

AUTONOME PROVINZ
BOZEN - SÜDTIROL



PROVINCIA AUTONOMA
DI BOLZANO - ALTO ADIGE

PROVINZIA AUTONOMA DE BULSAN - SÜDTIROL

Inventario delle emissioni in atmosfera della Provincia di Bolzano - Relazione di sintesi

Anno 2022

Provincia Autonoma di Bolzano
Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima
Ufficio Aria e rumore

Indice

1 Introduzione.....	4
1.1 Metodologia e limitazioni.....	4
2 Classificazioni.....	6
3 Inquinanti.....	12
3.1 Ossidi di azoto (NO_x).....	12
3.2 Materiale Particolato (PM10, PM2.5).....	15
3.3 Ammoniaca (NH_3).....	18
3.4 Composti organici volatili (COV).....	19
3.5 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA).....	21
3.6 Metalli pesanti.....	22
4 Gas climalteranti.....	23
4.1 CO_2 linda e CO_2 netta.....	23
4.2 Emissioni di CH_4	26
4.3 Emissioni di N_2O	27
4.4 CO_2 equivalente e Global Warming Potential.....	28
4.5 CO_2 equivalente.....	29
4.6 Evoluzione delle emissioni di CO_2 negli inventari.....	31
4.7 Assorbimenti di CO_2	33
4.8 Bilancio complessivo di CO_2	34

Indice delle figure

Figura 1: Distribuzione percentuale delle emissioni dei macroinquinanti e gas climalteranti ripartite per macrosettore (anno 2022).....	8
Figura 2: Distribuzione percentuale delle emissioni dei microinquinanti per macrosettore (anno 2022).....	11
Figura 3: Distribuzione percentuale delle emissioni di NO_x per tipo di fonte (anno 2022).....	12
Figura 4: Quota percentuale di emissioni di NO_x per tipologia di veicolo sulla A22 (2022).....	13
Figura 5: Quota percentuale di emissioni di NO_x da traffico per tipologia di strada in Alto Adige (2022).....	14
Figura 6: Distribuzione territoriale delle emissioni di NO_x (2022).....	15
Figura 7: Distribuzione percentuale delle emissioni di PM10 per tipo di fonte (2022).....	16
Figura 8 - Distribuzione territoriale delle emissioni di PM10 (2022).....	16
Figura 9 - Confronto emissioni di PM10 per tipo di fonte nei Comuni di Bolzano e Laces (2022).....	17
Figura 10: Distribuzione percentuale delle emissioni di NH_3 per tipo di fonte (2022).....	18
Figura 11 - Distribuzione percentuale delle emissioni di COV per tipo di fonte (2022).....	19
Figura 12: Distribuzione percentuale delle emissioni di BaP per tipo di fonte (2022).....	21
Figura 13: Distribuzione percentuale delle emissioni di CO_2 linda per tipo di fonte (2022).....	24
Figura 14: Distribuzione percentuale delle emissioni di CO_2 netta per tipo di fonte (2022).....	24
Figura 15: Quota percentuale di emissioni di CO_2 da traffico per tipologia di strada (2022).....	25
Figura 16: Distribuzione percentuale delle emissioni di CH_4 per tipo di fonte (2022).....	26
Figura 17: Distribuzione percentuale delle emissioni di N_2O per tipo di fonte (2022).....	27
Figura 18: Contributo dei singoli gas climalteranti alle emissioni di CO_2 equivalente.....	29
Figura 19: Distribuzione percentuale delle emissioni di CO_2 equivalente per macrosettore (2022).....	30
Figura 20 - Andamento delle emissioni di CO_2 Netta e Lorda negli anni 2005, 2007, 2010, 2013, 2015, 2019 e 2022.....	31
Figura 21 - Andamento delle emissioni di CO_2 equivalente e delle sue componenti negli anni 2005, 2007, 2010, 2013, 2015, 2019 e 2022.....	32
Figura 22: Assorbimento di CO_2 del macrosettore 11.....	33

