4.4. Gli esiti della valutazione di Coerenza

Il PRQA è un piano settoriale i cui obiettivi discendono direttamente dalla normativa e per tale ragione nell'analisi effettuata si evidenzia una coerenza implicita con gli obiettivi definiti ai diversi livelli normativi.
Vi sono alcuni punti che sono stati trattati in misura marginale del piano, quali quello dei cambiamenti climatici per cui non sono state effettuate valutazioni specifiche (riduzione dei gas climalteranti) e quello relativo al tema delle fonti rinnovabili. La ricerca di integrazione tra il PTRQA e gli altri piani a livello provinciale potrà sopperire a questa carenza trovando le giuste sinergie per affrontare queste problematiche.
Vi sono poi alcuni aspetti, evidenziati con il simbolo 😐, che sono stati sottolineati in quanto di efficacia più limitata nell'ottica del risanamento della qualità dell'aria, oppure con interazioni non completamente positive con gli obiettivi del piano. Il primo è associato alle azioni di emergenza, che come tali, producono effetti non duraturi nel tempo e contribuiscono quindi in maniera limitata al raggiungimento degli obiettivi su più lungo periodo; queste azioni sono comunque importanti nelle situazioni di emergenza e possono comunque costituire una sinergia positiva con le politiche di ricambio del parco.
Il secondo è legato al recente tema delle biomasse utilizzate come combustibile, che va trattato con le dovute cautele viste le maggiori emissioni rispetto al metano.

5. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL PIANO

La Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale delle azioni contenute nel Piano Provinciale di Tutela e Risanamento Qualità dell'Aria della Provincia di Modena non può prescindere dal fatto che molte delle azioni individuate sono difficilmente quantificabili, inoltre i benifici ottenibili dipendono dal grado di attuazione delle medesime sull'intero territorio provinciale.
Vi è poi da ribadire che relativamente agli inquinanti a più alta criticità rilevati, ovvero ozono (O3), ossidi di azoto (NO2, NOx) e particolato sospeso con diametro aerodinamico inferiore a 10µm (PM10), risulta fondamentale considerare che il territorio assoggettato al piano è una porzione relativamente piccola dell'intero bacino interessato dal fenomeno, il bacino padano.

I confini della Valle Padana, formati da Appennini e Alpi creano infatti un'azione di confinamento degli inquinanti all'interno della pianura ove, per l'elevata presenza antropica, vengono emessi consistenti quantitativi di composti precursori della formazione di ozono, ossidi di azoto e particolato. Nel contempo, le caratteristiche meteorologiche dell'area risultano spesso sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, inducendo fenomeni di accumulo sull'intero territorio padano.
Ovviamente questo non può indurre ad una minore incisività nelle azioni da individuare, ma nel contempo la valutazione dei risultati ottenibili risulta più incerta.
A tal fine si è pensato di affrontare la valutazione degli effetti del piano procedendo ad una semplificazione, accorpando cioè le azioni previste nei diversi settori ed individuando un obiettivo di riduzione delle emissioni che queste azioni possono ragionevolmente comportare.
La valutazione quantitativa, tuttavia, non è stata possibile per tutte le azioni riportate, ma solamente per quelle in cui si è riusciti a reperire i dati necessari alle elaborazioni.
Di seguito si riportano gli scenari emissivi tendenziali e quelli risultanti dall'applicazione delle azioni del piano, valutate con la metodologia sopra richiamata.
Le azioni nel suo complesso sono quindi state valutate mediante stime modellistiche, al fine di pesarne l'effetto sulla qualità dell'aria.

5.1. Analisi delle tendenze e valutazione della riduzione delle emissioni negli scenari individuati

Il piano di risanamento della qualità dell'aria, così come previsto dalla normativa, ha lo scopo principale di individuare le criticità esistenti nel territorio e di porvi rimedio indicando una serie di azioni ed interventi a breve-medio e lungo termine, atti a garantire la protezione della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso.
Il percorso delineato dalla normativa per raggiungere gli obiettivi sopra esposti consiste nella costruzione di diversi scenari emissivi e di qualità dell'aria riferiti agli anni futuri che supportino le scelte in merito agli obiettivi di riduzione delle emissioni e conseguentemente conducano all'individuazione delle misure più idonee in termini di risultati e di costi.
Il primo passo è quindi quello di predisporre uno scenario emissivo di riferimento (senza azioni) che, partendo dallo scenario base (stato attuale), tenga conto delle norme e dei provvedimenti già pianificati al livello europeo, nazionale, regionale, provinciale e comunale aventi rilievo in materia di inquinamento atmosferico.
Alla base dello scenario di riferimento della qualità dell'aria vi è la predisposizione dell'inventario delle emissioni ottenuto effettuando, a partire dai dati aggiornati alla data del piano, una analisi dell'andamento tendenziale dei principali indicatori legati alle attività responsabili delle emissioni e degli effetti delle misure e dei provvedimenti già definiti dalla normativa (europea, nazionale, regionale, ecc.).
Questo scenario emissivo, attraverso l'applicazione di un modello di dispersione, fornirà indicazioni sulla qualità dell'aria e sul suo andamento tendenziale alla data prevista per il raggiungimento dei valori limite (2005 e 2010).
Di seguito, si riportano in dettaglio gli scenari emissivi di riferimento e gli scenari legati alle azioni che il piano ha individuato (scenari di piano) per i seguenti settori:

- **settore della combustione non industriale - Riscaldamento civile**
- **Settore degli allevamenti**
- **Settore mobilità**
- **Settore industriale**

Gli anni selezionati per costruire gli scenari di riferimento sono il 2007 e il 2012; la scelta è stata effettuata per due diverse ragioni: la prima, legata alla disponibilità delle stime sui flussi di traffico fornite dalla provincia che utilizzano proprio questi due anni di riferimento, la seconda, legata agli orizzonti temporali dettati dalla normativa: non potendo infatti scegliere esattamente questi due anni perché ormai superati o comunque troppo vicini all'anno di redazione del piano, si è giudicato un buon compromesso l'utilizzo del 2007 e del 2012 come anni di riferimento.

5.1.1. Scenari per le emissioni civili (combustione non industriale)

Dall'esame dei contributi del settore "Riscaldamento" all'inventario delle emissioni della Provincia di Modena riportate nel quadro conoscitivo, si evidenzia un contributo percentuale rispetto al totale delle emissioni non molto elevato (per SO2 circa 4%, per NO2 circa 8% del totale e per PM10 solo lo 0,2%), anche se occorre considerare che questo tipo di emissioni si sviluppa solo nei mesi invernali, portando così il proprio contributo ad un'importanza superiore nel periodo dell'anno a maggiore criticità.
Il combustibile più diffuso per il riscaldamento è il gas metano (in percentuali superiori al 90%) seguono GPL, gasolio e olio combustibile. Questi combustibili sono caratterizzati da emissioni abbastanza limitate di PM10 primario (se si esclude l'olio combustibile), mentre l'emissione più significativa è quella relativa agli ossidi di azoto NOX, che oltre ad essere inquinanti critici (NOX-NO2) sono anche i principali precursori del PM10 secondario.
Queste considerazioni, unite al fatto che il settore del riscaldamento civile risulta altamente energivoro, indirizzano a dedicare attenzione a questo settore al fine di ridurre sia le conseguenze sulla qualità dell'aria (emissioni di inquinanti), che sul consumo di energia (emissioni di CO2).
Si evidenzia infatti che a livello nazionale il settore della combustione non industriale è stato caratterizzato da progressi in termini di riduzione delle emissioni minori rispetto agli altri settori, anzi si è registrato a livello nazionale un incremento (+27%) delle emissioni di PM10 primario da riscaldamento civile nel periodo 1990-2002, a fronte di riduzioni in tutti gli altri settori (fonte: Inventario Nazionale emissioni atmosferiche APAT).
Per questa ragione una parte delle azioni previste nel Piano di azione per l'energia e lo sviluppo sostenibile (PAEES) e riprese dal PTRQA sono riferite al settore civile.
Il Servizio Risorse del Territorio ed Impatto Ambientale della Provincia di Modena ha fornito una stima della riduzione complessiva dei consumi di gas metano al 2007 e al 2012 in base agli obiettivi di risparmio energetico contenuti nel PAESS. Questa stima ha permesso di valutare, agli orizzonti temporali considerati, le riduzioni in termini emissivi, riportate successivamente negli scenari di piano.
Lo scenario di riferimento è invece stato costruito ipotizzando un incremento lineare dei consumi rispetto a quanto registrato negli ultimi anni. Di seguito si riportano in dettaglio le valutazioni effettuate.

Scenari di riferimento (senza azioni)

Come già descritto nel capitolo dell'inventario alle emissioni, la metodologia utilizzata per la valutazione delle emissioni da riscaldamento civile si basa sui dati di consumo provinciale e sulla popolazione comunale per la disaggregazione sul dettaglio comunale. Sono stati definiti 2 scenari per ogni anno di riferimento, considerando una unica proiezione dei consumi e due proiezioni di popolazione, come riassunto in *Tab. n° 1*.

2007	Scenario 1	Consumo 2007 (tendenza lineare dal 1995)	Stima media della popolazione al 2007
	Scenario 2		Stima massima della popolazione al 2007
2012	Scenario 1	Consumo 2012 (tendenza lineare dal 1995)	Stima media della popolazione al 2012
	Scenario 2		Stima massima della popolazione al 2012

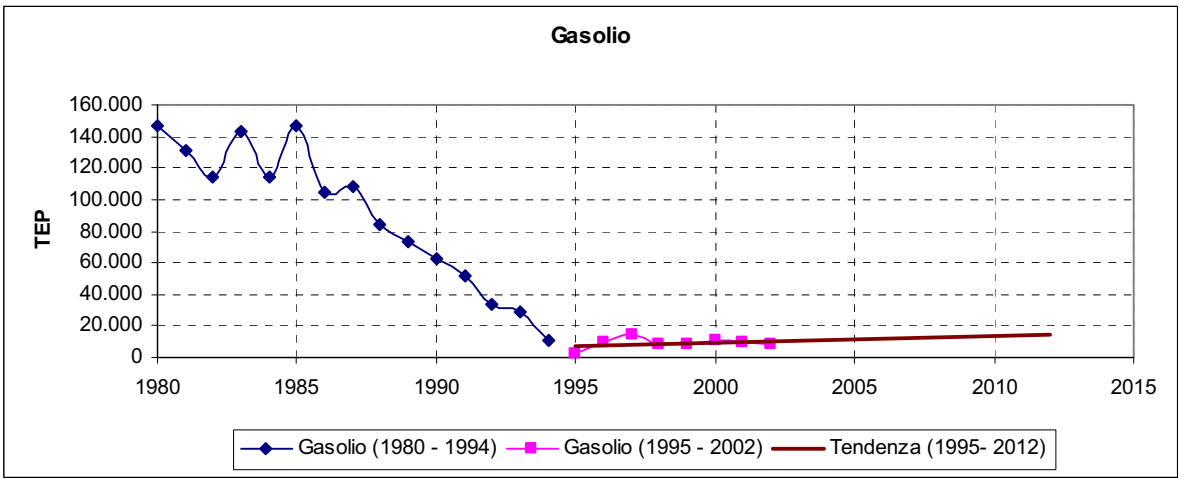
Tab. n° 1: scenari di riferimento (senza azioni) per le emissioni civili

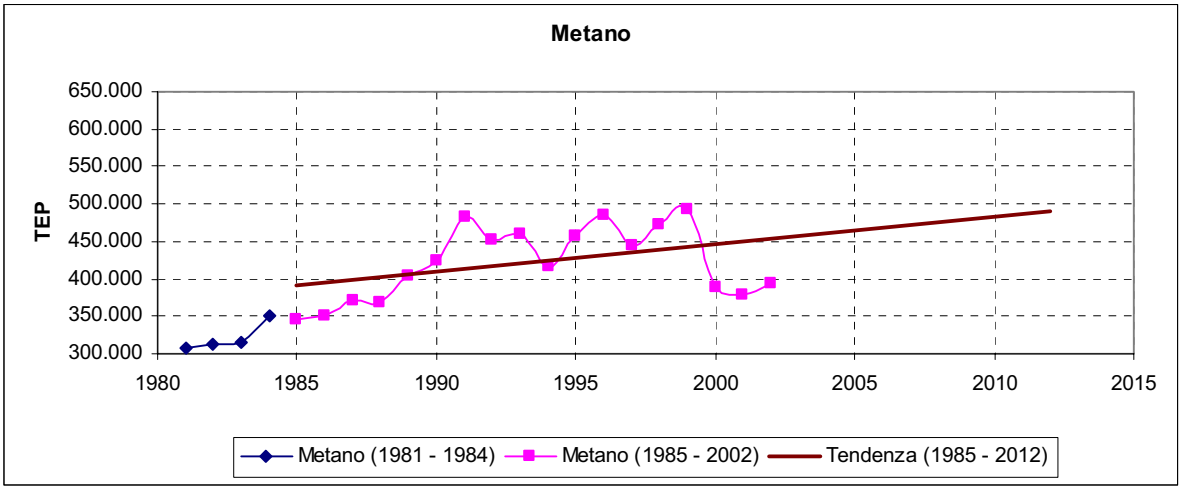
Stima dei consumi al 2007 e al 2012

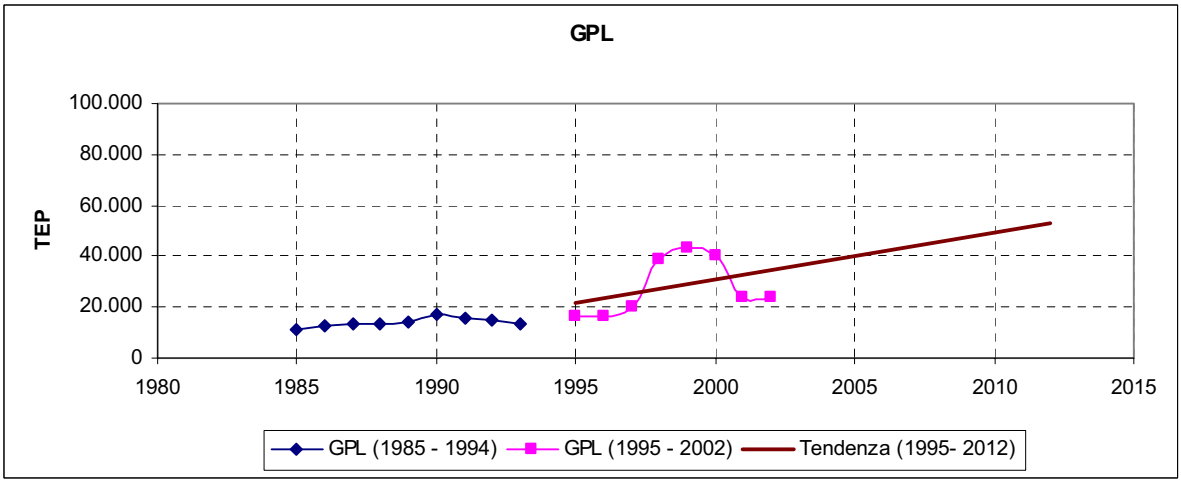
Il consumo di combustibile ad uso civile al 2007 e al 2012 è stato valutato considerando la retta di tendenza ricostruita con i dati dei consumi a partire dal 1995. Questo ad eccezione del Metano, che dimostrava dal 1985 in poi dati in crescita senza evidenti discontinuità.
In *Tab. n° 2* vengono riportate, in tonnellate equivalenti di petrolio (TEP), le vendite di combustibili ad uso civile fino al 2002; per gli anni successivi si è applicato il metodo dei minimi quadrati per trovare la retta che meglio approssimasse l'andamento negli anni presi in considerazione. In *Fig. n° 1* questi andamenti sono mostrati graficamente.

