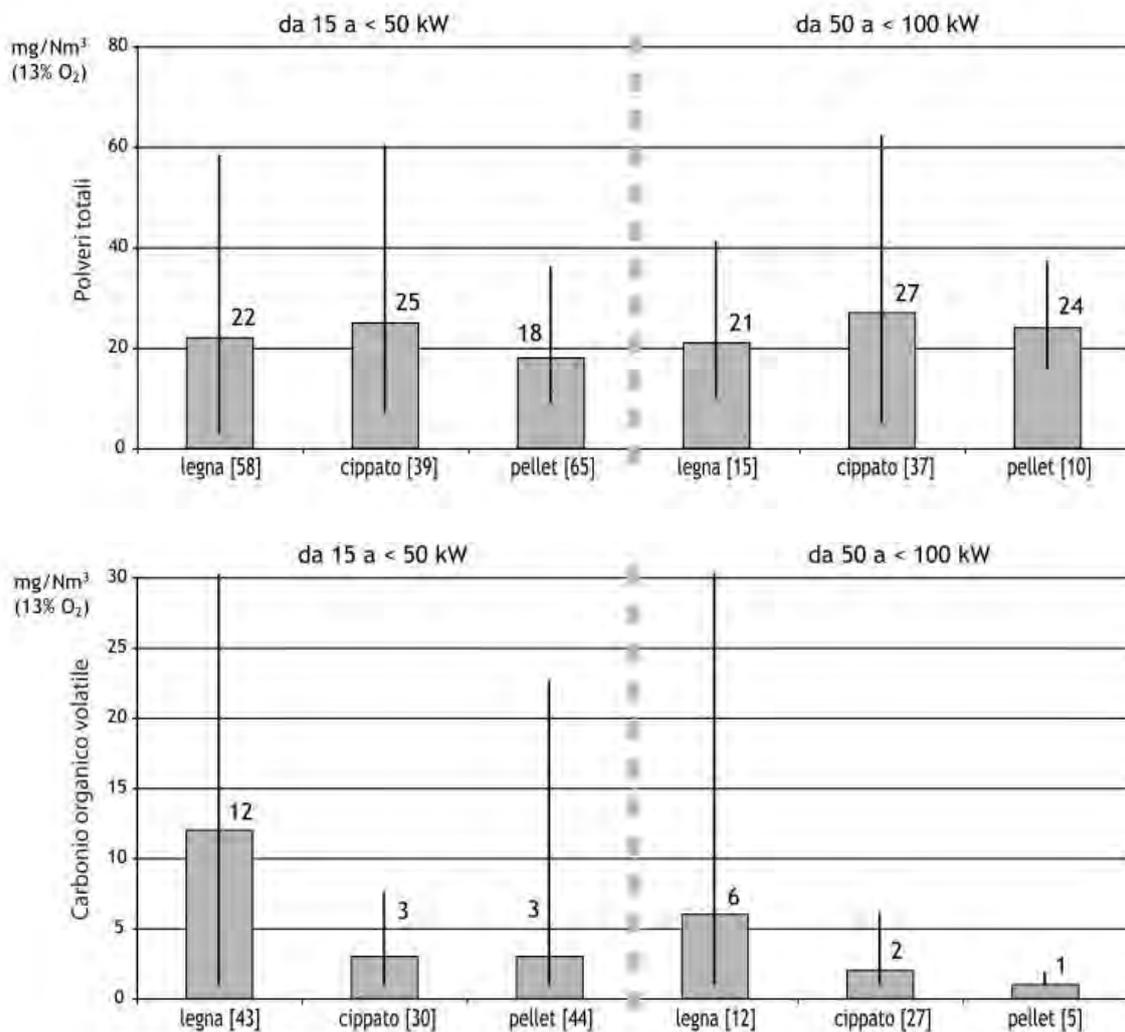


Fig 16. Livelli medi di concentrazione rilevati per caldaie a pellet, legna e cippato (TFZ, Straubing)

	NO _x	EOV	CO	Polveri
Caldaia a legna	131	5	100	22
Caldaia a cippato	155	<2	28	28
Caldaia a pellet	125	<2	48	17

Tabella 5. Livelli medi di concentrazione (mg/Nm³) rilevati per caldaie a pellet, legna e cippato (BLT, Wieselburg)

Negli studi citati sono state, inoltre, osservate differenze tra caldaie (di piccola-media taglia) a tiraggio naturale e a tiraggio forzato con sonda Lambda. In queste ultime le fasi più critiche della combustione (accensione, fine della combustione e carica), nelle quali cambiano notevolmente le condizioni della combustione (temperatura), sono gestite molto meglio grazie ai sistemi di regolazione. I livelli di concentrazione migliorano nelle classi di potenza maggiore. Nelle caldaie automatiche l'emissione di CO si abbassa, poiché la combustione è molto meno disturbata. Le differenze tra cippato e pellet sono relativamente basse in condizioni di prova, tuttavia nella prassi il cippato è generalmente molto più eterogeneo del pellet, con il quale pertanto i valori reali sono certamente migliori.

L'andamento dei composti organici volatili è legata alla qualità del processo di combustione; i COV aumentano non appena il carico termico richiesto si abbassa rispetto alla potenza nominale del generatore. Nelle caldaie di maggiore taglia, anche in questo caso, i valori medi diminuiscono.

L'emissione di polveri totali non varia, invece, in funzione della potenza e del livello di carico termico, ma varia in funzione di altri fattori quali la movimentazione del letto di braci, la quantità e composizione delle ceneri nel combustibile o della disponibilità di zone di calma (in camera di combustione) che favoriscono la deposizione delle polveri.

Le caldaie a cippato mostrano tendenzialmente valori maggiori di polveri rispetto a quelle manuali a legna, poiché in queste ultime il letto di braci si trova in una condizione di maggiore "calma".

Lo stesso risultato si osserva se confrontate con le caldaie a pellet, in particolare in quelle con focolare a caduta, nelle quali raramente il letto di braci è sottoposto ad una movimentazione meccanica. Inoltre il pellet è un combustibile relativamente povero di cenere.

Recentemente sono stati pubblicati i risultati di uno studio del Task 32 dell'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA, www.ieabcc.nl)¹¹ nel quale sono riportati i valori del fattore d'emissione di particolato delle caldaie, rilevati in sette paesi europei. Al di là delle problematiche relative ai metodi di misura, dallo studio risulta che:

- le caldaie a legna a tiraggio naturale mostrano valori di concentrazione di polveri in media più o meno superiori ai 100 mg/Nm³
- nelle caldaie con tiraggio forzato e regolazioni elettroniche il valore medio dei livelli di concentrazione di polveri scende sotto i 50 mg/Nm³
- si evidenzia il fondamentale ruolo del puffer¹² per la riduzione del fattore di emissione delle polveri
- le caldaie a pellet presentano un valore medio intorno ai 30 mg/Nm³, con variazioni tra 10 e 50 mg/Nm³
- le caldaie automatiche a cippato (70-500 kW) presentano tipicamente fattori di emissione variabili tra 50 e 100 mg/Nm³; nei casi migliori si scende fino a 30 mg/Nm³.

Dai risultati degli studi sopra citati emerge, inoltre, che l'emissione di polveri, in particolare per la legna e il cippato, è influenzata fortemente dalla gestione dell'impianto di combustione, ovvero dalla corretta manutenzione e dall'impiego di combustibile d'idonea qualità rispetto ai requisiti della caldaia. Questo problema rappresenta la più importante causa di contestazione all'atto delle periodiche misure di sorveglianza. Nei paesi in cui i controlli sulle emissioni si fanno sistematicamente (es. Germania), tra il 2000 e il 2005 le quote di contestazione sono diminuite sensibilmente (dal 27,8% al 13%), a testimonianza sia di un continuo miglioramento delle prestazioni delle moderne caldaie che di una maggiore consapevolezza degli utilizzatori finali¹³.

¹¹ Nussbaumer T., Czasch1 C., Klippel1 N., Johansson L., Tullin C. 2008. *Particulate Emissions from Biomass Combustion in IEA Countries, survey on measurements and emission factors*. On behalf of IEA Task 32 and Swiss Federal Office of Energy (SFOE). ISBN 3-908705-18-5.

¹² Il puffer è un vero e proprio volano termico per le caldaie a biomassa siano esse caldaie a legna, caldaie a pellet o caldaie a cippato (e per tutte le altre). Per gli impianti a biomassa il puffer risulta essere sempre consigliato, se non necessario. La caldaia, infatti, una volta avviata deve poter smaltire calore altrimenti la ventola si ferma, anche se la camera di combustione è ancora carica di legna. Ciò comporta: la soffocazione della combustione con conseguente emissione elevata di sostanze inquinanti, formazione di catrame (a causa di insufficienza d'aria), intasamento totale di caldaia e giri fumi con probabile intasamento del condotto fumi e del camino e alto rischio di incendio del camino, corrosione delle parti interne della caldaia.

Il puffer si presenta come un contenitore cilindrico posto in verticale e ben coibentato. Una serpentina collegata allo scambiatore della caldaia a biomassa riscalda l'acqua di cui è riempito. L'acqua all'interno del puffer si stratifica in funzione della sua temperatura. L'acqua più calda (circa 70 °C) si troverà nella parte superiore mentre quella più fredda (anche 20 °C) si troverà nella parte inferiore. Sfruttando la stratificazione all'interno del puffer, è possibile ottenere acqua a differenti temperature. Così, se si vuole alimentare un circuito a termosifoni classico si preleverà l'acqua dalla parte superiore del puffer, se si vuole acqua calda sanitaria si preleverà a mezza altezza, mentre se si vuole alimentare un sistema radiante (tipicamente a pavimento) si preleverà acqua a circa 1/3 dell'altezza del puffer. Attualmente i puffer più evoluti sono quelli detti "Tank in Tank" (serbatoio integrato con un boiler per acqua calda sanitaria).

¹³ Hartmann H. (Hrsg.) *Handbuch bioenergie-Kleinanlagen* (2. Auflage) Sonderpublikation des Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMVEL) und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow (DE) 224 S., ISBN 3-00-011041-0, Mai 2007.

In merito a eventuali misure per la riduzione delle polveri emesse dalla combustione di biomassa legnosa in impianti di piccola-media taglia si possono individuare, quindi, due diverse azioni:

- le prime riguardano la sostituzione successiva degli impianti con impianti tecnologicamente più avanzati (misure primarie);
- le seconde riguardano, invece, l'applicazione agli impianti di sistemi di separazione (filtri) (misure secondarie). A tale proposito si evidenzia che, vista la prevalenza della classe dimensionale con diametro $< 1\mu\text{m}$, i sistemi a gravità (multiciclone) non hanno nessun effetto di separazione sul particolato, perciò, a valle del multiciclone si deve ricorrere ai più costosi filtri a manica o agli elettrofiltri. La restrizione dei limiti che sarà imposta in vari stati mitteleuropei nel breve periodo, ha stimolato la ricerca tecnologica e l'implementazione di nuovi filtri elettrostatici e filtri a manica (in acciaio) applicabili in impianti inferiori a 1 MW che consentono di mantenere l'emissione di polveri rispettivamente sotto i 20 e i 5 mg/Nm^3 ¹⁴.

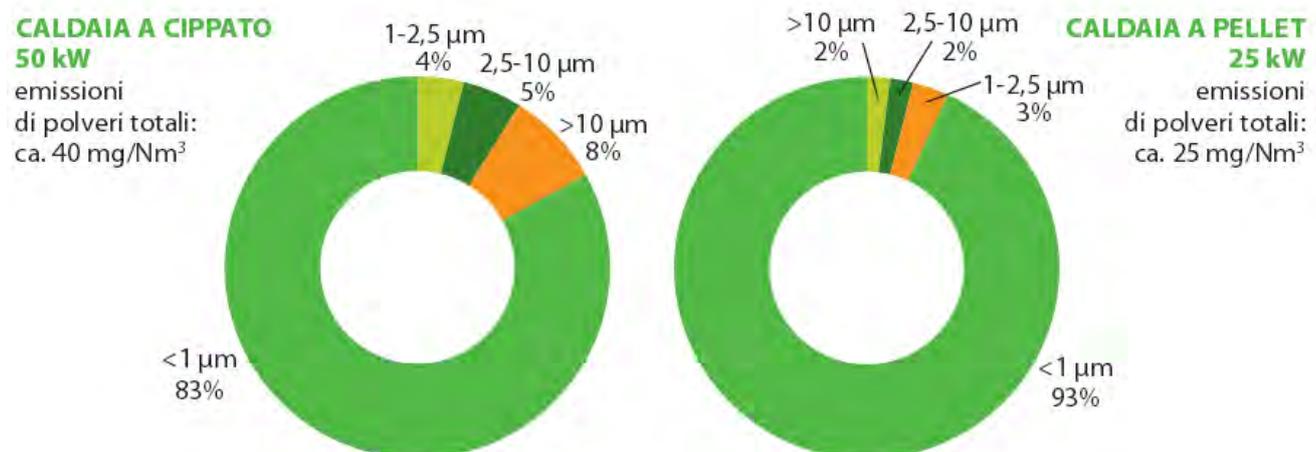
Alcuni spunti sulla valutazione della composizione granulometrica delle polveri da combustione domestica di legna

Nei piccoli impianti, le classiche tecnologie di combustione a letto fisso lavorano in condizioni usualmente distanti da quelle ottimali, con la conseguente generazione di polveri e sostanze inquinanti di natura organica, che comprendono anche le frazioni a maggiore tossicità (idrocarburi policiclici aromatici, diossine).

Le emissioni di polveri hanno luogo prevalentemente quando la combustione non è a regime e soprattutto in fase di avvio dell'impianto, quando negli impianti tradizionali si registrano concentrazioni anche dieci volte maggiori di quelle caratteristiche della combustione a regime (Nussbaumer, 2008). Il particolato è prevalentemente (per l'80-90%) composto da particelle fini ($D_p < 2.5\mu\text{m}$) (Ehrlich, 2007; EEA, 2010)¹⁵.

Recenti indagini sperimentali su utenze di riscaldamento civile a biomassa di piccola potenzialità (Cernuschi et al., 2010; Ozgen et al., 2012) hanno dimostrato il contributo significativo di polveri ultrafini ($D_p < 0.1\mu\text{m}$) al numero totale di particelle emesse, con percentuali che variano dal 50% al 90% in funzione delle condizioni operative dell'impianto¹⁶.

A titolo di esempio si riportano di seguito i risultati degli studi effettuati dal TFZ di Straubing dai quali emerge che la classe dimensionale prevalente delle polveri emesse a potenza nominale dai processi di combustione effettuati in caldaie di piccola-media taglia a biomassa legnosa è quella che presenta diametro aerodinamico $< 1\mu\text{m}$ (vedi fig. 17).



¹⁴ FRANCESCATO V. 2007. Combustione del legno e polveri fini, fattori di emissione ed effetti sulla salute delle moderne caldaie di piccola e media taglia. Sherwood n° 133.

¹⁵ Tesi di dottorato *La combustione di biomassa in piccoli impianti residenziali: emissioni, incertezze, scenari di riduzione*, ing. Silvia Galante (Politecnico di Milano, Dipartimento di ingegneria civile ed ambientale, Dottorato in ingegneria ambientale e delle infrastrutture), relatore ing. Stefano Caserini.

¹⁶ Tesi di dottorato *La combustione di biomassa in piccoli impianti residenziali: emissioni, incertezze, scenari di riduzione*, ing. Silvia Galante (Politecnico di Milano, Dipartimento di ingegneria civile ed ambientale, Dottorato in ingegneria ambientale e delle infrastrutture), relatore ing. Stefano Caserini.

Fig 17. Tipica classificazione dimensionale delle polveri prodotte da caldaie a cippato e a pellet, misurate a potenza nominale (TFZ, Straubing)

Di seguito si riporta uno schema che mostra le tipologie del particolato in funzione delle condizioni di combustione rappresentate in termini di eccesso d'aria e concentrazione del monossido di carbonio.

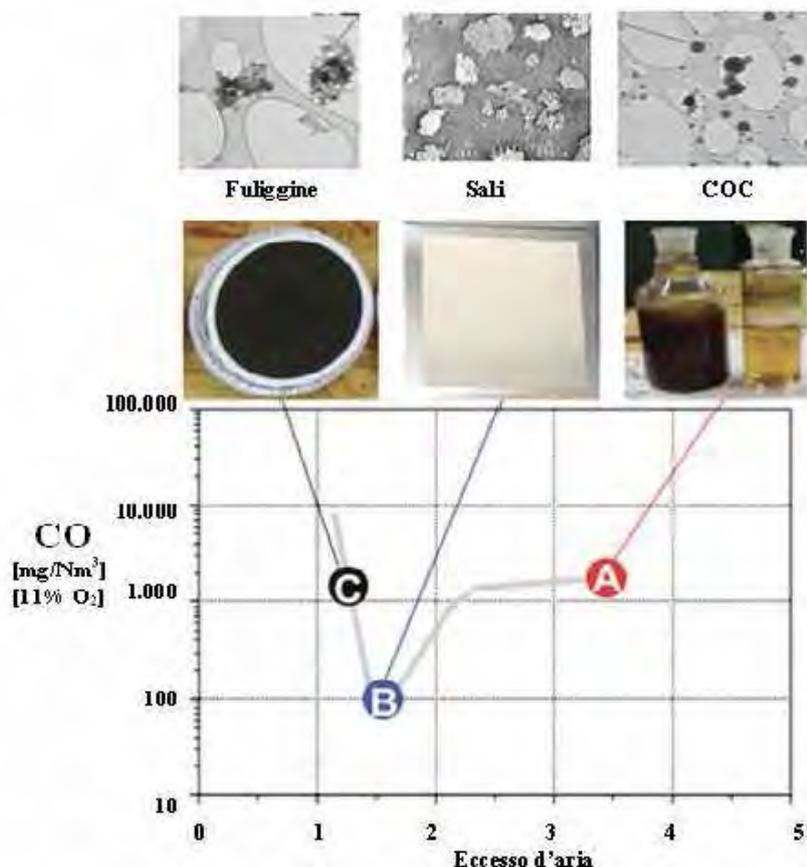


Fig 18. Tipologie di particolato emesso dalla combustione della legna in relazione a diversi livelli di eccesso d'aria e di CO (elaborazione da Nussbaumer e Lauber, 2010)

In condizioni di combustione completa (condizione che si genera a regime negli apparecchi automatici più moderni quali stufe e caldaie a pellet) il particolato è prevalentemente composto da particolato inorganico, costituito per la maggior parte da sali (NaCl, KCl, K₂SO₄, etc.).

In caso di condizioni non ottimali di combustione e, quindi, di combustione incompleta, invece, il particolato è prevalentemente composto da:

- fuliggine (chiamata anche 'black carbon', essenzialmente costituita da carbonio elementare in forma grafite), nel caso di cattiva combustione a temperatura sufficientemente elevata (cattiva miscelazione combustibile/comburente o carenza di aria ed elevate emissioni di monossido di carbonio). La fuliggine comprende tutte le particelle primarie carboniose (contenenti carbonio) generate dai processi di combustione incompleti. È composta in prevalenza da carbonio elementare EC (detto anche nerofumo) e composti organici misurati come carbonio organico OC («organic carbon»).
- prodotti carboniosi organici condensabili (COC), nel caso di condizioni di temperatura insufficiente (in fase di avvio e di spegnimento dell'impianto), nelle quali la sostanza organica volatilizzata non è completamente combusta.

Particolare interesse ha suscitato negli ultimi anni, nello specifico, il **black carbon**, componente di origine primaria del particolato ultrafine (diametro aerodinamico < 1 µm) emesso direttamente durante la combustione incompleta di carburante; le dimensioni di tale frazione di particolato variano tra i 10 nm (particelle individuali di BC) e 1 µm (nel caso di agglomerati di più particelle; in tali casi le particelle di BC hanno una struttura interna composta da più piccole unità strutturali di circa 2 nm costituite da molecole di policiclici aromatici, IPA).

Tale componente, in termini di potenziale danno alla salute umana, è uno dei più importanti inquinanti atmosferici in quanto, viste le sue ridotte dimensioni, penetra in regioni sensibili del sistema respiratorio e può causare o aggravare malattie cardiovascolari e polmonari.

Durante il trasporto atmosferico le particelle di BC interagiscono, inoltre, con diverse componenti combinandosi, ad esempio, con composti organici (come ad esempio IPA fortemente indiziati di contenere agenti cancerogeni) e solfati. Il black carbon è stato inserito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nell'elenco delle sostanze che possono provocare il cancro (possibly carcinogenic to humans- Group 2B. IARC, Vol. 93, 2010) (WHO, 2012)¹⁷.

Oltre ad avere potenziali effetti negativi sulla salute umana il BC è collocato tra le sostanze potenzialmente climalteranti; secondo alcuni studi, infatti, il black carbon è la componente di PM che maggiormente assorbe la luce e risulta essere uno dei principali responsabili dei cambiamenti climatici (Bond et al., 2013).

Le principali sorgenti di emissione del black carbon sono¹⁸:

- fonti mobili, in particolare i veicoli alimentati a diesel - veicoli stradali e macchine mobili non stradali (ad esempio macchine utilizzate nella silvicoltura e l'agricoltura, locomotive e vagoni ferroviari) e navi;
- riscaldamento residenziale in impianti di piccole e medie dimensioni, in particolare tramite la combustione di biomassa, ad es. carbone fossile e legno.

In base a quanto emerge dalle valutazioni effettuate dall'International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), le emissioni da combustione domestica di biomassa rappresentano circa il 40% del totale delle emissioni di black carbon in Europa (EU28) (anno di riferimento 2005); in particolare, nell'immagine successiva vengono rappresentati una fotografia al 2005 delle principali fonti emissive e gli effetti attesi dall'applicazione delle correnti normative europee sul controllo delle emissioni¹⁹.

¹⁷ *Status of black carbon monitoring in ambient air in Europe*, EEA Technical report No 18/2013

¹⁹ *Emissions of Black Carbon in Europe and implications in the Arctic*, Kaarle Kupiainen, Zbigniew Klimont, IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis), 16th IUAPPA World Clean Air Congress, 1.10.2013

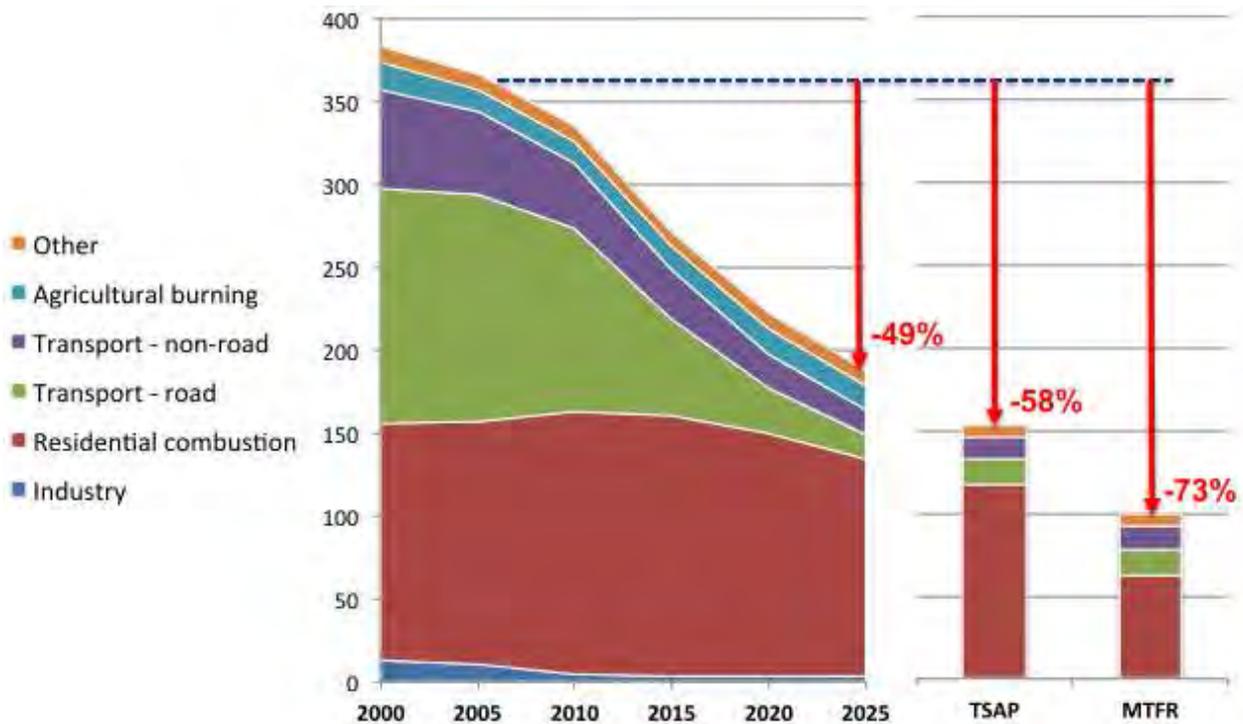


Fig 19. Impatti della legislazione corrente e prevista sulle emissioni di BC nell'EU28, kt

In particolare, emerge che più del 70% delle emissioni di BC da combustione domestica di biomassa derivano dall'utilizzo di stufe tradizionali e caminetti.

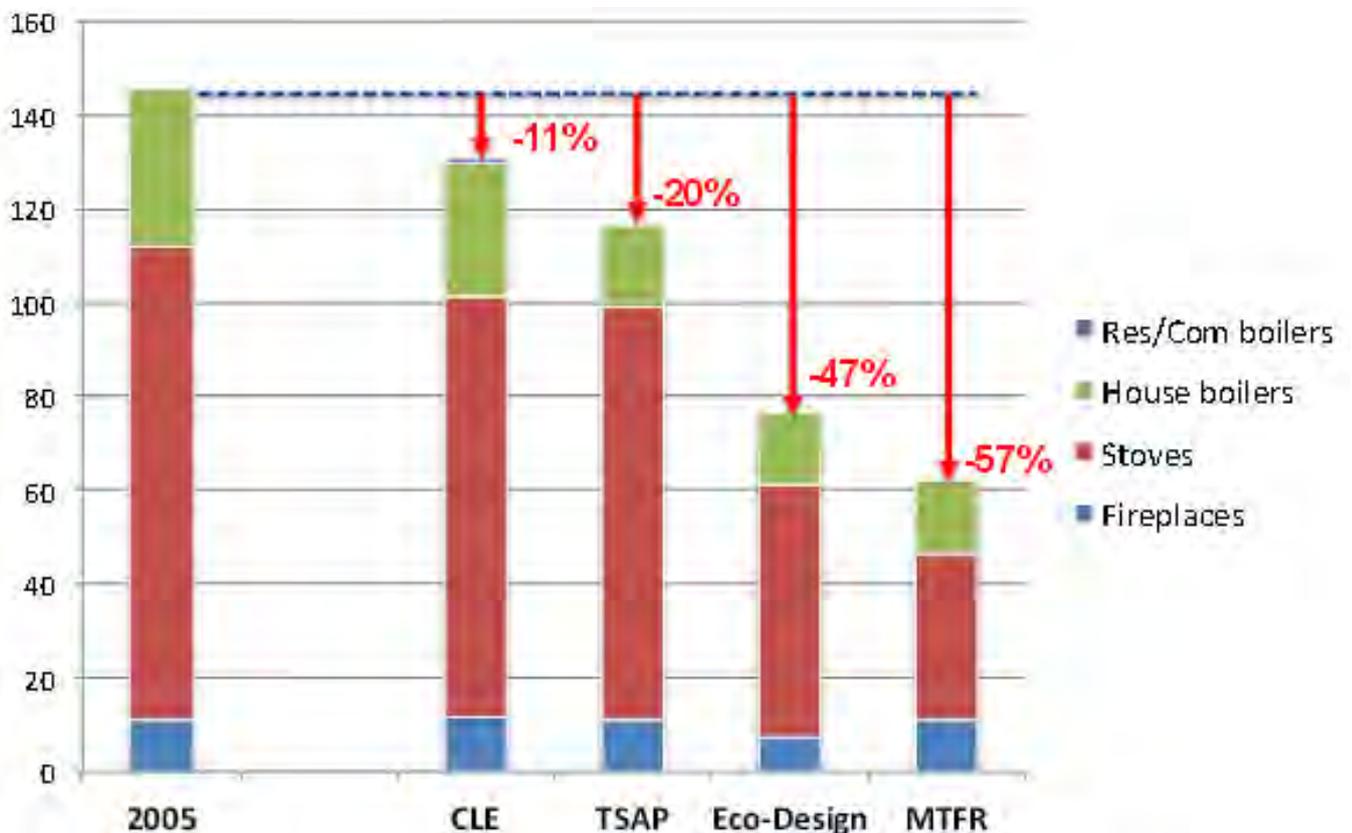
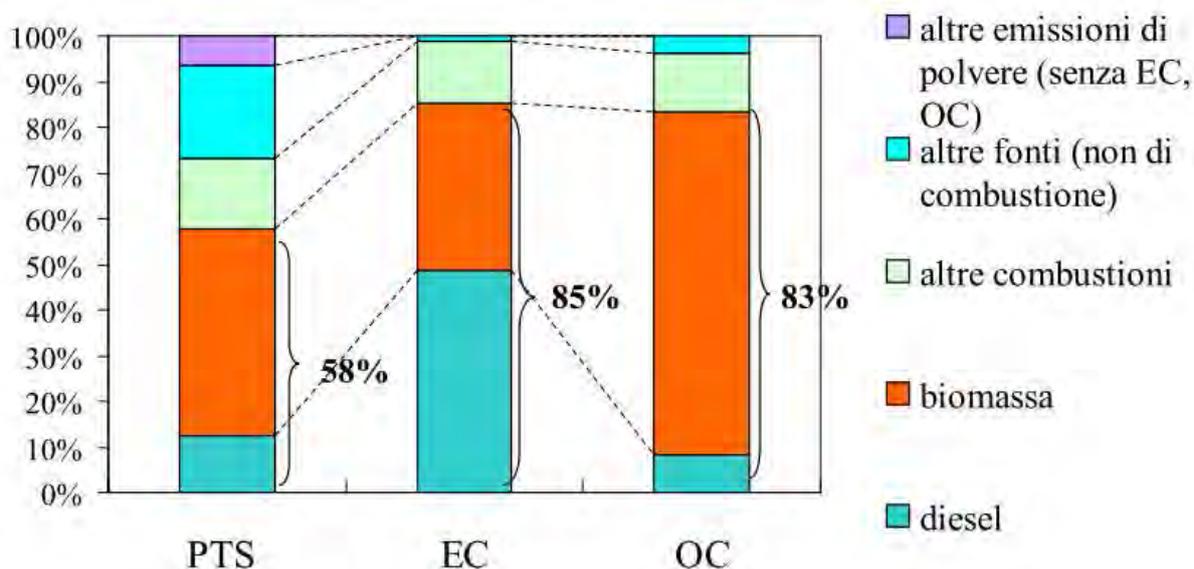
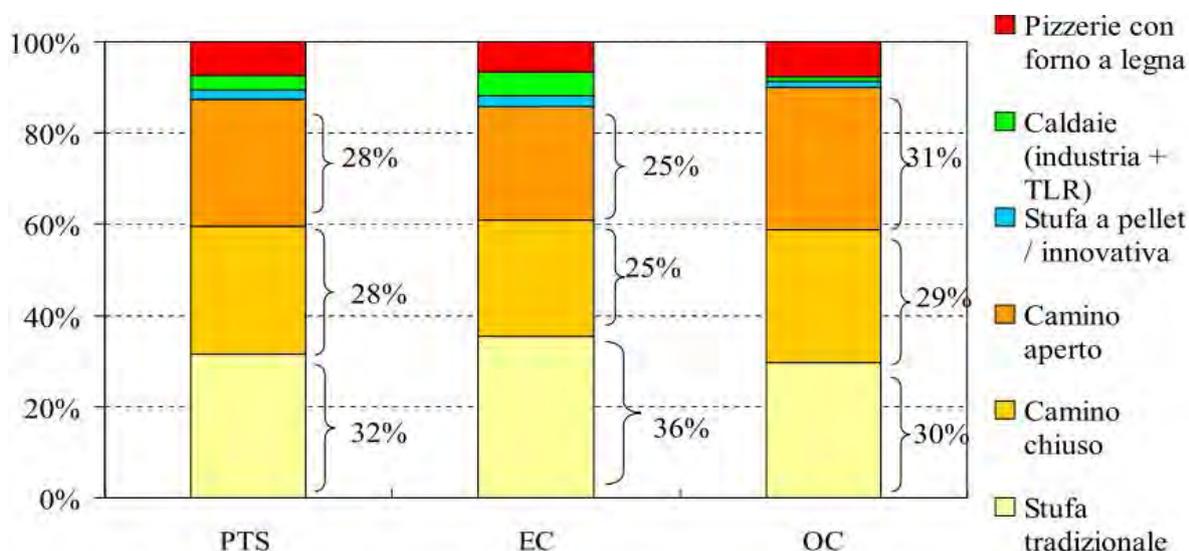


Fig 20. Potenziali riduzioni delle emissioni di BC derivanti dall'introduzione delle più moderne tecnologie di combustione

Risultati simili emergono da un lavoro effettuato dal DIAR del Politecnico di Milano sulle fonti di emissioni di black carbon finalizzato alla realizzazione di un inventario delle emissioni di EC e OC in Lombardia²⁰; anche da tale studio, infatti, emerge che circa il 35% delle emissioni di black carbon derivano dalla combustione di biomassa e, in particolare, di queste circa il 90% è imputato alla combustione in caminetti e stufe tradizionali.