Indice delle tabelle

<i>Tabella 1: Emissioni di macroinquinanti negli anni 2013, 2015, 2019 e 2022.....</i>	9
<i>Tabella 2: Emissioni di gas climalteranti nel 2013, 2015, 2019 e 2022 (la combustione di biomassa viene considerata neutrale e quindi con emissione di CO₂ uguale a zero).....</i>	10
<i>Tabella 3: Coefficienti utilizzati per il calcolo della CO₂ equivalente.....</i>	28
<i>Tabella 4: Emissioni di CO₂ netta ed equivalente.....</i>	34

1 Introduzione

L'inventario delle emissioni consente di quantificare ed organizzare i dati d'emissione degli inquinanti atmosferici più rilevanti secondo la loro collocazione territoriale e temporale. Lo strumento utilizzato per la compilazione dell'inventario emissivo è INEMAR (INventario EMissioni ARia - www.inemar.eu). Esso è un database progettato per realizzare l'inventario delle emissioni in atmosfera, attualmente utilizzato in varie regioni italiane. Il sistema permette di stimare le emissioni dei principali macroinquinanti, delle frazioni carboniose del particolato, degli idrocarburi policiclici aromatici, dei metalli pesanti e degli inquinanti aggregati (CO₂eq, precursori dell'ozono e sostanze acidificanti) per numerosi tipi di attività e combustibili.

Il presente documento rappresenta una sintesi dei risultati principali. Si rimanda alla relazione completa per la descrizione metodologica ed i risultati dettagliati. Di seguito la lista degli inquinanti e gas climalteranti considerati, inclusa l'unità di misura adottata in INEMAR.

1.1 Metodologia e limitazioni

L'inventario delle emissioni utilizza un software che si fonda sulla metodologia definita nell'ambito del progetto CORINAIR nella sua ultima versione denominata SNAP 97 (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution - anno 1997). La classificazione usata fa riferimento a definizione di attività sulla base delle descrizioni tecnologiche delle fonti emissive. Nel caso sia necessario passare ad una classificazione di tipo economico (ad es. emissioni derivanti dal «settore del turismo» o dal «settore delle costruzioni») è necessario procedere ad una rielaborazione completa dell'informazione o utilizzare altri metodi di aggregazione dei dati originali. La scelta di usare la metodologia SNAP all'interno dell'inventario delle emissioni è legato ad alcune motivazioni tecniche:

- si tratta di classificazioni standard usate a livello europeo per cui sono definiti fattori di emissione consolidati;
- si tratta di una metodologia usata dalle altre regioni italiane per la compilazione degli inventari emissivi, il che ne garantisce la comparabilità almeno al livello concettuale;
- la definizione delle classi è ben definita ed evita casi di indeterminatezza, a patto che i dati alla fonte siano ben descritti.

La distribuzione spaziale delle emissioni viene eseguita in INEMAR usando l'area comunale come minima area geografica. In realtà non sempre il dato emissivo

originale è disponibile a quella scala spaziale, pertanto il sistema fa uso delle cosiddette «proxy». In questo contesto si definisce proxy una informazione di appoggio con distribuzione geografica nota che aiuta a disaggregare la variabile emissiva al livello comunale accettando una approssimazione sulla base di un algoritmo ben definito. Accanto all'evidente vantaggio di consentire una distribuzione spaziale delle emissioni, l'utilizzo di proxy (come ad esempio la densità abitativa, la superficie forestale, etc.) ha tuttavia una controindicazione nel momento in cui la variabile di appoggio sia troppo approssimata ma viene comunque adottata in quanto non si dispone di informazioni migliori. Pur con tutte le limitazioni il sistema a «proxy» è utilizzato negli inventari emissivi in modo vasto e consolidato. In generale vale comunque il principio che possiede maggiore affidabilità il dato emissivo a scala provinciale, mentre aumenta l'incertezza mentre si va in maggiore dettaglio sia spaziale che di classificazione emissiva.