	Gasolio (TEP)	Metano (TEP)	GPL (TEP)	Olio Combustibile (TEP)
1980	146.705			200.411
1981	131.119	307.815		194.171
1982	114.159	312.879		131.021
1983	143.513	315.306		114.337
1984	114.705	351.347		82.615
1985	146.267	344.938	10.971	71.374
1986	105.190	350.863	12.525	69.652
1987	108.103	371.467	13.597	65.074
1988	84.722	367.410	13.637	77.951
1989	73.475	405.104	14.315	57.407
1990	62.515	424.229	17.040	35.385
1991	51.875	482.987	16.026	31.953
1992	33.463	451.917	14.562	30.826
1993	28.997	460.506	13.107	23.936
1994	10.857	415.556	14.566	16.457
1995	1.969	457.114	16.547	15.368
1996	9.353	484.301	16.187	9.941
1997	14.943	444.514	19.861	9.988
1998	8.172	471.657	38.815	10.442
1999	8.386	492.574	43.518	8.132
2000	11.284	389.811	40.113	7.810
2001	9.372	377.434	23.729	9.898
2002	8.695	394.576	24.103	10.882
2003	10.973	456.555	36.220	8.140
2004	11.406	460.245	38.077	7.658
2005	11.840	463.936	39.935	7.176
2006	12.273	467.626	41.793	6.695
2007	12.707	471.316	43.651	6.213
2008	13.140	475.007	45.509	5.731
2009	13.574	478.697	47.367	5.249
2010	14.008	482.387	49.225	4.768
2011	14.441	486.077	51.083	4.286
2012	14.875	489.768	52.941	3.804

Tab. n° 2: vendite di combustibili e trend lineare calcolato dal 2003 al 2012.







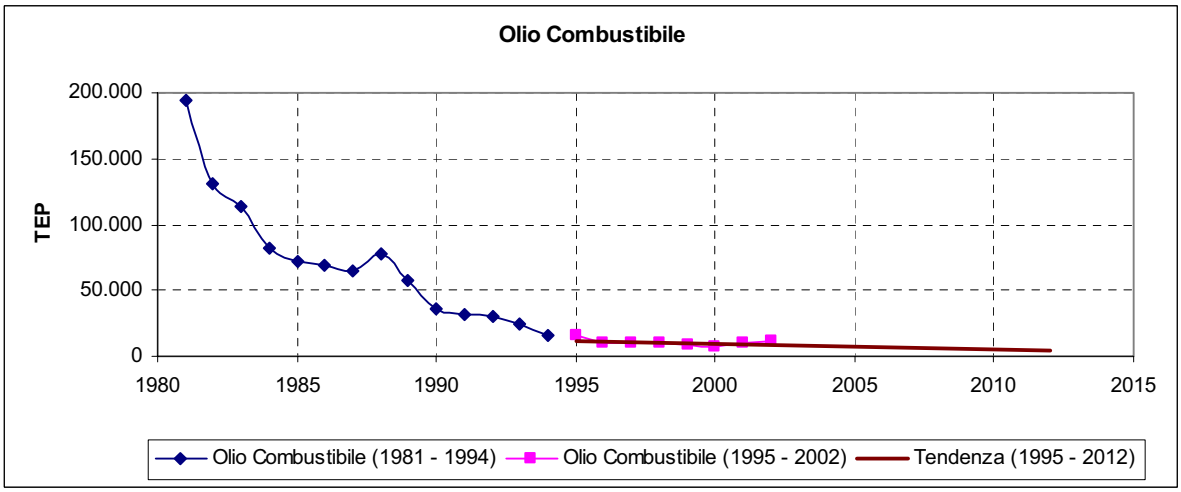


Fig. n° 1: trend delle vendite di combustibili ad uso civile e linea di tendenza

Stima della popolazione comunale al 2007 e al 2012

La proiezione del dato di popolazione comunale è stato estratto dalla pubblicazione "*Previsioni demografiche 2003 – 2014 per i Comuni e le aree sovracomunali della Provincia di Modena*" redatta dall'Area Programmazione e Pianificazione Territoriale – Servizio Statistico e Osservatorio Economico Sociale della Provincia di Modena .
Sono state prese in considerazione due ipotesi di trend della popolazione:

- Uno scenario medio in cui il trend dei flussi migratori è posto uguale al valore medio 1999 – 2001
- Uno scenario massimo in cui il trend dei flussi migratori è posto uguale al livello massimo del periodo 1997 – 2001

In *Tab. n° 3* viene riportata la popolazione al 2001, le proiezioni al 2007 e al 2012 per i 47 Comuni della Provincia e la variazione percentuale dell'ipotesi di massima rispetto alla popolazione al 2001.

Comune	2001	2007 media	2007 max	2012 med	2012 max	Δ% 2007	Δ% 2012
Bastiglia	3.359	3.908	4.251	4.489	5.205	26,6%	55,0%
Bomporto	7.583	8.881	9.176	9.980	10.590	21,0%	39,7%
Campogalliano	7.762	8.305	8.542	8.776	9.273	10,0%	19,5%
Camposanto	3.051	3.053	3.106	3.051	3.170	1,8%	3,9%
Carpi	61.476	64.480	64.721	66.336	66.838	5,3%	8,7%
Castelfranco Emilia	25.096	28.489	28.658	31.206	31.554	14,2%	25,7%
Castelnuovo Rangone	12.096	13.513	13.632	14.754	15.000	12,7%	24,0%
Castelvetro Di Modena	9.589	10.691	10.908	11.567	12.015	13,8%	25,3%
Cavezzo	6.722	7.087	7.237	7.386	7.698	7,7%	14,5%
Concordia Sulla Secchia	8.337	8.609	8.665	8.747	8.864	3,9%	6,3%
Fanano	2.910	2.861	2.919	2.849	2.966	0,3%	1,9%
Finale Emilia	15.141	15.498	15.601	15.701	15.914	3,0%	5,1%
Fiorano Modenese	16.137	16.490	16.596	16.694	16.923	2,8%	4,9%
Fiumalbo	1.370	1.253	1.287	1.159	1.226	-6,1%	-10,5%
Formigine	30.073	32.448	32.921	34.420	35.399	9,5%	17,7%
Frassinoro	2.154	1.985	2.018	1.824	1.889	-6,3%	-12,3%
Guiglia	3.739	4.438	4.491	5.047	5.156	20,1%	37,9%
Lama Mocogno	3.032	3.114	3.225	3.196	3.423	6,4%	12,9%
Maranello	15.912	16.346	16.603	16.669	17.212	4,3%	8,2%
Marano Sul Panaro	3.750	3.932	3.989	4.161	4.279	6,4%	14,1%
Medolla	5.573	5.813	5.879	5.957	6.091	5,5%	9,3%
Mirandola	22.068	22.664	22.902	23.145	23.643	3,8%	7,1%
Modena	175.502	180.194	180.592	181.817	182.658	2,9%	4,1%
Montecreto	929	861	881	798	839	-5,2%	-9,7%
Montefiorino	2.317	2.313	2.341	2.324	2.378	1,0%	2,6%
Montese	3.181	3.209	3.246	3.251	3.326	2,0%	4,6%
Nonantola	12.530	13.774	14.044	14.692	15.248	12,1%	21,7%
Novi Di Modena	10.427	10.868	10.898	11.242	11.305	4,5%	8,4%
Palavano	2.466	2.329	2.557	2.204	2.670	3,7%	8,3%
Pavullo Nel Frignano	15.119	16.613	17.035	17.904	18.189	12,7%	20,3%
Pievepelago	2.120	2.176	2.248	2.213	2.361	6,0%	11,4%
Polinago	1.867	1.879	2.033	1.882	2.198	8,9%	17,7%
Prignano Sulla Secchia	3.551	3.674	3.862	3.821	4.206	8,8%	18,4%
Ravarino	5.316	6.215	6.383	6.970	7.315	20,1%	37,6%
Riolunato	737	712	818	681	896	11,0%	21,6%
San Cesario Sul Panaro	5.302	5.479	5.577	5590	5.792	5,2%	9,2%
San Felice Sul Panaro	10.055	10.820	10.848	11.508	11.566	7,9%	15,0%

Comune	2001	2007 media	2007 max	2012 med	2012 max	Δ% 2007	Δ% 2012
San Possidonio	3.500	3.742	3.820	3.928	4.092	9,1%	16,9%
San Prospero	4.448	5.054	5.181	5.422	5.688	16,5%	27,9%
Sassuolo	39.852	40.980	41.295	40.697	41.195	3,6%	3,4%
Savignano Sul Panaro	8.325	8.707	8.990	8.973	9.565	8,0%	14,9%
Serramazzoni	6.883	8.036	8.048	8.963	8.988	16,9%	30,6%
Sestola	2.670	2.550	2.555	2.444	2.453	-4,3%	-8,1%
Soliera	13.222	14.753	15.012	16.033	16.573	13,5%	25,3%
Spilamberto	10.973	11.490	11.665	11.854	12.216	6,3%	11,3%
Vignola	21.178	23.194	23.285	24.699	24.885	9,9%	17,5%
Zocca	4.593	4.895	5.005	5.176	5.401	9,0%	17,6%
Totale	633.993	668.375	675.546	692.200	706.331	6,6%	11,4%

Tab. n° 3: popolazione al 2001, proiezioni nello scenario medio e massimo al 2007 e al 2012 e variazione percentuale della popolazione nello scenario massimo rispetto al 2001.

L'ipotesi di proiezione della popolazione (media o massima), essendo quest'ultima la variabile usata per la disaggregazione del dato a livello comunale, non modifica il quantitativo annuo di emissione provinciale, legato ai consumi, ma soltanto la sua distribuzione sul territorio comunale.

Scenari di piano

Come riportato in premessa, lo scenario di piano è stato costruito considerando la piena attuazione delle azioni previste nel PAEES per il settore civile. Le percentuali di riduzione dei consumi di metano complessivi su tutti i settori sono state fornite dalla Provincia in base agli obiettivi di risparmio energetico contenuti nel PAESS. Per ricondurre questo dato al consumo di metano del settore civile è stata applicata una percentuale del 29%, pari alla percentuale dei consumi di questo settore rispetto al dato totale del 2002.
Le stime di consumo di metano ad uso civile risultanti sono riportate in *Tab. n° 4*.

	Metano (TEP)		
	PTRQA		Tendenza lineare (scenario senza azioni)
	Totale	Civile	Civile
2007	1.493.943	433.243	471.316
2012	1.412.953	409.756	489.768

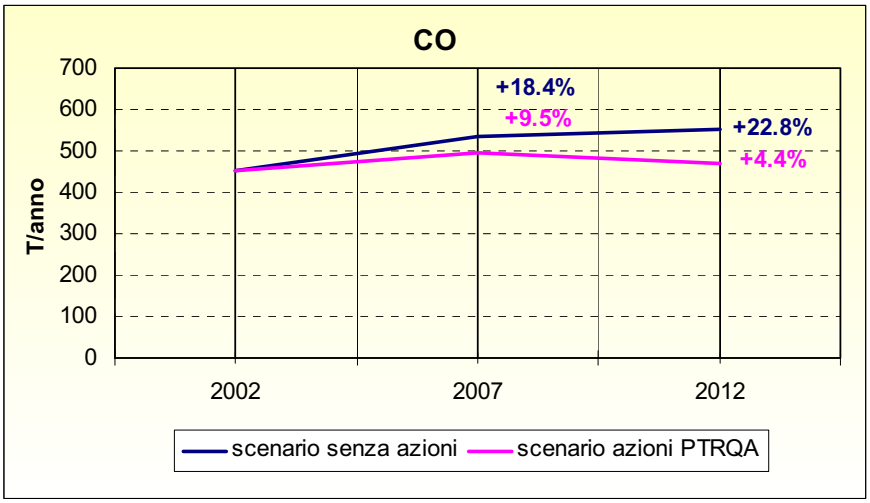
Tab. n° 4: consumi di metano ad uso civile al 2007 e al 2012 previsti con piena attuazione delle azioni del PAESS e dato di tendenza lineare già commentato nello scenario di riferimento (senza azioni).

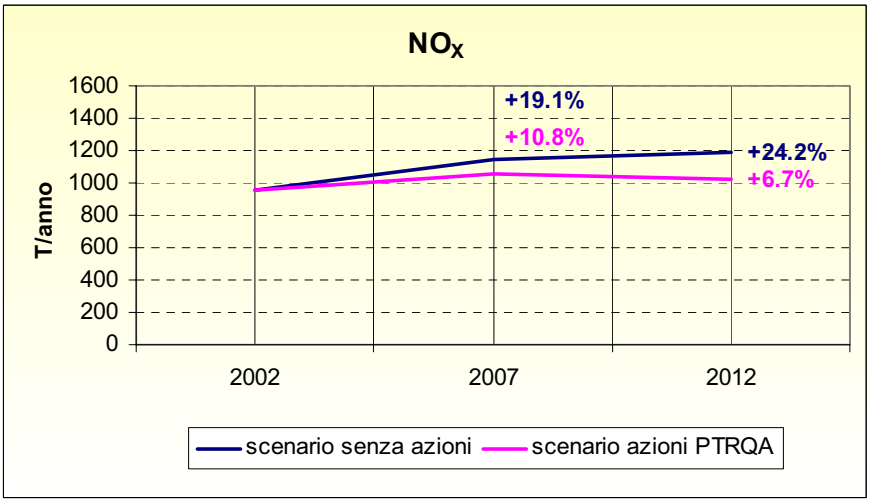
Risultati degli scenari

In *Tab. n° 5* e in *Fig. n° 2* vengono riportati i risultati dei quantitativi emissivi annui per gli scenari ipotizzati a livello provinciale.
Si osserva che per gli ossidi di zolfo (SO_X) non vi è alcuna differenza tra lo scenario di riferimento (senza azioni) e l'applicazione del PAESS in quanto il metano, unico combustibile per il quale il piano energetico prevede una riduzione, non produce emissioni di SO_X (vedi tabella dei fattori di emissione per il metano ad uso civile in allegato). Invece, per tutti gli altri inquinanti, l'applicazione del PAESS produce una riduzione all'aumento "naturale" delle emissioni dell'ordine di circa il 5% al 2007 e del 20% al 2012.