Le principali fonti di emissione di black carbon, EC e OC (Inventario INEMAR, ARPA Lombardia)



Incidenza delle diverse tecnologie sul totale delle emissioni di black carbon – EC e OC – da combustione non industriale di biomassa (Inventario INEMAR, ARPA Lombardia)

²⁰ *Inventario INEMAR ARPA Lombardia, Emissioni di Carbonio Elementare e Carbonio Organico in Lombardia*, Stefano Caserini, Silvia Galante, Senem Ozgen, Sara Cucco, Katia De Gregorio - Politecnico di Milano, DIAR Sezione Ambientale, Marco Moretti - ARPA Lombardia)

Investimenti e costi di gestione degli impianti a legna, cippato e pellet: ARSIA “Impianti termici a legna, cippato e pellet”

A fini informativi si riportano le indicazioni relative a investimenti e costi di gestione per impianti a legna, cippato e pellet riportate nel manuale pratico “Impianti termici a legna, cippato e pellet” pubblicato da ARSIA (Agenzia Regionale Sviluppo e Innovazione nel Settore Agricolo) in collaborazione con l’associazione AIEL (Associazione Italiana Energie Agroforestali).

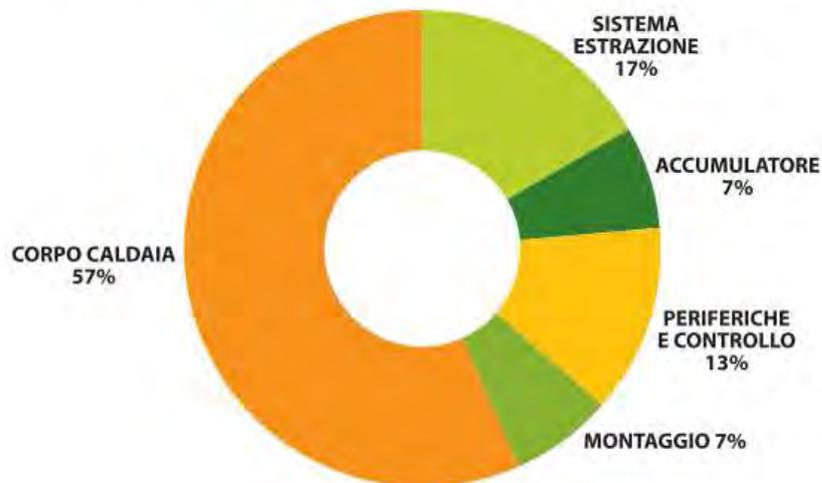
Nella tabella 4.1.1 del Rapporto vengono individuati, per la realtà italiana, alcuni riferimenti di costo per l’installazione e l’utilizzo di tali tipi di impianti di carattere orientativo e vengono fornite alcune indicazioni qualitative sull’approvvigionamento e la complessità gestionale:

Tabella 4.1.1 Costi, consumi orientativi e indicazioni sulla filiera di approvvigionamento e la gestione

Tecnologie e potenza	Livello investimenti (€)	Consumi indicativi t/a	Processi di approvvigionamento biomasse legnose	Complessità tecnologica e gestionale
Caldaia a legna				
fino a 35 kW	7.000-15.000	5-10	Semplice e locale	Molto bassa
35-100 kW	15-30.000	10-25		
Caldaia a cippato				
35-150 kW	20-70.000	10-35	Semplice e locale	Bassa
150-300 kW	70-150.000	50-100	Locale, necessaria presenza di produttori professionali	Media, necessaria presenza di terzo responsabile
300-500 kW	150-350.000	100-150		
500-1000 kW	350-500.000	150-300		
Caldaia a pellet				
fino a 35 kW	10.000-15.000	5-7	Canali commerciali facilmente accessibili	Molto bassa

Viene, inoltre, riportato a titolo d’esempio lo schema riassuntivo dell’incidenza sul costo complessivo di installazione del costo delle varie parti di una caldaia a cippato con potenza compresa tra 15 e 100 kW.

Grafico 4.1.1 Incidenza percentuale delle varie parti di un impianto sul costo complessivo |

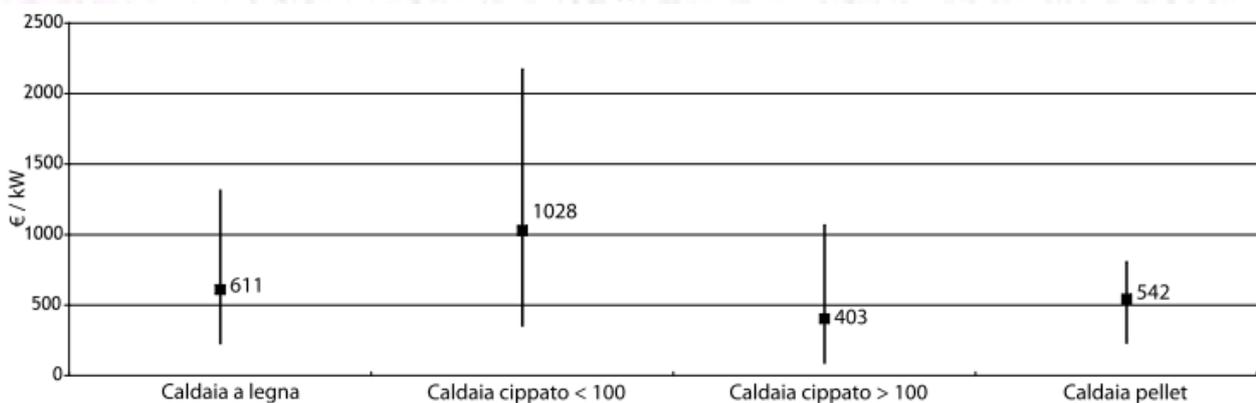


Al fine di potere effettuare un confronto in termini di costo tra i diversi impianti di riscaldamento vengono, inoltre, forniti schemi dei costi specifici per unità energetica:

Grafico 4.1.2 Costi specifici (€/kW) per diverse tipologie d'impianto



Grafico 4.1.3 Costi specifico medio (€/kW) degli impianti distinti per tipo e classe di potenza



Valutando, infine, il costo tra i diversi impianti di riscaldamento si ritiene utile tenere di conto anche delle emissioni specifiche per unità di costo; tale rapporto è stato ricavato utilizzando le informazioni riportate nella relazione ARSIA in merito ai costi specifici per unità energetica e i fattori di emissione utilizzati all'interno dell'inventario regionale delle sorgenti di emissione della Regione Toscana (vedi tab. 4) per tipologia di combustibile. Per il cippato, non essendo disponibile nell'inventario un fattore di emissione specifico questo è stato ricavato riproporzionando il fattore di emissione della legna in base al valore del rapporto tra i livelli medi di concentrazione rilevati per impianti a legna e impianti a cippato riportati nello studio del TFZ di Straubing sopra citato. Come si può osservare dai grafici successivi, le emissioni di polveri e COVNM relative ad ogni euro di investimento sono molto maggiori per gli impianti alimentati a legna e a cippato. Quindi, mentre in termini economici, a parità di potenzialità energetica, gli impianti alimentati a legna sembrano essere più convenienti, in termini di emissioni, a parità di investimento, sono molto meno convenienti, a livello ambientale. Gli impianti a cippato risultano essere poco convenienti, in relazione a quelli a pellet, sia a livello economico/energetico che a livello economico/ambientale.

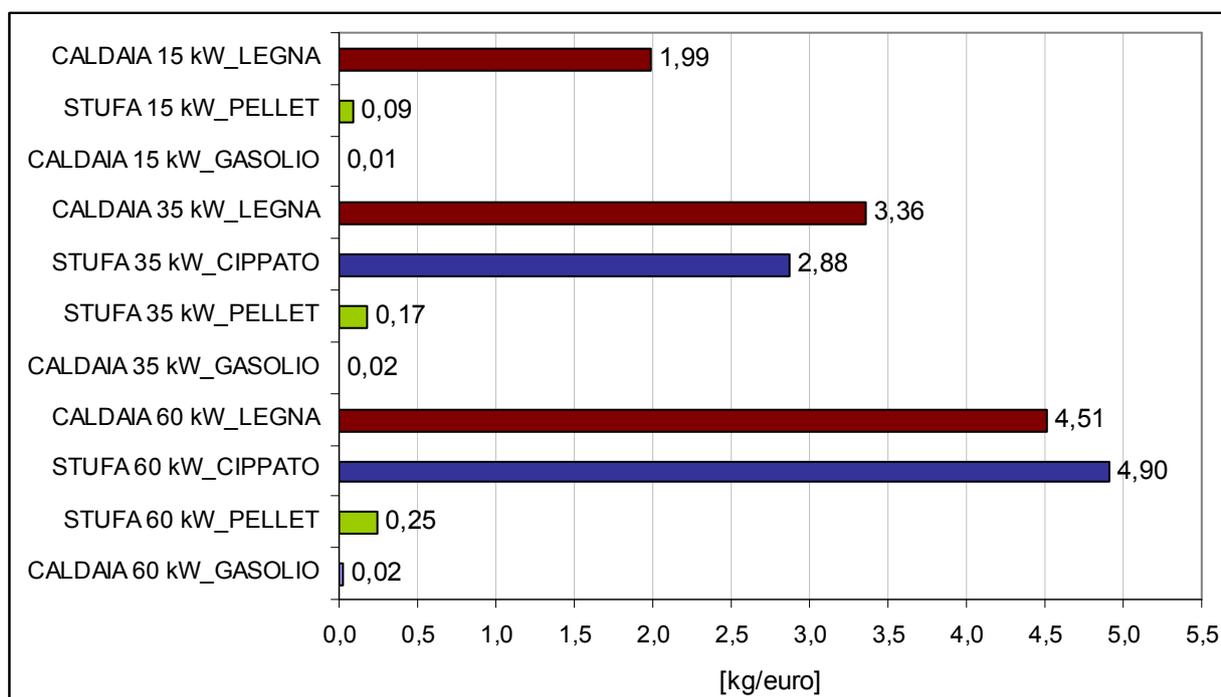


Fig 21. Polveri: emissioni specifiche per unità di costo

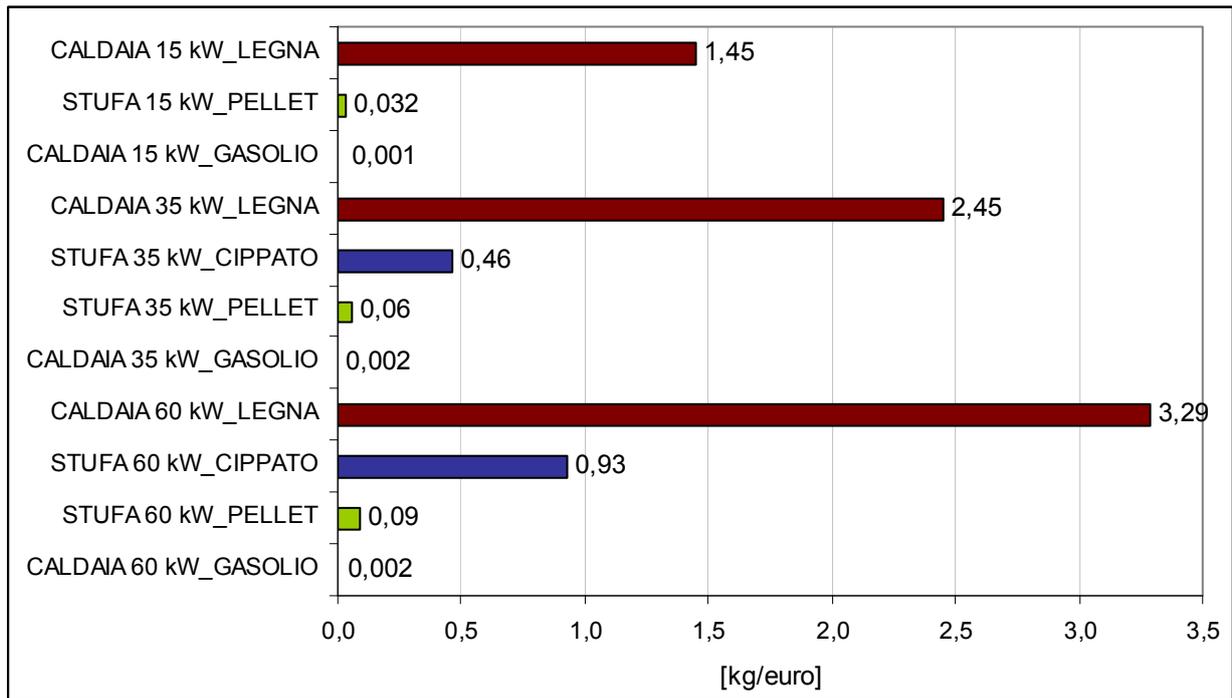


Fig 22. COVNM: emissioni specifiche per unità di costo

IL SETTORE “TRASPORTI”

Come precedentemente detto, il settore trasporti ha una rilevanza assoluta nel caso delle emissioni di NOx della Piana; risulta, inoltre, avere un peso non trascurabile sulle emissioni di PM10, PM2,5 e COVNM.

Per tali inquinanti viene condotta di seguito un’analisi mirata ad individuare le principali fonti di emissione in termini di tipologia di traffico (locale o extraurbano) e di tipologia di mezzi di trasporto (automobili, veicoli leggeri, veicoli pesanti, motocicli e ciclomotori).

Nel settore “trasporti” sono incluse, insieme alle emissioni da trasporto su strada, anche le emissioni di fuoristrada, trasporto ferroviario e navigazione di vie interne le quali risultano essere irrilevanti rispetto alle emissioni da trasporto su gomma, sia nel caso dei comuni della Piana in Provincia di Lucca (NOx: 4%, PM10: 3%, PM2,5: 4%, COVNM: 1%) sia nel caso dei comuni in Provincia di Pistoia, Pisa e Firenze (NOx: 8%, PM10: 5%, PM2,5: 6%, COVNM: 1%).

Vista la maggiore rilevanza delle emissioni da trasporto su strada si procederà alla sola analisi di questa fonte.

Analizzando i dati relativi ai comuni della Piana si può osservare che, fatta eccezione per gli NOx, più del 70% delle emissioni derivano dal traffico su strade urbane; anche nel caso degli ossidi di azoto, in ogni caso, l’incidenza delle emissioni da trasporto extraurbano rappresentano solo il 35% delle emissioni totali da trasporto su strada.

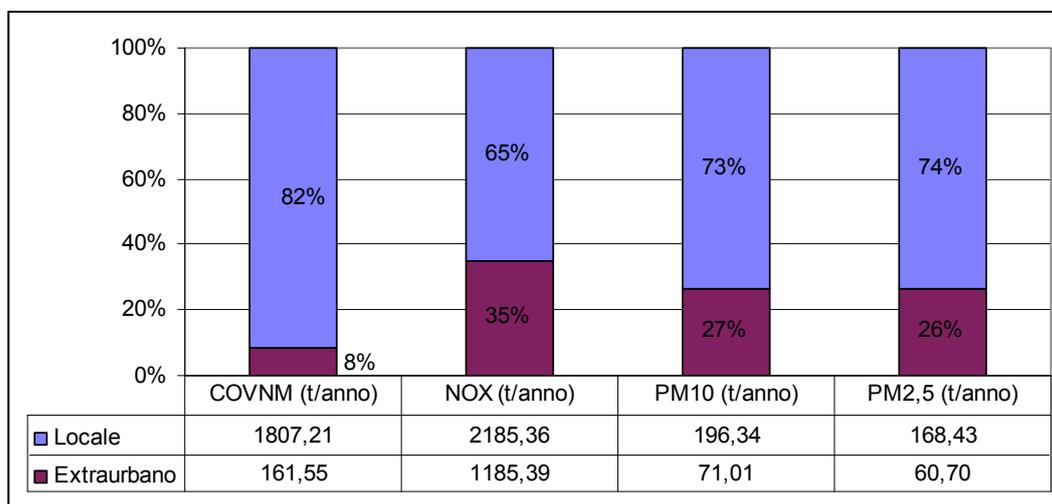


Fig 23. Emissioni da trasporto su strada: contributo del trasporto locale e extraurbano

Le emissioni da trasporto su strada, sia su rete urbana che extraurbana, sono associabili a tre diverse sorgenti: combustione, abrasione di gomme, strada e freni e emissioni evaporative.

Di seguito viene riportata una tabella in cui sono esplicitati i diversi apporti; si può osservare che il contributo alle emissioni di PM10 dell’abrasione di freni, gomme e strada non può ritenersi trascurabile rappresentando circa il 40% del totale in ambito urbano e il 50% in ambito extraurbano. Si può, inoltre, osservare che il contributo del trasporto extraurbano alle emissioni totali da traffico è maggiore per i comuni appartenenti alla Provincia di Lucca per tutti gli inquinanti.

		COVNM (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)
Piana lucchese					
Urbano	Combustione	1582	1878	123	123
	Emissioni evaporative	194	-	-	-
	Abrasione (gomme, strada, freni)	-	-	53	27
Extraurbano	Combustione	194	1493	62	62
	Emissioni evaporative	22	-	-	-
	Abrasione (gomme, strada, freni)	-	-	34	19
Extraurbano/totale		11%	44%	35%	35%
Piana lucchese - Provincia di Lucca					
Urbano	Combustione	787	935	61	61
	Emissioni evaporative	98	-	-	-
	Abrasione (gomme, strada, freni)	-	-	26	14
Extraurbano	Combustione	114	925	38	38
	Emissioni evaporative	13	-	-	-
	Abrasione (gomme, strada, freni)	-	-	20	12
Extraurbano/totale		13%	50%	40%	40%
Piana lucchese - Provincia di PT-PI-FI					
Urbano	Combustione	794	943	62	62
	Emissioni evaporative	97	-	-	-
	Abrasione (gomme, strada, freni)	-	-	26	14
Extraurbano	Combustione	80	568	24	24
	Emissioni evaporative	9	-	-	-
	Abrasione (gomme, strada, freni)	-	-	14	8
Extraurbano/totale		9%	38%	30%	30%

Tabella 6. Le emissioni da trasporto locale e extraurbano: contributi delle emissioni da combustione, emissioni evaporative e abrasione di gomme, strada e freni

Dal grafico e dalla tabella precedenti si può osservare che il contributo del traffico extraurbano è molto ridotto rispetto a quello del traffico locale nel caso delle emissioni di COVNM mentre non è trascurabile per gli altri inquinanti: nel caso delle emissioni di ossidi di azoto esso rappresenta circa la metà delle emissioni totali dal settore "trasporti" della Piana e nel caso delle emissioni di polveri circa un terzo.

Analizzando i dati di emissione di NOx e PM10 da combustione (escludendo, quindi, il contributo dell'abrasione di gomme, freni e strada) per il trasporto extraurbano si rileva che più del 90% di tali emissioni viene imputato alle automobili e ai veicoli commerciali (pesanti e leggeri) diesel (vedi grafici successivi).

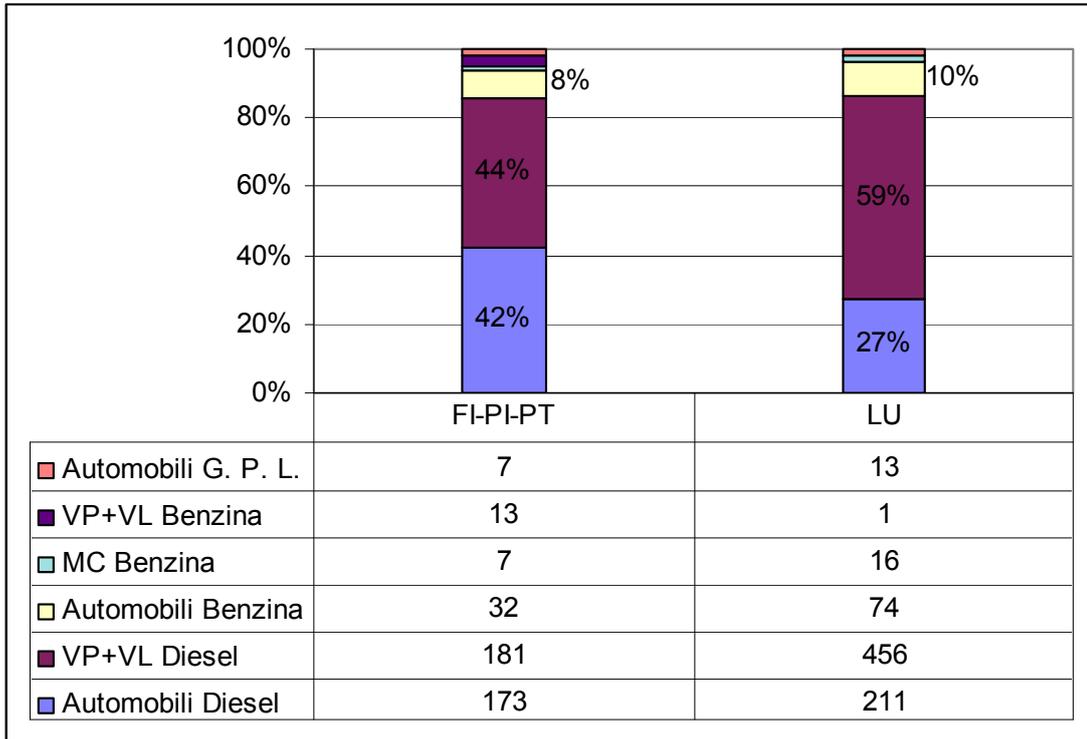


Fig 24. Emissioni di NOx da trasporto extraurbano: contributo dei diversi veicoli

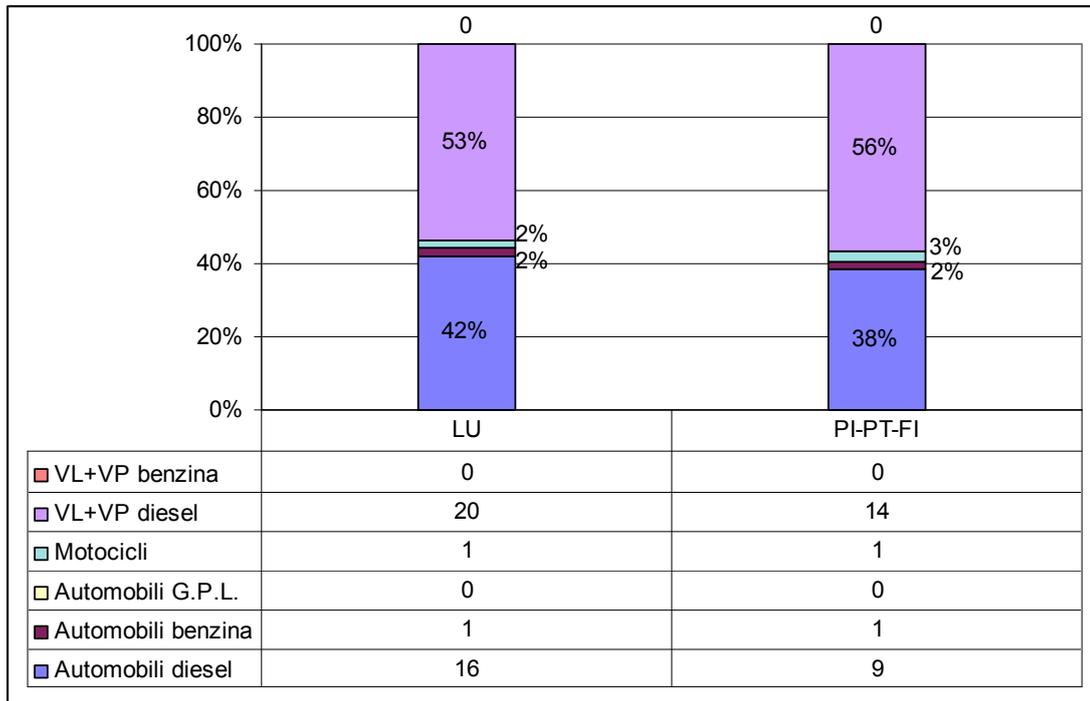


Fig 25. Emissioni di PM10 da trasporto extraurbano: contributo dei diversi veicoli

Di seguito vengono analizzate le principali sorgenti di emissione da trasporto locale per tipologia di veicolo e per tipologia di combustibile per tutti gli inquinanti indagati per il settore "trasporti".

Visto che la distribuzione delle emissioni tra le varie tipologie di veicoli è identica tra i due gruppi di comuni (in provincia di Lucca e nelle altre province), essa rappresenta la distribuzione delle sorgenti da trasporto locale per l'intera Piana (figura 23).

Le emissioni di PM10 e PM2,5 sono imputabili ai veicoli diesel per circa l'80%, ripartiti in maniera uniforme tra automobili, veicoli leggeri e veicoli pesanti; solo il 20% delle emissioni di polveri è originato dai ciclomotori (cc > 50) a benzina.

Nel caso degli NOx tale percentuale sale al 90%, in misura maggiore imputata ai veicoli pesanti.

Le emissioni di COVNM sono, invece, imputabili per circa il 90% ai veicoli a benzina e, in particolare, ai ciclomotori (cc < 50); solo il 6% delle emissioni vengono associate ai veicoli pesanti diesel.

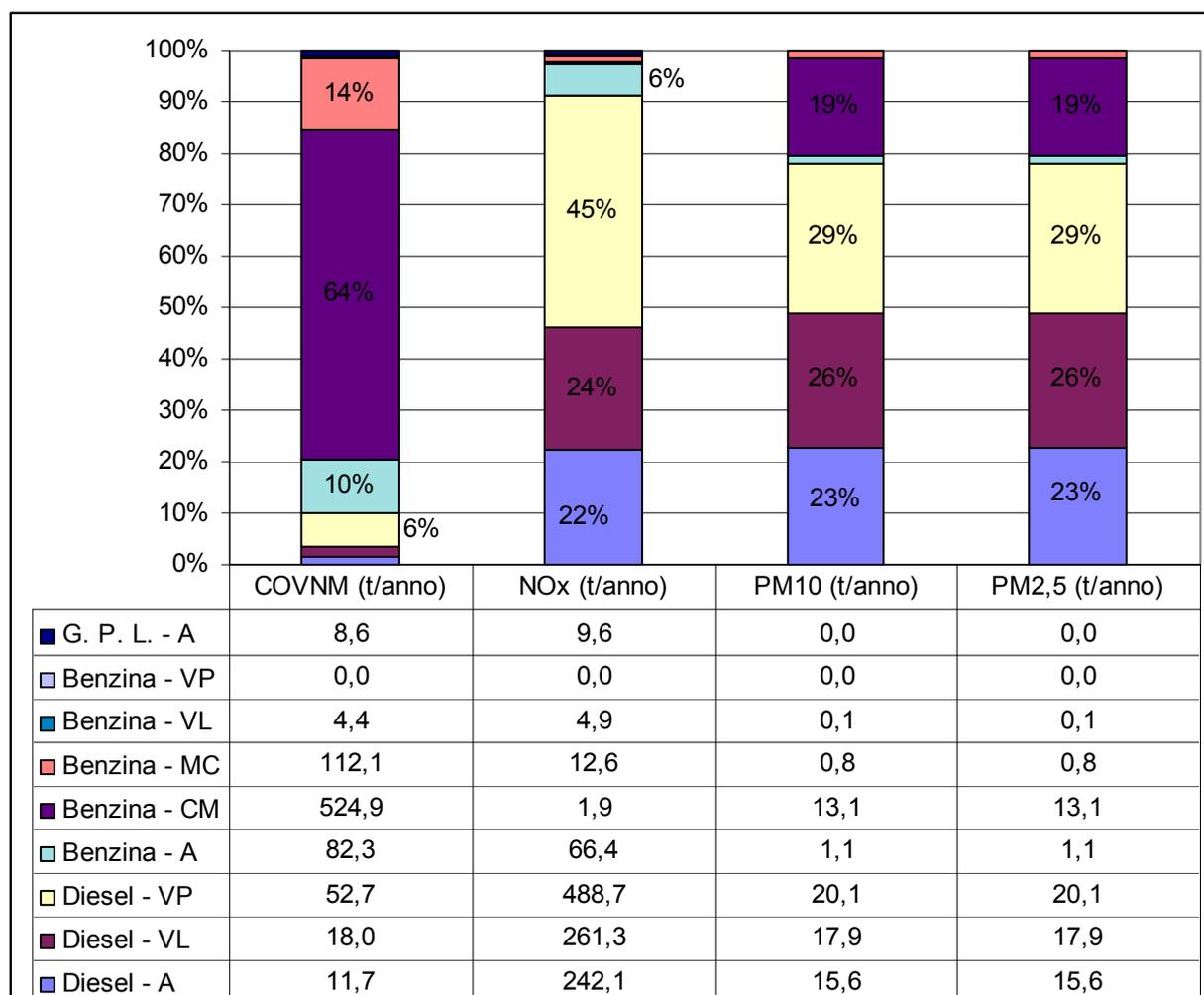


Fig 26. Emissioni da trasporto locale: contributi dei diversi tipi di veicolo

In conclusione, le emissioni da trasporto su rete stradale extraurbana hanno un peso relativo per tutti gli inquinanti; per le emissioni di ossidi di azoto tale peso aumenta (35%) ma resta, comunque, molto inferiore rispetto a quello relativo al traffico locale (65%).

In base a quanto riportato nella figura 4, le emissioni da trasporto su rete extraurbana pesano sul totale delle emissioni della Piana rispettivamente:

	Peso settore "trasporti" su totale Piana	Peso extraurbano su totale trasporti	Peso extraurbano su totale Piana
PM10	13%	25%	3%
PM2,5	13%	25%	3%
NOx	69%	35%	24%
COVNM	15%	8%	1%

Tabella 7. Incidenza del trasporto extraurbano su totale delle emissioni della Piana

Per i trasporti su rete extraurbana si osserva, perciò, un'incidenza massima sul totale delle emissioni della Piana per gli NOx ; tale incidenza è, comunque, trascurabile se si considera quella dei trasporti su rete locale.

Per quanto riguarda le emissioni da trasporto locale l'incidenza sul totale delle emissioni della Piana, infatti, aumenta fino ad arrivare ad un massimo del 45% per le emissioni di NOx.

	Peso settore "trasporti" su totale Piana	Peso trasporto urbano su totale trasporti	Peso urbano su totale Piana
PM10	13%	75%	10%
PM2,5	13%	75%	9%
NOx	69%	65%	45%
COVNM	15%	92%	14%

Tabella 8. Incidenza del trasporto urbano su totale delle emissioni della Piana

In particolare, si osserva una diversa distribuzione tra veicoli benzina e veicoli diesel a seconda dell'inquinante considerato:

	Peso trasporto urbano su totale Piana	
	Diesel	Benzina
PM10	8%	2%
PM2,5	8%	2%
NOx	40%	3%
COVNM	1%	12%

Tabella 9. Trasporto urbano: incidenza del tipo di combustibile su totale delle emissioni della Piana

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva delle percentuali di incidenza maggiormente rilevanti delle emissioni del settore "trasporti" sul totale delle emissioni della Piana:

	PM10	PM2,5	NOx	COVNM
EXTRAURBANO			24%	
URBANO	10% (8% diesel)	10% (8% diesel)	45% (40% diesel)	14% (12% ciclomotori)

Le emissioni specifiche per i trasporti su strada

Il parco circolante e i fattori di emissione

In allegato 2 si riporta il parco auto dei comuni della Piana elaborato da ACI secondo la classificazione utilizzata nella metodologia COPERT²¹ relativo agli anni 2010 (anno cui si riferiscono i livelli emissivi analizzati) e 2013 (ultimo anno attualmente disponibile).

Al fine di valutare l'incidenza sui livelli emissivi delle varie tecnologie per le tipologie di veicolo considerate, verranno utilizzate le informazioni relative al parco auto ACI relativo all'anno 2010, alle percorrenze annue stimate per l'anno 2010 in IRSE 2010 e disaggregate per classe veicolare secondo la disaggregazione adottata nell'inventario nazionale per l'anno 2010 e ai fattori di emissione riportati nella EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook 2013, linea guida a livello europeo per la stima delle emissioni da fonti di emissioni antropiche e naturali.