L'inventario INEMAR mostra la sua utilità specialmente con riferimento ai macro-inquinanti, per i quali le informazioni emissive sono più dettagliate. Sono comunque inseriti anche microinquinanti e gas climalteranti. Con riferimento a questi ultimi - e in particolare la CO₂ - va fatta una attenta riflessione sull'utilizzo dei risultati. Infatti, da una parte il metodo di raccolta dati per gli inquinanti ad effetto «locale» come possono essere le polveri o gli ossidi di azoto, ha senso che venga svolto con il massimo dettaglio spaziale possibile, perché il risultato di maggiore importanza consiste nella disaggregazione spaziale e per attività tecnologica; questo risulta utile in fase di pianificazione per introdurre azioni locali per la riduzione delle emissioni. Dall'altra parte per quanto riguarda le emissioni di CO₂, che è un gas ad effetto globale, sarebbe molto più importante un affidabile andamento temporale anche a discapito della disaggregazione spaziale. ***In questo INEMAR soffre di una limitazione, in quanto non è pensato per un aggiornamento a metodo costante, ma piuttosto come un sistema in cui si inserisce il maggior dettaglio disponibile per l'anno di riferimento con lo scopo di ottenere una istantanea al meglio delle informazioni correnti.*** I dati di gas climalteranti estratti da INEMAR vanno pertanto trattati con cautela, specialmente se utilizzati come termine di confronto con inventari di anni precedenti.

2 Classificazioni

Elenco Macroinquinanti

Nome	Formula chimica	Unità misura
Ammoniaca	NH ₃	[t/anno]
Composti organici volatili (non metanici)	NMCOV	[t/anno]
Monossido di carbonio	CO	[t/anno]
Biossido di zolfo	SO ₂	[t/anno]
Polveri < 2.5 µm	PM2.5	[t/anno]
Polveri < 10 µm	PM10	[t/anno]
Polveri totali	PTS	[t/anno]
Ossidi di azoto	NO _x	[t/anno]

Gas climalteranti (gas ad effetto serra)

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

Elenco microinquinanti

INORGANICI		
Nome	Formula chimica	Unità misura
Arsenico	As	[kg/anno]
Piombo	Pb	[kg/anno]
Cadmio	Cd	[kg/anno]
Cromo	Cr	[kg/anno]
Rame	Cu	[kg/anno]
Manganese	Mn	[kg/anno]
Nichel	Ni	[kg/anno]
Mercurio	Hg	[kg/anno]
Selenio	Se	[kg/anno]
Zinco	Zn	[kg/anno]
ORGANICI		
Nome	Formula chimica	Unità misura
Benzo(a)pirene	BaP	[kg/anno]
Benzo(b)fluorantene	BbF	[kg/anno]
Benzo(k)fluorantene	BkF	[kg/anno]
Idrocarburi policiclici aromatici	IPA	[kg/anno]
Policlorobifenili	PCB	[kg/anno]
Diossine/furani	PCDD/F	[mg/anno]

Nell'elaborazione dell'inventario delle emissioni si sono tenute in considerazione le fonti emissive e le relative cause. Per gli impianti soggetti ad autorizzazione alle emissioni che sono tenuti ad eseguire misure di emissione con cadenza annuale, le emissioni sono state calcolate sulla base dei dati di analisi disponibili. Per tutti gli altri impianti e per tutte le altre fonti emissive di cui non si dispone di

dati di analisi al camino (la maggior parte delle fonti emissive), le emissioni sono state calcolate con l'ausilio di indicatori o parametri statistici (ad es. quantità prodotte, popolazione, ecc.) e di specifici fattori di emissione riferiti alle singole attività censite. Inoltre, le fonti ed i relativi dati d'emissione sono stati aggregati in settori a diverso grado di definizione delle singole attività considerate. A tale scopo è stata utilizzata la classificazione europea (CORINAIR / SNAP 97) che aggrega le emissioni nei seguenti macrosettori:

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

Per la Provincia di Bolzano sono attualmente disponibili gli inventari delle emissioni riferiti agli anni 1997, 2000, 2004, 2005, 2007, 2010, 2013, 2015, 2019 e 2022. **È importante ricordare che nella realizzazione delle varie edizioni inventariali sono stati applicati aggiornamenti e metodiche nuove che hanno portato a modifiche dei fattori di emissione ed all'articolazione in nuove attività. Di conseguenza, in determinati settori, le emissioni non sono direttamente confrontabili tra i vari inventari.**

A partire dall'inventario 2005, per il calcolo e la gestione dei dati di emissione è stato utilizzato il sistema INEMAR (Inventario delle Emissioni in Aria). Il calcolo delle emissioni in atmosfera per inquinante è stato effettuato per le emissioni puntuali, lineari e diffuse e successivamente aggregato per comune, e per combustibile.