	CO		NO_X		PM_{10}		NMVOC		SO_X	
	t/a	Δ% 2002	t/a	Δ% 2002	t/a	Δ% 2002	t/a	Δ% 2002	t/a	Δ% 2002
2002 attuale	451		957		2,2		86		68	
2007 senza azioni	534	18,4%	1140	19,1%	2,8	27,3%	104	20,9%	69	1,5%
2007 azioni PTRQA	494	9,5%	1061	10,8%	2,7	22,7%	96	11,6%	69	1,5%
2012 senza azioni	554	22,8%	1189	24,2%	3,1	40,9%	109	26,7%	70	2,9%
2012 azioni PTRQA	471	4,4%	1022	6,7%	2,8	22,7%	92	7,0%	70	2,9%

Tab. n° 5 - Quantitativi annui provinciali per gli scenari ipotizzati e variazioni percentuali rispetto alla situazione attuale.





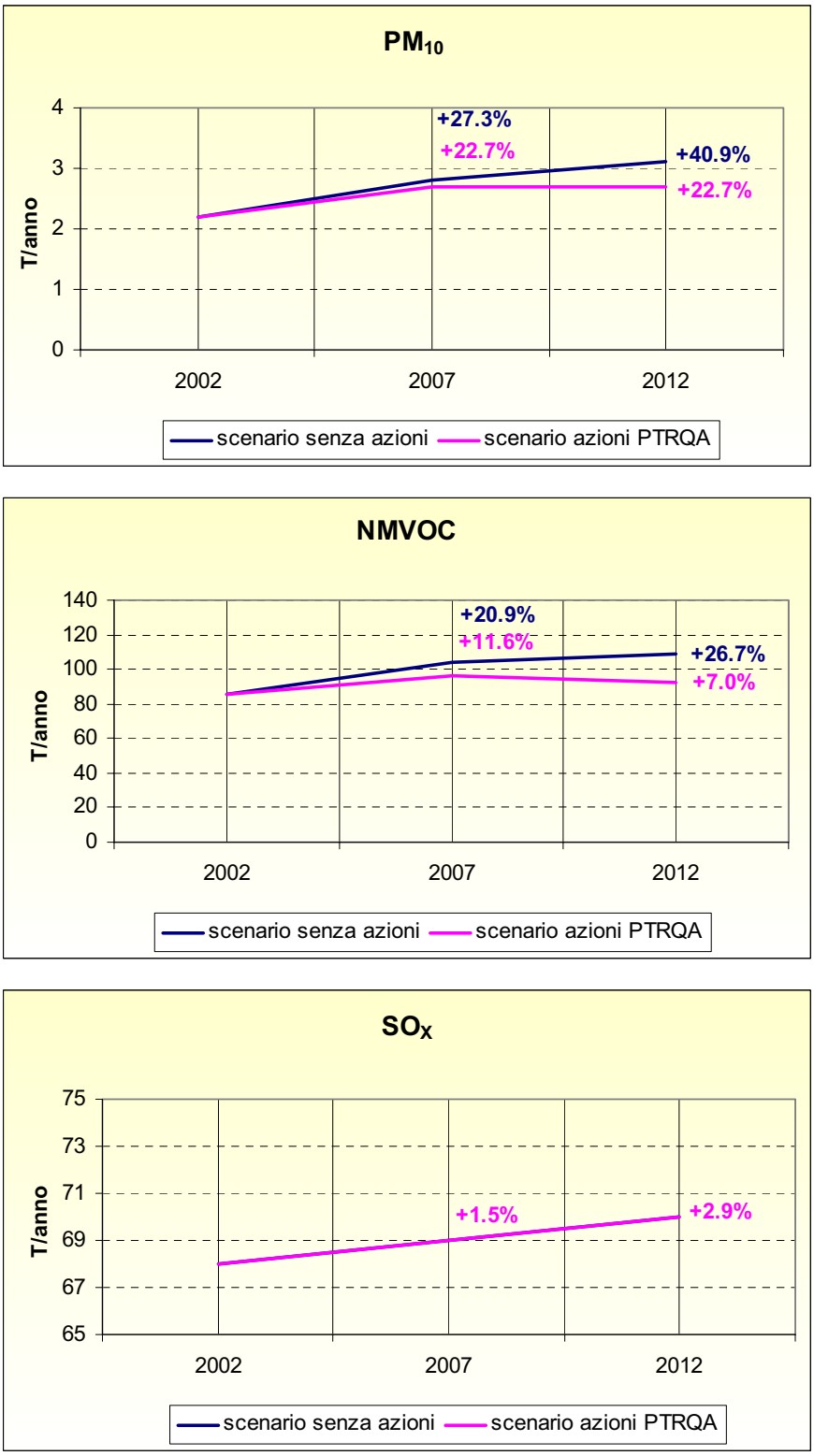


Fig. n° 2: andamento del quantitativo annuo di inquinanti nei differenti scenari

5.1.2. Scenari per le emissioni da allevamenti

Il settore dell'allevamento degli animali, molto sviluppato nella nostra provincia, contribuisce alla quasi totalità delle emissioni di ammoniaca della provincia di Modena, oltre che a quantitativi non trascurabili (4%) di polveri primarie. Tenendo conto che l'ammoniaca è un precursore della parte inorganica (costituita da ammonio, nitrati e solfati) del PM10 secondario, il peso degli allevamenti sulle emissioni di questo inquinante risulta sicuramente superiore rispetto a quanto stimato a livello primario.
Il piano prevede in questo settore il contenimento delle emissioni di ammoniaca e di ossidi di azoto attraverso un progetto (progetto "Mosaico") volto all'introduzione di migliori tecniche gestionali, tra cui strategie legate all'alimentazione (riduzione del tenore di azoto nella dieta).
Si ritiene inoltre che miglioramenti consistenti deriveranno dell'applicazione della direttiva IPPC, che prevede il rilascio entro ottobre 2007 dell'autorizzazione ambientale integrata (AIA) a circa 50 imprese di allevamento (su 1913 totali). In questo contesto l'applicazione delle migliori tecniche disponibili porterà ad una riduzione dei fattori di emissione, la cui entità è stata stimata dal Centro Ricerche Produzioni Animali (CRPA, "Allevamenti a basso impatto ambientale", L'informatore agrario, 2003).
In questo contesto il piano si pone come obiettivo quello dell'applicazione delle MTD a tutti gli allevamenti della provincia, non sono a quelli soggetti per numero di capi alla direttiva IPPC.
Questo obiettivo è stato quindi quantificato nello scenario di piano, all'orizzonte temporale del 2012. Non è stato invece possibile quantificare gli effetti derivanti da progetto "Mosaico", per mancanza di dati quantificabili.
Lo scenario di riferimento è stato invece mantenuto invariato, anche se la tendenza, come emerge nel quadro conoscitivo, è quella di una riduzione del patrimonio zootecnico provinciale variabile dal – 5-6% dei bovini, caprini e ovini, al -2,4% dei suini.

Scenario di piano

Come richiamato in precedenza, lo scenario di piano è stato costruito considerando l'applicazione delle migliori tecniche disponibili per gli allevamenti avicoli e suinicoli intensivi, previste dalla Direttiva IPPC (96/61/CE). Sono soggetti alla Direttiva gli allevamenti definiti come "impianti per l'allevamento intensivo di pollame o di suini" con più di:

- 40.000 posti pollame
- 2.000 posti di suini da produzione (di oltre 30 Kg)
- 750 posti scrofe

La fonte per i fattori di riduzione delle emissioni è un lavoro effettuato dal CRPA (Centro Ricerche Produzioni Animali) che ha stimato la riduzione percentuale di ammoniaca per gli allevamenti di galline ovaiole, scrofe e suini da ingrasso (CRPA, "Allevamenti a basso impatto ambientale", L'informatore agrario, 2003)
La percentuale di riduzione dell'emissione dipende dalla tecnica applicata; non disponendo al momento di informazioni su quali saranno le tecniche principalmente adottate negli allevamenti della Provincia, è stato scelto di utilizzare le percentuali di riduzione massima e minima raggiungibili tra tutte le BAT potenzialmente applicabili.
Le percentuali di riduzione selezionate sono riportate in *Tab. n° 6*.

Specie	% riduzione NH3	
	Minima	Massima
Galline ovaiole	58%	88%
Suini da ingrasso	20%	70%
Scrofe	20%	70%

Tab. n° 6: percentuali di riduzione minime e massime di ammoniaca in seguito all'applicazione delle BAT

Tra tutti gli allevamenti provinciali, in base alle domande di autorizzazione agli spandimenti ai sensi della legge L.R. 50/95, è stato individuato, per singolo Comune, il numero complessivo di capi appartenenti agli allevamenti più consistenti e pertanto soggetti alla Direttiva IPPC.
Il numero di galline ovaiole, suini e scrofe soggetto alla Direttiva è riportato in *Tab. n° 7* , suddiviso per comune.
Per i Comuni di Castelvetro e Serramazzoni, il numero totale di galline ovaiole soggette alla Direttiva è superiore a quello del censimento ISTAT 2000; è stato allora supposto che, tutti i capi di questa specie, siano soggetti alla direttiva. Per quanto riguarda gli altri Comuni, invece, il numero di capi IPPC risulta inferiore a quello del censimento.
Il procedimento adottato per la proiezione al 2007 è stato allora quello di considerare un fattore di emissione per capo (Capitolo 2 – L'inventario delle emissioni – Le emissioni da allevamenti) ridotto delle percentuali in *Tab. n° 6* per i capi soggetti alla direttiva IPPC e mantenere il fattore di emissione originale per tutti gli altri. E' stata inoltre fatta l'assunzione, comunque cautelativa, che la popolazione di animali allevati per specie rimanesse costante negli anni.

Comune	Galline ovaiole			Scrofe			Suini		
	Capi IPPC	Capi ISTAT 2000	%IPPC	Capi IPPC	Capi ISTAT 2000	% IPPC	Capi IPPC	Capi ISTAT 2000	%IPPC
Castelfranco E.				1.341	2.905	46,2	2.749	14.146	24,7
Castelvetro	55.000	52.560		1.064	1.271	83,7	8.136	10.393	78,3
Formigine	34.344	38.603	89,0	4.035	7.312	55,2	32.145	51.427	62,5
Modena				2.980	5.156	57,8	16.859	32.230	52,3
San Prospero				762	1.079	70,6	5.829	6.236	93,5
Serramazzoni	48.000	40.430							
Soliera				2.266	5.279	42,9	9.893	24.354	40,6
Le celle evidenziate riguardano i due Comuni in cui il numero di capi IPPC risulta maggiore di quello del censimento (probabili nuovi allevamenti sorti nel triennio 2000-2003).									

Tab. n° 7: numero di capi per Comune soggetti alla normativa IPPC e numero di capi secondo il censimento ISTAT 2000.

Lo scenario al 2012 è stato infine realizzato ipotizzando la penetrazione totale delle migliori tecniche disponibili, quindi il fattore di emissione, ridotto con le percentuali di *Tab. n° 6*, è stato applicato a tutti i capi allevati.
In *Tab. n° 8* vengono riassunti gli scenari considerati.

2007	Scenario 1	Capi IPPC	% riduzione minima di NH_3
	Scenario 2		% riduzione massima di NH_3
2012	Scenario 1	Tutti i capi	% riduzione minima di NH_3
	Scenario 2		% riduzione massima di NH_3

Tab. n° 8: scenari delle emissioni da allevamenti

Risultati degli scenari

In *Tab. n° 9* vengono riportati i risultati dei quantitativi annui provinciali per gli scenari ipotizzati.
Si osserva una certa differenza tra le due ipotesi di riduzione (minima e massima) che si amplifica al 2012 dove il numero di capi soggetto ad IPPC è stato considerato nella sua totalità. In *Fig. n° 3* vengono mostrati graficamente i risultati della *Tab. n° 9*.

	NH_3	
	t/anno	**Δ% 2000**
2000 attuale	6.471	
2007 riduzione minima	6.316	-2,4%
2007 riduzione massima	5.982	-7,6%
2012 riduzione minima	5.864	-9,4%
2012 riduzione massima	4.504	-30,4%

Tab. n° 9: quantitativi annui provinciali per gli scenari ipotizzati e variazioni percentuali rispetto alla situazione attuale.

Tenendo conto che la Direttiva prevede l'applicazione delle BAT agli allevamenti di pollame in generale (inclusi anche pollastri, tacchini, anatre e faraone che non sono stati presi in considerazione per la mancanza delle relative percentuali di riduzione delle emissioni), le riduzione previste possono risultare complessivamente sottostimate.

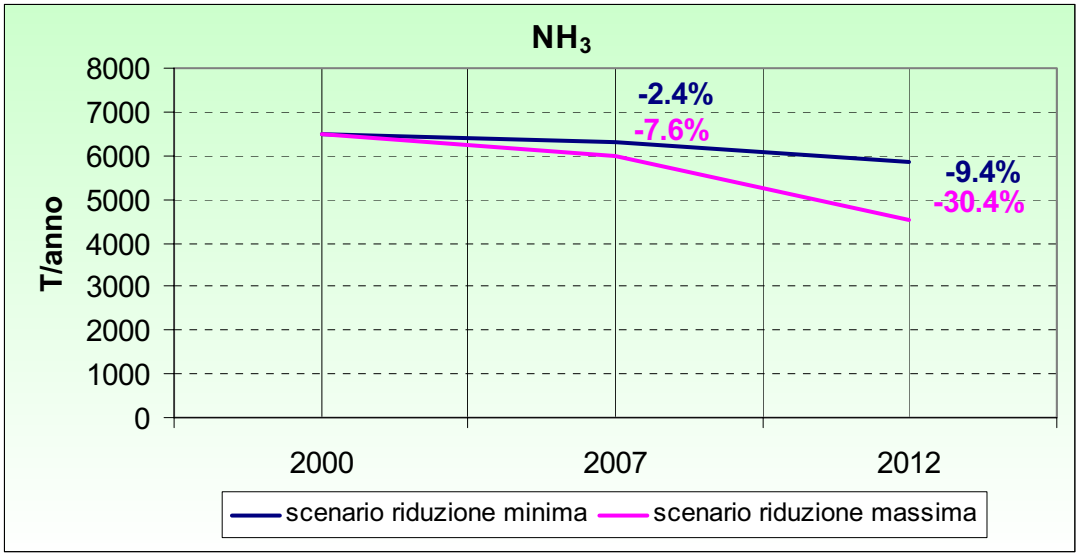


Fig. n° 3: andamento del quantitativo annuo di ammoniaca nei due diversi scenari

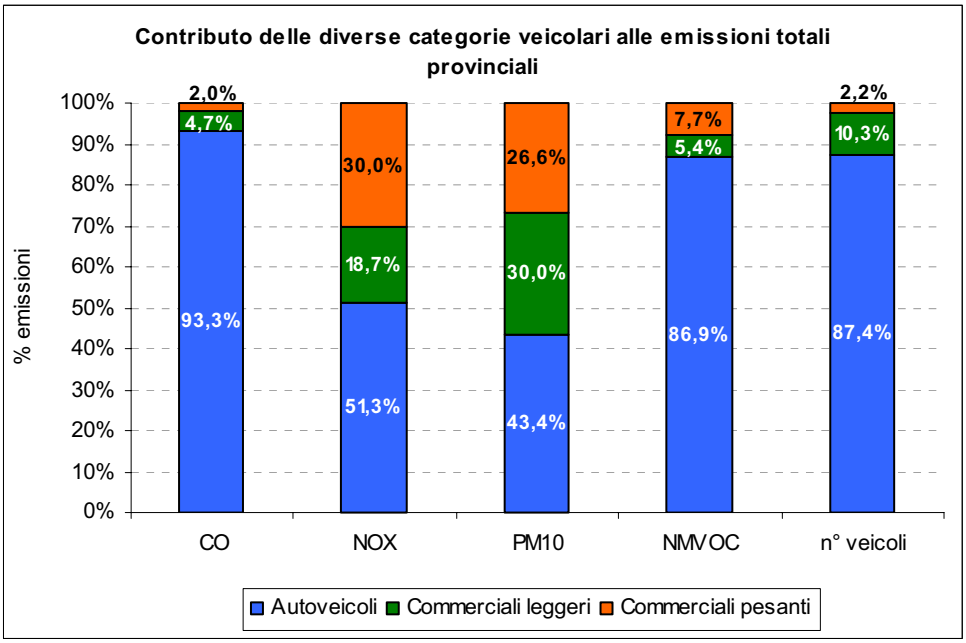
Viste le notevoli differenze che si riscontrano nelle due ipotesi di riduzione, in fase di autorizzazione integrata ambientale, per quanto possibile, si dovrà far ricorso alle tecnologie con un maggior impatto in termini di riduzione delle emissioni.