Si fa presente che il valore dei fattori di emissione è funzionale alla velocità con cui si assume che il veicolo si muova; al fine di valutare, perciò, i livelli emissivi dei vari veicoli in ambito urbano si considererà, perciò, una velocità media di 30 km/h mentre in ambito extraurbano la velocità media considerata per il calcolo delle emissioni è stata fissata pari a 100 km/h.

Tali elaborazioni verranno effettuate in relazione alle emissioni derivanti da combustione e ai veicoli le cui emissioni, in base ai risultati dell'analisi dei dati IRSE 2010, hanno una rilevanza non trascurabile rispetto al totale delle emissioni dal settore "trasporti"; in particolare, quindi, nel caso di traffico locale, per le emissioni di PM10, PM2,5 e NOx i veicoli diesel - in particolare autoveicoli, veicoli leggeri e veicoli pesanti - e per le emissioni di COVNM i ciclomotori a benzina mentre nel caso di traffico extraurbano, per le emissioni di NOx, i veicoli commerciali diesel.

Le emissioni totali dei gas di scarico vengono determinate come somma delle emissioni a caldo (quando il motore è alla sua normale temperatura di esercizio) e delle emissioni relative al transitorio termico del motore. La distinzione tra le emissioni "a caldo" e quelle "a freddo" relative alla fase di riscaldamento del motore è necessaria a causa della sostanziale differenza di prestazione in termini di emissioni del veicolo durante queste due fasi.

Durante il funzionamento a freddo del veicolo si produce da un lato un extra-consumo di combustibile e dall'altro una differente modalità di combustione; entrambi i fenomeni portano ad un aumento delle emissioni. L'aumento delle emissioni è presente in tutti i tipi di veicoli, tuttavia per mancanza di conoscenze più approfondite in ambito scientifico - come specificato nella EMEP/Corinair Guidebook 2013 - verranno presi in considerazione solo per i veicoli leggeri, le automobili e i ciclomotori; in generale, perciò, le emissioni totali verranno calcolate come somma delle emissioni "a caldo" e delle emissioni "a freddo" mentre per i veicoli commerciali pesanti le emissioni totali coincideranno con le emissioni a caldo.

Di seguito vengono riportati, separatamente per l'ambito urbano e l'ambito extraurbano, i risultati delle elaborazioni in termini di incidenza delle varie classi di veicoli sul totale emissivo relativo ai veicoli individuati quali maggiormente impattanti sulle emissioni di PM10 e NOx della Piana (autoveicoli, veicoli leggeri e veicoli pesanti alimentati a gasolio, ciclomotori).

²¹ Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport. Metodologia utilizzata per la stima delle emissioni di inquinanti atmosferici da trasporto stradale per la stesura dell'inventario nazionale delle emissioni

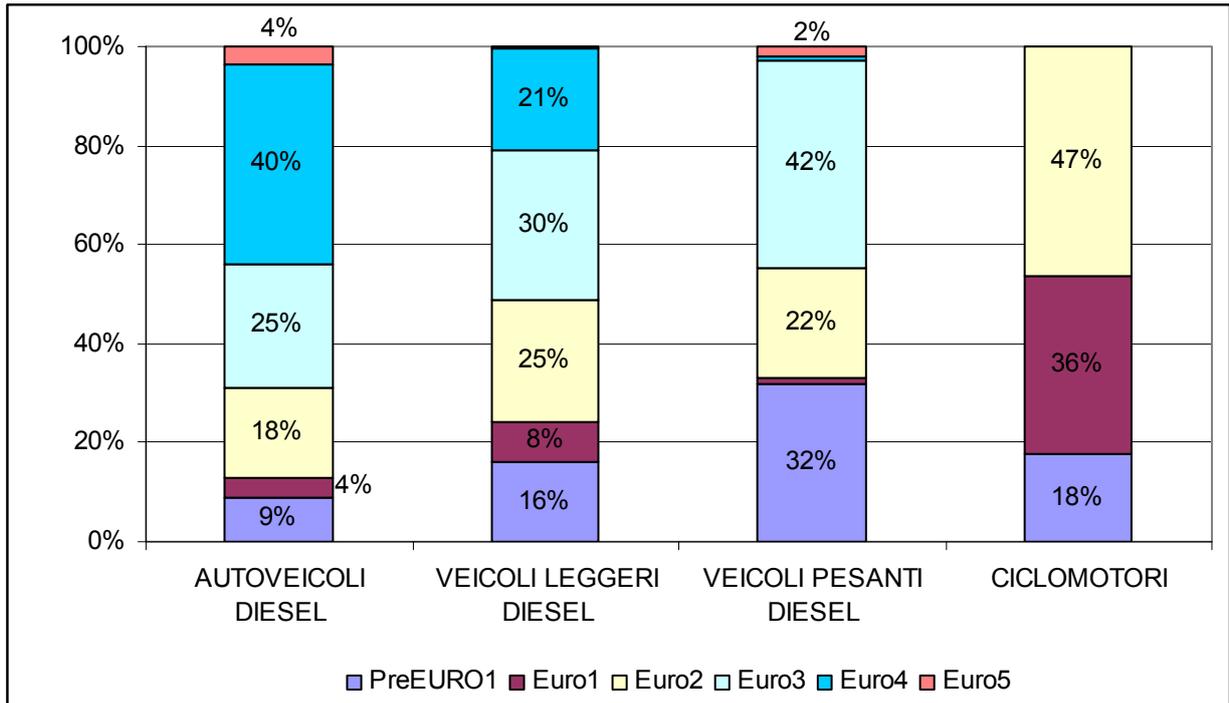


Fig 27. Trasporti in ambito URBANO, emissioni di NOx: incidenza delle diverse classi per auto, veicoli leggeri, e veicoli pesanti a gasolio e per ciclomotori

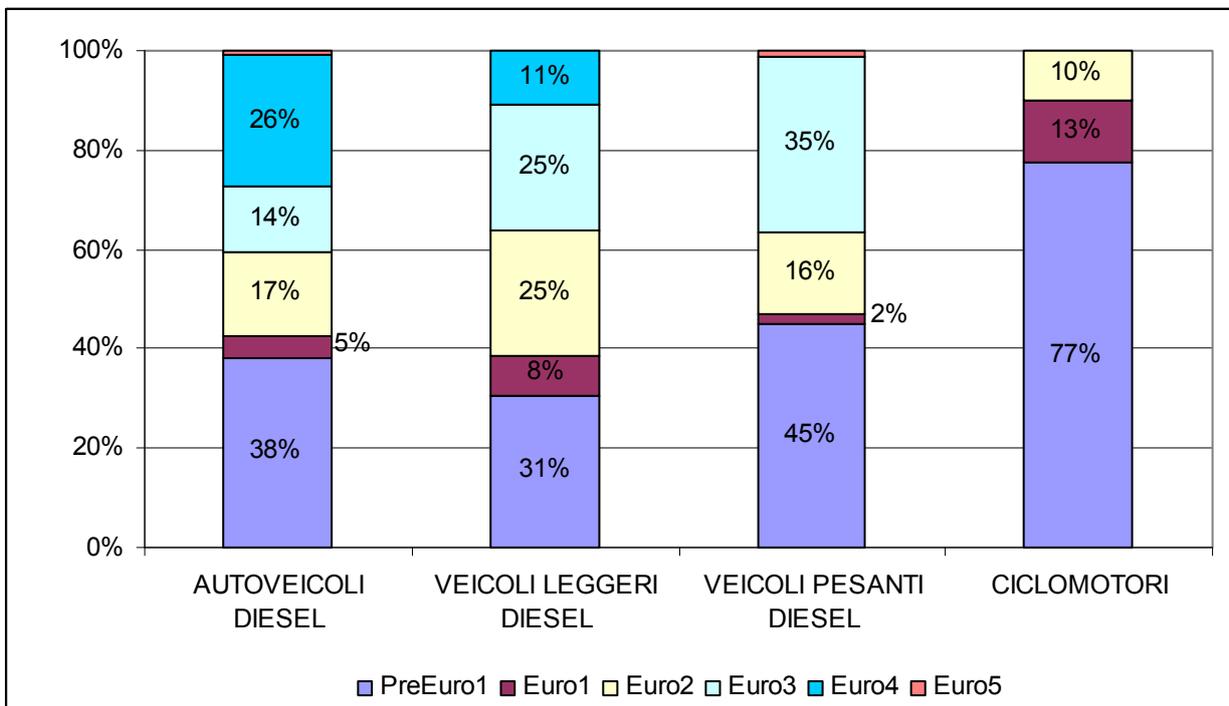


Fig 28. Trasporti in ambito URBANO, emissioni di PM10: incidenza delle diverse classi per auto, veicoli leggeri, e veicoli pesanti a gasolio e per ciclomotori

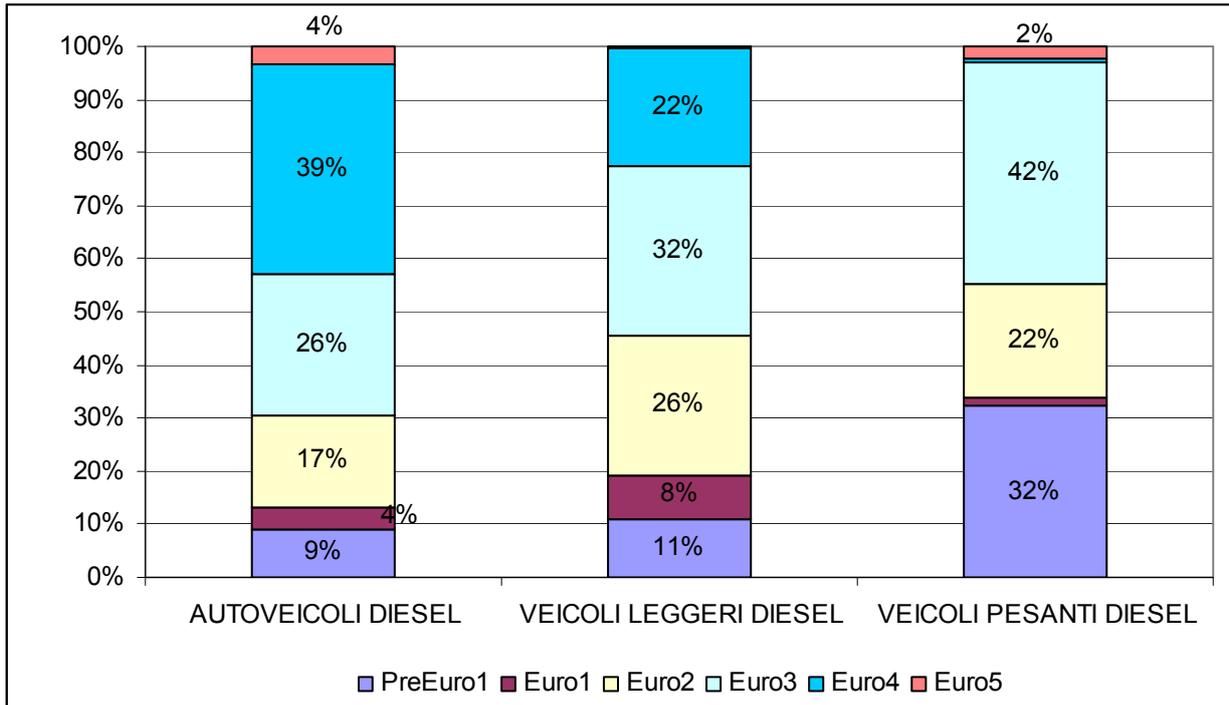


Fig 29. Trasporti in ambito EXTRAURBANO, emissioni di NOx: incidenza delle diverse classi per auto, veicoli leggeri, e veicoli pesanti a gasolio

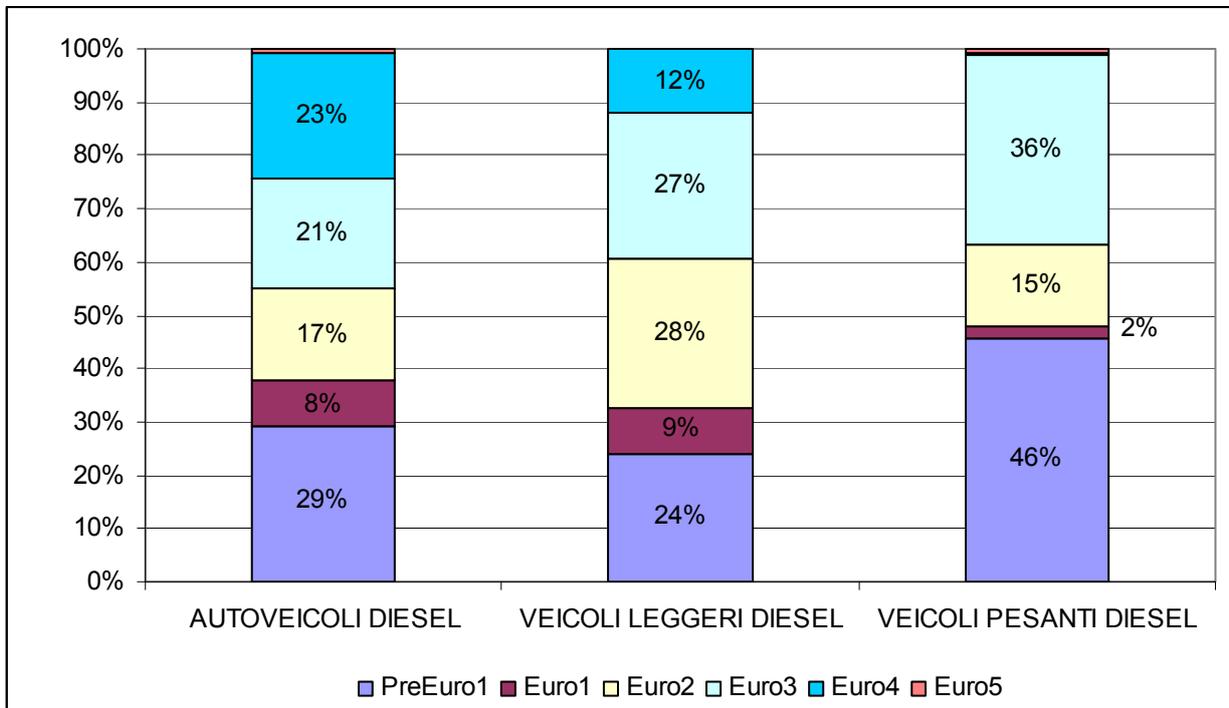


Fig 30. Trasporti in ambito EXTRAURBANO, emissioni di PM10: incidenza delle diverse classi per auto, veicoli leggeri, e veicoli pesanti a gasolio

Come si può osservare dai grafici relativi alle emissioni di NOx da trasporto in ambito urbano il contributo dei veicoli con classificazione successiva alla normativa Euro 1 incidono per circa l'80% sulle emissioni totali di ciascuna classe di veicoli considerata ad eccezione dei veicoli pesanti per i quali l'incidenza dei veicoli Euro 1 e PreEuro 1 è maggiore.

Per il PM10, invece, si osserva un'incidenza molto maggiore dei veicoli PreEuro 1 e Euro 1 i quali incidono sulle emissioni totali di ciascuna classe per più del 40% fino ad arrivare a circa l'80% per i ciclomotori. Quanto osservato per i trasporti in ambito urbano emerge anche per le emissioni relative ai trasporti in ambito extraurbano.

Al fine di verificare le cause delle incidenze percentuali riscontrate a livello emissivo queste vengono affiancate all'incidenza di ciascuna classe veicolare sulle percorrenze totali relative a ciascuna tipologia di veicoli considerata.

Per quanto riguarda i veicoli pesanti si può osservare che, rispetto alle relative percorrenze, l'incidenza dei livelli emissivi dei veicoli PreEuro 1 è il doppio nel caso degli NOx e il triplo nel caso delle emissioni di PM10 mentre nel caso delle classi successive l'incidenza percentuale sui livelli emissivi è molto simile a quella sulle percorrenze se non inferiore a questa (Euro 4 e Euro 5); fa eccezione la classe di veicoli omologata secondo la direttiva Euro 3 per la quale si può osservare un incremento dei livelli emissivi di NOx rispetto alle altre classi.

La stessa sproporzione tra percorrenze e emissioni di PM10 si osserva per gli autoveicoli diesel PreEuro 1 mentre per tutte le altre classi in generale si osservano incidenze dei livelli emissivi uguali o di poco superiori alle incidenze sulle percorrenze.

Per quanto riguarda i veicoli leggeri diesel PreEuro 1 si rileva quanto osservato per i veicoli pesanti, per i veicoli Euro 1 e Euro 2 le incidenze percentuali emissive sono tutte superiori rispetto alle incidenze relative alle percorrenze mentre per i veicoli Euro 4 e Euro 5 i livelli emissivi hanno incidenze sul totale inferiori rispetto a quelle delle percorrenze.

Per i ciclomotori, infine, si osserva un'incidenza delle emissioni di NOx sempre sbilanciata rispetto a quella relativa alle percorrenze ma inferiore nel caso dei ciclomotori PreEuro e superiore negli altri due casi; per quanto riguarda il PM10, invece, si osservano emissioni molto inferiori a parità di percorrenze.

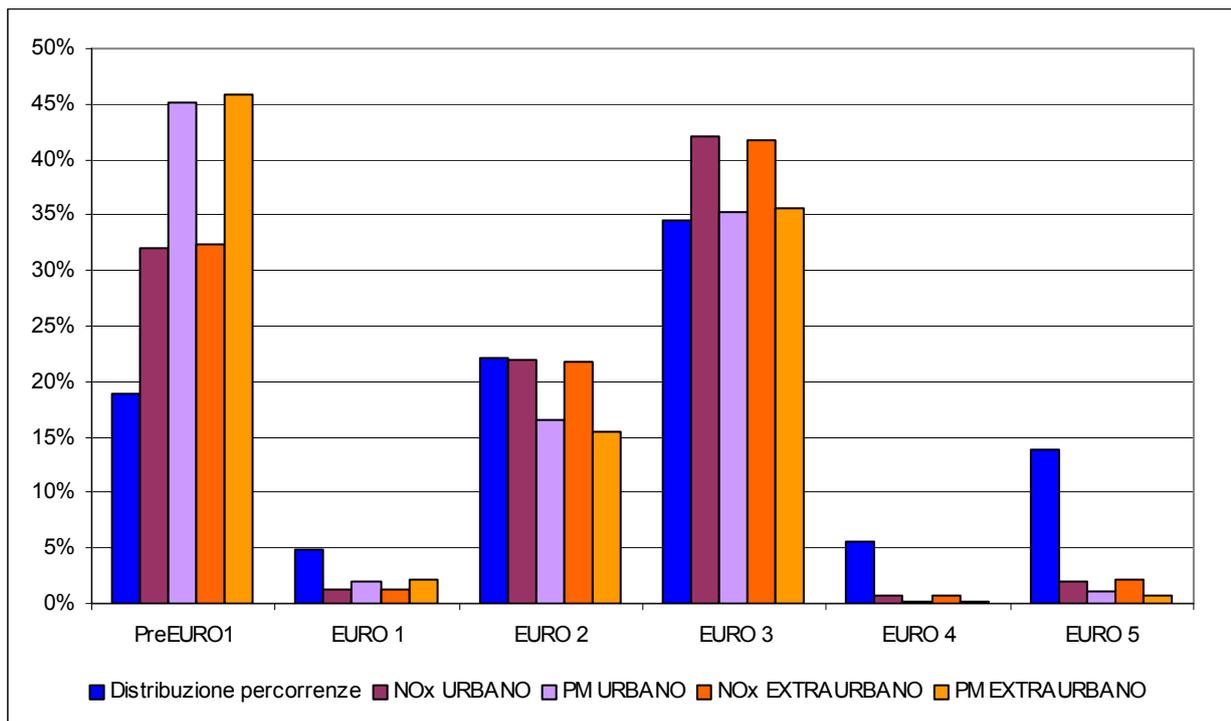


Fig 31. Veicoli pesanti diesel: distribuzione emissioni e percorrenze

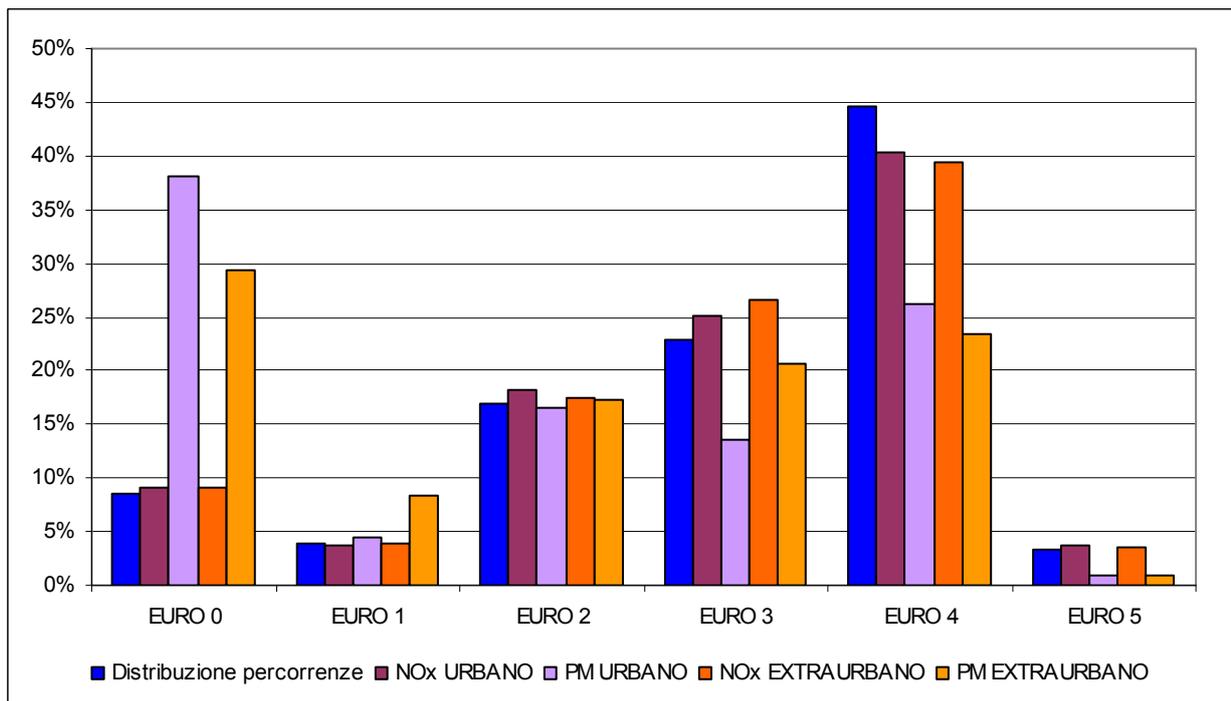


Fig 32. Autoveicoli diesel: distribuzione emissioni e percorrenze

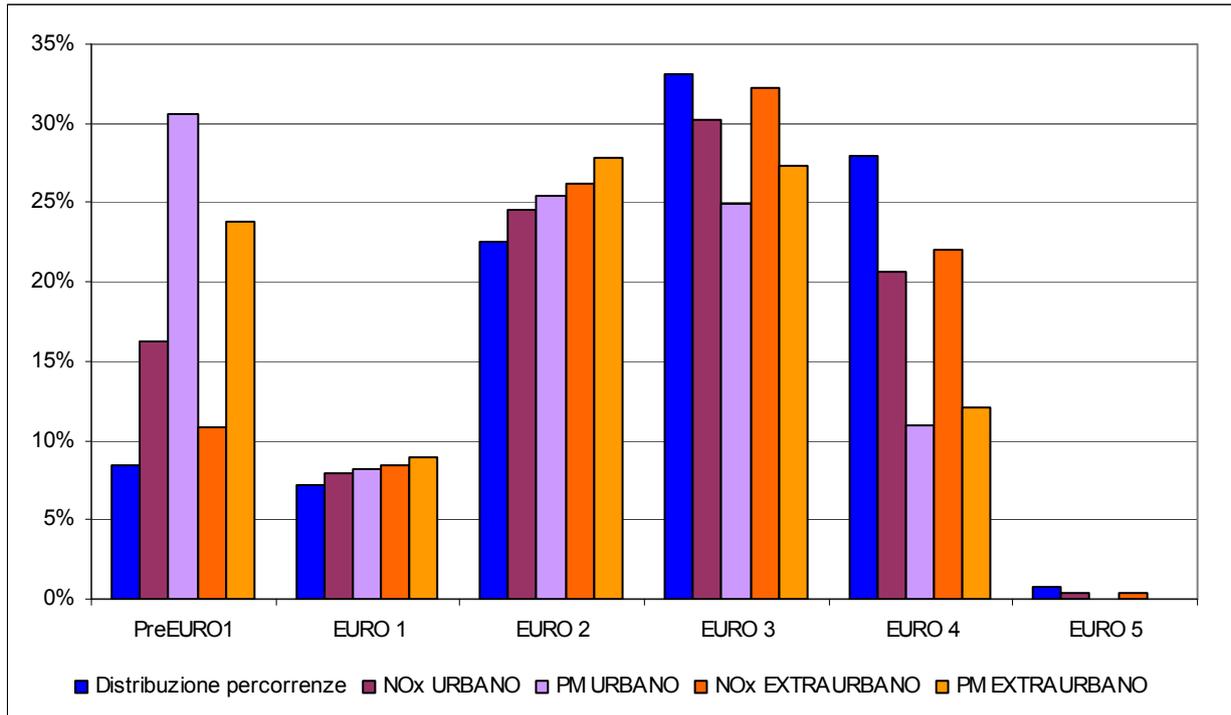


Fig 33. Veicoli leggeri diesel: distribuzione emissioni e percorrenze

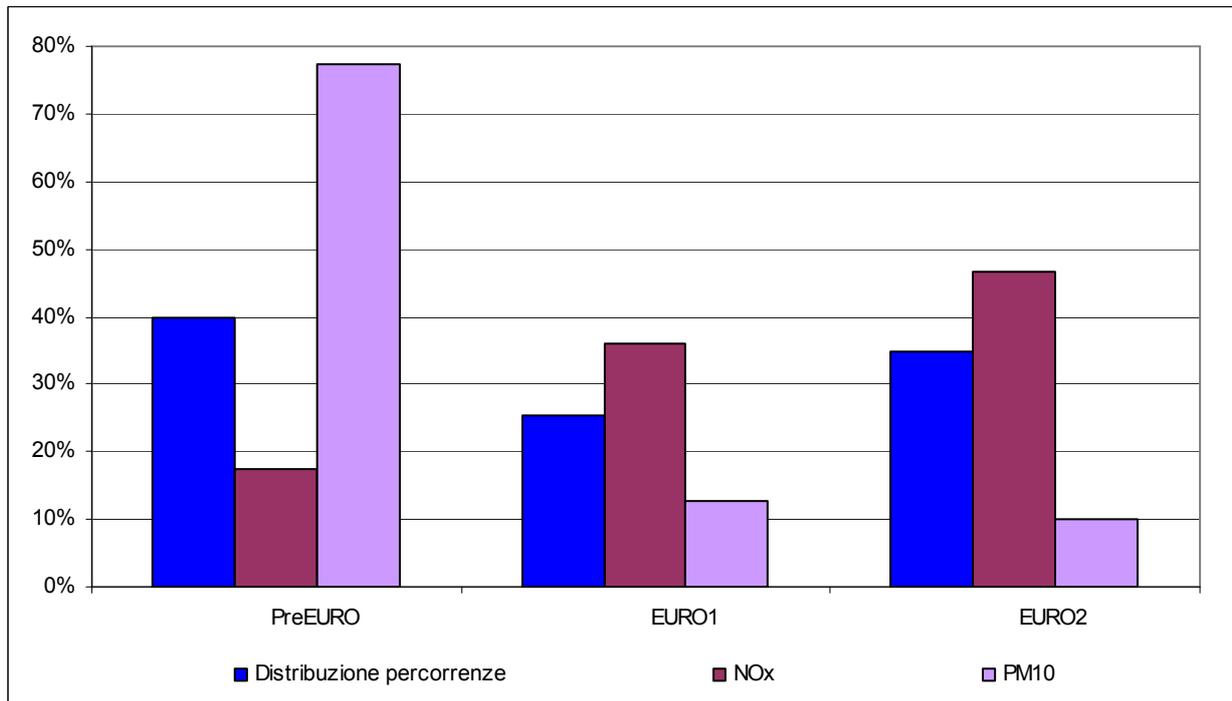


Fig 34. Ciclomotori: distribuzione emissioni e percorrenze

Al fine di valutare i livelli emissivi indipendentemente dalle percorrenze annue sono stati riportati i grafici relativi al rapporto tra livello emissivo e percorrenza per ciascuna tipologia e classe di veicolo.