Di seguito si riportano in forma grafica i dati di emissione del 2022 con un confronto in forma tabellare con gli inventari immediatamente precedenti.

Macroinquinanti e gas climalteranti

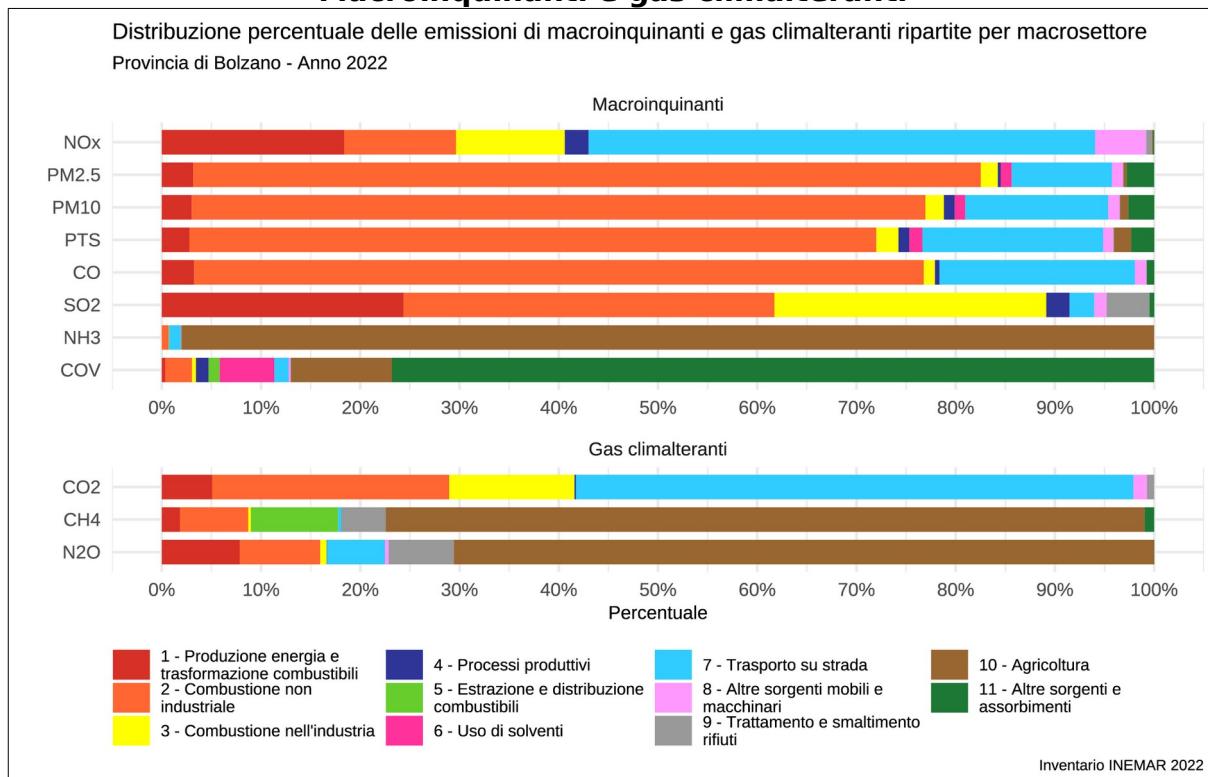


Figura 1: Distribuzione percentuale delle emissioni dei macroinquinanti e gas climalteranti¹ ripartite per macrosettore (anno 2022).

La CO₂ riportata nel grafico è la CO₂ netta e non tiene conto degli assorbimenti.

Dal grafico relativo ai macroinquinanti si nota come il traffico stradale ed i processi di combustione non industriale (in particolare il riscaldamento) siano i due settori con la maggior quantità di emissioni.