5.1.3. Scenari per le emissioni da traffico

Dall'esame dei contributi del settore "Traffico" alle emissioni della Provincia si rileva:

1. per il particolato (PM10) un peso predominante pari al 54,6%
2. per quanto riguarda il biossido di azoto (NO2) la percentuale sale al 72%
3. per i composti organici volatili (COV), un contributo pari al 74% (in questo caso probabilmente sovrastimato a causa di una corrispondente sottostima del peso industriale)

Dal quadro conoscitivo del Piano emerge quindi chiaramente come il peso della mobilità risulti prioritario, rispetto alle diverse altre componenti. In particolare, la quota di emissioni da traffico nella Provincia di Modena risulta ripartita fra autoveicoli, commerciali leggeri, commerciali pesanti nelle percentuali indicate in figura.



Considerando gli autoveicoli ed individuando come indicatori principali le emissioni di PM10 ed NOX si possono evidenziare le seguenti percentuali:

1. delle 735 t/anno di polveri, più del **65 %** viene emesso dai veicoli diesel con percentuali analogamente ripartite tra PRE Euro (20%), EURO II (23%) e EURO III (20%); meno importanti gli EURO I diesel in quanto presenti in numero limitato (3%). I veicoli a benzina, pur avendo emissioni di polveri complessivamente limitate, contribuiscono per il restante **32%**, con percentuali diverse soprattutto nel passaggio tra vetture PRE EURO (12%) e vetture immatricolate successivamente (EURO I → 6%, EURO II → 9% e EURO III → 5%)
2. Per gli NOX, dovuti per più del 50% (4600 t/anno) agli autoveicoli, i quantitativi più consistenti vengono emessi dalle vetture a benzina (**64%**) con un contributo di più del **40%** delle auto PRE EURO; i veicoli diesel contribuiscono con percentuali attorno al **29%** ed in questo caso risultano più importanti le emissioni delle auto EURO II (12%) e EURO III (11%) a causa della loro numerosità.

Un contributo importante alla emissioni complessive da traffico è determinato anche dall'autostrada che incide sui quantitativi totali con percentuali variabili che risultano rilevanti, in particolare per PM10 (23%) ed NOx (26%).

In questo quadro generale si inseriscono le numerose azioni previste dal piano per il settore mobilità, tra cui il rinnovo del parco, per limitare il contributo dei veicoli più vecchi ancora abbastanza consistente, l'utilizzo di combustibili alternativi e di filtri antiparticolato, per limitare il contributo dei veicoli diesel, che risulta importante anche per le categorie più nuove.
Verso la riduzione delle emissione prodotte dai veicoli commerciali leggeri e pesanti, vanno invece tutte le azioni rivolte alla logistica urbana e delle merci (distretto ceramico).
La riduzione delle emissioni ottenibili con i miglioramenti tecnologici, non sono però sufficienti a limitare i problemi di congestione, rumorosità ed incidentalità che l'utilizzo del mezzo privato comporta.
Sono necessarie politiche forti volte al potenziamento delle modalità di trasporto alternative.
Per questo motivo, negli scenari di piano, particolare risalto è stato dato a quelle azioni volte al trasferimento di quote di utilizzatori dalla mobilità privata a quella pubblica (sia su gomma che su rotaia). Analoga scelta è stata effettuata ipotizzando che il potenziamento del sistema ferroviario possa comportare una riduzione dell'utilizzo della gomma per il trasporto delle merci.
Complessivamente si ipotizza che le azioni previste dal piano possano portare ad una riduzione del traffico privato pari al 15% e del traffico pesante pari al 10%.
Non sono qui quantificate tutte quelle azioni, che possiamo definire minori, volte al ricambio dei mezzi delle amministrazioni pubbliche, agli incentivi per il ricambio del parco, all'incremento delle piste ciclabili ecc, che pur importanti nel quadro generale, risultano più difficilmente quantificabili.
In merito al rinnovo del parco, si tenuto conto di questo nella costruzione dello scenario di riferimento ipotizzando che questo avvenga con le modalità che lo hanno caratterizzato negli ultimi anni.
Di seguito si riportano in dettaglio gli scenari analizzati.

Scenari di riferimento (senza azioni)

Sono state definite due proiezioni, una al 2007 e una al 2012 considerando i flussi aggiornati di traffico e l'evoluzione del parco auto provinciale sia in numero che in distribuzione di classi d'età.
Le proiezioni dei flussi di traffico, fornite dal **Servizio Trasporti della Provincia di Modena**, sono state determinate nel modo seguente:

- **Flussi al 2007**: realizzati con l'utilizzo delle matrici O-D (censimento 1991) aggiornate al 2007 (unico anno disponibile) e considerando la realizzazione degli interventi infrastrutturali già previsti ed effettivamente realizzabili nel medio periodo. Le matrici O-D sono state costruite applicando un incremento di traffico pari all'1,5% annuo, sia alle auto che ai mezzi pesanti.
- **Flussi al 2012:** realizzati con l'utilizzo della Matrice O-D al 2012 (unico anno disponibile) per le auto, e delle apposite matrici O-D modificate per i mezzi pesanti tenendo conto di un incremento medio annuo pari all'1%. Questo scenario prende già in considerazione la realizzazione dei transit-point.

Per i flussi autostradali, forniti per lo stato attuale direttamente dalle Società Autostrade (Autobrennero e Società Autostrade per l'Italia), è stato considerato un incremento annuo pari all'1%.
Come già descritto, i fattori di emissione dipendono dalla categoria del veicolo e, a parità di categoria, dalla cilindrata e dal ciclo di guida.
Per la stima delle emissioni occorre quindi rideterminare, al 2007 e al 2012, la distribuzione del parco veicolare nelle differenti categorie/cilindrate, oltre che ridefinirne, per ognuna, il numero e la percorrenza media.

Stima del numero di veicoli e della composizione del parco auto al 2007 e al 2012

Utilizzando i dati ACI del parco auto provinciale dal 1996 al 2004 è stata determinata, con il metodo dei minimi quadrati, la retta di tendenza lineare che meglio approssima l'andamento del n° di veicoli di una data categoria, al fine di risalire alla composizione del parco auto in base alla tipologia di veicolo e all'alimentazione relativamente agli anni 2007 e 2012 (*Fig. n° 4*).
I valori risultanti da questa proiezione sono riportati in *Tab. n° 10*;

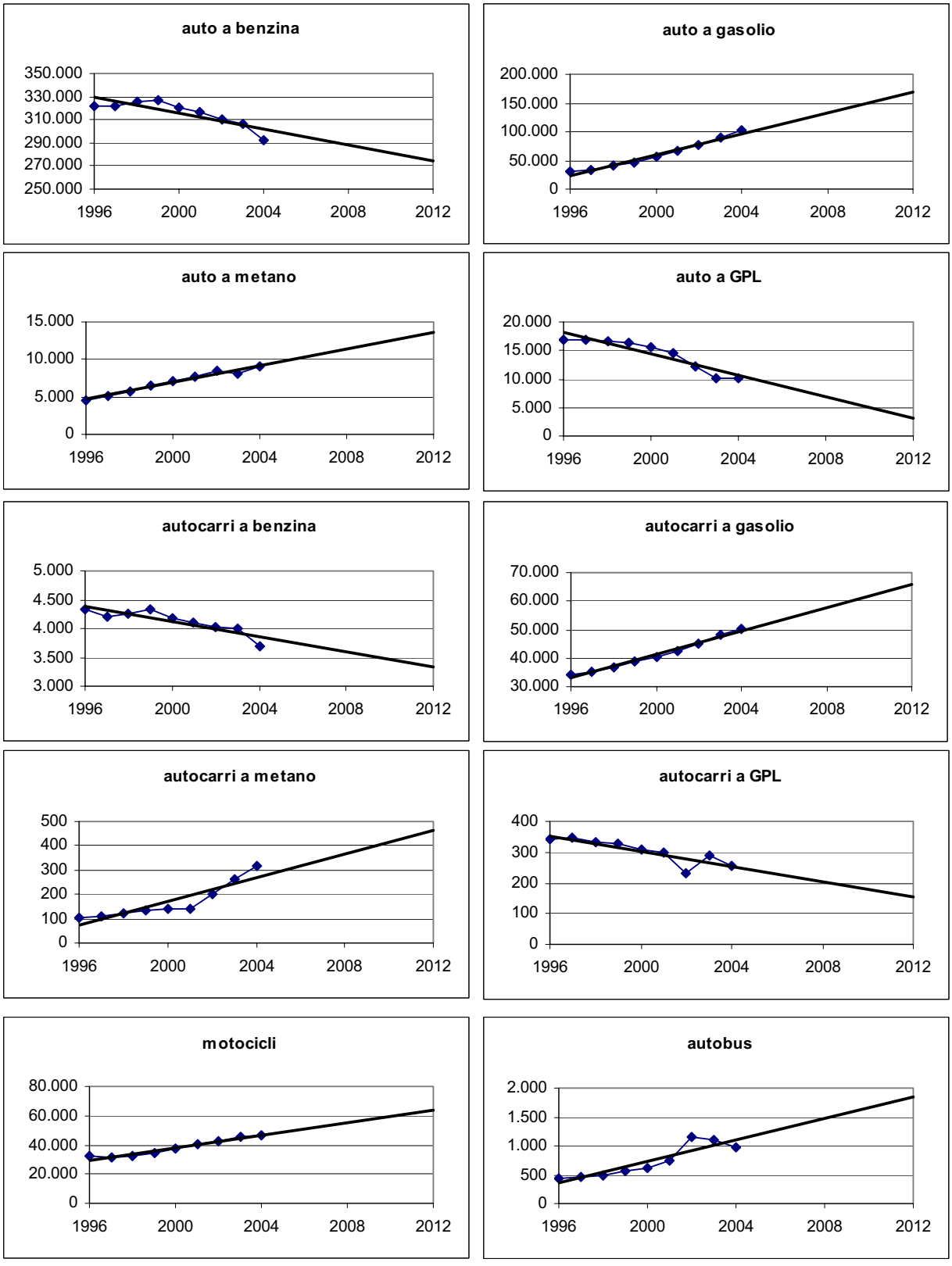


Fig. n° 4 - Andamento 1996-2004 dei veicoli immatricolati in Provincia e linea di tendenza al 2012

	Autobus	Motocicli	Autocarri				Auto			
			Metano	Benzina	GPL	Gasolio	Metano	Benzina	GPL	Gasolio
1996	437	32.003	103	4.334	343	34.019	4.572	321.758	16.844	30.917
1997	463	31.518	110	4.208	345	35.287	5.180	322.063	16.756	33.979
1998	496	32.213	121	4.261	332	36.993	5.655	326.257	16.500	39.798
1999	566	34.059	133	4.328	327	38.685	6.476	326.344	16.387	47.112
2000	615	37.314	140	4.184	308	40.533	7.095	320.796	15.568	56.900
2001	740	40.072	142	4.094	300	42.635	7.722	316.452	14.468	66.802
2002	1.154	42.641	201	4.024	232	45.240	8.573	310.496	12.217	77.255
2003	1.114	45.229	261	3.999	290	47.938	8.039	306.408	10.184	88.983
2004	970	46.790	317	3.690	255	50.031	8.991	291.916	10.209	103.348
2005	1.193	48.578	293	3.799	242	51.466	9.700	298.520	9.620	106.344
2006	1.286	50.697	318	3.734	229	53.507	10.256	295.058	8.674	115.500
2007	1.379	52.816	342	3.668	217	55.548	10.812	291.595	7.728	124.656
2008	1.472	54.935	367	3.603	204	57.588	11.367	288.133	6.783	133.811
2009	1.565	57.055	391	3.538	192	59.629	11.923	284.670	5.837	142.967
2010	1.658	59.174	416	3.473	180	61.670	12.478	281.208	4.891	152.123
2011	1.750	61.293	441	3.408	167	63.711	13.034	277.745	3.946	161.278
2012	1.843	63.412	465	3.342	155	65.751	13.590	274.283	3.000	170.434

Tab. n° 10 - Andamento del numero di veicoli del parco auto provinciale dal 1996 al 2004 e proiezioni

La numerosità delle varie categorie veicolari suddivise per alimentazione, è stata poi ulteriormente disaggregata per classi di età e cilindrata tenendo conto dell'andamento dei parchi auto dal 2001 al 2004 e considerando il numero di nuove immatricolazioni (report "*Prime Iscrizioni di Autovetture nuove di Fabbrica – ACI),* dato utilizzato per stimare il numero di autovetture EURO IV di nuova generazione.
La Tab. n° 11 riportano le nuove immatricolazioni e la percentuale di auto EURO IV rispetto al totale di nuove immatricolazioni, suddivise per tipologia di alimentazione.

Nuove Immatricolazioni nella Provincia di Modena negli anni 2003 e 2004 (ACI)			
	totale	**euro IV**	**% euro IV**
benzina	28.417	8.724	63%
Diesel	30.752	4.828	35%
altro[1]	1.633	289	2%
Totale	**59802**	**13841**	**100**

Tab. n° 11 – Nuove immatricolazioni nella provincia di Modena negli anni 2003 e 2004 e percentuale di veicoli EURO IV rispetto al totale

Per i motocicli e gli autobus, il parco 2007 e 2012 è stato disaggregato ipotizzando la stessa distribuzione dell'anno 2004.