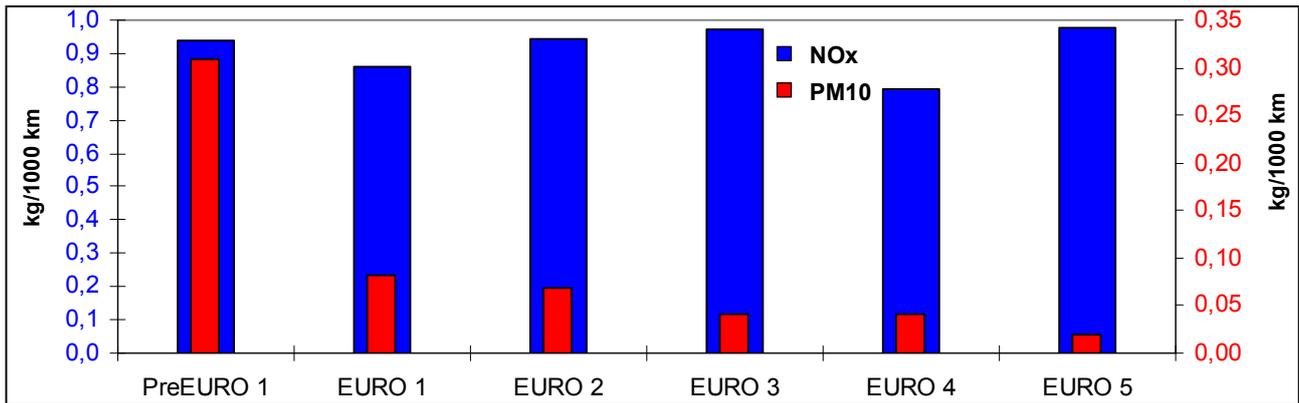


Fig 35. Autoveicoli diesel URBANO: rapporto livello emissivo/percorrenza

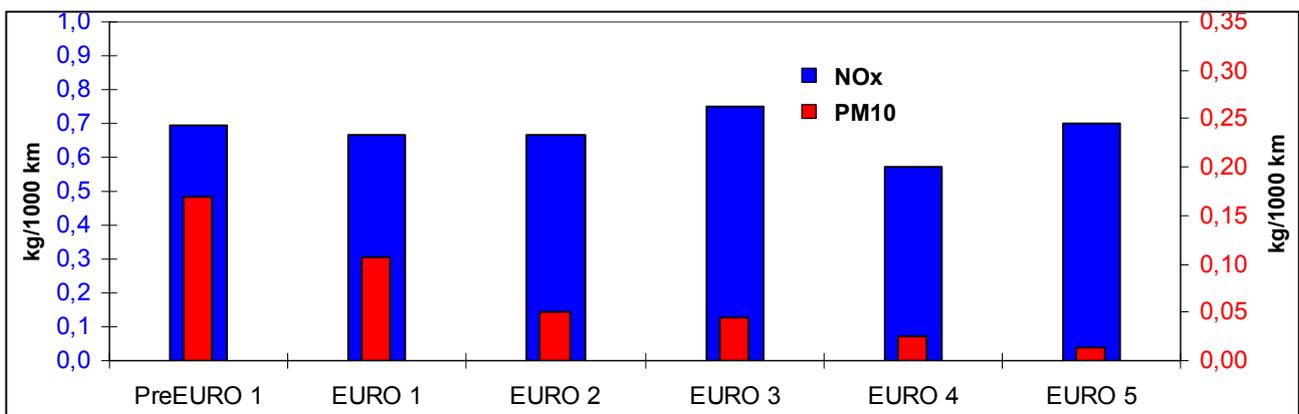


Fig 36. Autoveicoli diesel EXTRAURBANO: rapporto livello emissivo/percorrenza

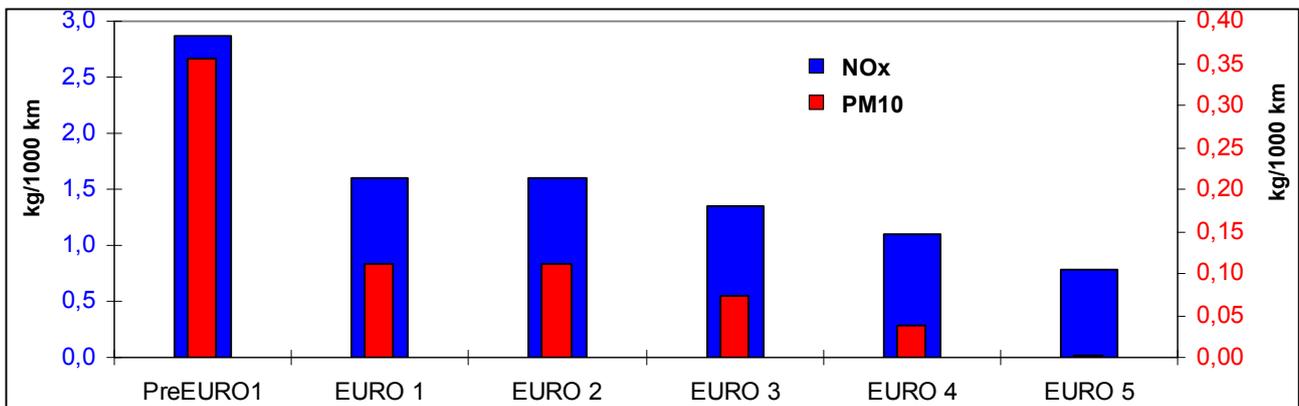


Fig 37. Veicoli leggeri diesel URBANO: rapporto livello emissivo/percorrenza

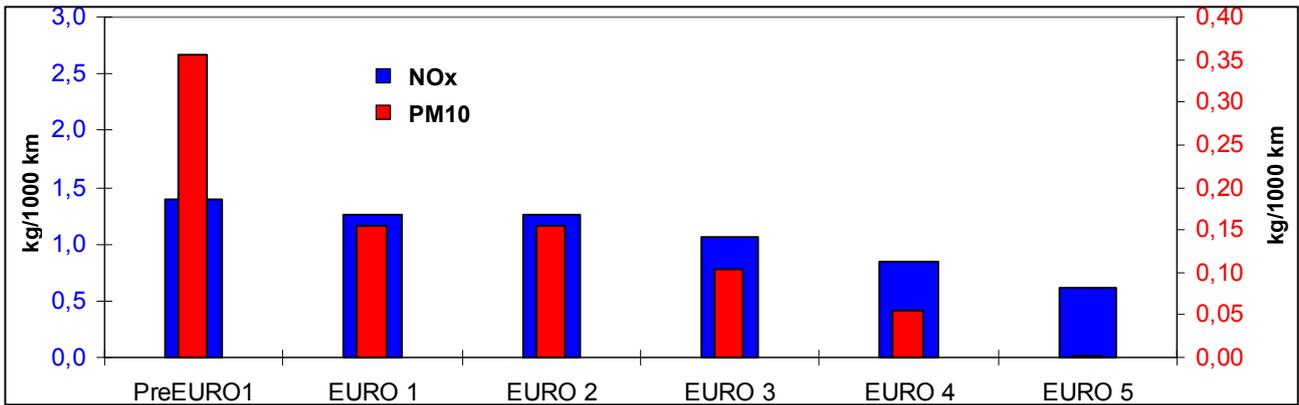


Fig 38. Veicoli leggeri diesel EXTRAURBANO: rapporto livello emissivo/percorrenza

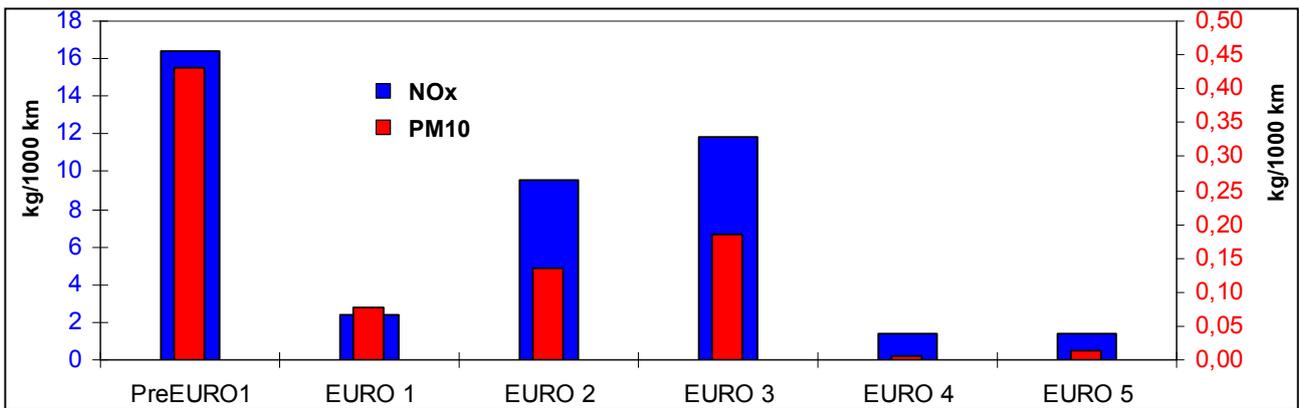


Fig 39. Veicoli pesanti diesel URBANO: rapporto livello emissivo/percorrenza

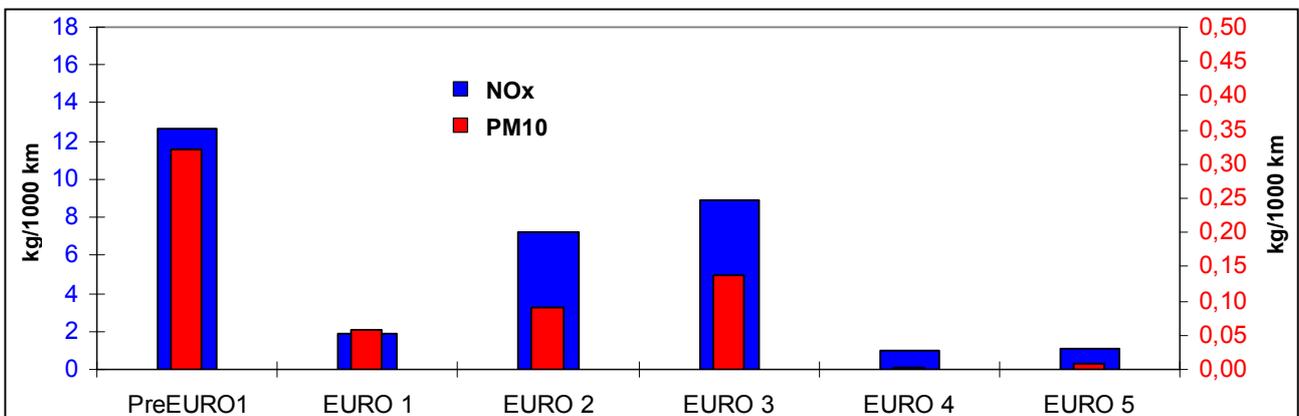


Fig 40. Veicoli pesanti diesel EXTRAURBANO: rapporto livello emissivo/percorrenza

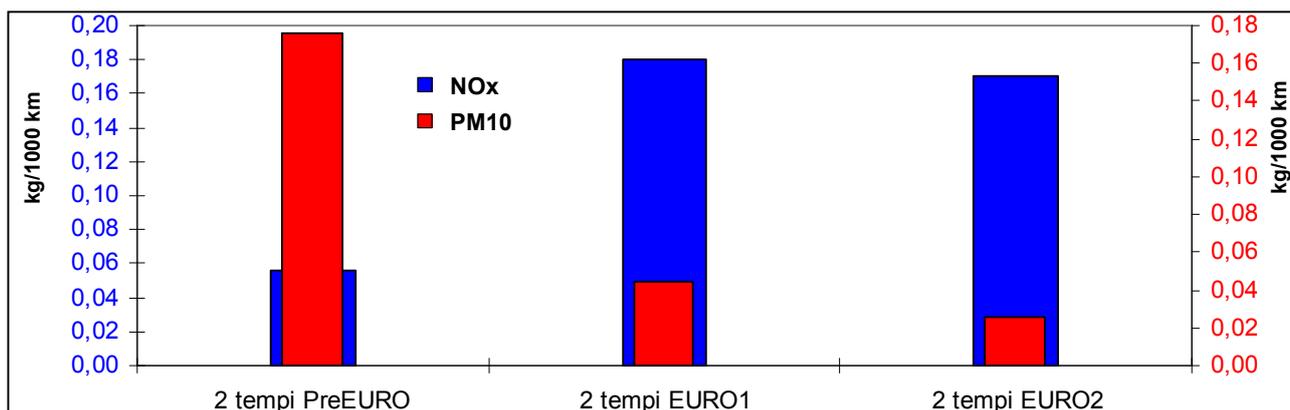


Fig 41. Ciclomotori: rapporto livello emissivo/percorrenza

Dai grafici si può osservare che:

- a parità di percorrenza, nel caso dei veicoli pesanti diesel, le classi Euro 4 e Euro 5 sono quelle potenzialmente meno impattanti in termini emissivi sia per gli NOx che per il PM10;
- nel caso degli autoveicoli diesel, invece, a parità di percorrenze, si osserva un livello emissivo simile nel caso degli ossidi di azoto per tutti i tipi di veicolo con valori leggermente inferiori nel caso della classe EURO 4 mentre nel caso del PM10 i veicoli Euro 4 e, in particolare, i veicoli Euro 5 sono quelli a minor impatto emissivo;
- i veicoli leggeri diesel Euro 5 mostrano livelli emissivi per NOx e in maniera ancora più evidente per PM10, a parità di percorrenze, inferiori a tutte le altre classi;
- Per i ciclomotori si osserva, per le classi Euro 1 e Euro 2, una netta riduzione delle emissioni di PM10 e un incremento delle emissioni di NOx.

Si ricorda che le elaborazioni precedenti sono relative all'anno 2010, ultimo anno disponibile dell'inventario regionale; nel corso degli anni successivi sono state commercializzati veicoli costruiti secondo gli standard richiesti dalla normativa Euro 6 non circolanti nel corso dell'anno analizzato e ciclomotori costruiti secondo gli standard richiesti dalla normativa Euro 3.

Al fine di potere effettuare valutazioni anche in relazione di tali veicoli si riportano di seguito i grafici con i fattori di emissione riportati nella Corinair Guidebook 2013 (livelli emissivi normalizzati sulle percorrenze) relativi all'ambito urbano (velocità media: 30 km/h) e extraurbano (velocità media: 100 km/h). Si fa presente che i fattori di emissione di seguito riportati in grafico sono quelli relativi alle emissioni a caldo; sia nel caso degli autoveicoli che dei veicoli commerciali (leggeri e pesanti) le emissioni a freddo rappresentano circa $\frac{1}{4}$ delle emissioni a caldo.

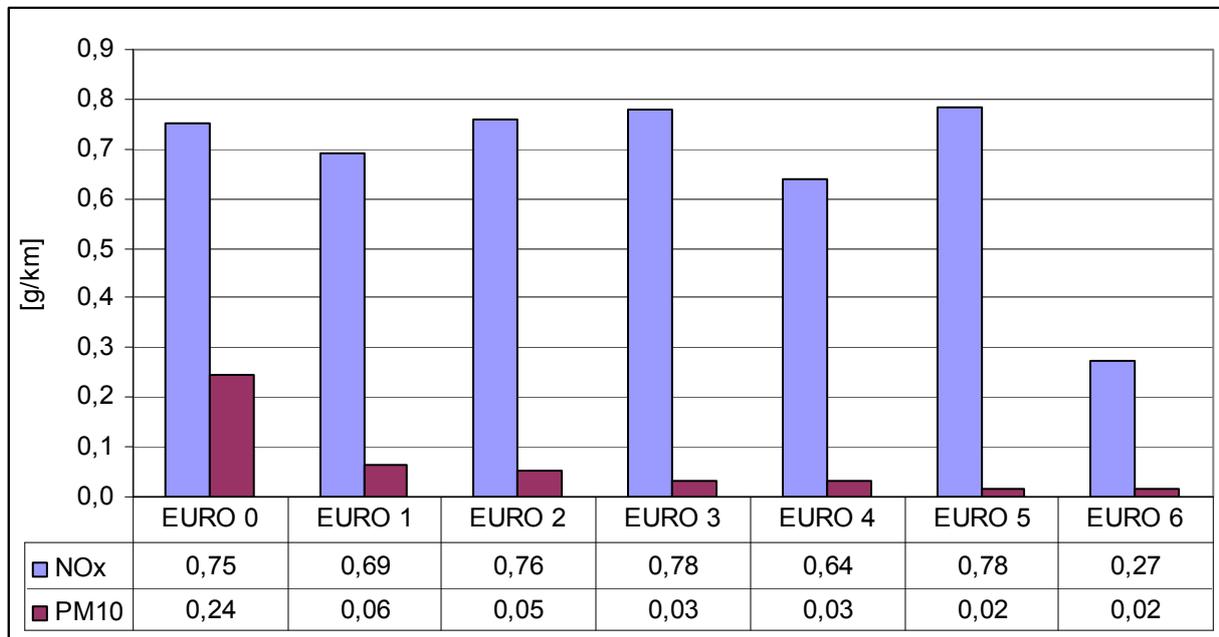


Fig 42. Autoveicoli diesel: fattori di emissione per classe di veicolo

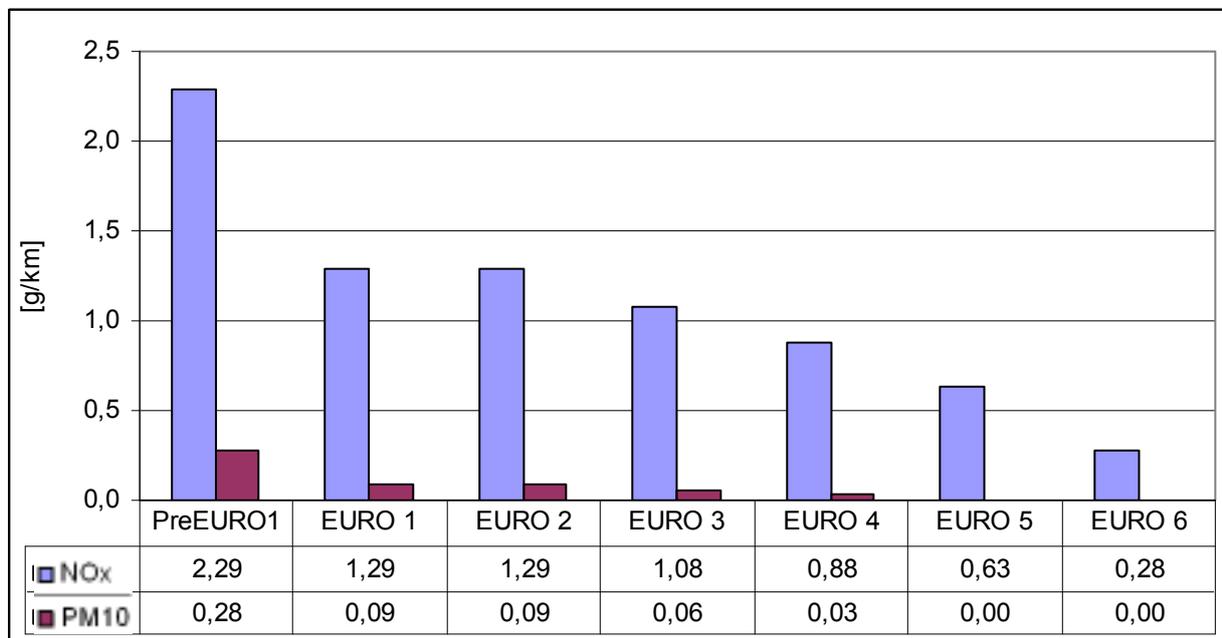


Fig 43. Veicoli leggeri diesel: fattori di emissione per classe di veicolo

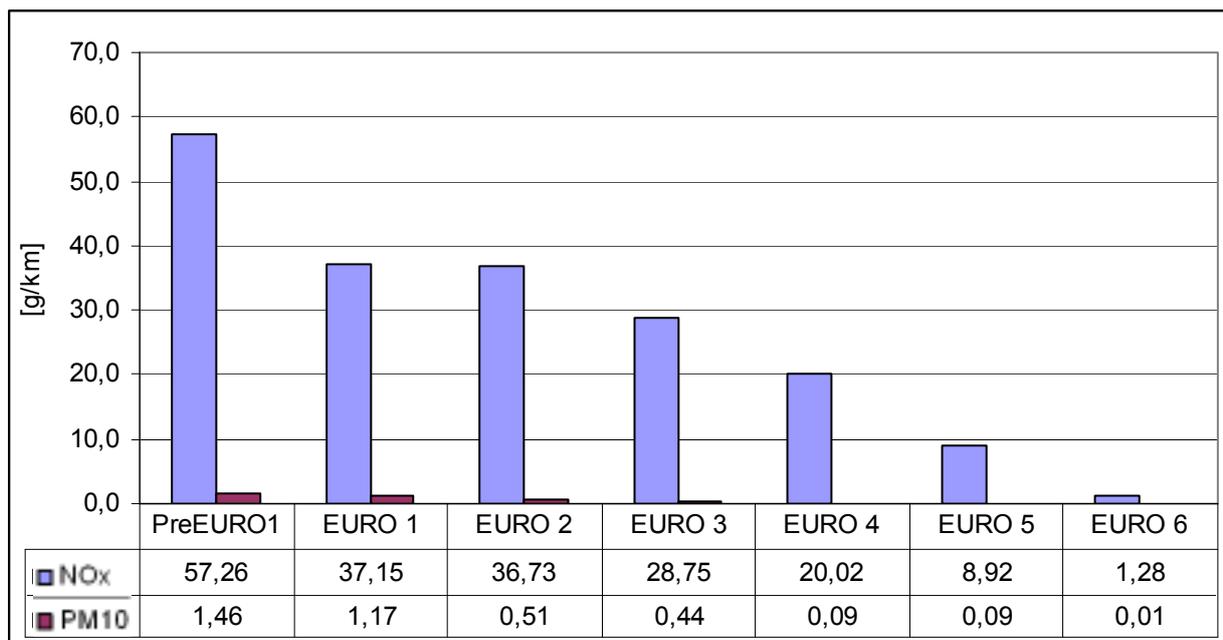


Fig 44. Veicoli pesanti diesel: fattori di emissione per classe di veicolo

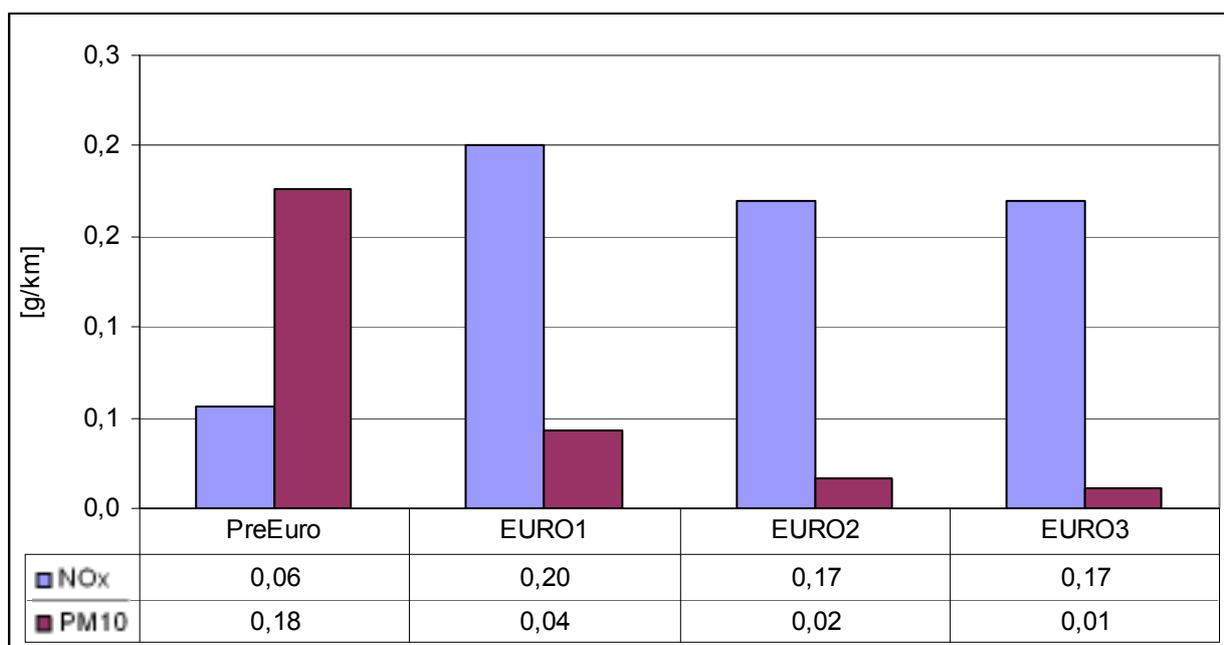


Fig 45. Ciclomotori: fattori di emissione per classe di veicolo

Al fine di dare elementi di valutazione in merito all'efficacia in termini emissivi delle misure di riduzione dei limiti di velocità in ambito extraurbano vengono, di seguito, presentate le curve di variazione del fattore di emissione per le emissioni a caldo relativi ai veicoli e agli inquinanti analizzati in funzione della velocità (Corinair Guidebook 2013).

Come si può osservare dai grafici successivi la variazione del livello emissivo con la velocità è evidente per autoveicoli e veicoli leggeri diesel nel caso di veicoli PreEuro1, meno evidente nel caso di veicoli costruiti secondo standard europei successivi; non si osservano, invece, variazioni di rilievo nel caso di veicoli pesanti diesel superata la soglia dei 50 km/h.

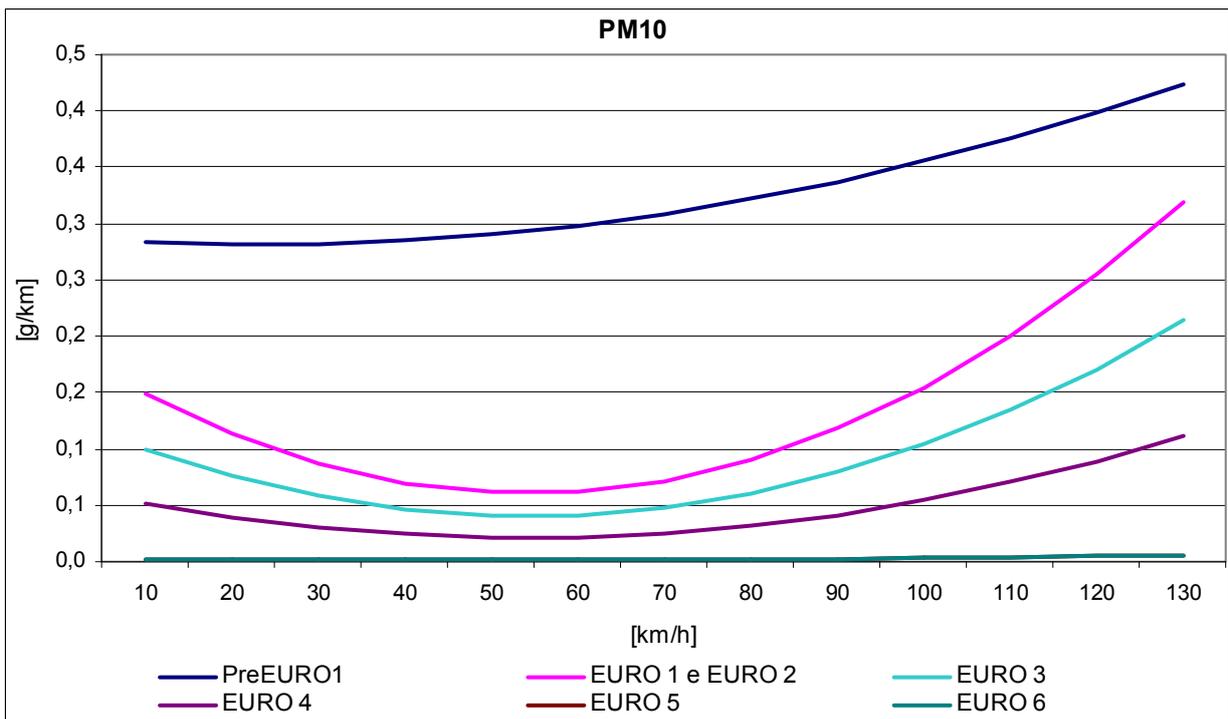
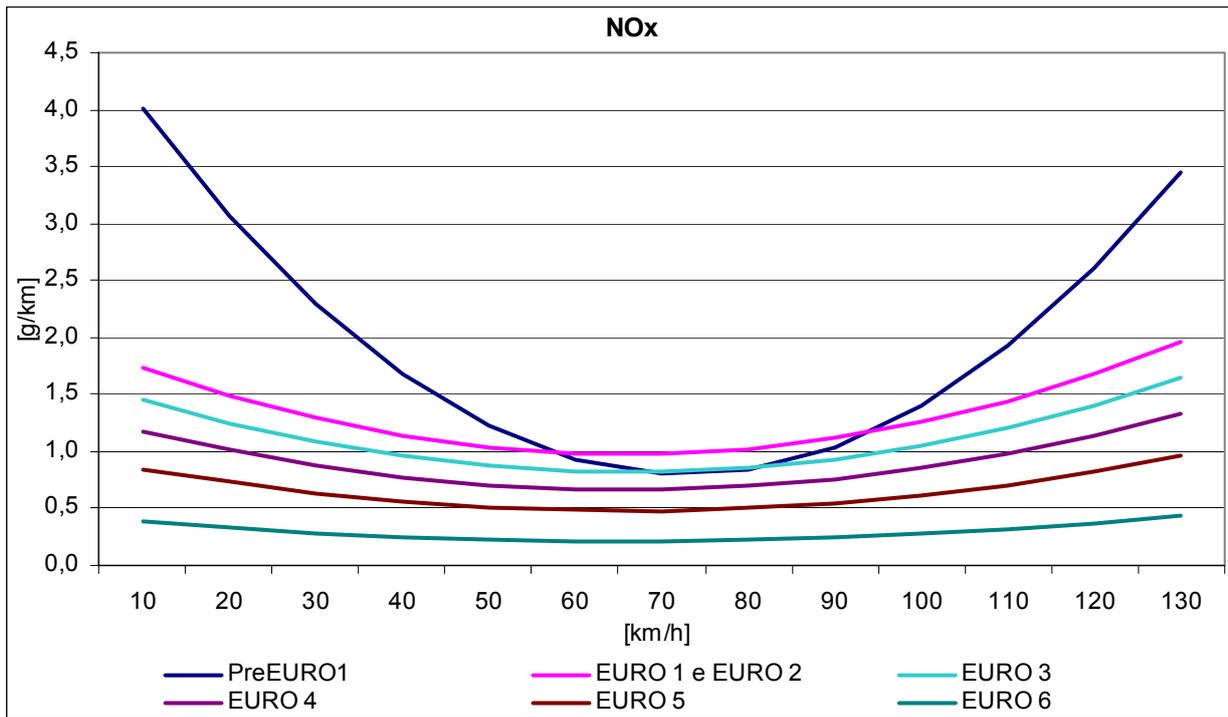


Fig 46. Veicoli leggeri diesel: variazione del fattore di emissione con la velocità

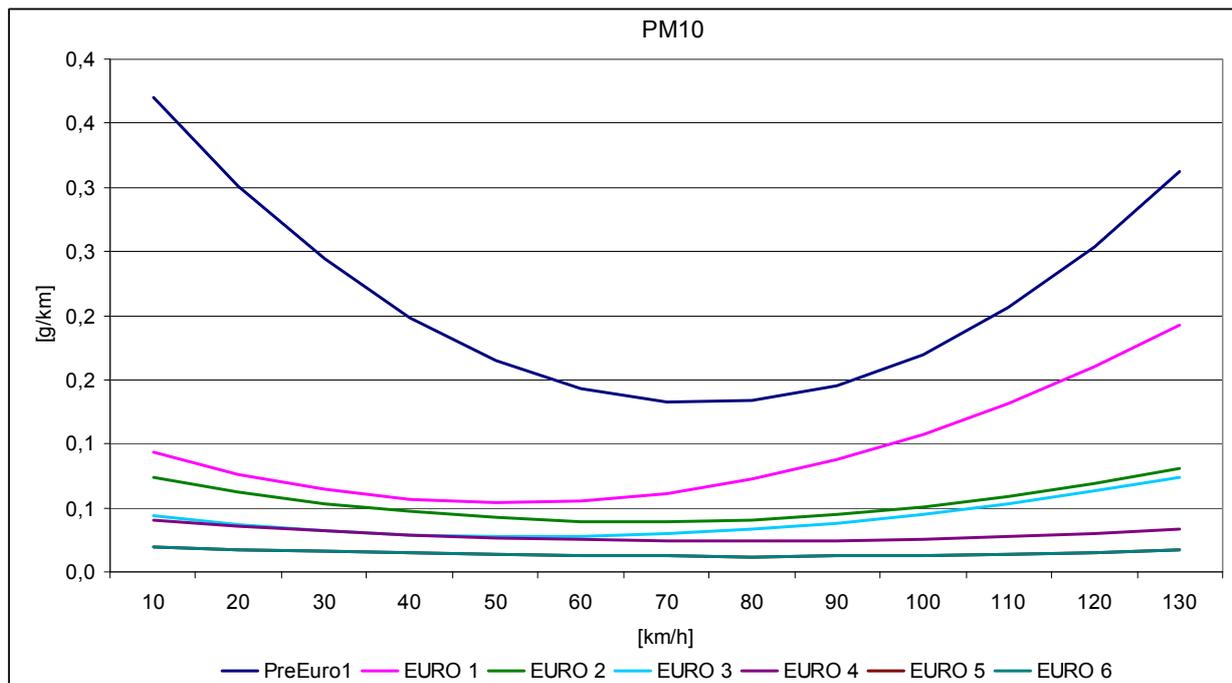
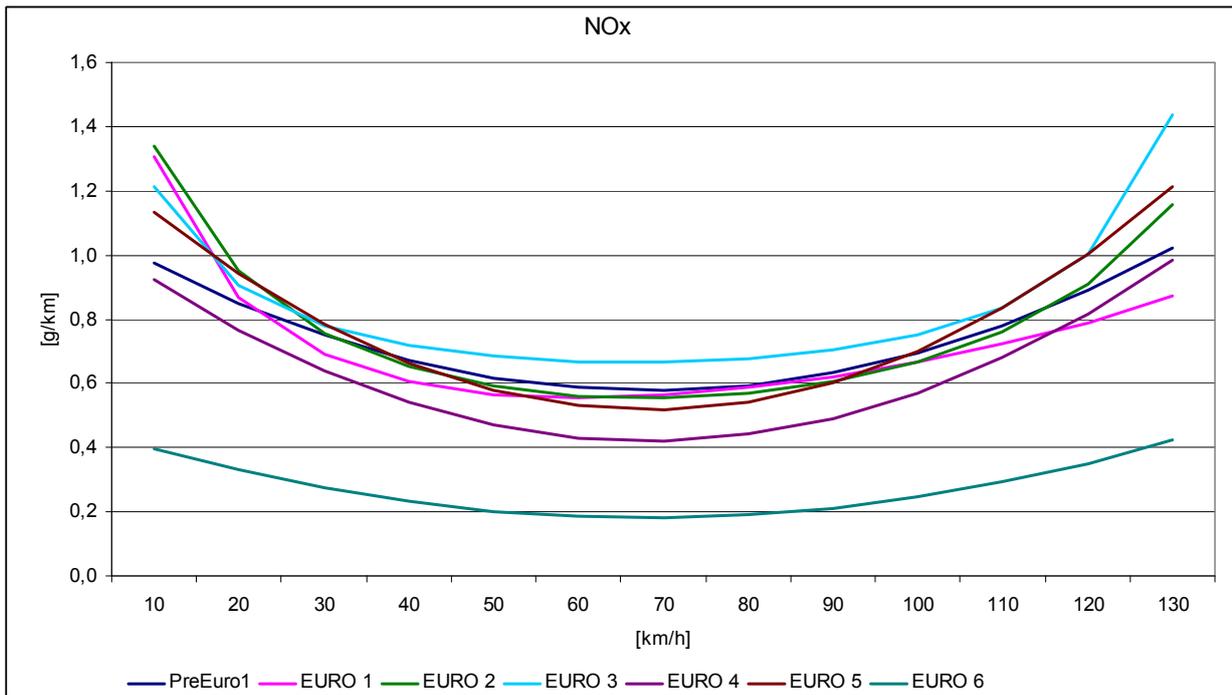