In particolare, è importante sottolineare che il solo traffico stradale è responsabile del 51% delle emissioni totali degli ossidi di azoto.

Alla combustione non industriale (Macrosettore 02) sono imputabili il 73.9% delle emissioni totali di PM10 (di cui il 96.1% dalle stufe e camini residenziali a biomassa). Le emissioni derivanti dall'Agricoltura (Macrosettore 10) costituiscono la principale causa delle emissioni di NH₃ (97.9% delle emissioni totali di NH₃) dovute prevalentemente alla gestione dei reflui dei bovini, di N₂O (70.5% delle emissioni totali di N₂O) dovute anch'esse prevalentemente alla gestione dei reflui dei bovini e di CH₄ (76.5% delle emissioni totali di CH₄), dovute soprattutto alla fermentazione enterica dei bovini. Le emissioni di CO₂ dipendono per il 56.2% dal traffico stradale, per il 23.9% dal riscaldamento non industriale (ossia riscaldamento terziario e residenziale), per il 12.6% dalla combustione industriale ed infine dalla combustione per la trasformazione di energia (5.1%).

¹ Dove non diversamente specificato con il termine CO₂ si fa riferimento qui alla CO₂ "netta" (vedi pag. 23)

Macrosettore	anno	Macroinquinante							
		CO [t]	COV [t]	NH ₃ [t]	NO _x [t]	PM10 [t]	PM2.5 [t]	PTS [t]	SO ₂ [t]
Produzione di energia e trasformazione combustibili	2013	448	79	-	1142	124	119	131	49
	2015	479	99	-	1059	122	118	127	50
	2019	493	101	-	1206	116	112	120	57
	2022	562	118	-	1134	52	51	54	53
Combustione non industriale	2013	11531	833	30	665	1134	1120	1194	132
	2015	11337	808	30	599	1128	1114	1187	122
	2019	12410	879	34	592	1234	1218	1299	72
	2022	12667	914	35	696	1275	1259	1342	82
Combustione nell'industria	2013	123	64	1	338	21	19	24	175
	2015	101	56	0	319	14	13	16	106
	2019	92	45	0	491	13	12	14	68
	2022	46	134	1.5	677	32	27	43	60
Processi produttivi	2013	47	193	-	5	44	16	50	3
	2015	66	174	-	7	23	7	26	4
	2019	76	201	0	8	28	9	32	5
	2022	80	430	-	148	19	5	22	5
Estrazione e distribuzione combustibili	2013	-	314	-	-	-	-	-	-
	2015	-	259	-	-	-	-	-	-
	2019	-	351	-	-	-	-	-	-
	2022	-	380	-	-	-	-	-	-
Uso di solventi	2013	-	1445	-	-	15	14	20	-
	2015	-	1419	-	-	7	7	9	-
	2019	-	1499	-	-	6	6	8	-
	2022	-	1864	-	-	18	18	25	-
Trasporto su strada	2013	4797	965	63	4804	309	229	405	8
	2015	4894	815	58	4522	278	202	373	2
	2019	3312	608	48	3408	230	158	325	5
	2022	3389	483	56	3149	248	160	353	5
Altre sorgenti mobili e macchinari	2013	350	68	0	553	31	29	31	4
	2015	474	109	0	939	51	48	51	5
	2019	361	69	0	495	29	26	29	4
	2022	199	74	0	317	20	18	20	3
Trattamento e smaltimento rifiuti	2013	11	3	3	24	1	1	1	5
	2015	3	1	3	22	0	0	0	1
	2019	5	1	3	28	0	0	0	2
	2022	8	3	7	38	1	1	1	9
Agricoltura	2013	-	3899	5138	12	16	5	39	-
	2015	-	3899	5101	8	16	5	39	-
	2019	-	3453	5092	9	16	5	39	-
	2022	-	3445	4803	7	14	5	34	-
Altre sorgenti ed assorbimenti	2013	39	26521	0	2	38	38	38	0
	2015	37	26520	0	2	37	37	37	0
	2019	38	25995	0	2	38	38	38	0
	2022	128	25958	1	5	45	44	45	1
Totale	2013	17347	34383	5234	7544	1733	1590	1933	376
	2015	17392	34158	5192	7476	1675	1551	1864	290
	2019	16786	33201	5177	6237	1709	1584	1904	213
	2022	17227	33801	4904	6171	1724	1586	1937	218
Variazione	13-15	0%	-1%	-1%	-1%	-3%	-2%	-4%	-23%
	15-19	-3%	-3%	0%	-17%	2%	2%	2%	-26%
	19-22	3%	2%	-5%	-1%	1%	0%	2%	2%
Macrosettore	anno	CO [t]	COV [t]	NH ₃ [t]	NO _x [t]	PM10 [t]	PM2.5 [t]	PTS [t]	SO ₂ [t]