I fattori di emissione EURO III ed EURO IV sono stati stimati dai fattori di emissione riportati in Allegato e applicando le percentuali di riduzione previste da "*EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – August 2002*".
La percorrenza media annua di tutti i veicoli è stata mantenuta uguale a quella utilizzata per le stime del 2004, non avendo a disposizione ulteriori informazioni.

[1] Per altro si intende la somma delle alimentazioni a GPL e a metano; la disaggregazione del dato nelle due tipologie di alimentazione è stata effettuate percentualizzando il numero di autovetture ottenute nella proiezione al 2007.

Scenari di piano

Sulla base delle azioni previste dal piano nel settore mobilità e selezionando tra queste quelle legate all'incentivazione dei mezzi di trasporto alternativi, sia nel settore privato, che delle merci, è stata stimata, al 2012, una percentuale di riduzione del traffico privato e del traffico pesante rispettivamente pari al 15% e al 10%.
Lo scenario è stato costruito nel seguente modo:

- **Lineare** (sul grafo stradale): riduzione del **15%** del numero di autoveicoli su tutti gli archi al 2012, escluse le autostrade, e del **10%** del numero di mezzi pesanti su tutti gli archi.
- **Diffuso** (quota stima a partire dal parco immatricolato): riduzione del **15%** della percorrenza media annua degli autoveicoli e del **10%** dei mezzi pesanti (autocarri stimati al 2012).

In Tab. n° 12 sono riepilogati gli scenari analizzati.

2012	Scenario di riferimento	Stima composizione parco auto al 2012	Lineare	Flussi di traffico al 2012
			Diffuso	Percorrenze medie annuali
	Scenario di piano		Lineare	- 15% numero autoveicoli al 2012 - 10% numero mezzi pesanti al 2012
			Diffuso	- 15% percorrenze medie annuali autoveicoli - 10% percorrenze medie annuali autocarri

Tab. n° 12 - Riepilogo degli scenari per le emissioni da traffico al 2012.

Risultati degli scenari

In Tab.15 vengono riportati i quantitativi annui provinciali delle emissioni da traffico (lineare più diffuso) stimate negli scenari analizzati.

In Fig. n° 5 tali risultati vengono mostrati graficamente.

	CO		NO_X		PM_{10}		NMVOC	
	t/anno	Δ%2003	t/anno	Δ% 2003	t/anno	Δ% 2003	t/anno	Δ% 2003
2003 – Attuale*	43.034		9.046		735		6.760	
2007 - Senza Azione	26.080	-39,4	6.758	-25,3	645	-12,2	2.962	-56,2
2012 - Senza Azione	20.194	-53,1	6.017	-33,5	612	-16,7	1.832	-72,9
2012 - Azione	17.214	-60	5.271	-41,7	532	-27,7	1.584	-76,6

Tab.15 - Quantitativi annui provinciali per gli scenari ipotizzati e variazioni percentuali rispetto all'attuale

• Si ricorda che il dato attuale si riferisce all'anno 2003 in quanto l'unico disponibile sul sito ACI con la disaggregazione secondo la metodologia Copert. Il dato del 2004 è disponibile solo disaggregato secondo macro-catogorie veicolari.

Dalla tabella e dai relativi grafici, si nota una generale diminuzione dei quantitativi emessi per tutti gli inquinanti determinata dal naturale rinnovo del parco autoveicolare, nello scenario di riferimento, e dalle azioni del piano, negli scenari di piano.

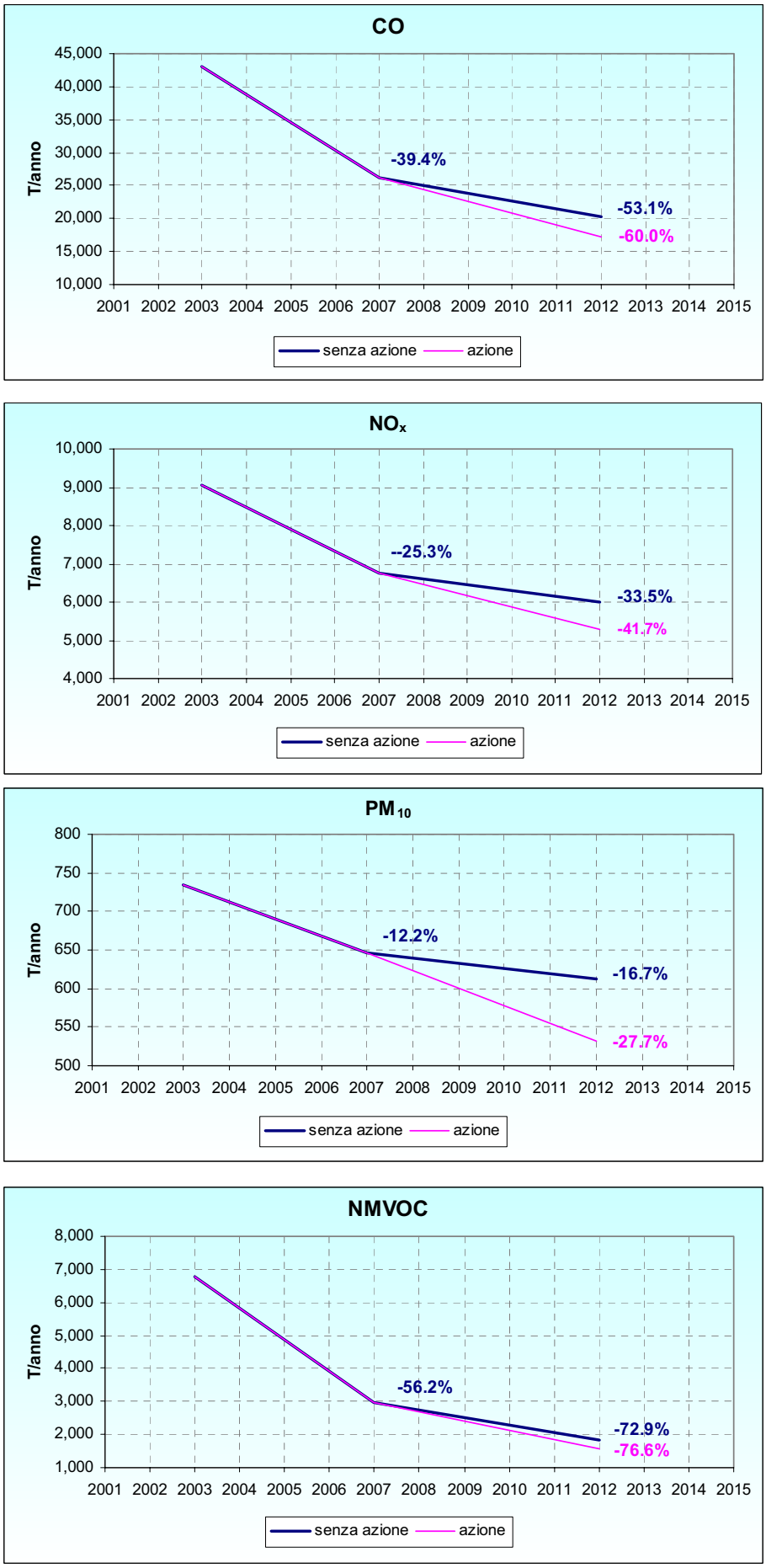


Fig. n° 5 - Andamento degli inquinanti nei diversi scenari.

5.1.4. Scenari per le emissioni industriali

Il settore industriale, che nell'inventario provinciale comprende la combustione industriale, i processi produttivi, il trattamento rifiuti e l'uso di solventi, contribuisce in modo significativo alle emissioni a livello provinciale; le percentuali si attestano sul 41 %, per il PM10, sul 20,5%, per gli NOx e sul 96% per le emissioni di SOX. Più marginali i contributi per NH3 e CO, mentre risulta pari al 18% il contributo sui composti organici volatili, dato che, come evidenziato nel quadro conoscitivo, risulta probabilmente sottostimato.
Il settore più significativo per molti inquinanti è quello ceramico, segue per n° di emissioni il settore metalmeccanico, che contribuisce prevalentemente sulle emissioni di NH3 e NMCOV. Il chimico/farmaceutico emerge per il suo contributo alle emissioni di NH3 e il metallurgico per le emissioni di SOx.
Vista l'importanza del settore ceramico nelle nostra provincia, molte azioni sono state focalizzate su questo distretto, compreso il rinnovo del protocollo, già in essere dal 1996, teso alla riduzione delle emissioni di polveri. Anche l'applicazione della normativa IPPC porterà benefici in termini emissivi, che al momento non sono però facilmente quantificabili.
Tenendo conto del fatto che sono in costante aumento le aree produttive di nuovo insediamento pianificate (si prevede al 2014 un incremento del 23% rispetto al 2001 – Fonte "Progetto PRODEM – marzo 2006), si è ipotizzato di mantenere costante il contributo emissivo derivante da questo settore, ad eccezione dell'incremento previsto nel settore trattamento rifiuti dovuto alla recente approvazione del progetto di potenziamento dell'inceneritore HERA di Modena, di cui si terrà conto nello scenario di riferimento all'orizzonte temporale del 2012.

Scenari di riferimento

Lo scenario di riferimento per l'anno 2012 è stato costruito considerando il nuovo regime di funzionamento dell'impianto gestito da HERA S.P.A.
Le caratteristiche relative all'impianto futuro sono state desunte dalla documentazione presentata ed approvata in sede di VIA.
Nelle Tab. n° 13 e Tab. n° 14 sono riportati i carichi inquinanti, autorizzati e reali, emessi dall'inceneritore prima e dopo il potenziamento.
La stima del carico inquinante reale emesso in seguito all'attivazione della quarta linea è stato ricavato utilizzando il dato di concentrazione riportato nella relazione di Valutazione di Impatto Ambientale (Tab. 5.9.2 pag 161), la media delle portate misurate negli anni 2004 -2005 e un numero di giorni di funzionamento pari a 340.

Inceneritore - Stato attuale				
	Autorizzato – 365 giorni di funzionamento		**Reale – Media dei dati misurati negli anni 2004 – 2005**	
	NO_X (t/anno)	**PM_{10} (t/anno)**	**NO_X (t/anno)**	**PM_{10} (t/anno)**
Linea 1	57	2,8	40	0,23
Linea 2	57	2,8	42	0,29
Linea 3	88	4,4	57	0,35
Totale	**202**	**20**	**139**	**0,87**

Tab. n° 13 – Dati autorizzati e misurati nella situazione attuale dell'impianto di incenerimento rifiuti

Inceneritore – Futuro				
	Autorizzato VIA – 365 giorni di funzionamento		Atteso (senza SCR)	
	NO_X (t/anno)	PM_{10} (t/anno)	NO_X (t/anno)	PM_{10} (t/anno)
Linea 2	57	-	37	0,2
Linea 3	88	-	53	0,3
Linea 4	263	-	196	1,2
Totale	**408**	**9,32***	**286**	**1,7**
*: flusso di massa annuale autorizzato VIA				

Tab. n° 14 – Dati autorizzati e stima delle emissioni reali/attese in seguito all'attivazione della quarta linea dell'impianto di incenerimento rifiuti

Allo stato attuale l'impianto è sottoposto alla procedura relativa al rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale(AIA); sebbene l'iter di approvazione non sia ancora concluso, è volontà dell'autorità competente imporre al nuovo impianto l'impiego di filtri catalitici (SCR) su tutti le linee; questi consentono un notevole abbattimento degli ossidi di azoto, che, come già evidenziato nella VIA, rappresentano una possibile criticità in relazione alle ricadute previste.
Le concentrazioni a camino previste dalle BAT per queste tipologie di impianti di abbattimento possono variare da un minimo di 60 mg/Nm^3 a 100mg/Nm^3 (valori prestazionali), rispetto alle concentrazioni attualmente emesse, che si attestano invece attorno ad un valore di 180 mg/Nm3.
Considerando un valore intermedio tra quelli prestazionali previsti dalle BAT, i quantitativi di NOX complessivamente emessi risultano di circa 150 t/a, valore molto simile a quanto emesso dall'impianto allo stato attuale.
Anche se la procedura relativa all'autorizzazione integrata ambientale, non è ancora conclusa, si è scelto di considerare la situazione impiantistica che prevede l'istallazione del sistema SCR su tutte le linee.

In Tab. n° 15 vengono riportati i risultati dei quantitativi annui provinciali delle emissioni industriali per gli scenari ipotizzati.

	NO_X		PM_{10}	
	t/anno	**Δ% 2004-2005**	**t/anno**	**Δ% 2004-2005**
2004 /2005 - attuale	2.585		555	
2012	2.596	0,4%	555,8	0,14%

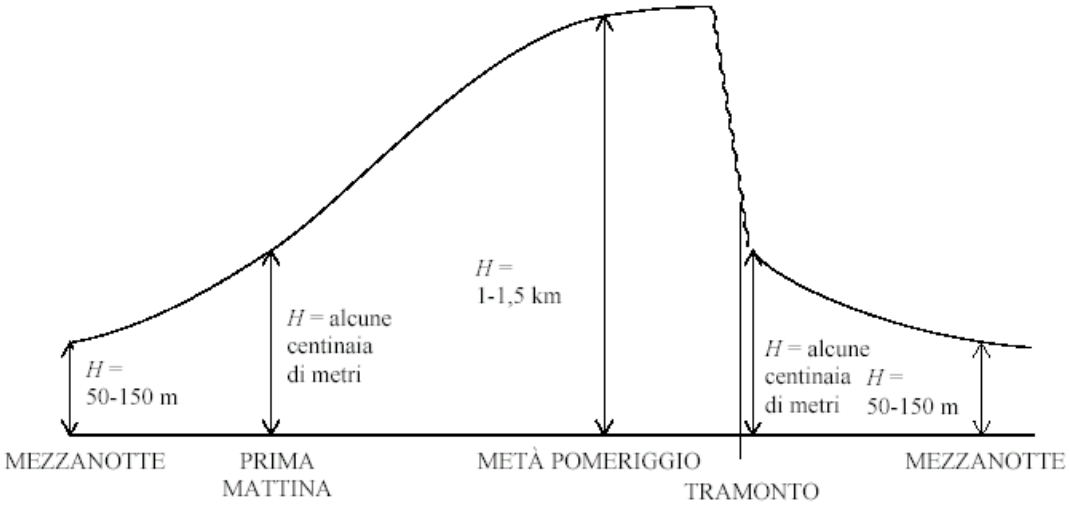
Tab. n° 15 - Quantitativi annui provinciali e variazione percentuale rispetto alla situazione attuale

5.2. La valutazione dell'efficacia di alcune azioni di piano

Nei capitoli precedenti sono state quantificate le pressioni che allo stato attuale caratterizzano la nostra Provincia predisponendo l'inventario delle emissioni; inoltre, attraverso l'analisi dei dati misurati dalla rete di monitoraggio, sono state valutate le criticità dei diversi inquinanti in relazione ai nuovi limiti normativi. Si sono poi costruiti i possibili scenari futuri in termini di quantitativi di inquinanti emessi, senza nessuna azione, oltre a quelle già pianificate, e con le azioni previste dal piano, alle scadenze temporali previste dalla normativa.
Il passo successivo, al fine di verificare gli effetti di questi scenari sulla qualità dell'aria, è l'utilizzo di modelli di diffusione che, in base ai dati di emissione e alle caratteristiche meteo-diffusive della porzione di territorio da analizzare, consentono di valutare i livelli degli inquinanti su tutta l'area di studio.
I risultati dei modelli permettono, inoltre, di integrare le rilevazioni effettuate dalla rete di monitoraggio stimando le concentrazioni anche in altre aree del territorio.
Nel caso specifico, l'obbiettivo principale è quello di verificare il rispetto dei limiti nelle zone e negli agglomerati previsti dalla zonizzazione provinciale.