Fig 47. Autoveicoli diesel: variazione del fattore di emissione con la velocità

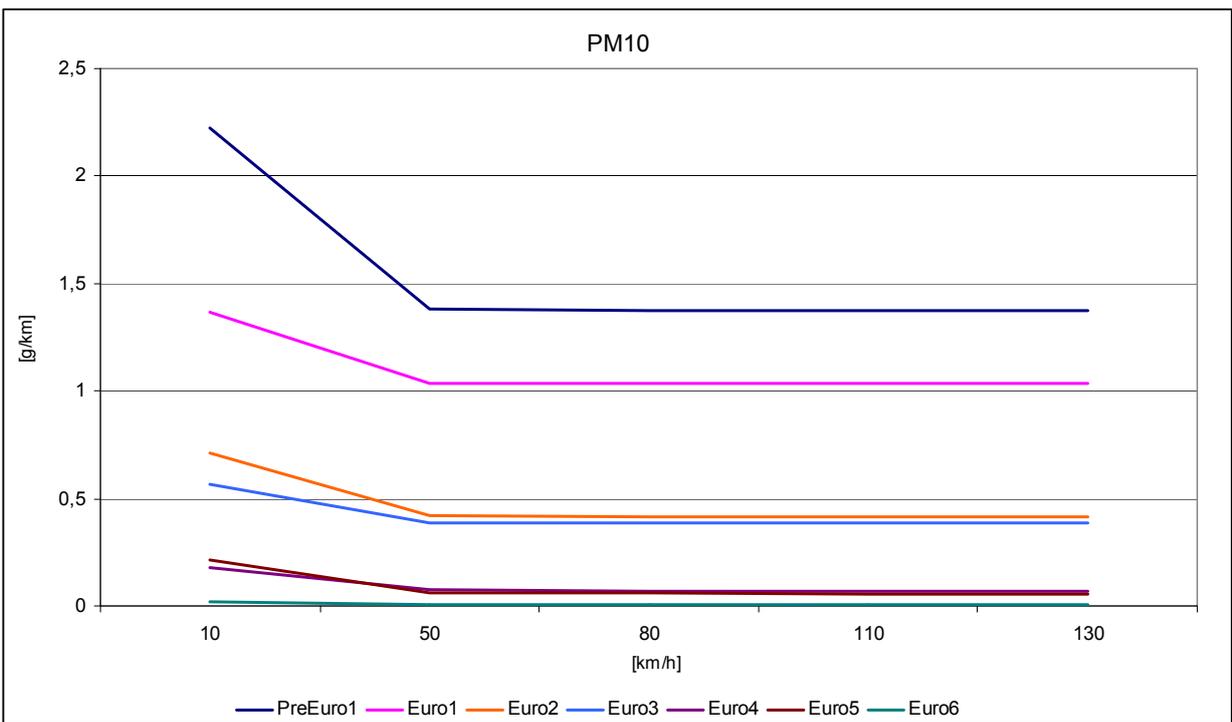
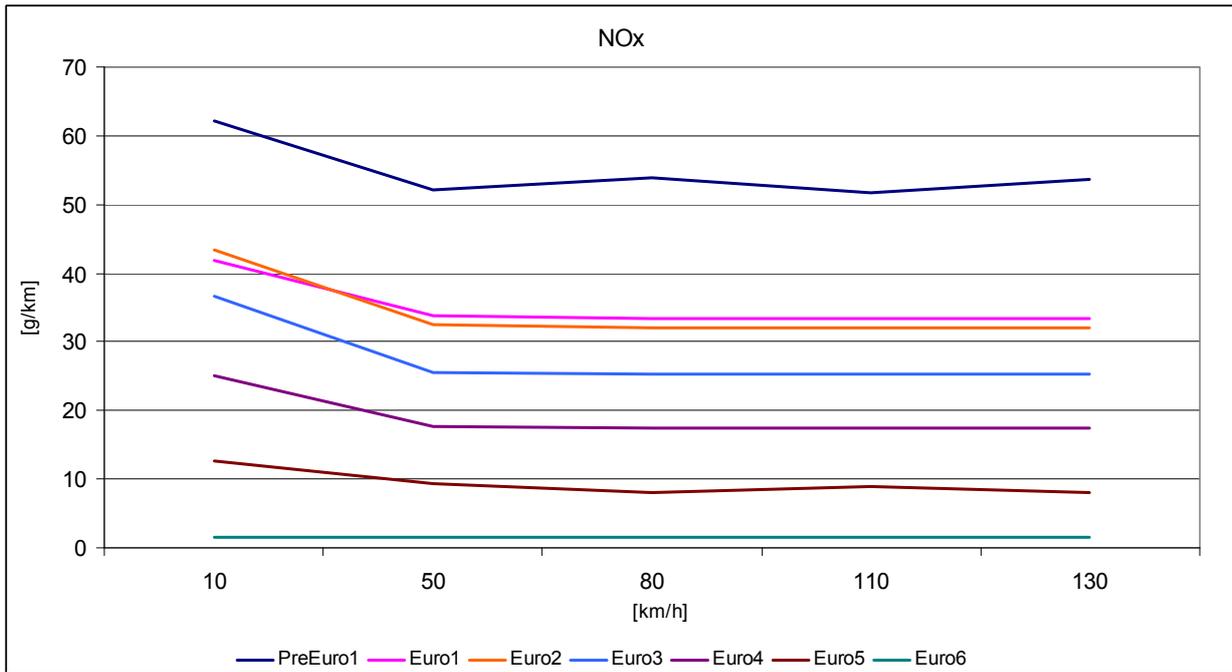


Fig 48. Veicoli pesanti diesel: variazione del fattore di emissione con la velocità

In base a quanto emerso dall'analisi dei dati, la progressiva sostituzione dei mezzi diesel PreEuro1 e Euro1 con veicoli rispondenti alla più recente normativa europea può essere un'efficace misura di riduzione delle emissioni di PM e NOx, suo precursore.

Allo stesso modo la riduzione dei limiti di velocità su strade extraurbane può portare ad una riduzione delle emissioni inquinanti di PM e NOx sebbene poco rilevante nel caso di veicoli diesel rispondenti alla normativa europea più recente; in particolare, misure di riduzione dei limiti di velocità non apporterebbero alcuna riduzione delle emissioni derivanti dalla circolazione dei mezzi pesanti diesel.

Alcune note alla composizione granulometrica delle polveri da veicoli diesel

È ormai dimostrato che i motori diesel sono responsabili di un significativo contributo alle emissioni di particelle ultrafini (Marconi et al, 2008). Le particelle con dimensioni inferiori ad 1 µm contribuiscono molto marginalmente alla concentrazione in volume o in massa (Morawska et al, 1999) ma hanno effetti molto nocivi sulla salute umana.

Tra queste, particolare interesse ha suscitato negli ultimi anni, il **black carbon**, componente di origine primaria del particolato ultrafine (diametro aerodinamico < 1 µm) emesso direttamente durante la combustione incompleta di carburante; le dimensioni di tale frazione di particolato variano tra i 10 nm (particelle individuali di BC) e 1 µm (nel caso di agglomerati di più particelle).

Come già visto nel paragrafo "Alcuni spunti sulla valutazione della composizione granulometrica delle polveri da combustione domestica di legna", le principali sorgenti di emissione del black carbon sono²²:

- fonti mobili, in particolare i veicoli alimentati a diesel - veicoli stradali e macchine mobili non stradali (ad esempio macchine utilizzate nella silvicoltura e l'agricoltura, locomotive e vagoni ferroviari) e navi;
- riscaldamento residenziale in impianti di piccole e medie dimensioni, in particolare tramite la combustione di biomassa, ad es. carbone fossile e legno.

In base a quanto emerge dalle valutazioni effettuate dall'International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), le emissioni da trasporto su strada alimentato a gasolio rappresentano circa il 40% del totale delle emissioni di black carbon in Europa (EU28) (anno di riferimento 2005); in particolare, nell'immagine successiva vengono rappresentati una fotografia al 2005 delle principali fonti emissive e gli effetti attesi dall'applicazione delle correnti normative europee sul controllo delle emissioni²³.

²³ *Emissions of Black Carbon in Europe and implications in the Arctic*, Kaarle Kupiainen, Zbigniew Klimont, IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis), 16th IUAPPA World Clean Air Congress, 1.10.2013

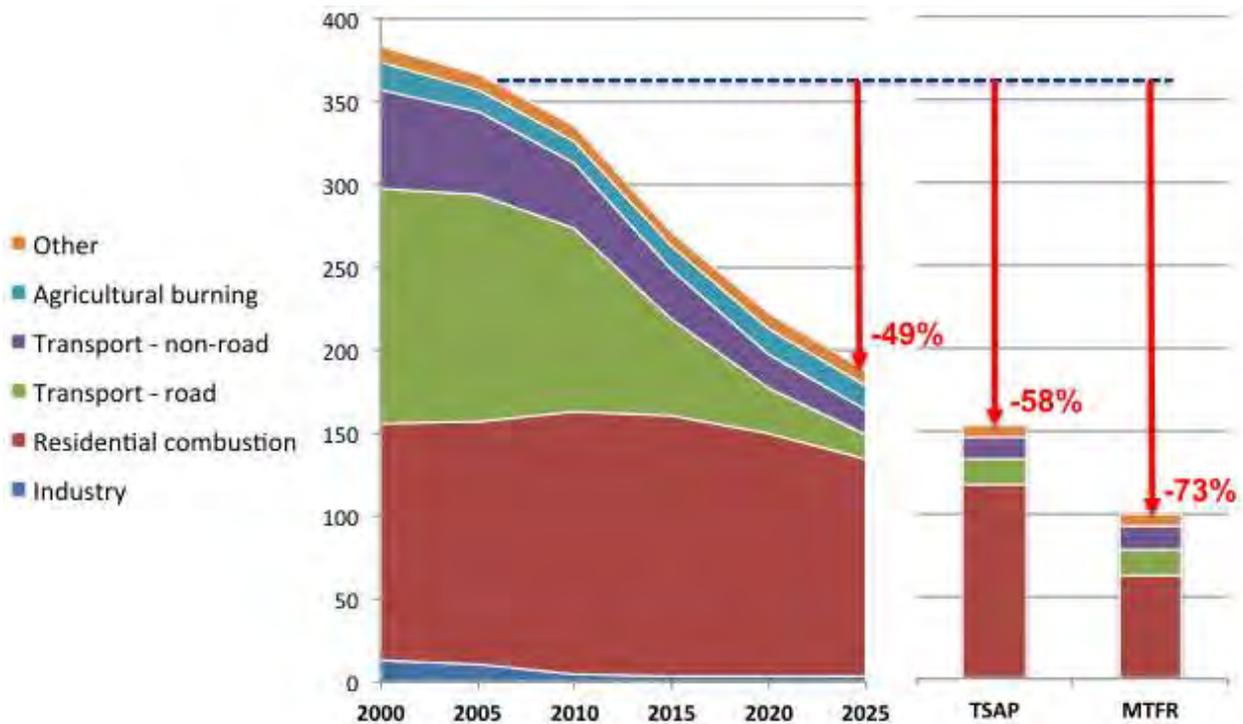
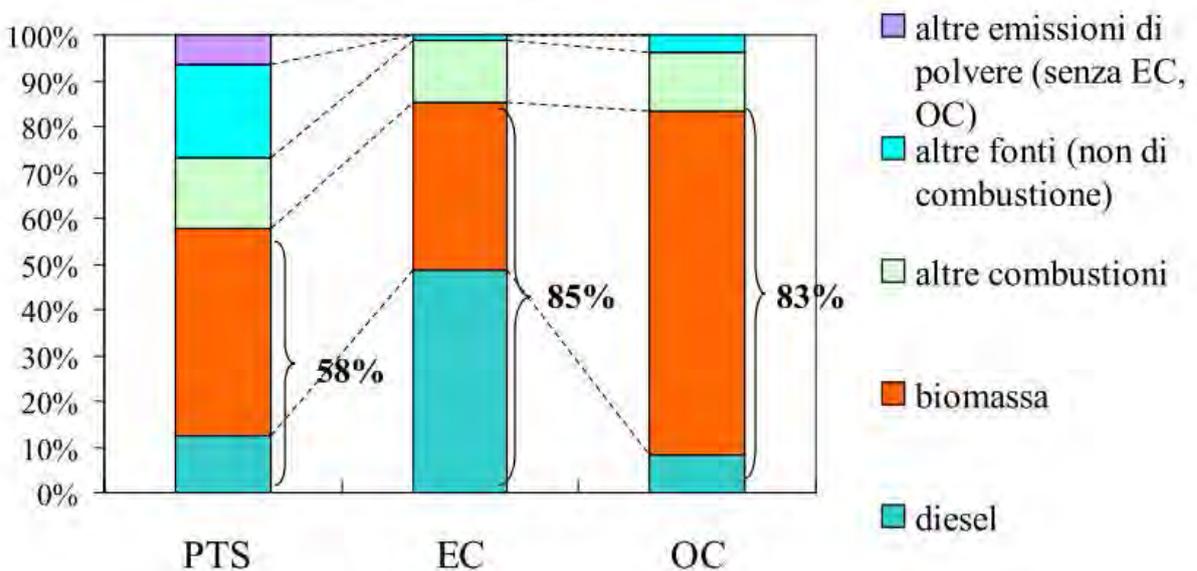


Fig 49. Impatti della legislazione corrente e prevista sulle emissioni di BC nell'EU28, kt

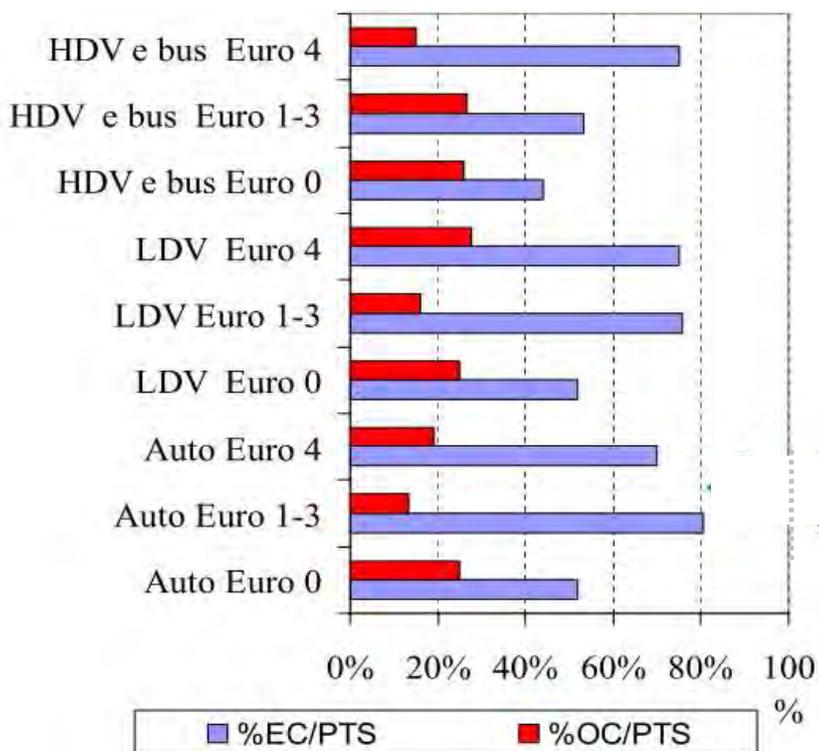
Risultati simili emergono da un lavoro effettuato dal DIAR del Politecnico di Milano sulle fonti di emissioni di black carbon finalizzato alla realizzazione di un inventario delle emissioni di EC e OC in Lombardia²⁴; anche da tale studio, infatti, emerge che circa il 45% delle emissioni di black carbon derivano dalla combustione in motori diesel.



Le principali fonti di emissione di black carbon, EC e OC (Inventario INEMAR, ARPA Lombardia)

²⁴ *Inventario INEMAR ARPA Lombardia, Emissioni di Carbonio Elementare e Carbonio Organico in Lombardia*, Stefano Caserini, Silvia Galante, Senem Ozgen, Sara Cucco, Katia De Gregorio - Politecnico di Milano, DIAR Sezione Ambientale, Marco Moretti - ARPA Lombardia)

In particolare, in tale studio vengono analizzati i fattori di emissione presenti in letteratura (18 diverse fonti); osservando l'immagine successiva si può notare come la percentuale di black carbon sul totale delle emissioni di polveri non dipende in modo evidente dalla tecnologia più o meno innovativa né emergono tipologie di veicoli con emissioni particolarmente rilevanti rispetto agli altri.



Incidenza delle diverse tipologie di veicolo sul totale delle emissioni di black carbon – EC e OC – da trasporto su gomma (Inventario INEMAR, ARPA Lombardia)

IL SETTORE "INDUSTRIA"

L'ambito di attività "industria" può essere suddiviso in tre principali settori: centrali termoelettriche, combustione industriale, processi produttivi.

Come si può osservare dal grafico successivo, le emissioni di NO_x e SO_x sono completamente imputabili alla combustione industriale funzionale ai processi produttivi o alla produzione di energia elettrica. Le emissioni di PM10 sono, invece, imputabili principalmente ai processi produttivi mentre nel caso di COVNM e PM2,5 si individuano come fonti principali sia i processi produttivi che la combustione ad essi funzionale.

In particolare, dai grafici 47 e 48 si può osservare che l'attività di combustione finalizzata alla produzione di energia elettrica è localizzata nella zona dei comuni appartenenti alla Provincia di Lucca (comune di Porcari).

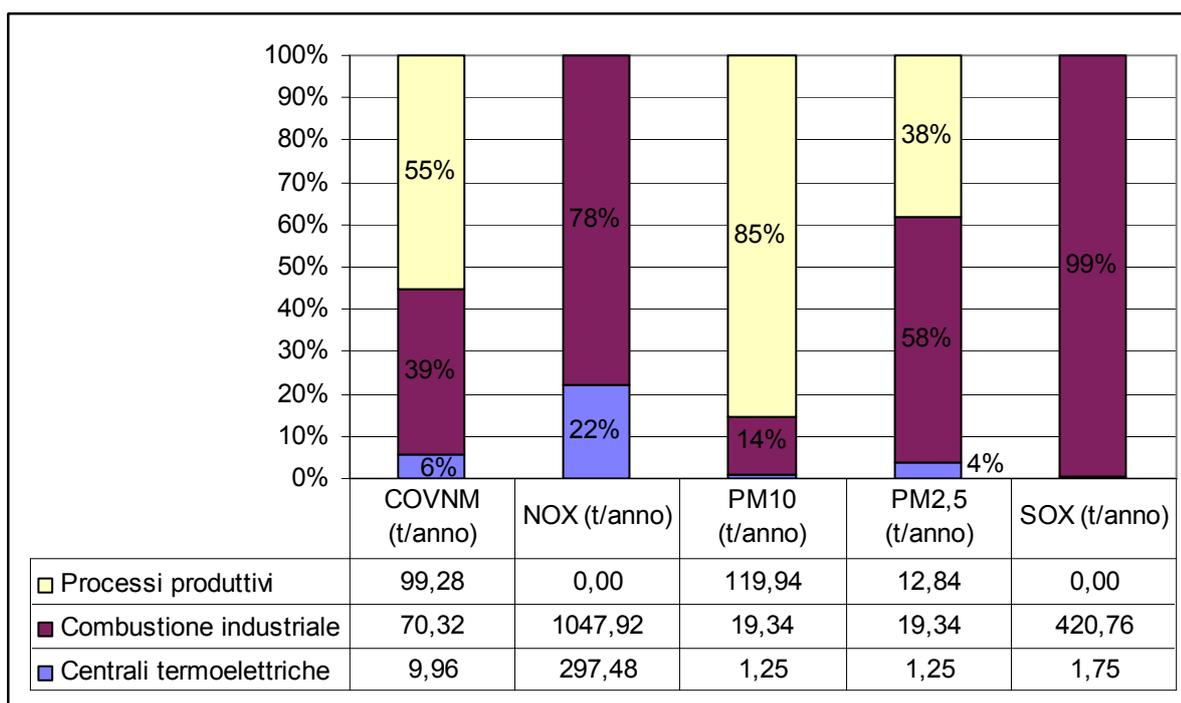


Fig 50. Le emissioni dal settore "industria": incidenza della tipologia di fonte industriale

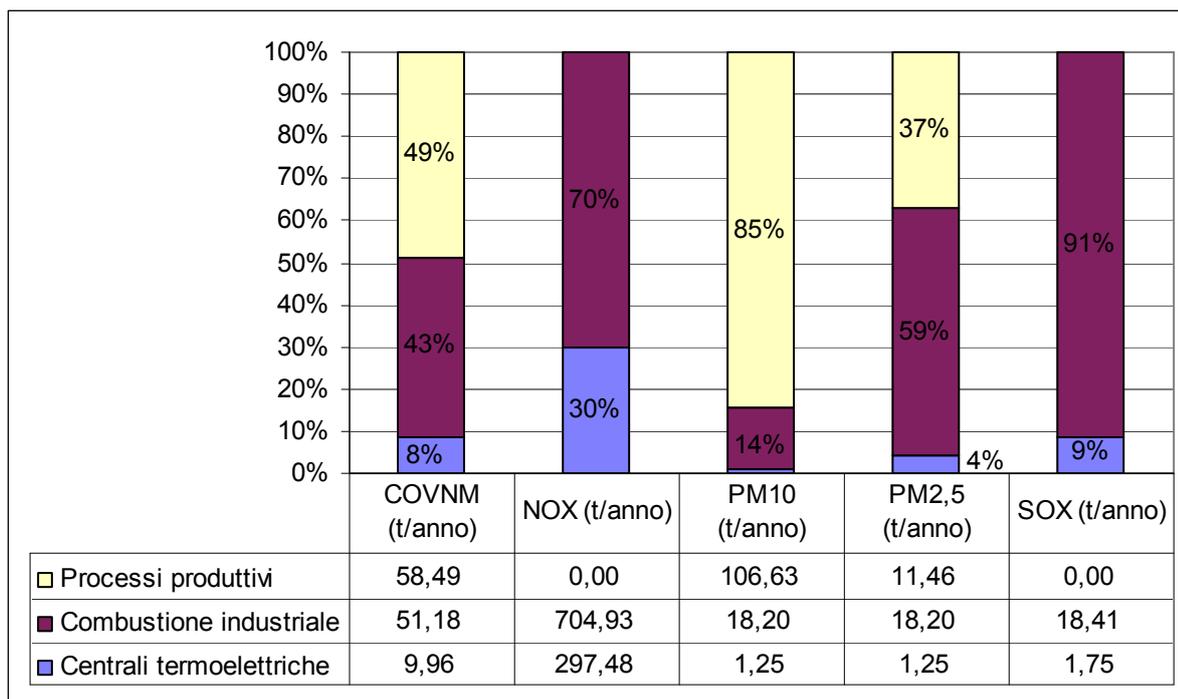


Fig 51. Comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca: incidenza della tipologia di fonte industriale

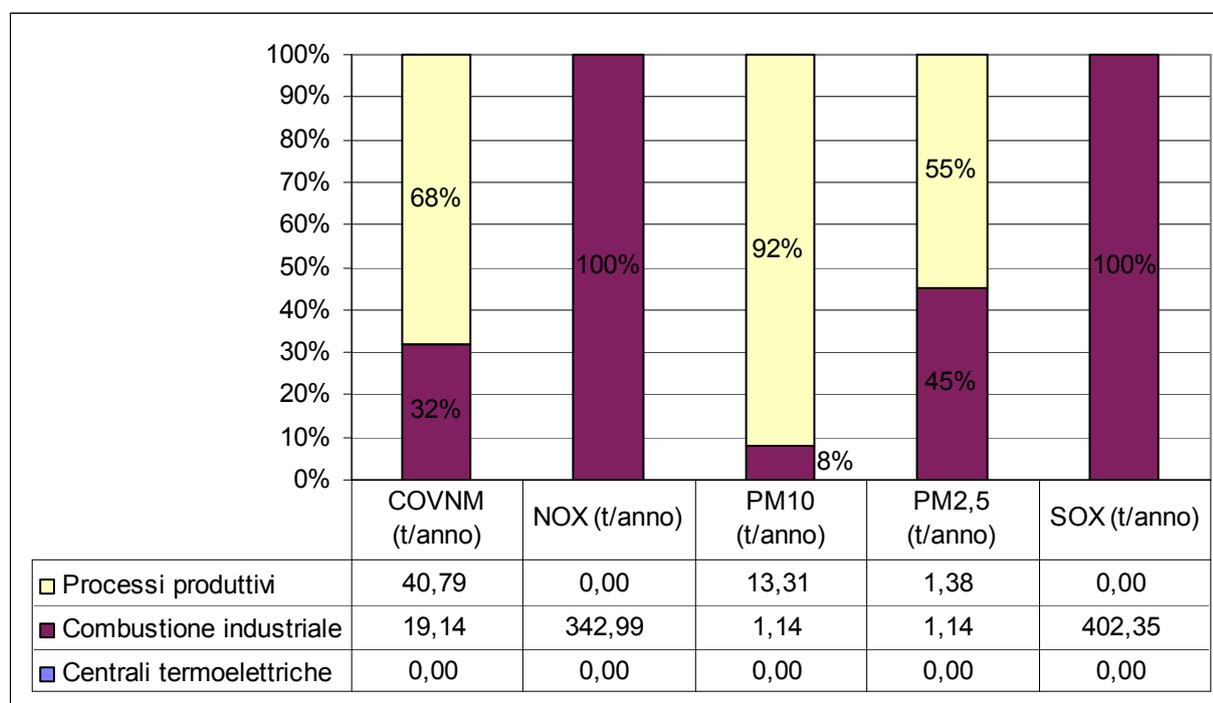


Fig 52. Comuni della Piana appartenenti alle Province di Pistoia, Pisa, Firenze: incidenza della tipologia di fonte industriale

Per quanto riguarda la tipologia di produzione, dal grafico successivo si può osservare che:

- le emissioni di ossidi di zolfo sono quasi completamente imputate all'attività di produzione del vetro (in particolare ai processi di combustione ad essa associati);

- le emissioni di PM10 sono associate per circa il 50% all'attività di estrazione di materiale lapideo dalle cave e alla sua lavorazione e per circa il 35% alla produzione di cemento e calcestruzzo;
- le emissioni di PM2,5 sono, invece, associate per circa il 50% alla combustione industriale e, in misura minore (circa il 20%) all'attività di estrazione di materiale lapideo dalle cave e alla sua lavorazione. La differenza riscontrata tra PM10 e PM2,5 in merito ai settori maggiormente incidenti sul totale emissivo è dovuta al fatto che le emissioni di PM2,5 associate alla produzione di calcestruzzo risultano essere il 5% delle emissioni di PM10;
- le emissioni di ossidi di azoto sono imputate per circa il 50% alla combustione industriale mentre per circa il 20% alla produzione di energia elettrica e alla produzione di vetro;
- le emissioni di COVNM sono associate per circa il 50% alle industrie alimentari e per circa il 20% ai processi di combustione.

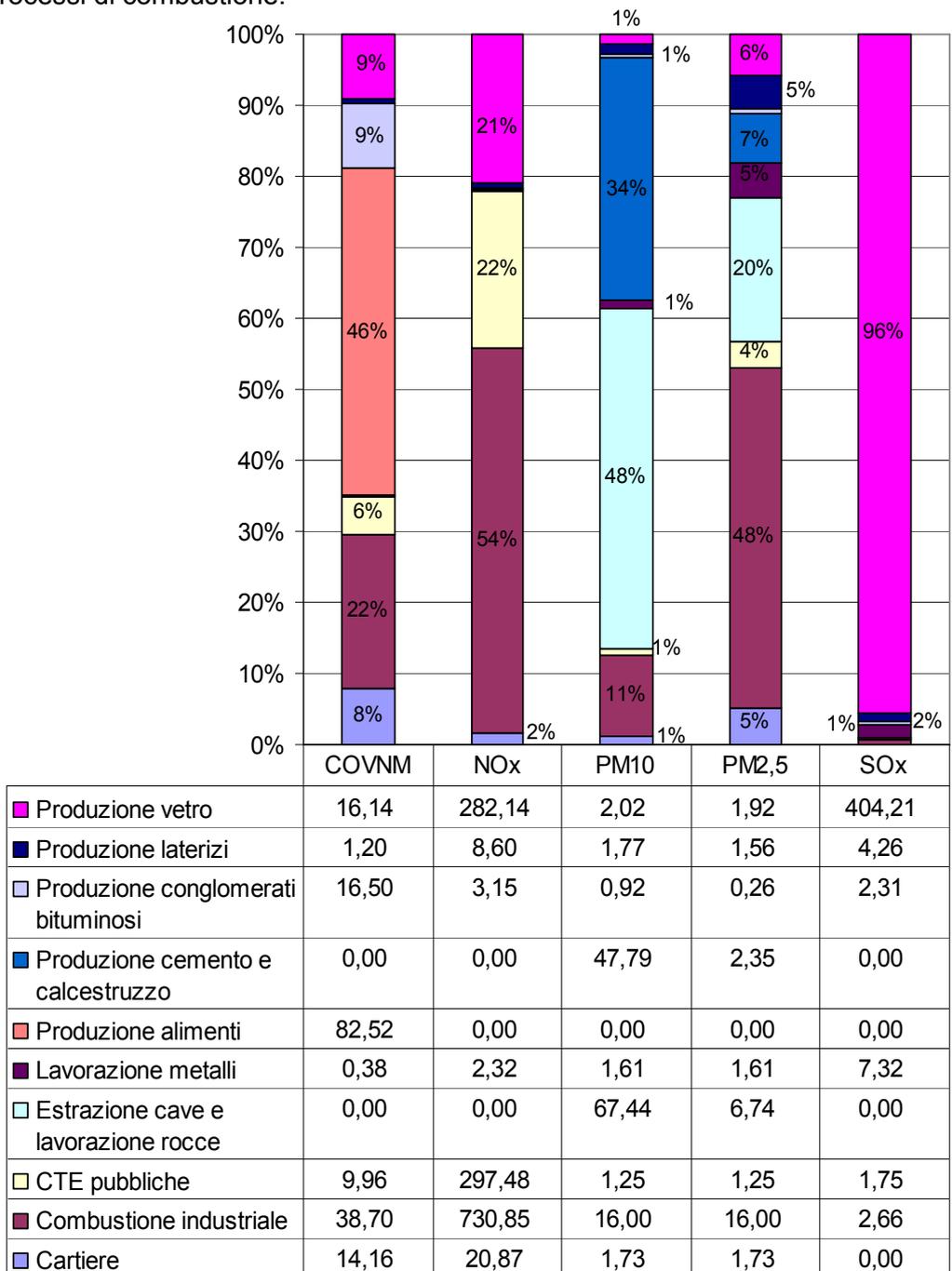


Fig 53. Emissioni da settore "industria": incidenza per tipologia di produzione

Di seguito si riportano i grafici delle emissioni per tipologia di produzione relativamente ai comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca e relativamente ai comuni appartenenti alle province di Pistoia, Pisa e Firenze.