Tabella 1: Emissioni di macroinquinanti negli anni 2013, 2015, 2019 e 2022

Macrosettore	Gas climalterante			
	anno	CO ₂ netta [kt]	CH ₄ [t]	N ₂ O [t]
Produzione di energia e trasformazione combustibili	2013	106	183	56
	2015	108	256	57
	2019	113	252	68
	2022	115	308	57
Combustione non industriale	2013	569	986	53
	2015	473	979	52
	2019	405	1101	55
	2022	542	1144	60
Combustione nell'industria	2013	260	7	3
	2015	261	13	3
	2019	311	15	3
	2022	287	46	5
Processi produttivi	2013	2	0	0
	2015	3	1	0
	2019	3	1	0
	2022	3	1	0
Estrazione e distribuzione combustibili	2013	-	3104	-
	2015	-	2747	-
	2019	-	1538	-
	2022	-	1460	-
Trasporto su strada	2013	1179	88	39
	2015	1139	69	39
	2019	1108	50	42
	2022	1276	53	43
Altre sorgenti mobili e macchinari	2013	51	2	5
	2015	86	2	6
	2019	47	1	4
	2022	31	1	3
Trattamento e smaltimento rifiuti	2013	12	1937	31
	2015	15	1711	37
	2019	18	1124	47
	2022	16	747	48
Agricoltura	2013	-	13384	553
	2015	-	13384	541
	2019	-	13384	544
	2022	-	12719	516
Altre sorgenti ed assorbimenti	2013	-	144	0
	2015	-	144	0
	2019	-	144	0
	2022	-	159	0
Totale	2013	2179	19835	741
	2015	2085	19307	735
	2019	2004	17611	763
	2022	2271	16637	732
Variazione	13-15	-4%	-3%	-1%
	15-19	-4%	-9%	4%
	19-22	13%	-5%	-4%
Macrosettore	anno	CO ₂ netta [kt]	CH ₄ [t]	N ₂ O [t]

Tabella 2: Emissioni di gas climalteranti nel 2013, 2015, 2019 e 2022 (la combustione di biomassa viene considerata neutrale e quindi con emissione di CO₂ uguale a zero).

Il valore della CO₂ riportata nella tabella è riferito alla CO₂ netta e non tiene conto degli assorbimenti.