5.2.1. Il modello impiegato per le simulazioni

Per la valutazione dell'efficacia delle scelte di piano è stato scelto il modello ADMS-URBAN, specifico per simulare la dispersione nelle aree urbane. In particolare ADMS-Urban consente di eseguire la stima delle concentrazioni basandosi su modelli di sorgenti puntuali, lineari, di aree e di volumi.
E' stato ideato per analizzare i problemi legati alla dispersione degli inquinanti a partire dal caso più semplice, come la singola sorgente puntuale isolata o la singola strada, per arrivare ai più complessi problemi urbani a cui concorrono le emissioni industriali, quelle domestiche e quelle del traffico in aree urbane estese.
Una differenza significativa tra ADMS-Urban e gli altri modelli di dispersione degli inquinanti in area urbana è l'approccio utilizzato per classificare *la stabilità dello strato limite atmosferico (boundary layer)*.
Lo strato limite atmosferico è la regione all'interno della troposfera condizionata dalla superficie terrestre (rugosità e flussi di calore) che può estendersi fino a 2,5 Km sopra di essa.
Lo strato limite è la zona in cui si verifica la diffusione degli inquinanti e quindi quella trattata dai modelli; il suo spessore, detto *altezza di rimescolamento*, è funzione delle condizioni meteorologiche (quantità di luce solare e intensità del vento), delle caratteristiche della superficie e varia sia durante il giorno che in relazione al periodo dell'anno. Le figura seguente schematizza la sua variazione giornaliera.



Le funzionalità principali di cui è dotato il modello sono:

- Un **preprocessore meteorologico** che calcola i parametri dello strato limite sulla base di dati meteorologici di input che possono essere non elaborati, calcolati in media ogni ora o analizzati statisticamente;
- Un **modello avanzato di dispersione** con un profilo gaussiano in condizioni stabili e neutre ed un profilo verticale non gaussiano della concentrazione in condizioni instabili; quest'ultimo tiene conto della natura anisotropa della turbolenza nello strato limite la quale può determinare elevate concentrazioni al suolo vicino alla sorgente;
- Una **gamma completa di tipi di sorgente** che permette di analizzare fino a 1500 sorgenti puntuali, lineari, di area e di volume;
- Un modello integrato di **street canyon;**
- La modellizzazione di **reazioni chimiche** con NO, NO_2, O_3 e VOC;
- Il calcolo della dispersione su **terreni complessi** e intorno agli edifici.

ADMS-Urban è in grado di restituire valori di concentrazione con diversi gradi di mediazione a seconda del tipo di simulazione prescelta:

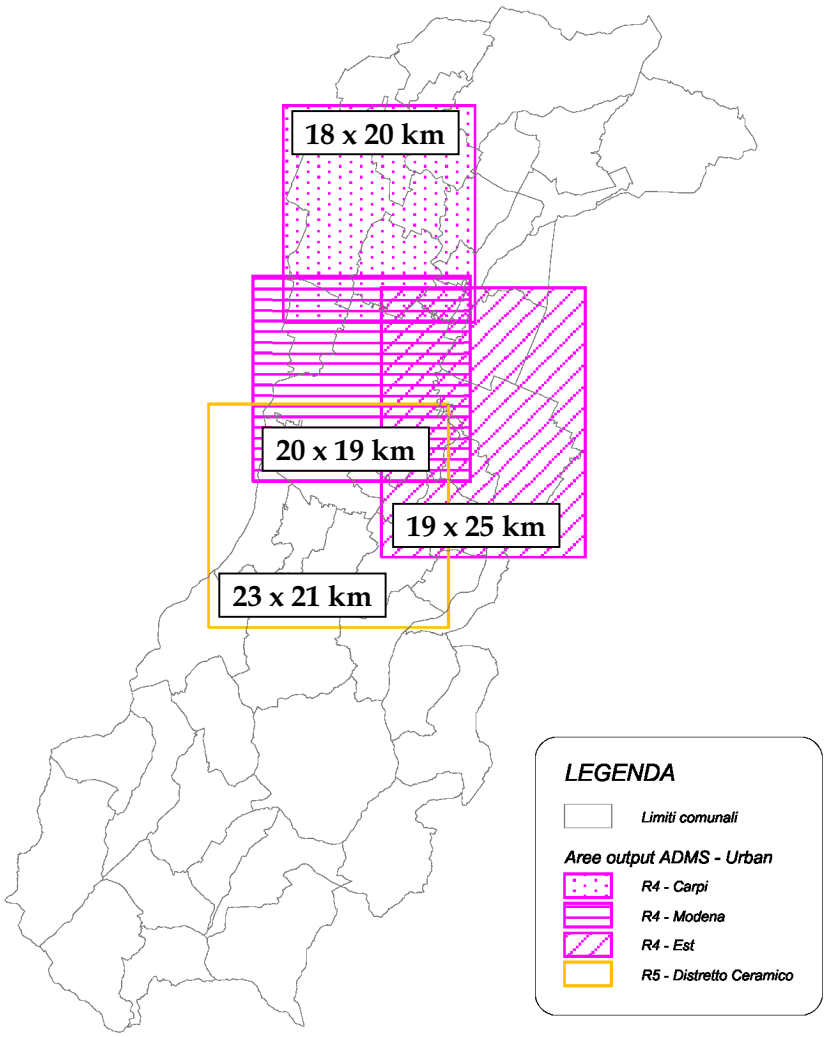
- **Simulazione Short Term**, in cui viene restituito un valore di concentrazione per ogni linea di dati meteorologici di input, ad esempio tutti i valori orari in un anno;
- **Simulazione Long Term**, in cui viene restituito un unico valore per ogni punto della griglia di output, derivante dall'elaborazione di tutti i dati del file meteorologico in ingresso, ad esempio un valore medio annuale.

I principali dati di input del modello sono:

- L'area su cui devono essere restituiti i valori di concentrazione
- Un file di dati meteorologici rappresentativo dell'area in esame
- Le emissioni relative a tale area
- Un file di dati di fondo rappresentativo dell'area in esame

Le aree di studio

Le aree selezionate per effettuare l'applicazione modellistica sono quelle relative ai due agglomerati previsti dalla zonizzazione provinciale (R4 e R5). Poiché ADMS-Urban è un modello specifico per aree urbane che prevede un unico parametro di rugosità ed un unico input di dati meteorologici (entrambi rappresentativi dell'intera area), a causa della sua elevata estensione, l'agglomerato di Modena è stato suddiviso in tre parti. E' stato scelto come punto rappresentativo dell'area di studio, nel quale sono stati estratti i dati meteo, quello centrale.
Nella figura sono evidenziate le quattro aree sulle quali è stato applicato il modello.



Aree di output del modello ADMS- Urban

Gli scenari e la tipologia delle simulazioni

L'utilizzo del modello di dispersione si è articolato in due parti, entrambe realizzate mediante l'utilizzo di simulazioni long-term:

- Una fase preliminare di test del modello, finalizzata a definire i principali parametri di input che influenzano il dato di concentrazione stimato (altezza minima di Monin-Obukhov, rugosità, altezza delle sorgenti di griglia): questa fase è stata realizzata mediante il confronto tra il dato misurato dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria e i dati stimati da ADMS-Urban nei medesimi punti utilizzando le emissioni relative allo stato attuale.
- L'utilizzo del modello sulle quattro aree di studio e per ognuno degli scenari emissivi previsti, al fine di verificare il rispetto dei valori limite di qualità dell'aria negli agglomerati.

La Tab. n° 16 riporta la sintesi dei quattro scenari emissivi sui quali sono state eseguite le simulazioni per la verifica del rispetto dei limiti di qualità dell'aria.

Simulazioni long-term annuali				
Scenari simulazioni	**Industria**	**Riscaldamento civile**	**Allevamenti**	**Traffico**
Stato attuale	Stato attuale	Stato attuale	Stato attuale	Stato attuale
2007 senza azioni	Stato attuale	Proiezione al 2007	Stato attuale	Proiezioni al 2007
2012 senza azioni	Proiezione al 2012	Proiezione al 2012	Stato attuale	Proiezioni al 2012
2012 Azioni	Proiezione al 2012	Azioni previste dal PTRQA	Stato attuale	Azioni previste dal PTRQA

Tab. n° 16 – Riepilogo degli scenari emissivi utilizzati nelle simulazioni di verifica dei limiti di qualità dell'aria

In tutte le simulazioni sono stati utilizzati i dati meteorologici già elaborati da ARPA-SIM (Servizio IdroMeteorologico), relativi al periodo disponibile più recente (01 Aprile 2003 – 01 Aprile 2004).

Le concentrazioni di output stimate dal modello sono state calcolate:

- Su punti ricettori coincidenti con le stazioni di monitoraggio presenti nelle diverse aree di studio.
- Sui nodi di una griglia regolare di 60x60 punti i cui valori vengono rappresentati mediante isolinee generate dal software di Spatial Analyst.

Inquinanti trattati

La Tab. n° 17 riporta gli inquinanti trattati dal modello di diffusione e gli indicatori scelti per la verifica del rispetto dei limiti di qualità dell'aria. E' stata inoltre inserita in tutti i casi la media annuale poiché si è scelto di utilizzare questo indicatore per stimare la variazione percentuale delle concentrazioni nei differenti scenari.

Tempo mediazione	*Valore*	*Limite (Riferimento temporale)*
NO_2		
1 Ora	Media	40 µg/m³ (anno)
1 Ora	99,79° percentile	200 ug/m³ (anno)
PM_{10}		
24 Ore	Media	40 µg/m³ (anno)
24 Ore	90,41° percentile	50 µg/m³ (anno)

Tab. n° 17 – Inquinanti e indicatori utilizzati nelle simulazioni e corrispondenti limiti legislativi

I percentili selezionati sono legati alla verifica del numero massimo di superamenti consentiti in un anno per il PM_{10} e l'NO_2: infatti se il 99,79° percentile supera i 200 µg/m³ significa che il limite di 18 superamenti annuali delle medie orarie di NO_2 non è stato rispettato; analogamente un valore del 90,41° percentile superiore a 50 µg/m³, identifica il non rispetto dei 35 superamenti annuali delle medie giornaliere di PM_{10}.

VALSAT

Le Emissioni

Le emissioni calcolate nell'inventario provinciale sono state elaborate al fine di utilizzarle come input al modello. Sono previste quattro tipologie di sorgenti:

- Sorgenti puntuali
- Sorgenti areali (non utilizzate nelle simulazioni svolte)
- Sorgenti lineari
- Sorgenti di griglia o di volume

Di seguito si riporta una breve descrizione di questa tipologia di sorgenti, la metodologia di elaborazione delle emissioni e alcuni esempi delle emissioni utilizzate.

Sorgenti puntuali

Come sorgenti puntuali, sono state considerate tutte le emissioni superiori a 30 t/a a cui si sono aggiunte le emissioni dell'inceneritore di HERA, Modena.

La trattazione modellistica di questo tipo di sorgente prevede che, per ogni camino siano note le seguenti caratteristiche:

- Altezza del camino: dedotta da autorizzazioni DPR 203/88
- Diametro del camino, temperatura e velocità di uscita dei fumi: il dato è stato acquisito dalle misure svolte da Arpa durante i controlli al camino; in assenza di rilevazioni dirette, dalle istruttorie ai sensi del DPR 203/88 basate sui valori dichiarati dalle ditte.

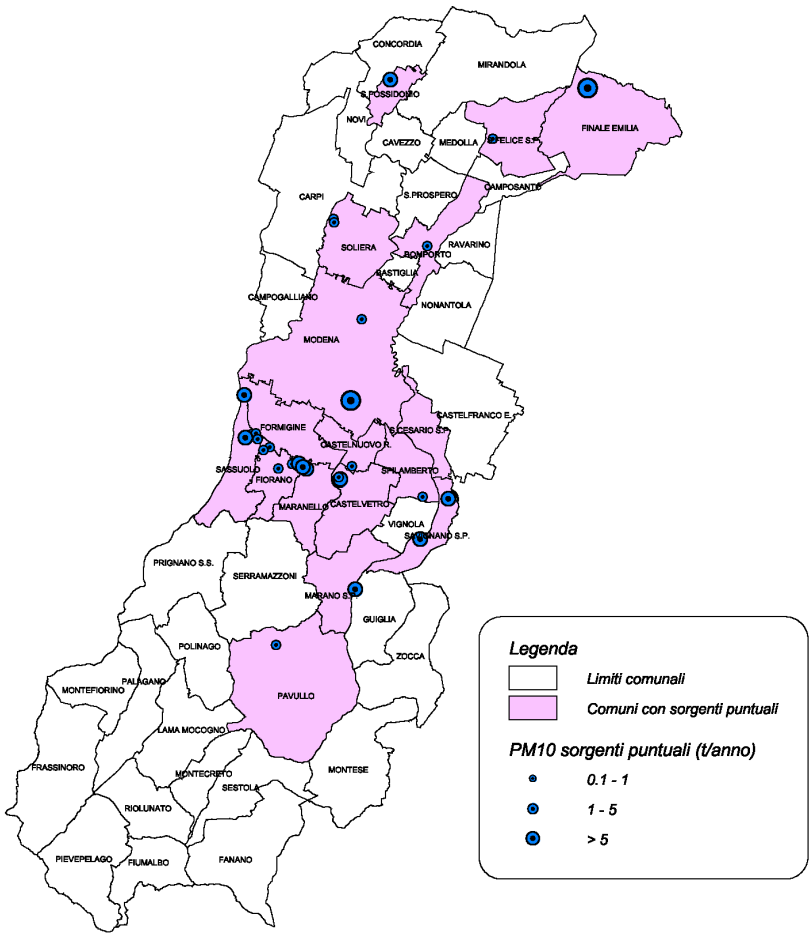


Fig. n° 5 - PM_{10} da emissioni puntuali **industriali**

Sorgenti lineari

Sono state inserite come sorgenti lineari tutte le emissioni dovute alle arterie stradali inserite nel grafo provinciale fornito dalla Provincia di Modena. Nel grafo provinciale, però, non sono tracciate le strade di minor importanza. Il contributo di queste è stato considerato come sorgente diffusa ed è stato successivamente sommato al contributo lineare.

n Fig. n° 6 sono riportate, a titolo di esempio, le emissioni di PM_{10} relative allo stato attuale.