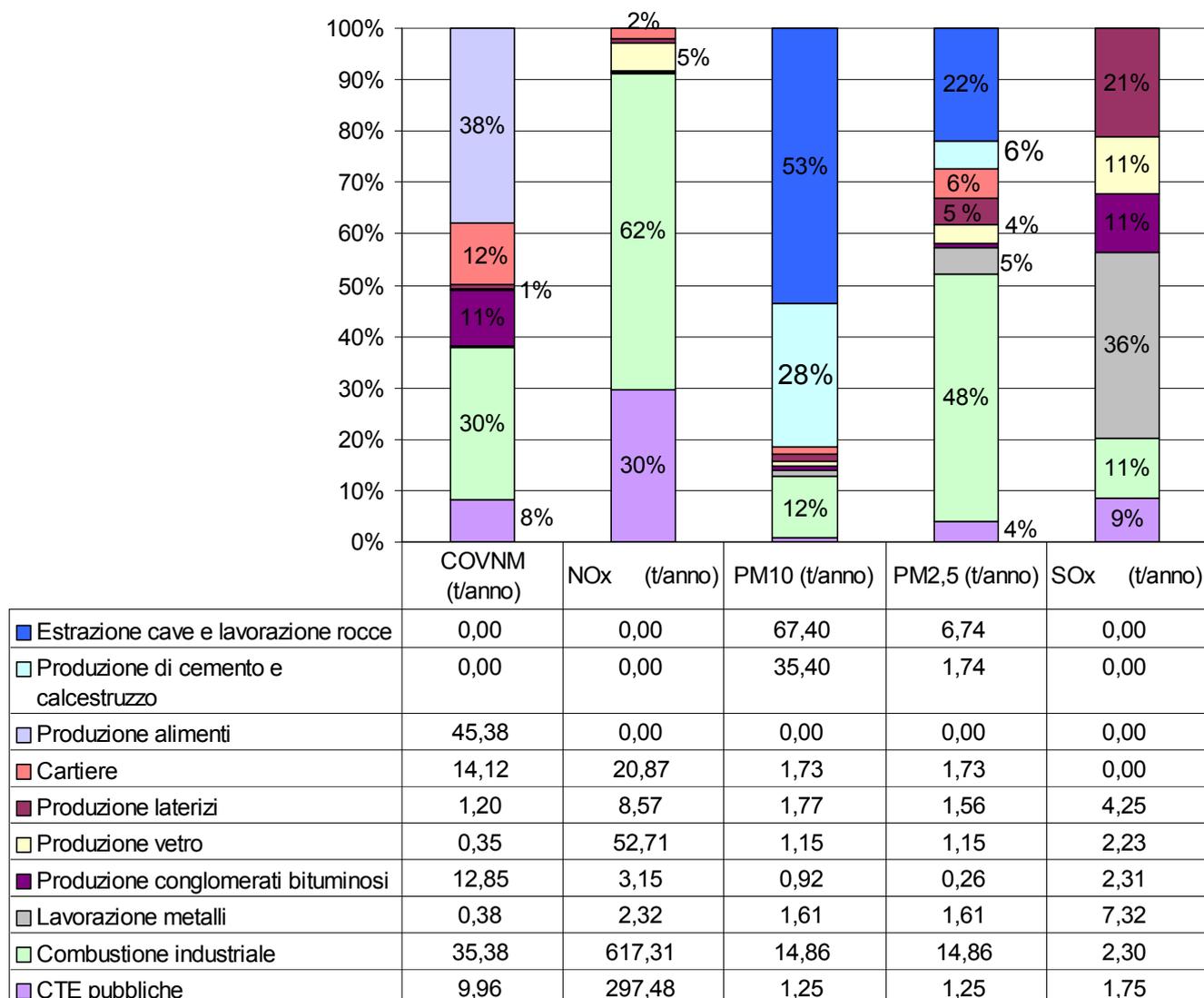


Fig 54. Comuni Piana in Provincia di Lucca - emissioni da settore "industria": incidenza per tipologia di produzione

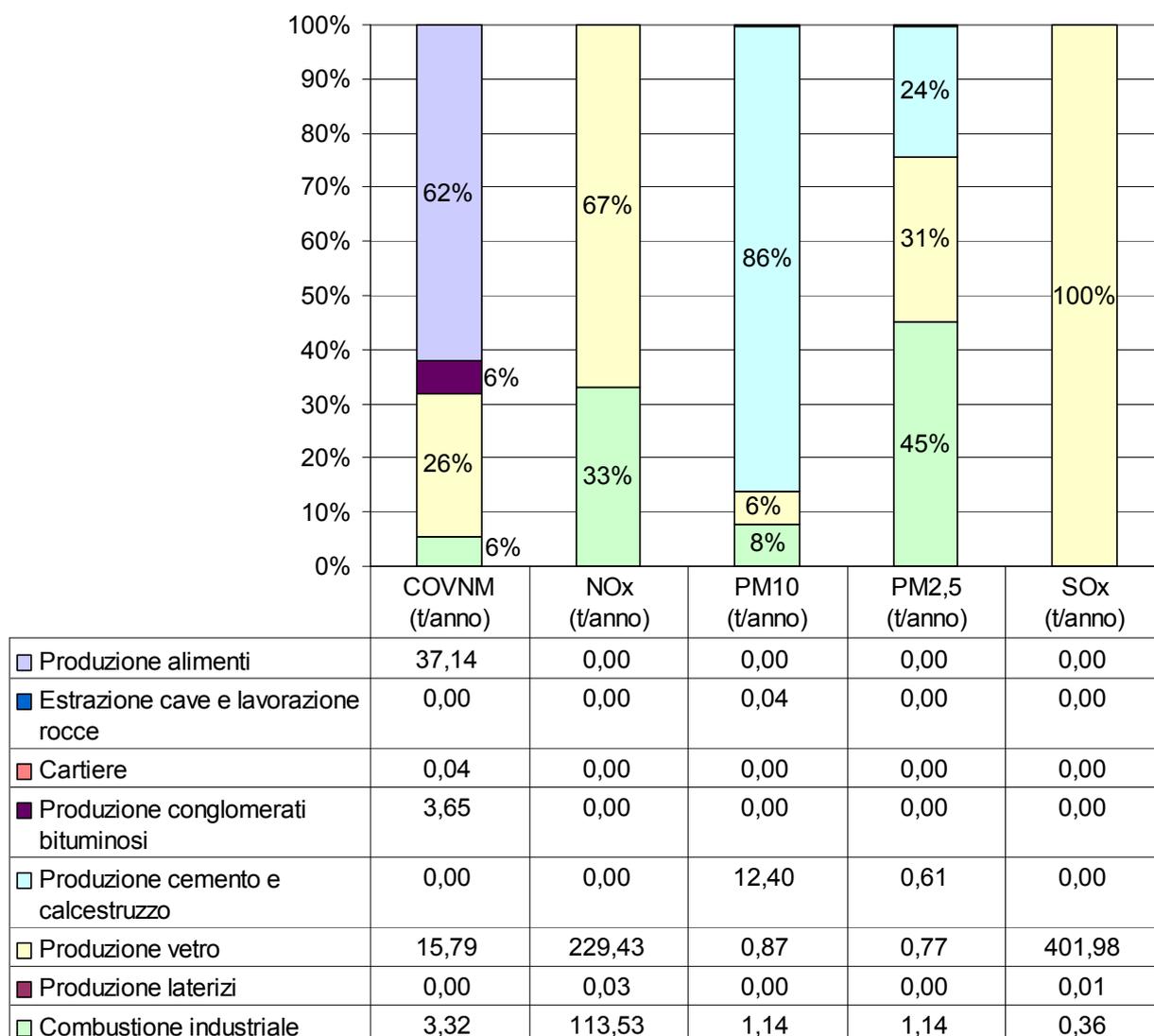


Fig 55. Comuni Piana in Provincia di Pistoia, Pisa e Firenze - emissioni da settore "industria": incidenza per tipologia di produzione

Come si può osservare la distribuzione delle emissioni derivanti dal settore industriale è molto diversa tra i due gruppi di comuni; si riportano di seguito le tabelle con i settori che maggiormente contribuiscono al totale emissivo dei due gruppi:

	COVNM	NOx	PM10	PM2,5	SOx
CTE pubbliche		30%			
Combustione industriale	30%	62%		48%	
Lavorazione metalli					36%
Produzione laterizi					21%
Produzione alimenti	38%				
Produzione di cemento e calcestruzzo			28%		
Estrazione cave e lavorazione rocce			53%	22%	

Tab 10. Comuni della Piana in Provincia di Lucca: settori industriali maggiormente impattanti

	COVNM	NOx	PM10	PM2,5	SOx
Combustione industriale		33%		45%	
Produzione vetro	26%	67%		31%	100%
Produzione cemento e calcestruzzo			86%	24%	
Produzione alimenti	62%				

Tab 11. Comuni della Piana in Provincia di PT-PI-FI: settori industriali maggiormente impattanti

In conclusione, in base alle percentuali medie di incidenza sulle emissioni totali della Piana (COVNM: 14%, NOx: 24%, PM10: 13%, PM2,5: 9%, SOx: 30%, vedi grafico 3), l'incidenza di ciascuna attività produttiva individuata sul totale delle emissioni della Piana è la seguente:

	COVNM	NOx	PM10	PM2,5	SOx
Cartiere	1%	0%	0%	0%	0%
Combustione industriale	3%	13%	1%	4%	0%
CTE pubbliche	1%	5%	0%	0%	0%
Estrazione cave e lavorazione rocce	0%	0%	6%	2%	0%
Lavorazione metalli	0%	0%	0%	0%	1%
Produzione alimenti	6%	0%	0%	0%	0%
Produzione di cemento e calcestruzzo	0%	0%	4%	1%	0%
Produzione conglomerati bituminosi	1%	0%	0%	0%	0%
Produzione laterizi	0%	0%	0%	0%	0%
Produzione vetro	1%	5%	0%	1%	29%

Tabella 12. Incidenza della produzione industriale sul totale delle emissioni della Piana

Dalla tabella precedente si può osservare che, insieme alla combustione industriale, l'unica attività che presenta una certa rilevanza in termini di impatto sul totale delle emissioni è l'attività di combustione associata alla produzione di vetro (localizzata nel territorio del comune di Pescia) per le emissioni di ossidi di zolfo; a questa si aggiunge, in misura ridotta, la combustione nel settore industriale.

All'interno dell'inventario regionale alcune attività industriali vengono gestite come sorgenti puntuali di emissione²⁵; tali sorgenti, fatta eccezione per il PM10, incidono in maniera rilevante sul totale emissivo del settore industriale sia nel caso dei comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca che nel caso dei comuni appartenenti alle altre province.

²⁵ Per sorgenti puntuali si intendono tutte le sorgenti di emissione che è possibile ed utile localizzare direttamente, tramite le loro coordinate geografiche, sul territorio. La metodologia utilizzata in IRSE individua come sorgenti puntuali tutte quelle sorgenti che superano determinate soglie minime in relazione agli inquinanti censiti.

	COVNM (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Cartiera Lucchese SpA - Stab. Porcari	6,9	130,4	6,5	6,5	0,4
Industria Cartaria Pieretti SpA	6,1	24,0	0,2	0,2	0,2
Cartiera Della Basilica Srl	0,9	10,8	0,1	0,1	0,0
Soffass SpA - divisione Cartiera	3,9	43,3	4,8	4,8	0,2
PAPERGROUP DIVISIONE CARTIERA	18,6	18,3	1,0	1,0	0,1
Sca Hygiene Products - Lucca1 (ex Cartiera S. Marco)	6,2	137,8	0,5	0,5	0,4
Delicarta SpA	1,5	112,1	1,9	1,9	0,2
Cartiere Modesto Cardella SpA	1,5	24,7	0,2	0,2	0,3
Edison(ex Sondel - Centrale di Cogenerazione di Porcari)	10,0	297,5	1,2	1,2	1,7
Discovery glaze S.r.l. (ex COVER S.r.l. colorificio ceramico)	0,4	52,7	1,2	1,2	2,2
Nuova Lam Srl	1,2	8,4	1,8	1,6	4,2
Emissioni totali da Settore "industria"	120	1002	126	31	20
Emissioni del Settore "Industria" da sorgenti puntuali	57	860	19	19	10
Incidenza puntuali	48%	86%	15%	62%	50%

Tab 13. Emissioni da sorgenti puntuali: comuni della Piana in Provincia di Lucca

NB: In giallo sono evidenziate le emissioni che presentano un contributo percentuale al totale del settore "industria" dei comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca maggiore del 20%

	COVNM (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Saint Gobain Vetri SpA - Stabilimento di Pescia	15,8	229,4	0,9	0,8	402,0
Figli di Checchi Gioacchino Srl-Cartiera S. Giovanni	0,1	3,5	0,0	0,0	0,0
Emissioni totali da Settore "industria"	59,9	343,0	14,4	2,5	402,3
Emissioni del Settore "industria" da sorgenti puntuali	15,9	233,0	0,9	0,8	402,0
Incidenza puntuali	27%	68%	6%	32%	100%

Tab 14. Emissioni da sorgenti puntuali: comuni della Piana in provincia di Pistoia, Pisa, Firenze

NB: In giallo sono evidenziate le emissioni che presentano un contributo percentuale al totale del settore "industria" dei comuni della Piana appartenenti alle province di Pistoia, Pisa e Firenze maggiore del 20%

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva delle percentuali di incidenza maggiormente rilevanti delle emissioni del settore "industria" sul totale delle emissioni della Piana:

	COVNM	NOx	PM10	PM2,5	SOx
Combustione industriale	3%	13%	1%	4%	0%
Produzione vetro	1%	5%	0%	1%	29%

IL SETTORE "ALTRO"

Nel gruppo di attività "altro" sono inclusi tre diversi settori: estrazione e distribuzione di combustibili fossili, uso di solventi, trattamento e smaltimento rifiuti.

Come si può osservare dal grafico successivo, le emissioni di COVNM derivanti da tale gruppo di attività sono quasi completamente associabili all'uso di solventi (98%), sia per i comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca che per quelli appartenenti alle altre Province considerate.

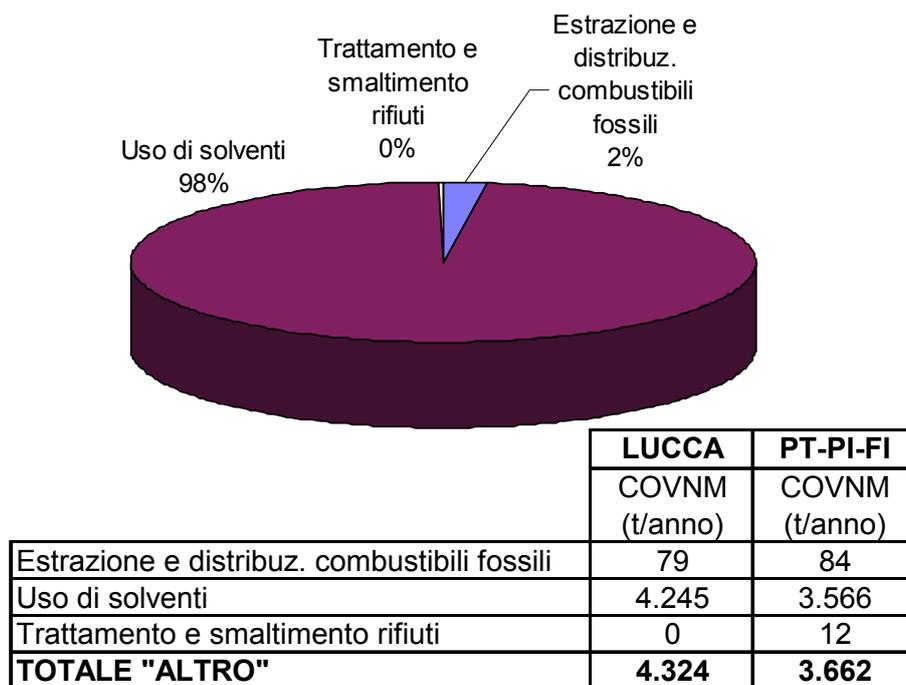


Fig 56. Settore "altro": distribuzione delle emissioni di COVNM

Il settore "Uso di solventi" include attività quali l'applicazione di vernici, lo sgrassaggio di metalli, la pulitura a secco, la stampa, la produzione di prodotti farmaceutici, la lavorazione della gomma, la manifattura di colle, vernici e adesivi, la lavorazione della pelle, della stoffa e del legno.

Tra tutte queste attività emergono, quali principali sorgenti di emissione di COVNM, due attività di tipo industriale/manifatturiero quale la lavorazione di schiuma poliuretanica e la lavorazione di pelli e cuoio insieme all'attività di applicazione di vernici in vari settori e all'uso domestico di solventi.

	COVNM (t/anno)	Incidenza sul totale di settore	Incidenza sul totale regionale
Lavorazione di schiuma poliuretanica	1.680	22%	12%
Industria pelli e cuoio	1.458	19%	11%
Applicazione di colle e adesivi	939	12%	7%
Uso domestico di solventi	768	10%	6%
Applicazione di vernici in altri settori industriali	612	8%	4%
Applicazione di vernici nell'industria del legno	599	8%	4%
Applicazione di vernici per uso domestico	563	7%	4%
Calzaturifici	302	4%	2%
Applicazione di vernici in edilizia	239	3%	2%
Industria della stampa	155	2%	1%
Manifattura vernici	151	2%	1%
Sgrassaggio metalli	130	2%	1%
Pulitura a secco - ciclo aperto	103	1%	1%
Conservazione del legno	36	0%	0%
Lavorazione di cloruro di polivinile	33	0%	0%
Manifattura di colle	17	0%	0%
Deparaffinazione di veicoli	15	0%	0%
Lavorazione della gomma (escluso pneumatici)	7	0%	0%
Industria tessile (eccetto lavorazione resine acriliche)	3	0%	0%
Applicazione di vernici per costruzione di navi	0	0%	0%
TOTALE EMISSIONI REGIONALI DI COVNM (t/anno)			13.630

Tabella 15. Settore "altro": distribuzione delle emissioni di COVNM tra le varie attività

In particolare, per i comuni appartenenti alla Provincia di Lucca risulta avere un'incidenza rilevante l'attività produttiva di lavorazione della schiuma poliuretanica, effettuata nel comune di Porcari, a cui si aggiungono le attività di uso di vernici e colle (vedi tabella 13) mentre per i comuni delle province di Pistoia, Pisa e Firenze si rileva una prevalenza di emissioni di COVNM dalla lavorazione delle pelli e del cuoio insieme alle attività di applicazione di colle e uso domestico di solventi.

	COVNM (t/anno)	COVNM (%)
Lavorazione di schiuma poliuretanic	1.680	40%
Applicazione di vernici nell'industria del legno	472	11%
Applicazione di colle e adesivi	467	11%
Uso di solventi domestici	382	9%
Applicazione di vernici in altri settori industriali	323	8%
Applicazione di vernici per uso domestico (eccetto legno)	280	7%
Applicazione di vernici in edilizia	126	3%
Calzaturifici	107	3%
Industria della stampa - heat set web offset (pubblicazioni varie)	94	2%
Manifattura di vernici	75	2%
Sgrassaggio metalli	69	2%
Pulitura a secco - ciclo aperto	51	1%
Industria pelli e cuoio (eccetto concia delle pelli)	41	1%
Lavorazione di cloruro di polivinile	33	1%
Conservazione del legno	15	0%
Deparaffinazione di veicoli	15	0%
Manifattura di colle	9	0%
Lavorazione della gomma (escluso pneumatici)	4	0%
Industria tessile (eccetto lavorazione resine acriliche)	2	0%
Applicazione di vernici per costruzione di navi	0	0%

Tabella 16. Settore "altro" nei comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca: distribuzione delle emissioni di COVNM tra le varie attività

	COVNM (t/anno)	COVNM (%)
Industria pelli e cuoio (eccetto concia delle pelli)	1.417	40%
Applicazione di colle e adesivi	472	13%
Uso di solventi domestici	386	11%
Applicazione di vernici in altri settori industriali	289	8%
Applicazione di vernici per uso domestico (eccetto legno)	283	8%
Calzaturifici	196	5%
Applicazione di vernici nell'industria del legno	127	4%
Applicazione di vernici in edilizia	113	3%
Manifattura di vernici	75	2%
Sgrassaggio metalli	62	2%
Industria della stampa - heat set web offset (pubblicazioni varie)	61	2%
Pulitura a secco - ciclo aperto	52	1%
Conservazione del legno	21	1%
Manifattura di colle	9	0%
Lavorazione della gomma (escluso pneumatici)	3	0%
Industria tessile (eccetto lavorazione resine acriliche)	1	0%
Applicazione di vernici per costruzione di navi	0	0%

Tabella 17. Settore "altro" nei comuni della Piana appartenenti alle Province di Pistoia, Pisa, Firenze: distribuzione delle emissioni di COVNM tra le varie attività

Vista l'incidenza del settore "altro" sulle emissioni totali di COVNM della Piana (circa il 60%, vedi grafico 4), si può concludere che le emissioni di COVNM derivanti dalle attività di lavorazione di schiuma poliuretanic, lavorazione di pelli e cuoio, applicazione di colle, adesivi e vernici e uso

domestico di solventi (che rappresentano più dell'80% delle emissioni di COVNM del settore "altro") rappresentano circa il 50% delle emissioni totali di COVNM dell'intera Piana. In particolare, le sole attività di lavorazione di schiuma poliuretanica e lavorazione di pelli e cuoio rappresentano circa il 25% delle emissioni totali della Piana.

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva delle percentuali di incidenza maggiormente rilevanti delle emissioni del settore "altro" sul totale delle emissioni della Piana:

	PM10	PM2,5	NOx	COVNM	SOx	NH3
USO SOLVENTI				50% (25% lavoraz. schiuma poliuretanica+lavoraz. pelli e cuoio)		

IL SETTORE " AGRICOLTURA/NATURA "

Nel settore "agricoltura/natura" sono incluse tutte le emissioni derivanti dalle attività relative alla coltivazione di piante e all'allevamento degli animali insieme alle emissioni correlate ai processi di respirazione delle piante (definita "natura" di seguito), ai laghi, alle paludi e agli incendi.

Come precedentemente evidenziato, tale settore risulta avere un peso rilevante sulle emissioni relative ai comuni della Piana solo per l'ammoniaca (NH₃), perciò le analisi ad esso correlate saranno effettuate solo per tale inquinante.

Il grafico successivo riassume le attività che maggiormente incidono sul totale delle emissioni di ammoniaca della Piana derivanti dal settore "agricoltura/natura"; si può osservare che poco meno del 70% delle emissioni di tale settore derivano dagli allevamenti e poco più del 30% dall'uso di fertilizzanti in agricoltura.

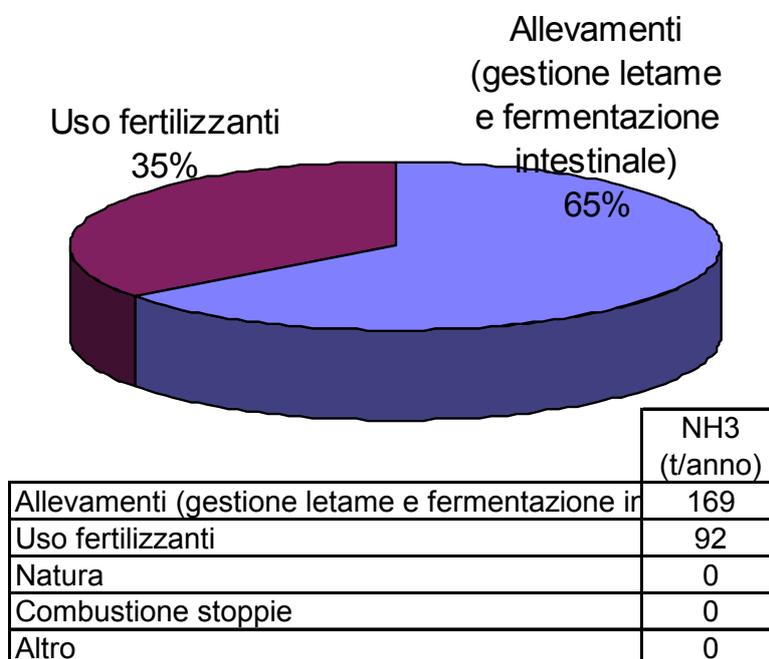
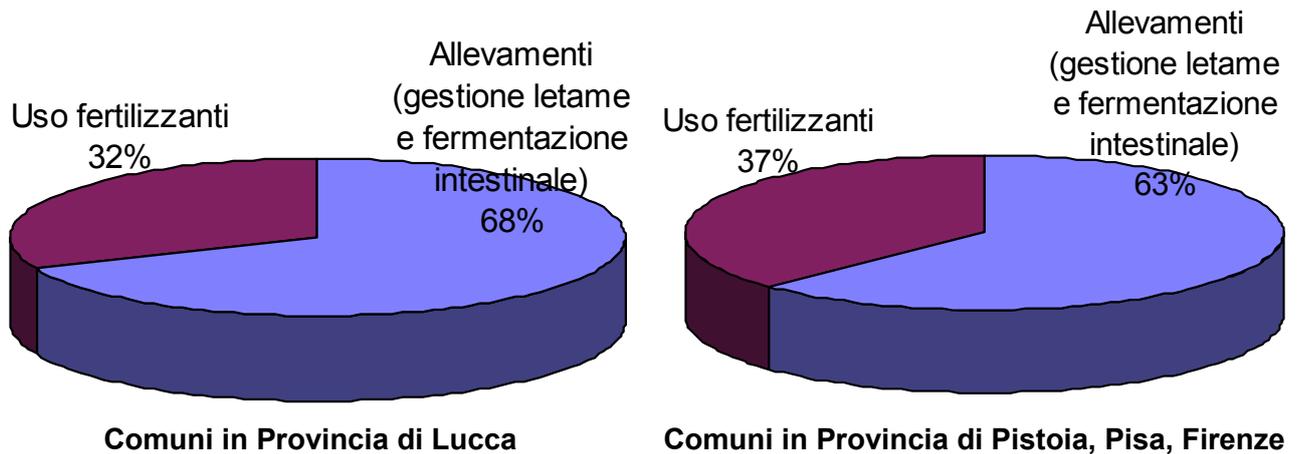


Fig 57. Settore "agricoltura/natura": distribuzione delle emissioni tra le principali attività

Una distribuzione molto simile si osserva anche separatamente per i comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca e per quelli appartenenti alle Province di Pistoia, Pisa e Firenze:



	LUCCA	PT-PI-FI
	NH3 (t/anno)	NH3 (t/anno)
Allevamenti (gestione letame e fermentazione intestinale)	62	107
Uso fertilizzanti	29	63
Natura	0	0
Combustione stoppie	0	0
Altro	0	0

Fig 58. Settore "agricoltura/natura": distribuzione delle emissioni tra le principali attività per i comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca e alle Province di Pistoia, Pisa e Firenze

Vista l'incidenza del settore "agricoltura/natura" sulle emissioni totali di NH₃ della Piana (circa il 50%, vedi grafico 4), si può concludere che le emissioni di NH₃ derivanti dalle attività di allevamento e di uso dei fertilizzanti (che rappresentano la totalità delle emissioni di NH₃ del settore "agricoltura/natura") rappresentano circa il 50% delle emissioni totali di NH₃ dell'intera Piana (di cui il 33% dagli allevamenti e il 18% dall'uso di fertilizzanti).

In particolare, per i comuni della Piana appartenenti alla Provincia di Lucca e per quelli appartenenti alle province di Pistoia, Pisa e Firenze si hanno i seguenti risultati:

	LUCCA	PT-PI-FI
	Incidenza su NH3 totale	Incidenza su NH3 totale
Allevamenti (gestione letame e fermentazione intestinale)	29%	36%
Uso fertilizzanti	14%	22%
Natura	0%	0%
Combustione stoppie	0%	0%
Altro	0%	0%

Tabella 18. Settore "agricoltura/natura" nei comuni della Piana: distribuzione delle emissioni di NH₃ tra le varie attività rispetto al totale delle emissioni

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva delle percentuali di incidenza maggiormente rilevanti delle emissioni del settore "agricoltura/natura" sul totale delle emissioni della Piana:

		PM10	PM2,5	NOx	COVNM	SOx	NH3
AGRICOLTURA							50% (30% allevamenti, 20% uso fertilizzanti)

LA COMBUSTIONE INCONTROLLATA DEI RESIDUI AGRICOLI

Nell'ambito del presente lavoro si è ritenuto necessario l'approfondimento di un ulteriore settore fonte di emissione di polveri primarie non trascurabile vista anche la difficile controllabilità del fenomeno di combustione ad esso connesso: la combustione dei residui agricoli.

I residui dell'attività agricola - fra i quali rientrano i residui delle patate, le sterpaglie ma anche i vari imballaggi utilizzati - sono spesso eliminati accatastandoli e bruciandoli direttamente sui campi. Questo processo, il più delle volte non autorizzato, di combustione incontrollata di rifiuti è fonte di un inquinamento atmosferico non trascurabile. Un'altra pratica spesso utilizzata è quella dell'eliminazione delle stoppie dai campi attraverso la loro combustione su campo al fine di liberare rapidamente e a spese ridotte il terreno dai residui della raccolta e, per alcune colture, di favorire l'eliminazione dei parassiti.

La quantità e tipologia di emissioni derivanti da tali tipi di combustione variano in base ad una serie di fattori quali il tipo di rifiuti bruciati e il contenuto di umidità del rifiuto, le condizioni di temperatura, il vento e la densità/compattezza del cumulo di rifiuti; tali fattori influiscono, infatti, fortemente sulle condizioni di combustione e quindi sulla tipologia e quantità delle sostanze emesse.

In ogni caso, indipendentemente dalle caratteristiche del materiale bruciato, la combustione avviene comunque sempre in modo non completo sia perché la temperatura del fuoco acceso all'aperto non è sufficientemente alta sia perché il materiale resta nel fuoco per un tempo insufficiente. Questo tipo di combustione produce quindi polveri (tra cui anche il black carbon) e altre sostanze che derivano dalla combustione non completa quali monossido di carbonio, idrocarburi, metalli pesanti e sostanze organiche tossiche quali gli idrocarburi policiclici aromatici, diossine e furani. Insieme a tali sostanze, la combustione non controllata dei residui agricoli può produrre anche l'emissione di altri inquinanti quali ammoniaca, ossidi di azoto, composti organici volatili non metanici e biossido di zolfo.

Al fine di valutare l'incidenza delle emissioni regionali di PM10 e PM2,5 e dei principali inquinanti precursori emessi da tale attività sono stati utilizzati i dati riportati, per la Regione Toscana, nella disaggregazione provinciale dell'inventario nazionale delle sorgenti di emissione relativamente all'anno 2010. Non vengono utilizzati, per questo approfondimento, i dati dell'inventario regionale delle sorgenti di emissione in quanto in corso di revisione.

Di seguito si riporta una tabella con i dati di emissione regionali e provinciali (delle Province cui appartengono i comuni della Piana lucchese) relativi all'attività di combustione incontrollata dei residui agricoli. Si fa presente che, nell'inventario nazionale, le emissioni relative a tale attività vengono calcolate con due metodologie diverse a seconda che queste derivino dalla combustione delle stoppie (SNAP 100300) o dalla combustione dei rifiuti agricoli (SNAP 090700).

	COVNM (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)
090700 Incenerimento di rifiuti agricoli				
DIS INV NAZ (2010)_Toscana	65	52	67	57
DIS INV NAZ (2010)_ProvLU	1	1	1	1
DIS INV NAZ (2010)_ProvPT	1	1	1	1
DIS INV NAZ (2010)_ProvPI	7	5	7	6
DIS INV NAZ (2010)_ProvFI	8	7	7	6
100300 Combustione delle stoppie				
DIS INV NAZ (2010)_Toscana	17	11	59	59
DIS INV NAZ (2010)_ProvLU	0,1	0,1	0,3	0,3
DIS INV NAZ (2010)_ProvPT	0,1	0,0	0,2	0,2
DIS INV NAZ (2010)_ProvPI	2	1	8	8
DIS INV NAZ (2010)_ProvFI	1	1	3	3
Totale combustione residui agricoli				
DIS INV NAZ (2010)_Toscana	82	63	125	116
DIS INV NAZ (2010)_ProvLU	1	1	1	1
DIS INV NAZ (2010)_ProvPT	1	1	1	1
DIS INV NAZ (2010)_ProvPI	10	7	15	14
DIS INV NAZ (2010)_ProvFI	8	8	10	9
Emissioni totali				
TOTALE Toscana	116.455	66.519	23.857	20.422
TOTALE ProvLU	13.698	6.763	3.517	3.168
TOTALE ProvPT	7.283	4.192	1.771	1.638
TOTALE ProvPI	16.960	5.317	2.045	1.800
TOTALE ProvFI	26.835	15.430	3.434	2.889
Combustione residui agricoli/Totale emissivo regionale e provinciale				
Regione Toscana	0,07%	0,09%	0,53%	0,57%
Provincia di Lucca	0,01%	0,01%	0,03%	0,03%
Provincia di Pistoia	0,02%	0,04%	0,07%	0,07%
Provincia di Pisa	0,06%	0,13%	0,74%	0,78%
Provincia di Firenze	0,03%	0,05%	0,30%	0,32%

Tab 19. Emissioni da combustione residui agricoli e incidenza sul totale emissivo regionale e provinciale (anno 2010)

Come si può osservare dalla tabella precedente l'incidenza delle emissioni di polveri e dei precursori principali emessi dalla combustione dei residui agricoli è sicuramente non significativa, sia a livello regionale che provinciale.

Va accennato, però, il fatto che, visto che la combustione incontrollata dei residui agricoli avviene in condizioni assolutamente non ottimali, tale attività è fonte non trascurabile di microinquinanti in particolare di diossine e furani le cui emissioni rappresentano ben il 34% delle emissioni totali regionali di PCDD-F, per l'anno 2010 (fonte: Disaggregazione provinciale inventario nazionale, anno 2010).

SINTESI DEI RISULTATI

Dall'analisi dell'inventario IRSE 2010 per il comuni oggetto di studio:

> PM10 e PM2,5:

- Circa il 60% delle emissioni primarie di PM10 e PM2,5 relative all'intera Piana lucchese sono imputabili alla combustione domestica di legna in caminetti e stufe tradizionali;
- Contributi minori (circa il 10%) sono imputabili al trasporto locale – di cui in particolare l'80% è attribuibile a veicoli diesel.