Microinquinanti

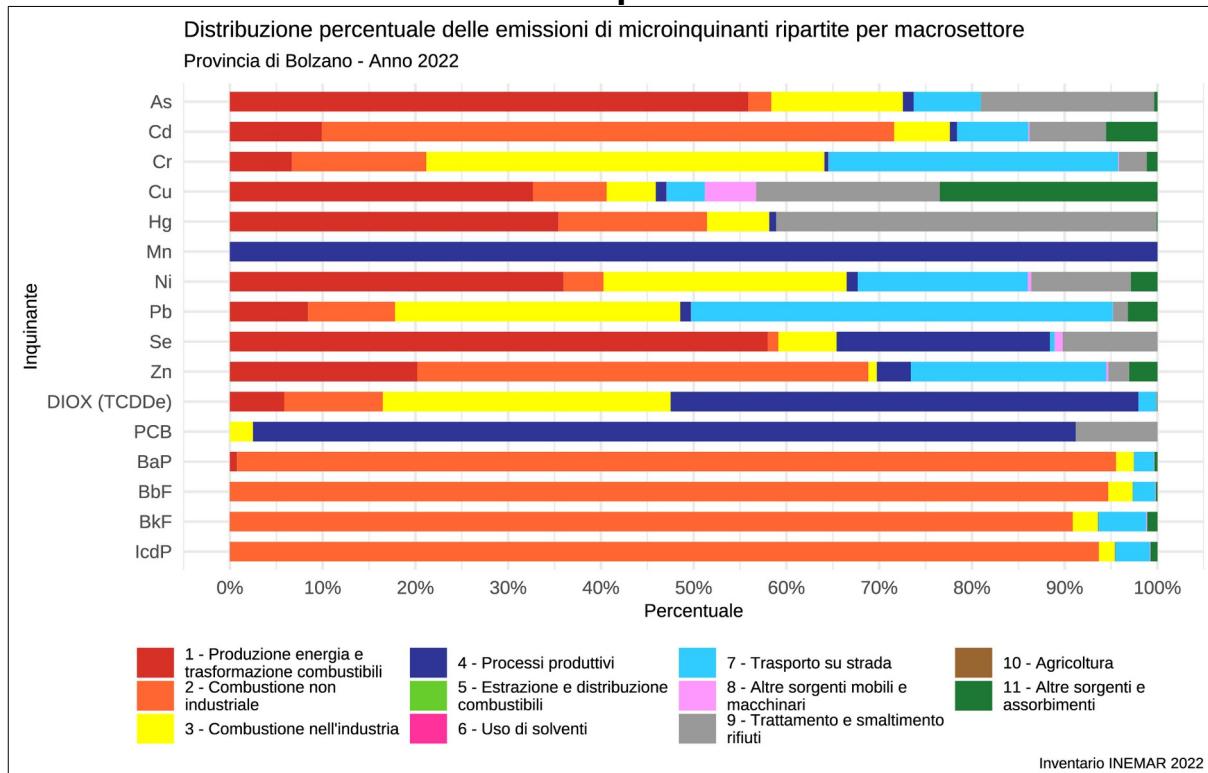


Figura 2: Distribuzione percentuale delle emissioni dei microinquinanti per macrosettore (anno 2022)

Il macrosettore che produce la maggiore quantità di emissioni di microinquinanti è il Macrosettore 02 - Combustione non industriale (responsabile del 48.9% delle emissioni totali di microinquinanti), seguita dal Macrosettore 07 - Trasporto su strada (responsabile del 19.8% delle emissioni totali di microinquinanti) e dal Macrosettore 01 - Produzione energia e trasformazione di combustibili (responsabile del 14.0% delle emissioni totali di microinquinanti). Fanno l'eccezione il PCB e manganese prodotti quasi esclusivamente dal Macrosettore 4 - processi produttivi, macrosettore che è anche responsabile del 23.0% delle emissioni totali di selenio e del 50.5% delle emissioni totali di diossine.

3 Inquinanti

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

3.1 Ossidi di azoto (NO_x)

Gli ossidi di azoto (NO e NO₂) sono irritanti per gli organi respiratori e concorrono alla formazione di piogge acide. Il loro contributo è inoltre importante nella formazione di materiale particolato secondario (PM) e nella formazione di ozono nella troposfera (O₃).

La formazione di NO_x trova origine anch'essa nei processi di combustione ed in particolare in quelli in cui sono raggiunte alte temperature. La fonte principale è il traffico stradale (Figura 3) per il quale le sempre più stringenti norme europee sui limiti di emissione degli autoveicoli spingono ad importanti migliorie dei motori e del trattamento dei gas di scarico.