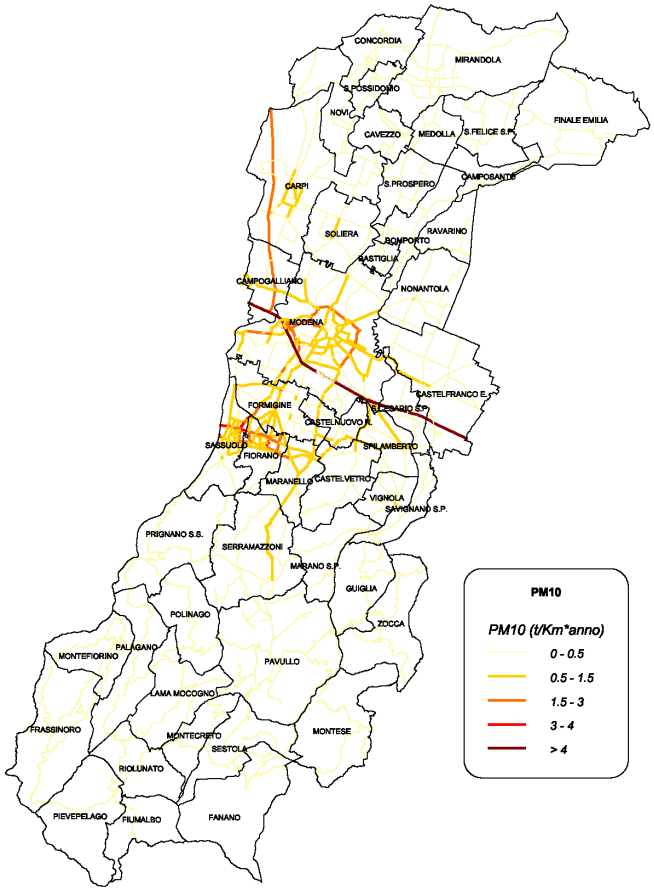


Fig. n° 6 - PM_{10} da emissioni lineari **da traffico**

Sorgenti di griglia

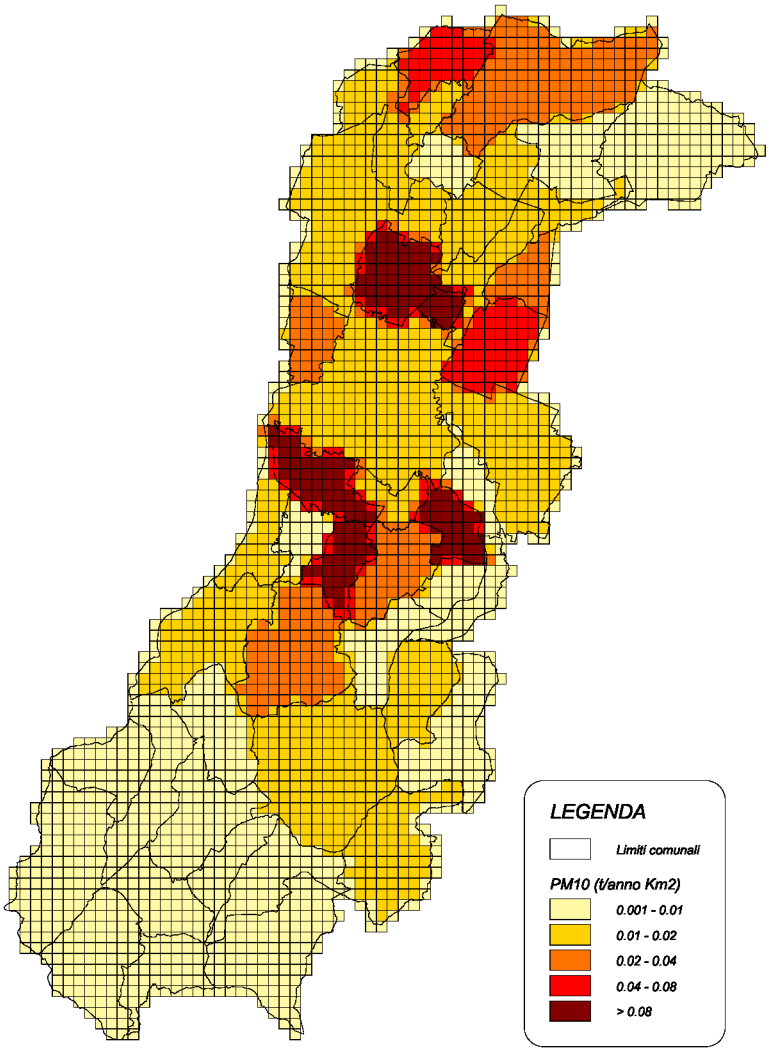
Sono state trattate come sorgenti di griglia (emissione su di un'area pari al passo della griglia cioè 1km x 1km) tutte le emissioni non inserite nelle precedenti tipologie e quindi non localizzabili precisamente:

- Emissioni da allevamenti
- Emissioni da riscaldamento civile
- Emissioni industriali non considerate puntuali
- Emissioni diffuse da traffico che tengono conto di quanto non conteggiato per mancanza di dettaglio del grafo stradale.

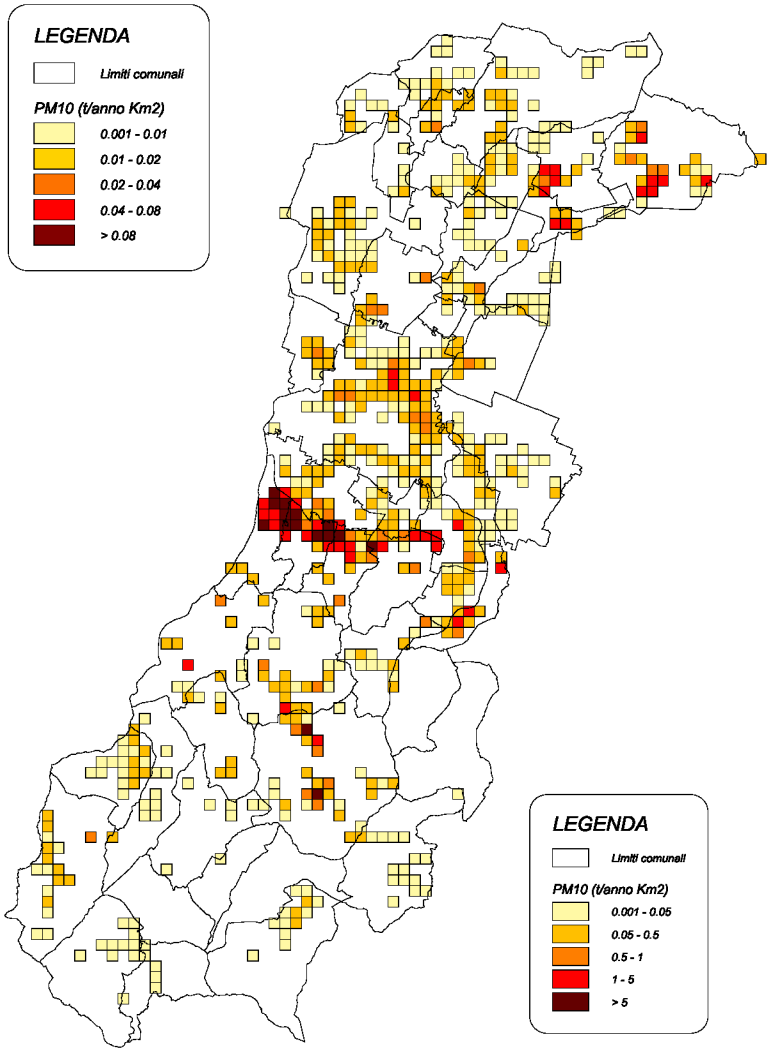
Queste sorgenti vengono trattate come sorgenti di volume aventi un'area 1Km x 1Km ed un'altezza determinata sia dall'altezza di rilascio delle emissioni, che dall'altezza alla quale tali emissioni sono inizialmente rimescolate. Il valore dell'altezza utilizzato è di **30** metri.
Il dato emissivo per ogni cella è stato ottenuto disaggregando il dato noto a livello comunale secondo le seguenti procedure:

- Emissioni da allevamenti: il dato comunale è stato mantenuto **uniforme** su tutte le celle appartenenti completamente al Comune;
- Emissioni diffuse industriali: il dato comunale è stato disaggregato in base alla superficie delle **aree produttive** presenti nel Comune.
- Sia le emissioni diffuse da traffico, che le emissioni da riscaldamento civile sono state disaggregate spazialmente in base alla popolazione associata ad ogni cella, calcolata intersecando la griglia con le **aree di censimento**: per le emissioni da riscaldamento si è disaggregato il dato provinciale, mentre per quelle da traffico il dato comunale.

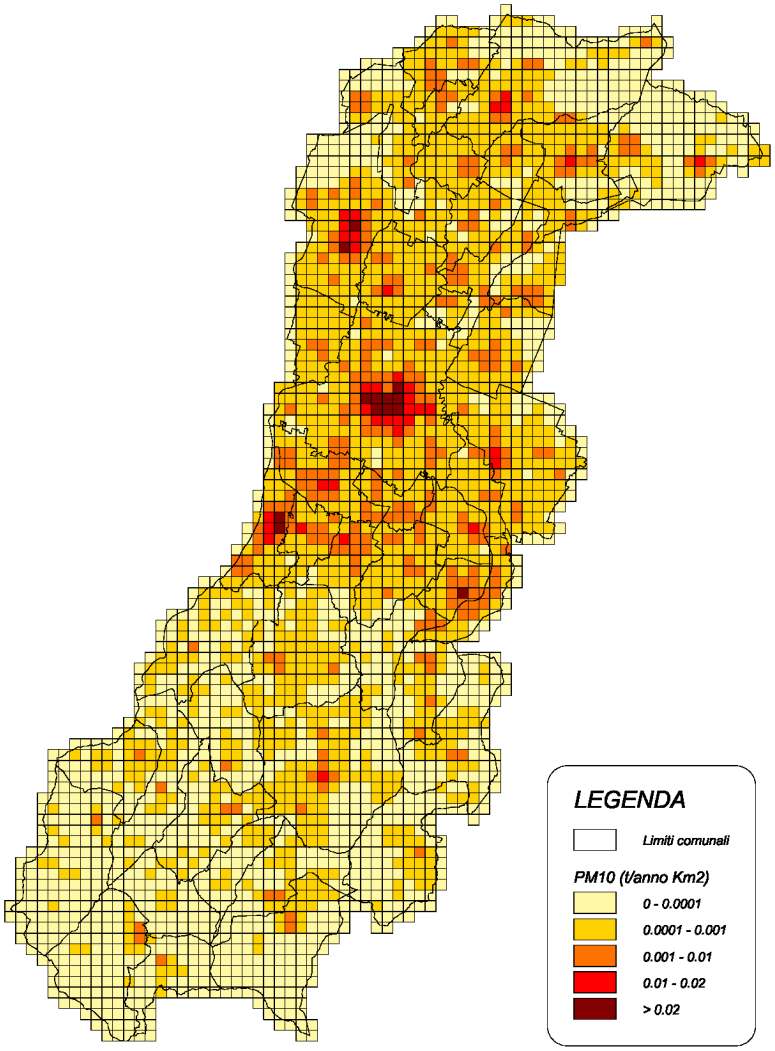
Nelle figure che seguono vengono riportate, per il PM_{10}, le emissioni di griglia date in input al modello.



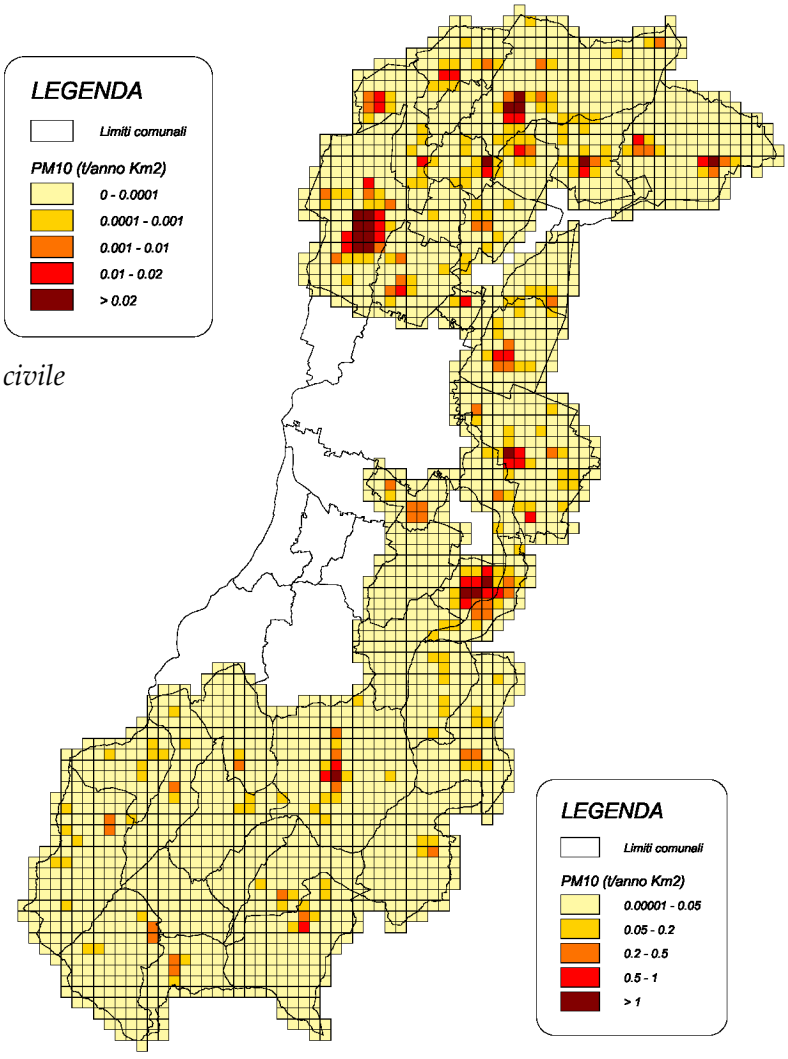
*PM_{10} da emissioni **diffuse** da allevamenti*



*PM_{10} da emissioni **diffuse** industriali*



*PM_{10} da emissioni **diffuse** da riscaldamento civile*



*PM_{10} da emissioni **diffuse** da traffico*

VALSAT

Si riportano di seguito la dimensione e il numero di sorgenti puntuali, lineari, di griglia associati alle quattro aree di studio. L'aumento delle sorgenti lineari negli scenari al 2007 e al 2012 è dovuto alla presenza di nuove infrastrutture stradali.