> NOx:

- La principale fonte di emissione è il trasporto su strada; in particolare il 45% è dovuto a traffico locale - di questo circa il 90% è attribuibile a veicoli diesel – e il 24% a traffico su strade extraurbane;
- Circa il 13% è imputabile alla combustione industriale.

> COVNM:

- La principale fonte di emissione di tale inquinante è l'uso di solventi; in particolare si attribuisce alla lavorazione della schiuma poliuretana, effettuata nel comune di Porcari, e alla lavorazione di pelli e cuoio;
- Contributi minori (circa il 14% in totale) sono imputabili al trasporto locale – in particolare di questo l'85% è attribuibile ai ciclomotori – e alla combustione domestica di legna (7%).

> SOx:

- Tra le principali fonti di emissione di tale inquinante c'è il riscaldamento domestico; circa il 30% delle emissioni deriva dalla combustione di legna - in particolare di questo circa l'80% è attribuibile alla combustione domestica di legna in caminetti e stufe tradizionali – circa il 35% dalla combustione di olio combustibile e gasolio;
- Il 29% delle emissioni deriva dall'attività di produzione del vetro.

> NH₃:

- Le principali fonti di emissione di tale inquinante sono l'uso di fertilizzanti in agricoltura e gli allevamenti di animali (circa il 50%);
- Circa il 30% delle emissioni di ammoniaca deriva dalla combustione domestica di legna - in particolare di questo circa l'80% è attribuibile alla combustione domestica di legna in caminetti e stufe tradizionali.

Le conclusioni sopra riportate vengono riassunte nella tabella seguente:

		PM10	PM2,5	COVNM	NOx	SOx	NH₃
Riscaldamento	LEGNA	70% (60% caminetti e stufe tradizionali)	70% (60% caminetti e stufe tradizionali)	7%		30% (23% caminetti e stufe tradizionali)	31% (25% caminetti e stufe tradizionali)
	GASOLIO + OLIO COMBUSTIBILE					20% + 15%	
Trasporti	EXTRAURBANO				24%		
	URBANO	10% (8% diesel)	10% (8% diesel)	14% (12% ciclomotori)	45% (40% diesel)		
Industria	COMBUSTIONE INDUSTRIALE				13%		
	PRODUZIONE VETRO					29%	
Uso di solventi				50% (25% lavoraz. schiuma poliuret.+ lavoraz. pelli e cuoio)			
Agricoltura							50% (30% allevamenti, 20% uso fertilizzanti)

Tabella riassuntiva delle principali fonti di emissione della Piana lucchese

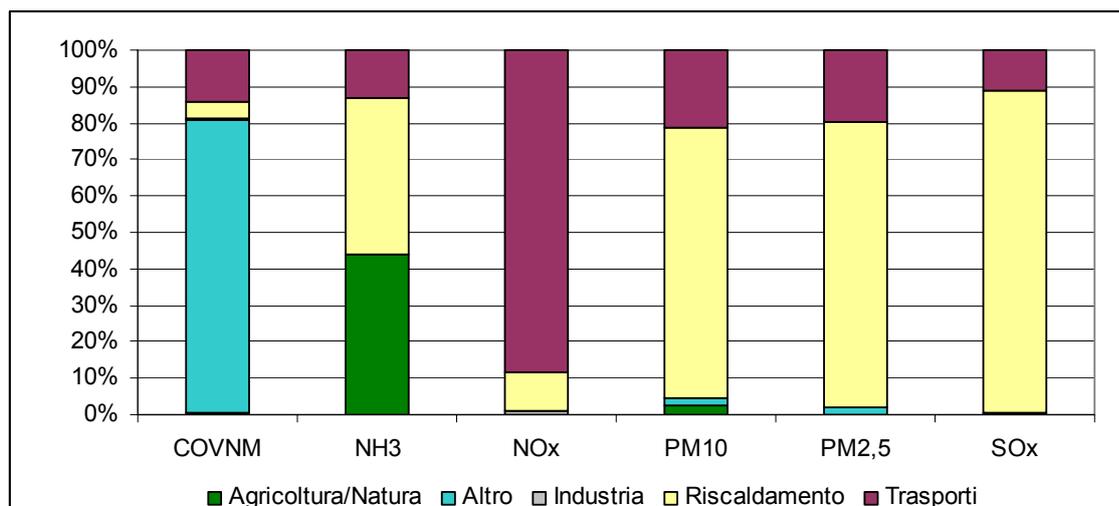
ALLEGATI

ALLEGATO 1

Le emissioni dei comuni della Piana

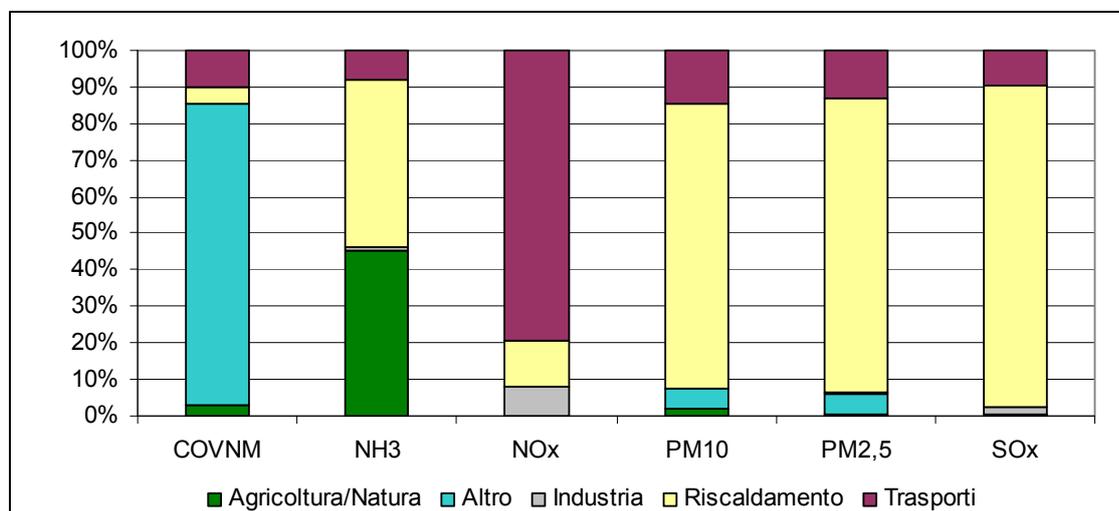
Provincia	Comune	Pag
Prov. Pisa	Bientina	III
	Castelfranco di Sotto	III
Prov. Pistoia	Buggiano	IV
	Chiesina Uzzanese	IV
	Lamporecchio	V
	Larciano	V
	Massa e Cozzile	VI
	Monsummano Terme	VI
	Montecatini-Terre	VII
	Pescia	VII
	Pieve a Nievole	VIII
	Ponte Buggianese	VIII
Prov. Firenze	Uzzano	IX
	Fucecchio	IX
	Altopascio	X
	Capannori	X
Prov. Lucca	Lucca	XI
	Montecarlo	XI
	Pescaglia	XII
	Porcari	XII
	Villa Basilica	XIII

COMUNE DI BIENTINA (PI)



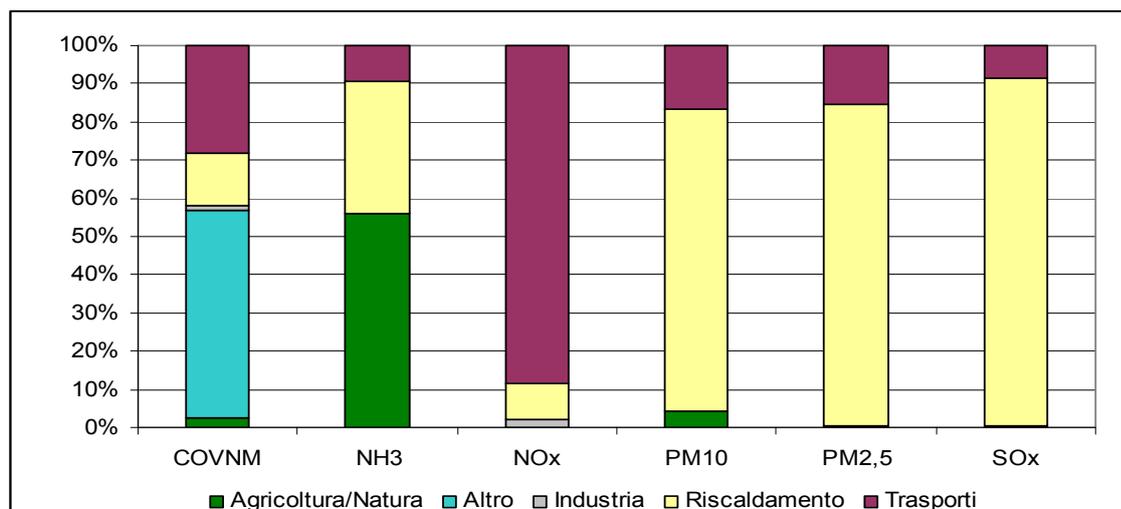
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	1,72	1,96	0,00	0,72	0,06	0,00
Altro	252,80	0,00	0,00	0,44	0,44	0,00
Industria	1,86	0,01	0,80	0,01	0,01	0,00
Riscaldamento	14,35	1,91	7,28	19,23	18,77	0,75
Trasporti	45,12	0,58	62,60	5,47	4,68	0,10
<i>Urbano</i>	15,74	0,34	43,58	3,43	2,86	0,06
<i>Extraurbano</i>	29,13	0,39	13,69	1,48	1,38	0,02

COMUNE DI CASTELFRANCO DI SOTTO (PI)



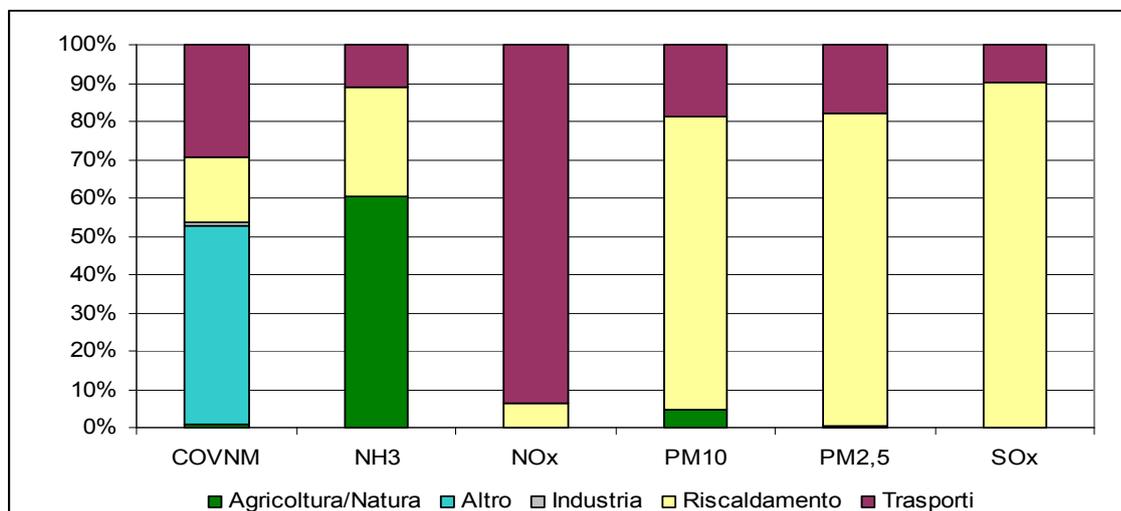
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	22,94	4,40	0,02	1,17	0,19	0,01
Altro	605,25	0,00	0,00	3,21	3,21	0,00
Industria	2,05	0,12	9,71	0,10	0,10	0,03
Riscaldamento	33,44	4,45	14,58	44,93	43,84	1,31
Trasporti	73,79	0,78	94,79	8,41	7,23	0,14
<i>Urbano</i>	26,98	0,58	74,74	5,88	4,91	0,10
<i>Extraurbano</i>	46,48	0,45	12,42	1,65	1,65	0,02

COMUNE DI BUGGIANO (PT)



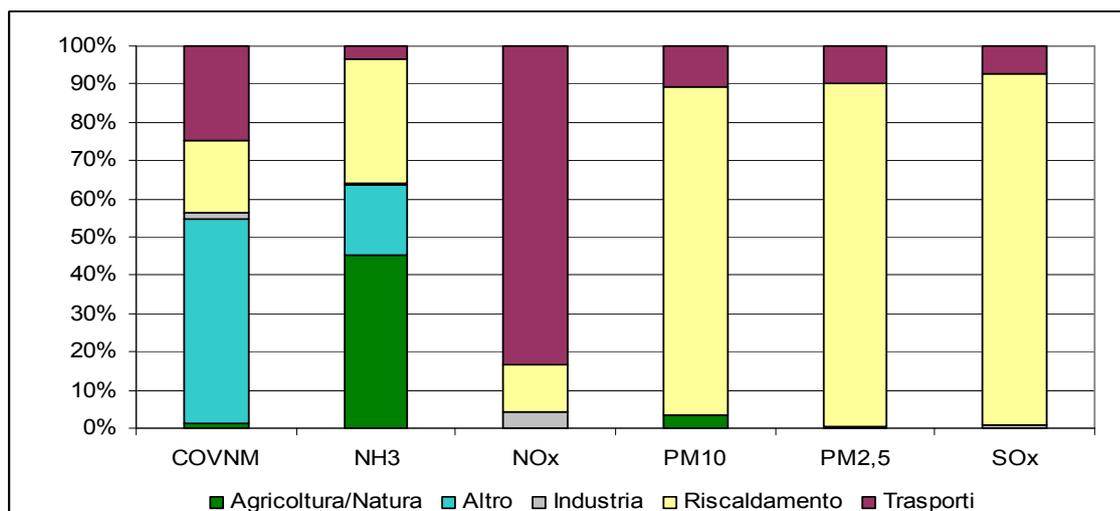
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NO _x (t/anno)	PM ₁₀ (t/anno)	PM _{2,5} (t/anno)	SO _x (t/anno)
Agricoltura/Natura	5,09	6,03	0,00	1,99	0,23	0,00
Altro	108,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	2,14	0,03	2,48	0,02	0,02	0,01
Riscaldamento	27,88	3,72	9,93	37,63	36,71	1,53
Trasporti	55,82	1,01	97,07	7,83	6,69	0,14
<i>Urbano</i>	18,13	0,39	50,22	3,95	3,30	0,07
<i>Extraurbano</i>	37,21	0,78	38,90	3,15	2,81	0,05

COMUNE DI CHIESINA UZZANESE (PT)



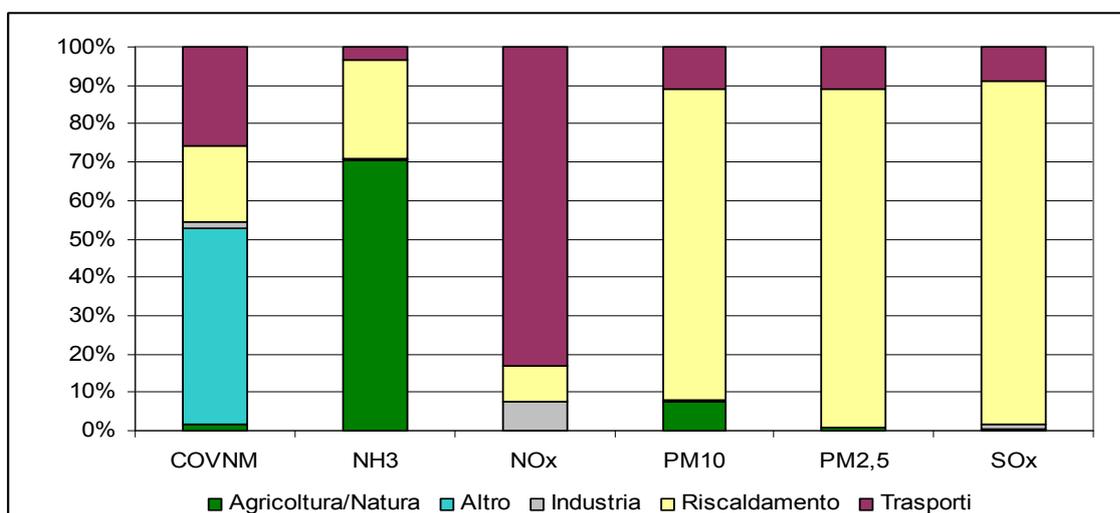
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NO _x (t/anno)	PM ₁₀ (t/anno)	PM _{2,5} (t/anno)	SO _x (t/anno)
Agricoltura/Natura	1,08	4,91	0,00	1,50	0,12	0,00
Altro	53,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	0,91	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
Riscaldamento	17,41	2,33	5,73	23,54	22,97	0,98
Trasporti	30,39	0,90	85,34	5,79	5,03	0,11
<i>Urbano</i>	9,11	0,20	25,23	1,98	1,66	0,03
<i>Extraurbano</i>	20,77	0,79	53,22	3,30	2,94	0,05

COMUNE DI LAMPORECCHIO (PT)



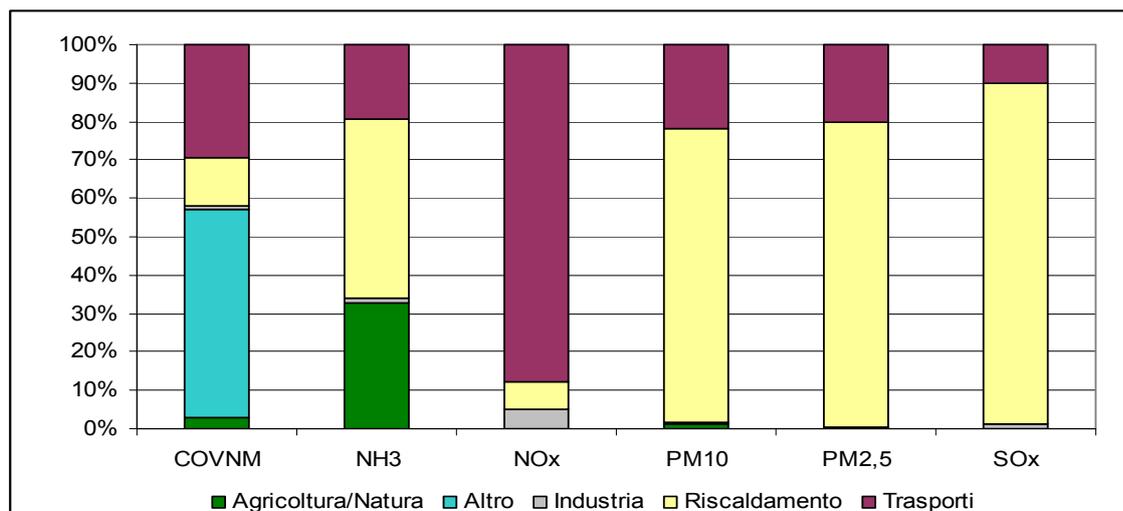
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	2,39	6,23	0,00	1,88	0,14	0,00
Altro	95,69	2,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	3,31	0,04	3,68	0,04	0,04	0,01
Riscaldamento	33,36	4,46	10,05	45,11	44,03	1,57
Trasporti	44,62	0,47	69,42	5,64	4,93	0,12
<i>Urbano</i>	15,77	0,34	43,67	3,43	2,87	0,06
<i>Extraurbano</i>	27,35	0,28	7,92	1,02	1,01	0,01

COMUNE DI LARCIANO (PT)



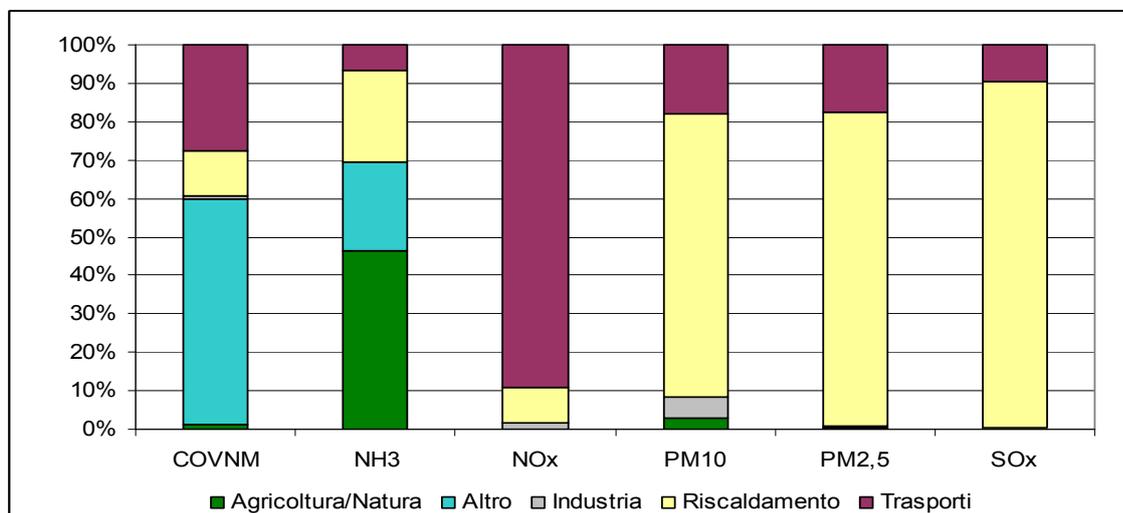
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	2,84	11,34	0,02	3,95	0,36	0,01
Altro	79,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	2,75	0,08	6,91	0,07	0,07	0,02
Riscaldamento	30,74	4,12	8,12	41,62	40,62	1,38
Trasporti	40,00	0,53	73,71	5,71	5,01	0,14
<i>Urbano</i>	13,05	0,28	36,14	2,84	2,37	0,05
<i>Extraurbano</i>	24,93	0,37	14,38	1,46	1,33	0,02

COMUNE DI MASSA E COZZILE (PT)



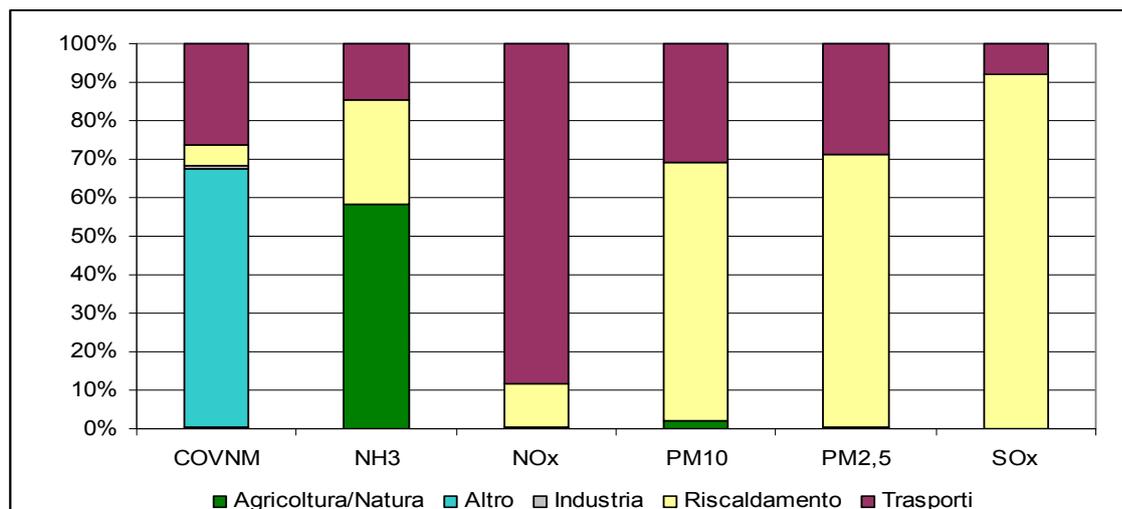
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	4,75	1,99	0,00	0,52	0,04	0,00
Altro	93,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	1,61	0,07	6,20	0,06	0,06	0,02
Riscaldamento	21,34	2,84	9,21	28,72	28,03	1,29
Trasporti	50,58	1,16	111,69	8,18	7,06	0,15
<i>Urbano</i>	16,07	0,35	44,51	3,50	2,92	0,06
<i>Extraurbano</i>	33,80	0,97	59,21	3,97	3,56	0,06

COMUNE DI MONSUMMANO TERME (PT)



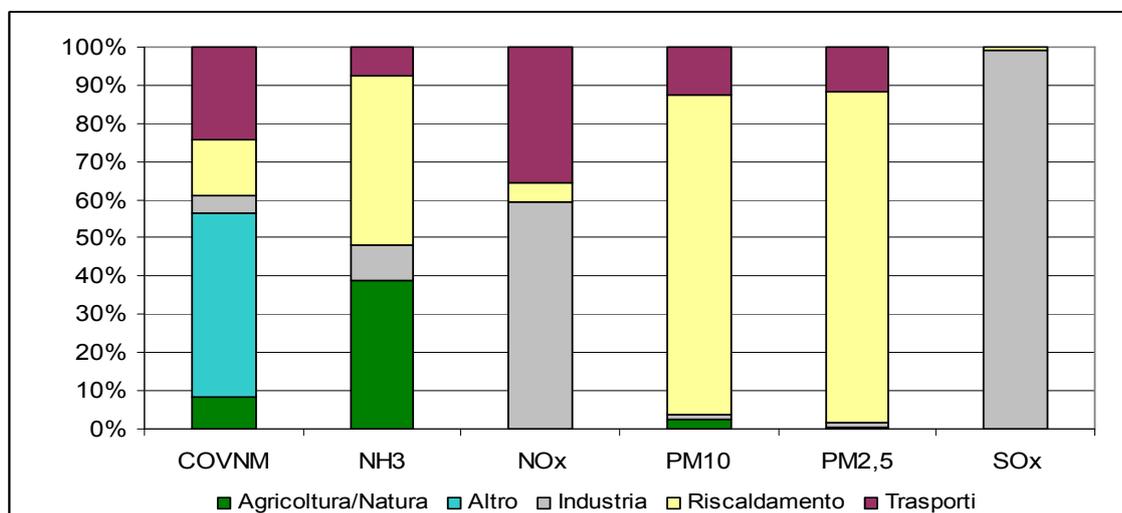
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	5,45	13,78	0,01	2,82	0,28	0,00
Altro	269,22	6,77	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	4,62	0,04	3,69	5,37	0,30	0,01
Riscaldamento	52,88	7,03	22,79	71,16	69,43	2,93
Trasporti	128,01	2,04	217,87	17,41	15,01	0,32
<i>Urbano</i>	43,63	0,94	120,84	9,50	7,93	0,16
<i>Extraurbano</i>	82,85	1,51	74,67	5,97	5,49	0,09

COMUNE DI MONTECATINI TERME (PT)



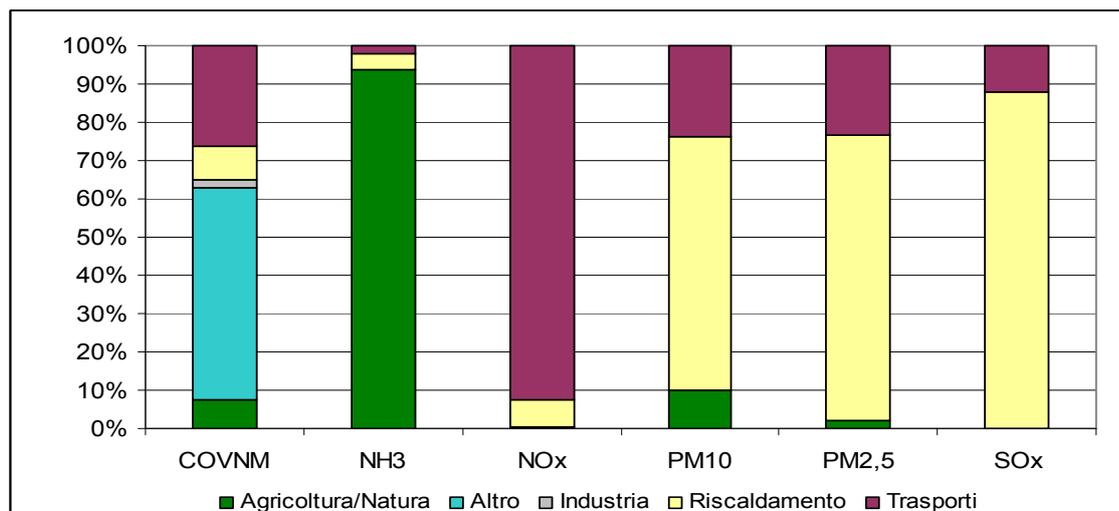
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	2,06	7,33	0,00	0,99	0,10	0,00
Altro	316,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	2,73	0,01	1,11	0,01	0,01	0,00
Riscaldamento	26,01	3,40	24,32	34,43	33,57	3,16
Trasporti	123,76	1,84	195,14	15,94	13,70	0,27
<i>Urbano</i>	43,63	0,94	120,84	9,50	7,93	0,16
<i>Extraurbano</i>	79,83	1,31	63,96	5,14	4,81	0,07

COMUNE DI PESCIA (PT)



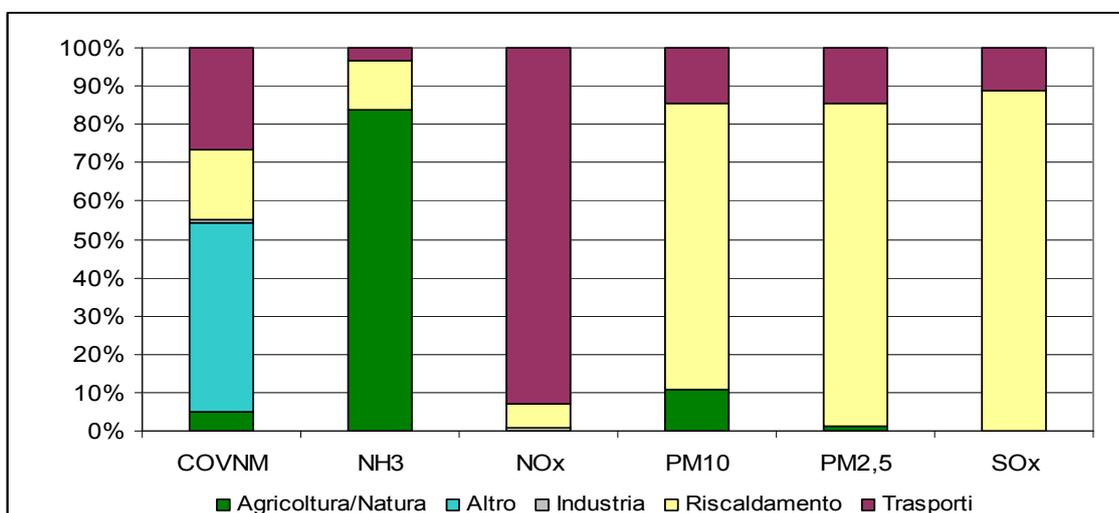
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	41,80	8,57	0,00	2,91	0,24	0,00
Altro	238,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	22,97	2,05	294,99	1,57	1,43	402,19
Riscaldamento	73,75	9,84	24,88	99,58	97,17	3,83
Trasporti	120,78	1,62	176,87	15,07	12,92	0,28
<i>Urbano</i>	40,52	0,88	112,23	8,83	7,37	0,15
<i>Extraurbano</i>	76,94	1,12	42,39	4,37	4,00	0,06

COMUNE DI PIEVE A NIEVOLE (PT)



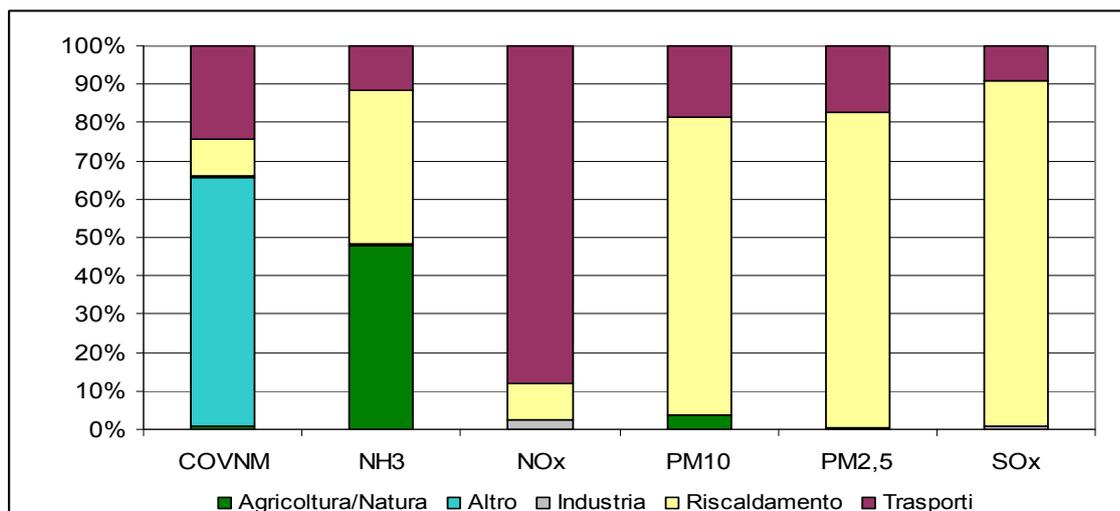
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NO _x (t/anno)	PM ₁₀ (t/anno)	PM _{2,5} (t/anno)	SO _x (t/anno)
Agricoltura/Natura	17,44	60,04	0,00	4,02	0,69	0,00
Altro	126,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	5,32	0,01	0,81	0,01	0,01	0,00
Riscaldamento	19,97	2,66	9,65	26,83	26,18	1,34
Trasporti	60,12	1,26	130,25	9,51	8,27	0,18
<i>Urbano</i>	19,66	0,43	54,46	4,28	3,58	0,07
<i>Extraurbano</i>	39,31	1,02	60,96	4,11	3,73	0,07