	Dimensione area	Griglia	Puntuali	Lineari stato attuale	Lineari 2007	Lineari 2012
R4-Modena	20x19 Km	421	10	332	357	362
R4-Est	19x25 Km	463	9	248	264	266
R4-Carpi	18x20 Km	390	4	146	147	147
R5-Distretto	23x21 Km	514	25	339	359	359

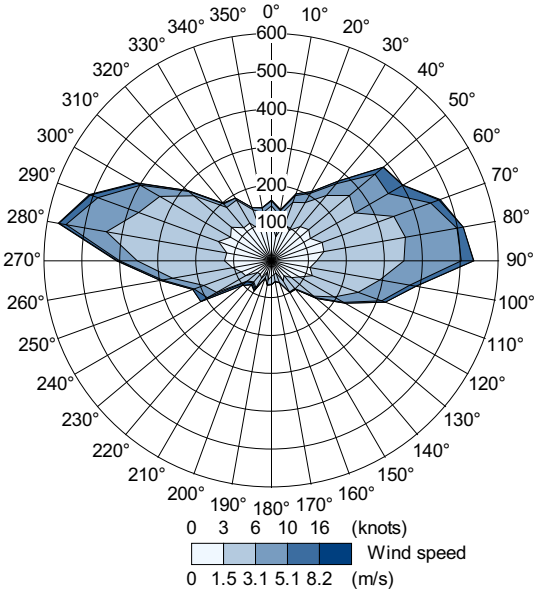
I dati meteorologici

Per ogni area è stato utilizzato un file di dati meteo annuali (dal 01 aprile 2003 al 01 aprile 2004) con valori sequenziali orari di velocità, direzione del vento, temperatura a 10 m e radiazione solare, relativi al punto centrale dell'area di output.
Le altre variabili necessarie ad ADMS per la descrizione del boundary layer (lunghezza di Monin-Obukov, altezza di rimescolamento) sono state calcolate dal preprocessore meteo del modello.
Le variabili meteorologiche usate in questa simulazione sono state prodotte dal ciclo di assimilazione del modello meteorologico ad area limitata LAMI e fornite da ARPA-SIM (Servizio IdroMeteorologico).
Lami è la versione italiana di Lokal Modell, il modello non idrostatico del DWD (centro meteorologico tedesco), attualmente operativo presso ARPA-SIM con una risoluzione di 7 Km.
La versione 2.0 di ADMS –Urban considera come calme di vento i valori di velocità del vento minori o uguali a 0,75 m/s; in tal caso la diffusione viene trattata utilizzando una velocità del vento pari a 0,75 m/s.
Nella tabella seguente viene specificata la percentuale di calme di vento, di condizioni diffusive stabili, neutre o instabile per le quattro aree esaminate.

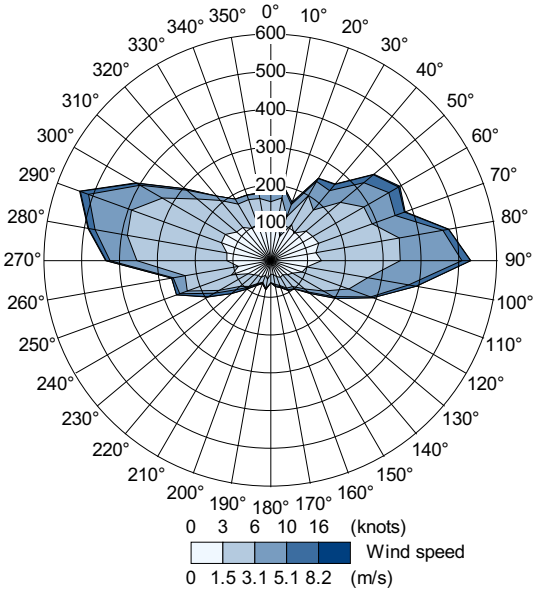
	% calme	% stabilità	% neutralità	% instabilità
R4-Modena	9,9%	62,4%	8,8%	28,8%
R4-Est	9,8%	64,5%	5,9%	29,6%
R4-Carpi	7,9%	64,6%	6,0%	29,4%
R5-Distretto	9,8%	64,0%	6,4%	29,6%

Le calme di vento sono mediamente un 9,3% dei dati orari annuali; si ricorda che il modello, in presenza di calma di vento, sottostima le concentrazioni dovute alle sorgenti a livello del suolo. Per quanto riguarda le condizioni diffusive, non si notano sostanziali differenze tra le aree considerate, con un prevalere di situazioni di stabilità che, per sorgenti al suolo quali quelle stradali, inibiscono la dispersione di inquinanti.
Di seguito, si riporta l'andamento medio annuale del vento (in direzione e velocità) nelle quattro aree di studio.

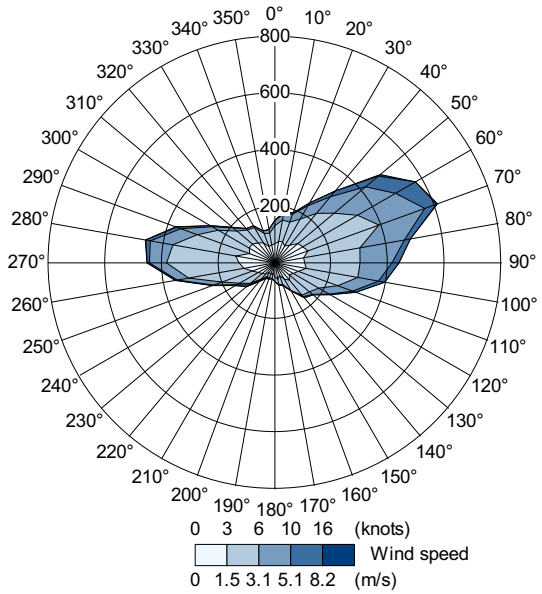
Agg. R4 - Modena



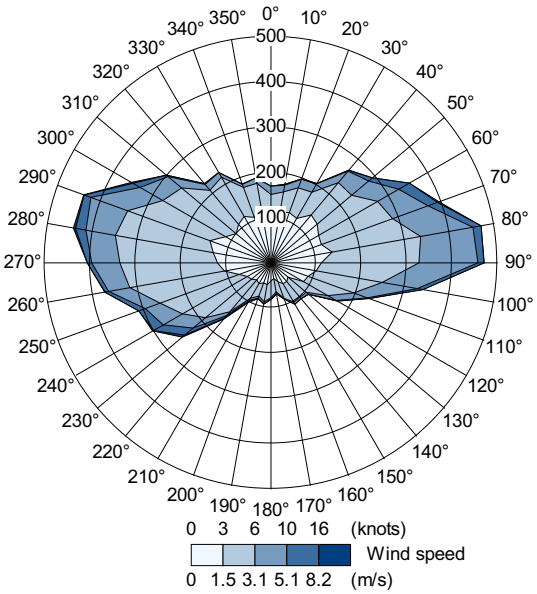
Agg. R4 - Zona EST



Agg. R4 - Carpi



Agg. R5 - Distretto ceramico



Altri dati di input ed output delle simulazioni

I test effettuati hanno portato alla definizione quantitativa degli altri parametri di input necessari per l'applicazione del modello; le scelte effettuate sono riassunte nella tabella seguente.

Rugosità/Surface Roughness (m): rugosità caratteristica dell'area di studio. E' stata utilizzata quella calcolata dal preprocessore meteo nel centro dell'area. A lato sono mostrati anche i valori suggeriti da ADMS –URBAN.			
R4-Modena	0,69	*Cities, Woodlands*	*1,0*
R4-Est	0,32	*Parkland, Open Suburbia*	*0,5*
R4-Carpi	0,28	*Agricultural Areas (max)*	*0,3*
R5-Distretto	0,51	*Agricultural Areas (min)*	*0,2*
		Root Crops	*0.1*
		Open Grassland	*0,02*
		Short Grass	*0,005*
		Sandy Desert	*0,001*
Altezza minima di Monin-Obukhov (m): valore al di sotto del quale non può scendere la lunghezza di Monin-Obukhov.			
R4-Modena	20	*Large conurbations > 1 million*	*100*
R4-Est	15	*Cities and large towns*	*30*
R4-Carpi	15	*Mixed urban/industrial*	*30*
R5-Distretto	20	*Small towns < 50.000*	*10*
Altezza delle sorgenti di griglia: dipende sia dall'altezza di rilascio delle emissioni considerate come diffuse, che dall'altezza alla quale tali emissioni sono inizialmente rimescolate. Il valore utilizzato è stato di **30** metri.			
Chemical Reaction Scheme: rappresenta un modello fotochimico semiempirico che riduce la complicata sequenza di reazioni chimiche che coinvolgono NO, NO_2, O_3, SO_2 e molti idrocarburi a 8 reazioni.			

I valori di fondo

Sia gli ossidi di azoto, che le polveri fini sono inquinanti che presentano una componente secondaria, cioè che non viene immessa direttamente nell'ambiente dal processo che l'ha prodotta (componente primaria), ma che ha origine da quest'ultima a seguito di modificazioni di tipo chimico/fisico che spesso coinvolgono l'ossigeno atmosferico e la luce.
ADMS-URBAN è in grado di valutare la componente secondaria solo se vengono introdotte delle concentrazioni di fondo, che possono essere costanti nell'arco dell'anno oppure variabili nel tempo.
Le concentrazioni di fondo possono essere ricavate da dati misurati in stazioni di monitoraggio remote, posizionate distanti da sorgenti antropiche, oppure da modelli fotochimici a bassa risoluzione spaziale che forniscono la concentrazione media su un volume delle dimensioni di una cella di griglia.
Le concentrazioni di inquinanti valutate da un modello fotochimico a bassa risoluzione spaziale rappresentano quindi l' inquinamento dovuto alla diffusione delle emissioni medie presenti nel volume, al trasporto dalle aree adiacenti ed alla produzione fotochimica di gas e particolato secondario.

Le simulazioni sono state effettuate utilizzando i valori di fondo (dati orari) così come forniti dal modello NINFA. NINFA è il sistema modellistico per la qualità dell'aria implementato e gestito da ARPA-SIM. Si basa sul modello fotochimico CHIMERE, sviluppato all'Ecole Polytecnique di Parigi ed è in grado di simulare la diffusione, il trasporto e la produzione chimica di ozono, aerosol ed altri inquinanti. Le simulazioni di NINFA coprono l'intero bacino padano, con una risoluzione spaziale di 10 km ed utilizzano l'inventario delle emissioni nazionali fornite dal CTN-ACE di APAT.

Verifica della qualità dei dati stimati

La verifica della qualità dei dati stimati è stata effettuata confrontando il dato stimato con quello misurato nella corrispondente stazione di monitoraggio e cercando di ottimizzare il risultato ottenuto attraverso la modifica dei principali parametri di input (altezza minima di Monin-Obukhov, rugosità, altezza delle sorgenti di griglia).
In particolare, utilizzando lo scenario emissivo relativo allo stato attuale, sono stati calcolati gli indicatori previsti dal DM60/2002 in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria al fine di confrontare il valore stimato dal modello con quello misurato. L'incertezza della modellizzazione è definita dalla legge come la deviazione massima dei livelli di concentrazione misurati e calcolati nel periodo considerato dal valore limite, a prescindere dalla tempistica degli eventi.

La Tab. n° 18 riporta le incertezze associate a questi obiettivi per la qualità dei dati, per i due inquinanti oggetto dello studio. Il DM 60/2002 rimanda a successivo decreto, la definizione dell'obiettivo da associare alla stima giornaliera del particolato.

Inquinante	Riferimento temporale del dato medio	Incertezza
NO_2	1 ora	50 – 60%
	1 anno	30%
PM_{10}	1 anno	50%

Tab. n° 18 – Obiettivi per la qualità dei dati ottenuti attraverso modelli di simulazione

Nelle Tab. n° 18 e Tab. n° 20 si riporta l'incertezza o scarto, così come definita dal DM60/2002, tra i valori medi annuali misurati e quelli stimati e il corrispondente obiettivo di qualità.

Medie annuali Aprile 2003/ Aprile 2004(*)					
NO_2 (µg/m³)					
		Misura	Stima	Scarto	Obiettivo di Qualità
R4 - Modena	Amundsen	57,5	51,1	-11%	30%
	Giardini	70,5	58,6	-17%	
	Nonantolana	57,2	51,3	-10%	
	XXSettembre	56,4	48,5	-14%	
	Campogalliano	63	52,1	-17%	
R4 – Carpi	Carpi1	58,7	56	-5%	
	Carpi2	41,7	39,1	-6%	
R4 - Est	Castelfranco	68,7	52,2	-24%	
R5 – Distretto	Maranello	33,4	53,8	61%	
	Sassuolo	63,7	63,7	0%	
	Spezzano2	43,2	55,8	29%	

Tab. n° 19 –NO2*:* Verifica degli obiettivi di qualità per la modellizzazione secondo il DM 60/2002

L'unico caso che si discosta dall'obiettivo di qualità è quello relativo alla stazione di Maranello (evidenziato in giallo), dove il dato stimato risulta sovrastimato rispetto al dato misurato. Valutando i dati storici della stazione, l'anno in esame risulta in effetti un po' anomalo, in quanto presenta una media annuale più contenuta rispetto a quelle degli altri anni, che si attestano normalmente a valori di poco superiori a 40 µg/m³ (dal 2000 al 2006). Questa anomalia può essere dovuta e diverse cause difficilmente identificabili.
In generale, comunque, le stime sulla media annuale dell'NO2 mostrano un buon accordo con il dato misurato; in particolare risultano sottostimate di circa un 10-20% nell'area Modena e risultano invece

superiori al dato reale in due stazioni del distretto. Questo differente comportamento può essere dovuto sia ad una modellazione della componente meteorologica che non ha sufficientemente riprodotto le differenze tra le due aree che in realtà sono abbastanza significative, oppure dal diverso modo con cui sono stati stimati i flussi di traffico sulle arterie urbane e del distretto ceramico. Nel primo caso, infatti, derivano dal censimento del 1991 opportunamente corretto, che non dà indicazioni sui mezzi pesanti, nel secondo, invece, è stato utilizzato anche lo studio DEMETRA effettuato sul territorio del distretto, dove questi mezzi sono stati conteggiati.

PM_{10} ($\mu g/m^3$)					
		Misura	**Stima**	**Scarto**	**Obiettivo di Qualità**
R4 - Modena	Nonantolana	47	24	-49%	50%
	XXSettembre	35	23	-34%	
R4 - Carpi	Carpi2	32	23	-28%	
R5 - Distretto	Maranello	46	26	-43%	
	Spezzano2	38	27	-29%	
(*) Per i PM_{10}, poiché la stazione di Nonantolana misura la sola media giornaliera, le medie annuali si riferiscono ai valori misurati e stimati medi giornalieri, e non ai valori orari come negli altri casi					

Tab. n° 20 – PM10*:* Verifica degli obiettivi di qualità per la modellizzazione secondo DM 60/2002

Il dato relativo al PM_{10}, sebbene conforme all'obiettivo di qualità previsto, risulta sistematicamente sottostimato rispetto al dato reale: circa il 35% in media. La causa di questo errore sistematico può essere ricercata nei limiti intrinseci del modello, che non prevede la stima della componente secondaria del particolato. Tale componente raggiunge nelle aree urbane percentuali attorno al 50-60% del particolato totale.