COMUNE DI PONTE BUGGIANESE (PT)



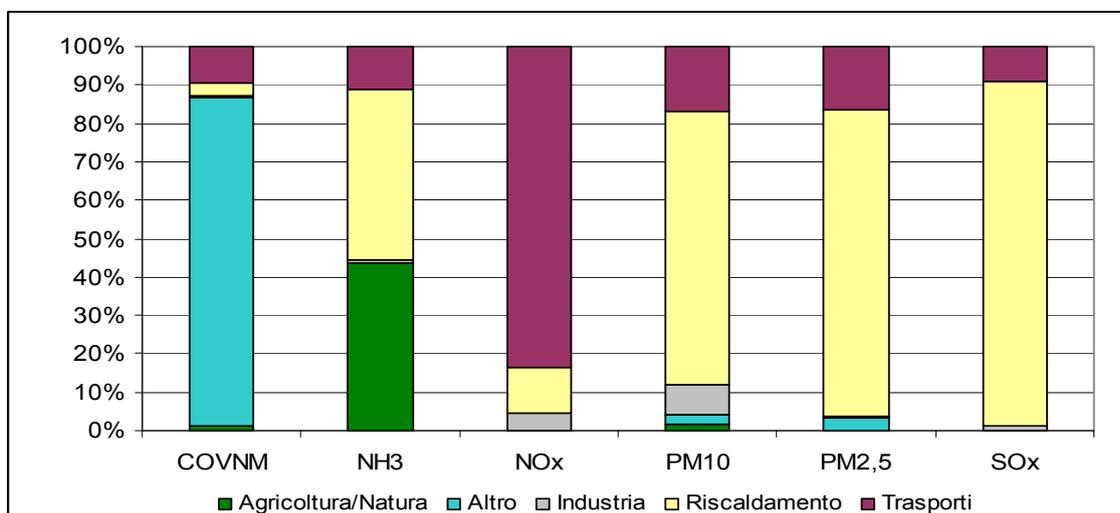
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NO _x (t/anno)	PM ₁₀ (t/anno)	PM _{2,5} (t/anno)	SO _x (t/anno)
Agricoltura/Natura	10,91	35,00	0,00	7,65	0,81	0,00
Altro	107,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	1,76	0,01	1,18	0,01	0,01	0,00
Riscaldamento	39,75	5,33	10,47	53,80	52,51	1,69
Trasporti	58,38	1,43	151,39	10,42	9,12	0,22
<i>Urbano</i>	18,04	0,39	49,98	3,93	3,28	0,07
<i>Extraurbano</i>	38,27	1,20	77,52	4,97	4,47	0,08

COMUNE DI UZZANO (PT)



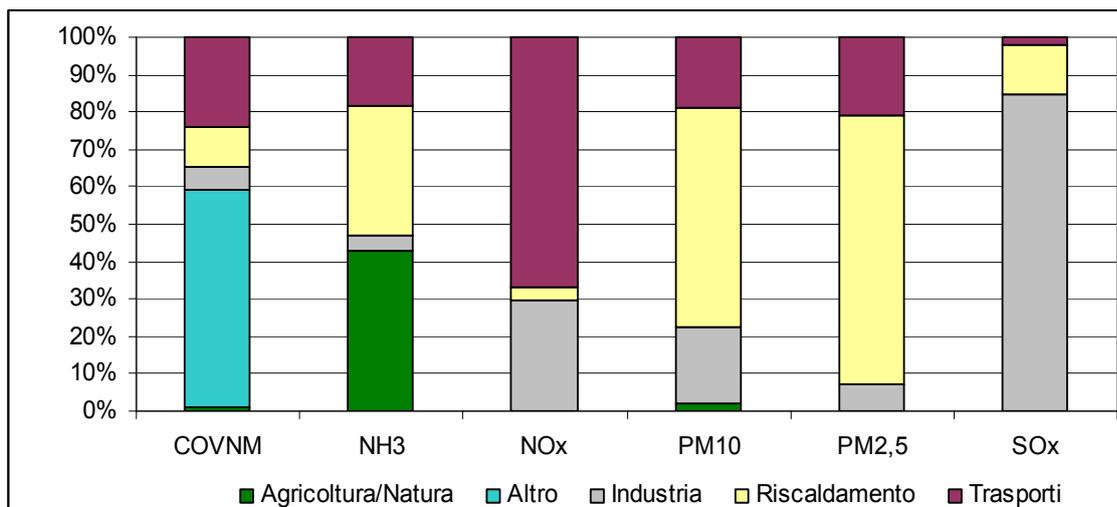
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	1,10	2,17	0,00	0,87	0,11	0,00
Altro	92,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	0,50	0,02	1,44	0,01	0,01	0,01
Riscaldamento	13,67	1,82	5,66	18,41	17,97	0,78
Trasporti	34,69	0,52	51,82	4,45	3,79	0,08
<i>Urbano</i>	11,58	0,25	32,06	2,52	2,11	0,04
<i>Extraurbano</i>	22,85	0,37	15,02	1,48	1,33	0,02

COMUNE DI FUCECCHIO (FI)



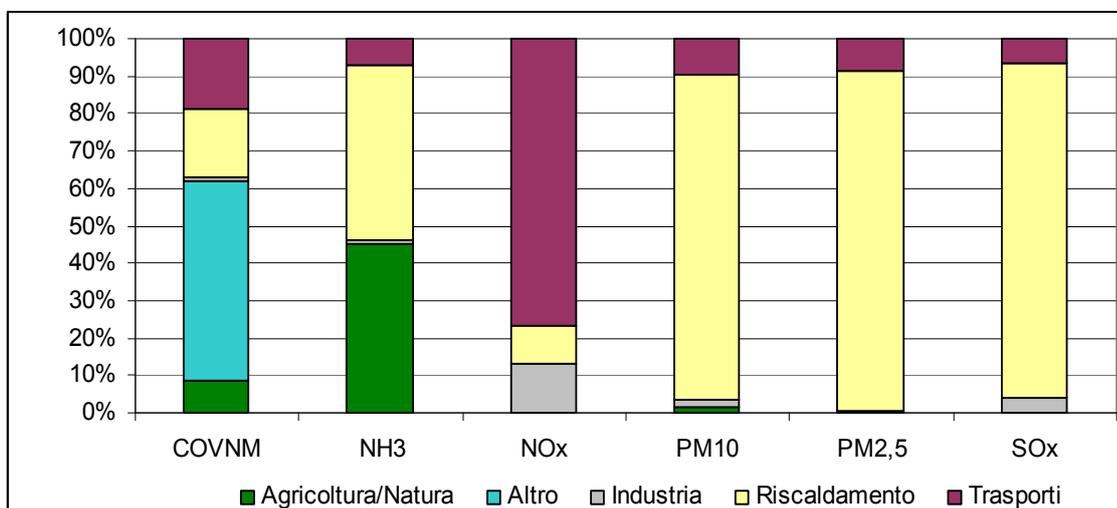
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	15,26	6,35	0,00	1,35	0,15	0,00
Altro	1223,63	0,00	0,00	2,50	2,50	0,00
Industria	7,41	0,12	9,94	7,16	0,45	0,03
Riscaldamento	49,14	6,52	25,18	65,91	64,31	2,61
Trasporti	134,63	1,64	177,25	15,78	13,48	0,26
<i>Urbano</i>	47,96	1,04	132,84	10,45	8,72	0,18
<i>Extraurbano</i>	86,55	1,05	35,52	4,00	3,80	0,05

COMUNE DI ALTOPASCIO (LU)



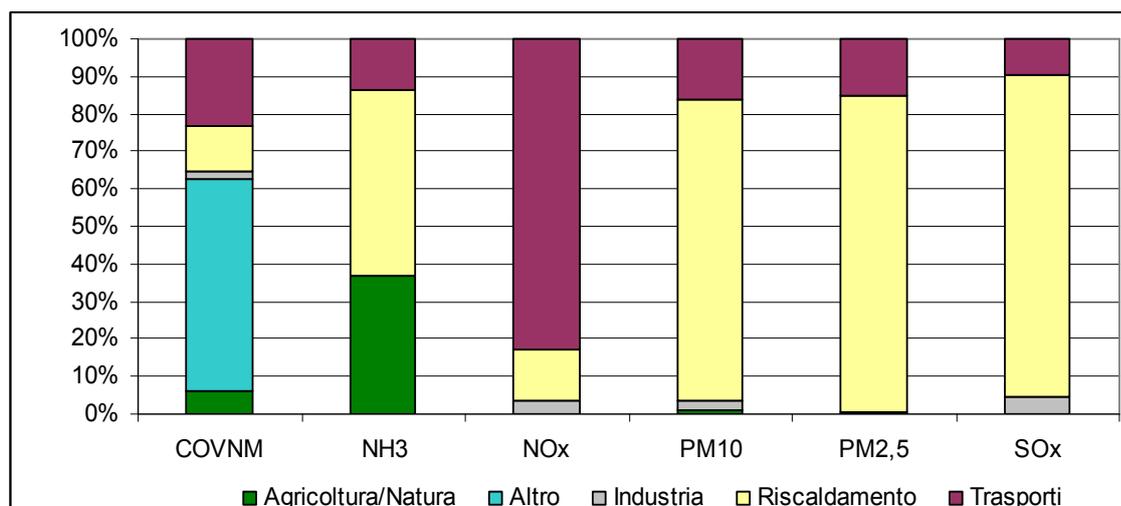
	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	3,64	7,57	0,00	2,29	0,20	0,00
Altro	249,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	24,32	0,79	130,27	21,10	5,87	14,00
Riscaldamento	45,74	6,10	16,18	61,71	60,23	2,18
Trasporti	103,30	3,29	294,96	20,01	17,31	0,35
<i>Urbano</i>	30,71	0,66	85,07	6,69	5,59	0,11
<i>Extraurbano</i>	71,92	2,91	197,65	12,15	10,79	0,20

COMUNE DI CAPANNORI (LU)

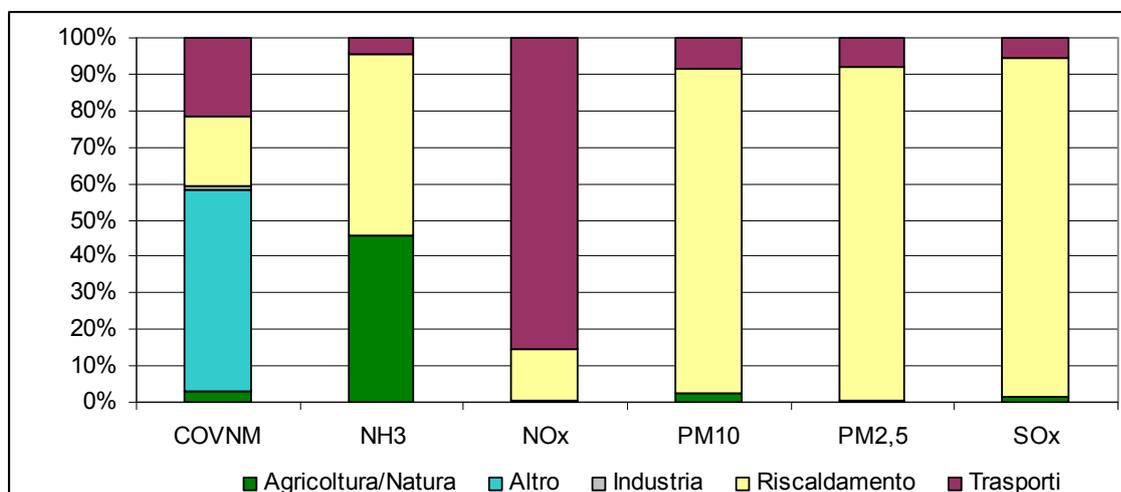


	COVNM (t/anno)	NH ₃ (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	131,93	37,21	0,06	5,72	0,88	0,02
Altro	840,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	18,13	0,97	93,99	10,38	1,42	0,46
Riscaldamento	287,89	38,52	71,43	389,75	380,37	10,40
Trasporti	295,12	5,77	538,74	42,72	36,52	0,76
<i>Urbano</i>	94,32	2,04	261,24	20,55	17,15	0,35
<i>Extraurbano</i>	198,18	4,61	238,37	18,52	16,46	0,30

COMUNE DI LUCCA (LU)



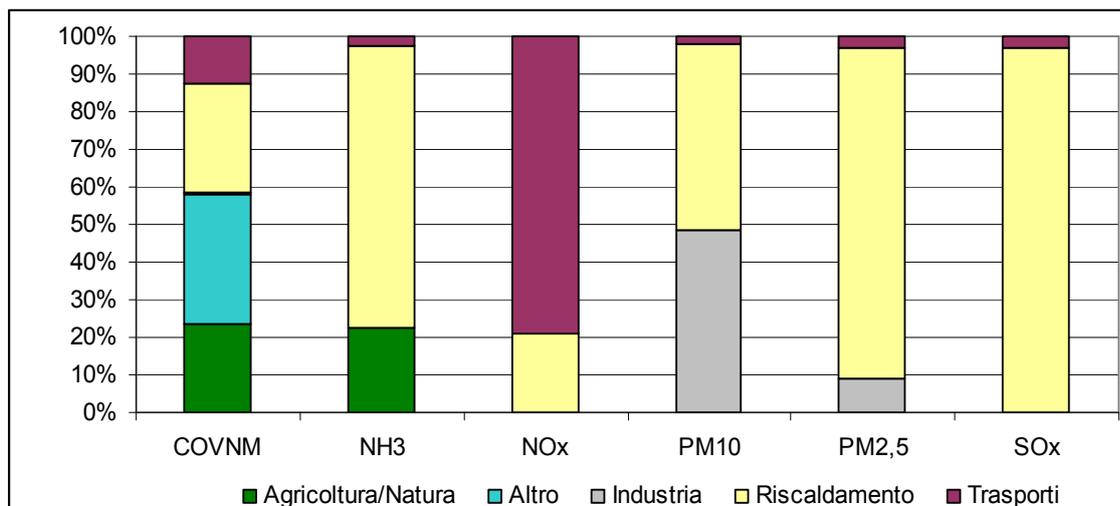
	COVNM (t/anno)	NH3 (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	138,41	26,42	0,00	3,59	0,40	0,00
Altro	1246,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	41,38	0,19	43,24	12,94	1,74	0,61
Riscaldamento	270,60	35,71	154,22	361,59	352,83	11,41
Trasporti	514,98	9,67	953,69	73,63	63,34	1,28
<i>Urbano</i>	173,38	3,75	480,22	37,77	31,53	0,64
<i>Extraurbano</i>	338,10	7,53	410,56	29,88	27,21	0,47



	COVNM (t/anno)	NH3 (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	3,78	2,79	0,04	0,92	0,25	0,01
Altro	65,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	1,07	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
Riscaldamento	22,86	3,06	5,93	30,96	30,21	1,01
Trasporti	25,67	0,27	36,08	3,06	2,65	0,06
<i>Urbano</i>	9,26	0,20	25,66	2,02	1,68	0,03
<i>Extraurbano</i>	15,96	0,15	4,26	0,57	0,57	0,01

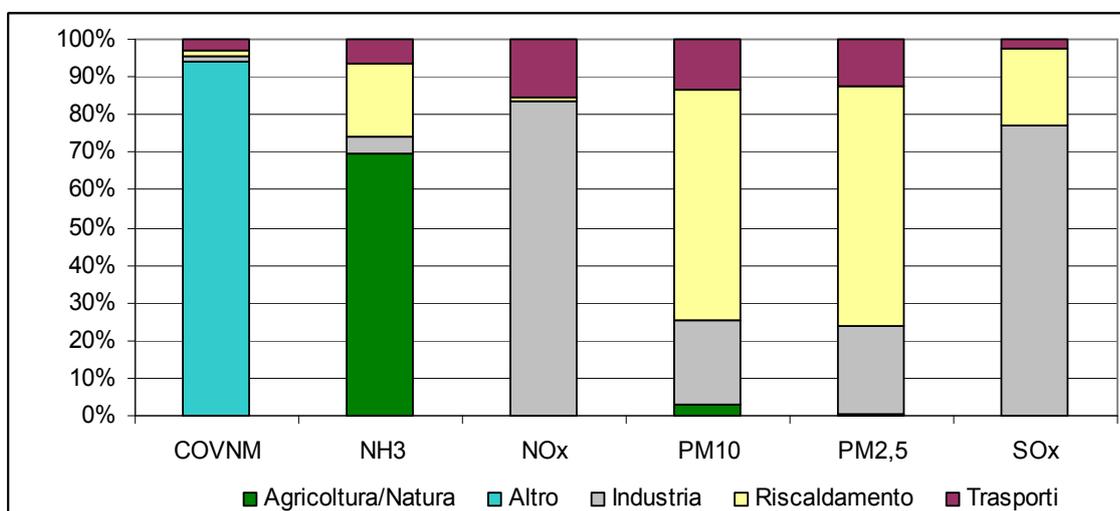
COMUNE DI MONTECARLO (LU)

COMUNE DI PESCAGLIA (LU)



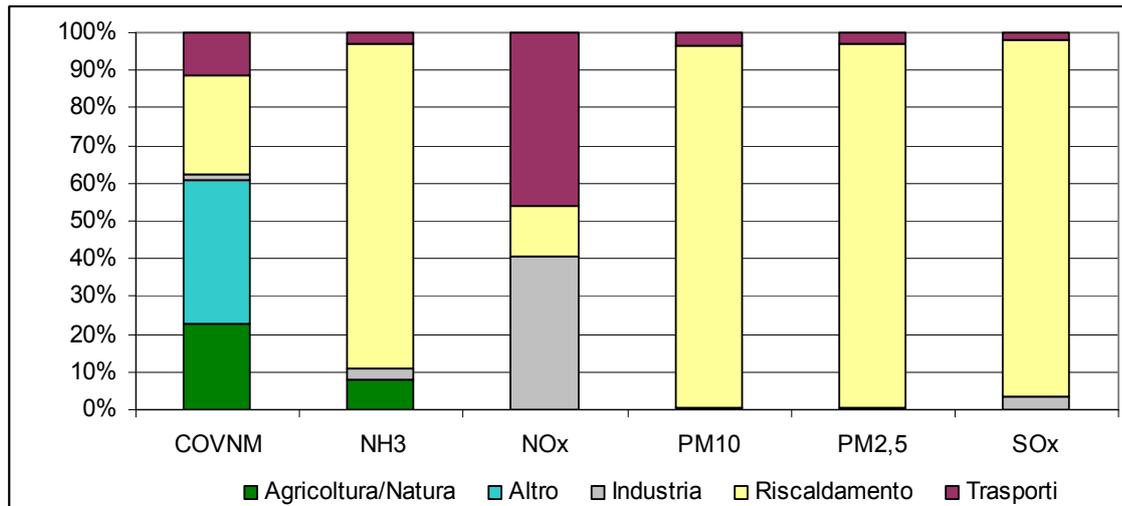
	COVNM (t/anno)	NH3 (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	40,60	2,02	0,00	0,21	0,04	0,00
Altro	59,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	1,07	0,00	0,00	65,93	6,59	0,00
Riscaldamento	49,73	6,68	7,51	67,55	65,92	1,44
Trasporti	21,93	0,22	28,28	2,47	2,13	0,04
<i>Urbano</i>	7,67	0,17	21,25	1,67	1,40	0,03
<i>Extraurbano</i>	13,21	0,13	3,53	0,47	0,47	0,01

COMUNE DI PORCARI (LU)



	COVNM (t/anno)	NH3 (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	4,72	15,02	0,00	1,95	0,22	0,00
Altro	1827,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	32,34	0,95	723,94	15,63	15,19	5,07
Riscaldamento	31,37	4,19	11,49	42,28	41,26	1,32
Trasporti	55,85	1,34	131,64	9,41	8,16	0,17
<i>Urbano</i>	17,83	0,39	49,39	3,88	3,24	0,07
<i>Extraurbano</i>	37,21	1,12	70,99	4,61	4,14	0,07

COMUNE DI VILLA BASILICA (LU)



	COVNM (t/anno)	NH3 (t/anno)	NOx (t/anno)	PM10 (t/anno)	PM2,5 (t/anno)	SOx (t/anno)
Agricoltura/Natura	20,55	0,30	0,00	0,04	0,00	0,00
Altro	34,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industria	1,31	0,11	10,85	0,09	0,09	0,03
Riscaldamento	23,57	3,16	3,56	32,03	31,26	0,81
Trasporti	10,11	0,10	12,39	1,11	0,95	0,02
<i>Urbano</i>	3,54	0,08	9,81	0,77	0,64	0,01
<i>Extraurbano</i>	6,10	0,06	1,63	0,22	0,22	0,00

ALLEGATO 2

Il parco auto dei comuni della Piana (ACI)

Autovetture distinte per comune. Anno 2010

PROVINCIA	COMUNE	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	Non contemplato	Non identificato	TOTALE
FIRENZE	FUCECCHIO	1.109	612	2.576	3.616	6.219	382		3	14.517
LUCCA	ALTOPASCIO	729	367	1.594	2.224	4.254	317		5	9.490
LUCCA	CAPANNORI	2.756	1.231	5.306	6.899	13.542	961		14	30.709
LUCCA	LUCCA	4.973	2.106	9.147	12.718	26.250	1.967	1	42	57.204
LUCCA	MONTECARLO	235	107	467	654	1.367	99		2	2.931
LUCCA	PESCAGLIA	277	100	474	542	903	44		2	2.342
LUCCA	PORCARI	362	180	830	1.277	2.559	202		1	5.411
LUCCA	VILLA BASILICA	113	60	195	226	500	40		1	1.135
PISA	BIENTINA	301	145	856	1.102	2.331	173		2	4.910
PISA	CASTELFRANCO DI SOTTO	678	368	1.461	1.825	3.475	246		3	8.056
PISTOIA	BUGGIANO	423	230	1.027	1.307	2.733	188		2	5.910
PISTOIA	CHIESINA UZZANESE	248	105	550	643	1.309	109			2.964
PISTOIA	LAMPORECCHIO	429	190	866	1.095	2.081	124		4	4.789
PISTOIA	LARCIANO	430	193	771	948	1.696	110		1	4.149
PISTOIA	MASSA E COZZILE	389	202	810	1.140	2.345	208		2	5.096
PISTOIA	MONSUMMANO TERME	1.210	474	2.358	3.065	5.592	400		4	13.103
PISTOIA	MONTECATINI TERME	1.408	549	2.151	2.827	5.538	479		9	12.961
PISTOIA	PESCIA	974	459	2.089	2.855	5.336	410		10	12.133
PISTOIA	PIEVE A NIEVOLE	461	198	1.016	1.416	2.795	204		1	6.091
PISTOIA	PONTE BUGGIANESE	404	199	933	1.308	2.576	186		2	5.608
PISTOIA	UZZANO	228	110	539	844	1.715	142			3.578

Autovetture distinte per comune. Anno 2013

PROVINCIA	COMUNE	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	Non definito	TOTALE
FIRENZE	FUCECCHIO	1.051	434	1.941	2.935	5.586	2.623	172	4	14.746
LUCCA	ALTOPASCIO	703	294	1.246	1.868	3.820	1.811	133	4	9.879
LUCCA	CAPANNORI	2.666	890	3.856	5.591	11.790	5.823	405	17	31.038
LUCCA	LUCCA	4.713	1.472	6.593	9.989	22.770	11.187	781	54	57.559
LUCCA	MONTECARLO	240	76	364	500	1.145	600	34	2	2.961
LUCCA	PESCAGLIA	247	88	361	446	777	363	22	2	2.306
LUCCA	PORCARI	332	133	654	1.017	2.241	1.176	87	1	5.641
LUCCA	VILLA BASILICA	102	38	159	186	418	211	15	1	1.130
PISA	BIENTINA	278	106	600	916	2.191	997	52	2	5.142
PISA	CASTELFRANCO DI SOTTO	638	283	1.162	1.480	3.116	1.522	88	4	8.293
PISTOIA	BUGGIANO	376	158	734	971	2.327	1.052	66	1	5.685
PISTOIA	CHIESINA UZZANESE	224	80	391	505	1.164	534	35	1	2.934
PISTOIA	LAMPORECCHIO	385	136	630	884	1.867	857	75	4	4.838
PISTOIA	LARCIANO	400	147	578	794	1.549	770	57	1	4.296
PISTOIA	MASSA E COZZILE	354	143	559	864	1.997	1.005	53	3	4.978
PISTOIA	MONSUMMANO TERME	1.181	351	1.741	2.533	5.111	2.269	181	5	13.372
PISTOIA	MONTECATINI TERME	1.367	406	1.613	2.130	4.689	2.281	145	10	12.641
PISTOIA	PESCIA	904	321	1.518	2.189	4.705	2.226	163	9	12.035
PISTOIA	PIEVE A NIEVOLE	416	137	744	1.085	2.393	1.091	93	1	5.960
PISTOIA	PONTE BUGGIANESE	370	134	656	1.029	2.244	1.052	81	3	5.569
PISTOIA	UZZANO	204	84	393	698	1.494	708	45		3.626

Veicoli industriali (leggeri+pesanti) distinti per comune. Anno 2010

PROVINCIA	COMUNE	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	Non contemplato	Non identificato	TOTALE
FIRENZE	FUCECCHIO	320	185	367	477	360	143	11	1	1.864
LUCCA	ALTOPASCIO	201	107	275	411	311	109	6	2	1.422
LUCCA	CAPANNORI	606	294	758	1.088	1.087	298	15	4	4.150
LUCCA	LUCCA	1.054	437	1.038	1.682	1.571	570	20	7	6.379
LUCCA	MONTECARLO	64	31	80	119	99	26	1		420
LUCCA	PESCAGLIA	54	23	55	90	77	17			316
LUCCA	PORCARI	162	67	209	316	294	80	5		1.133
LUCCA	VILLA BASILICA	24	12	20	30	24	4			114
PISA	BIENTINA	87	55	136	183	165	42	3		671
PISA	CASTELFRANCO DI SOTTO	187	108	245	316	314	132	2	2	1.306
PISTOIA	BUGGIANO	99	40	135	167	171	36	2	1	651
PISTOIA	CHIESINA UZZANESE	50	33	69	87	103	38	6		386
PISTOIA	LAMPORECCHIO	165	63	145	199	145	39	5		761
PISTOIA	LARCIANO	105	67	131	160	122	65	2		652
PISTOIA	MASSA E COZZILE	103	56	137	200	172	51	3		722
PISTOIA	MONSUMMANO TERME	286	114	295	444	404	128	6		1.677
PISTOIA	MONTECATINI TERME	187	93	204	290	249	87	2	2	1.114
PISTOIA	PESCIA	290	119	293	411	334	80	4	3	1.534
PISTOIA	PIEVE A NIEVOLE	111	52	103	189	202	48	4		709
PISTOIA	PONTE BUGGIANESE	97	43	101	194	178	74	1	2	690
PISTOIA	UZZANO	61	50	89	113	94	31	2		440

Veicoli industriali (leggeri+pesanti) distinti per comune. Anno 2010

PROVINCIA	COMUNE	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	NON DEFINITO	TOTALE
FIRENZE	FUCECCHIO	320	185	367	477	360	143	11	1	1.864
LUCCA	ALTOPASCIO	201	107	275	411	311	109	6	2	1.422
LUCCA	CAPANNORI	606	294	758	1.088	1.087	298	15	4	4.150
LUCCA	LUCCA	1.054	437	1.038	1.682	1.571	570	20	7	6.379
LUCCA	MONTECARLO	64	31	80	119	99	26	1		420
LUCCA	PESCAGLIA	54	23	55	90	77	17			316
LUCCA	PORCARI	162	67	209	316	294	80	5		1.133
LUCCA	VILLA BASILICA	24	12	20	30	24	4			114
PISA	BIENTINA	87	55	136	183	165	42	3		671
PISA	CASTELFRANCO DI SOTTO	187	108	245	316	314	132	2	2	1.306
PISTOIA	BUGGIANO	99	40	135	167	171	36	2	1	651
PISTOIA	CHIESINA UZZANESE	50	33	69	87	103	38	6		386
PISTOIA	LAMPORECCHIO	165	63	145	199	145	39	5		761
PISTOIA	LARCIANO	105	67	131	160	122	65	2		652
PISTOIA	MASSA E COZZILE	103	56	137	200	172	51	3		722
PISTOIA	MONSUMMANO TERME	286	114	295	444	404	128	6		1.677
PISTOIA	MONTECATINI TERME	187	93	204	290	249	87	2	2	1.114
PISTOIA	PESCIA	290	119	293	411	334	80	4	3	1.534
PISTOIA	PIEVE A NIEVOLE	111	52	103	189	202	48	4		709
PISTOIA	PONTE BUGGIANESE	97	43	101	194	178	74	1	2	690
PISTOIA	UZZANO	61	50	89	113	94	31	2		440

Motocicli distinti per comune. Anno 2010

PROVINCIA	COMUNE	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	Non identificato	TOTALE
FIRENZE	FUCECCHIO	821	319	315	354		4	1.813
LUCCA	ALTOPASCIO	494	263	277	260			1.294
LUCCA	CAPANNORI	1.931	848	947	1.131		1	4.858
LUCCA	LUCCA	4.018	1.931	2.269	2.994		5	11.217
LUCCA	MONTECARLO	205	69	79	79		1	433
LUCCA	PESCAGLIA	186	78	59	57			380
LUCCA	PORCARI	269	130	150	181			730
LUCCA	VILLA BASILICA	65	21	29	29			144
PISA	BIENTINA	318	126	147	197			788
PISA	CASTELFRANCO DI SOTTO	460	166	189	166		1	982
PISTOIA	BUGGIANO	269	149	160	148			726
PISTOIA	CHIESINA UZZANESE	127	50	52	61			290
PISTOIA	LAMPORECCHIO	290	116	140	102			648
PISTOIA	LARCIANO	204	88	95	80		1	468
PISTOIA	MASSA E COZZILE	270	135	152	157			714
PISTOIA	MONSUMMANO TERME	580	371	373	381			1.705
PISTOIA	MONTECATINI TERME	628	338	329	346			1.641
PISTOIA	PESCIA	680	317	312	343			1.652
PISTOIA	PIEVE A NIEVOLE	328	193	167	172			860
PISTOIA	PONTE BUGGIANESE	234	114	144	138			630
PISTOIA	UZZANO	175	111	102	110			498

Motocicli distinti per comune. Anno 2013

PROVINCIA	COMUNE	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 5	Non definito	TOTALE
	FUCECCHIO	742	352	302	461		4	1.861
LUCCA	ALTOPASCIO	425	290	247	360			1.322
	CAPANNORI	1.636	944	891	1.530		2	5.003
	LUCCA	3.368	2.052	1.980	3.929		5	11.334
	MONTECARLO	184	67	75	121		1	448
	PESCAGLIA	161	88	63	69			381
	PORCARI	240	141	144	240		1	766
	VILLA BASILICA	52	27	26	46			151
PISA	BIENTINA	273	127	140	251			791
	CASTELFRANCO DI SOTTO	442	195	168	247		1	1.053
	BUGGIANO	213	152	135	218		1	719
	CHIESINA UZZANESE	106	66	54	85			311
	LAMPORECCHIO	253	124	121	137		1	636
	LARCIANO	190	90	95	111		1	487
	MASSA E COZZILE	219	138	132	210			699
	MONSUMMANO TERME	465	407	336	555			1.763
	MONTECATINI TERME	511	377	305	474		1	1.668
	PESCIA	566	364	256	464			1.650
	PIEVE A NIEVOLE	264	191	165	267		1	888
	PONTE BUGGIANESE	203	133	122	198			656
	UZZANO	147	108	85	138			478