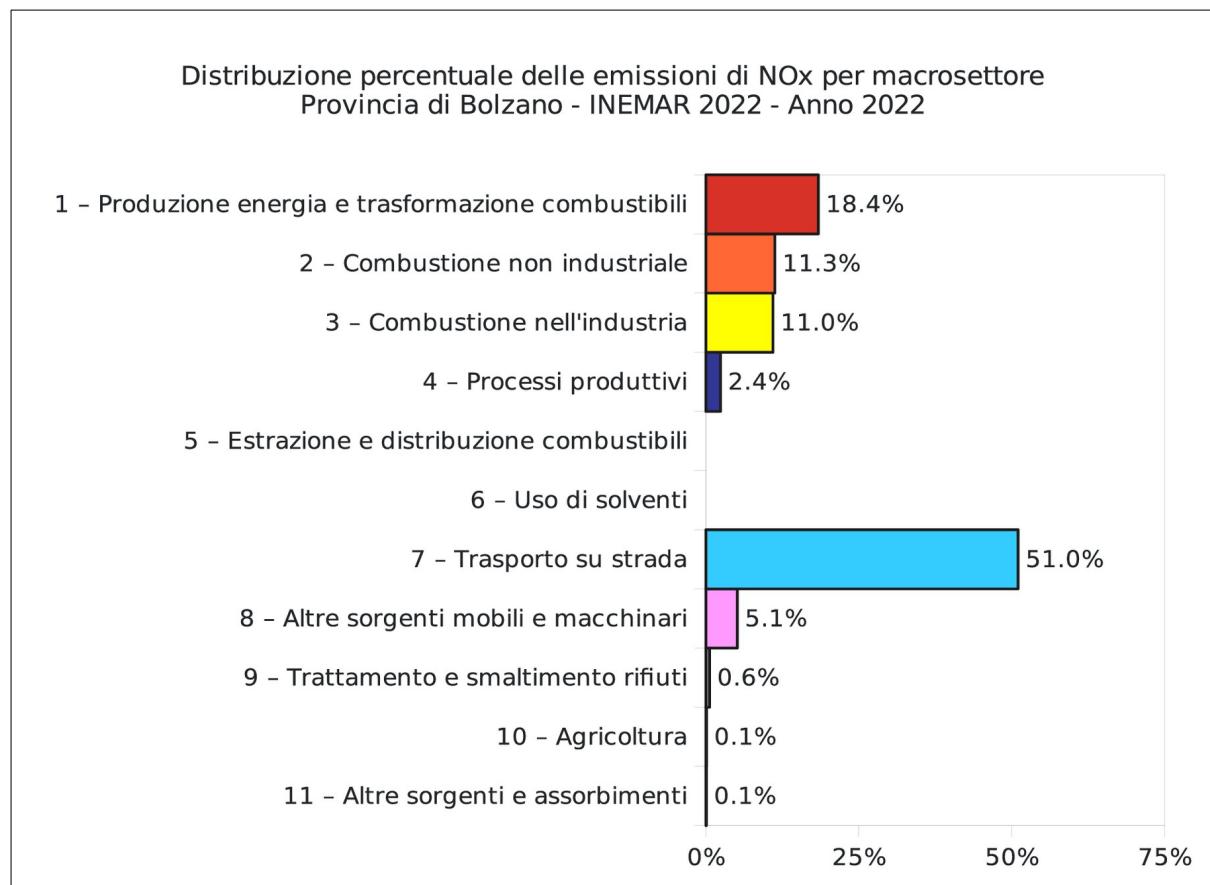


Figura 3: Distribuzione percentuale delle emissioni di NO_x per tipo di fonte (anno 2022)

Le migliori più significative nel settore della riduzione delle emissioni derivano dalle cosiddette “classi euro” ed in particolare, per quanto concerne gli NO_x, da quanto previsto per la classe Euro6 in quanto impongono importanti riduzioni delle emissioni di NO_x.

La maggior parte dei costruttori di mezzi leggeri e pesanti hanno in commercio veicoli di classe Euro6 che montano un sistema di abbattimento degli ossidi azoto nei gas di scarico conosciuto con il nome di SCR (Selective Catalytic Reduction). Gli ossidi di azoto, tramite questo sistema a base di urea (AdBlue), sono trasformati in azoto molecolare e vapore acqueo.

Come sopra già riportato, il traffico su gomma ha una grandissima influenza sulle emissioni di NO_x. In tale contesto vi è da rilevare come la A22 nel tratto altoatesino da Brennero a Salorno rappresenti di gran lunga l’arteria di traffico più importante a livello provinciale: il 47% delle emissioni di NO_x dell’autostrada nel tratto altoatesino è riconducibile al traffico pesante.

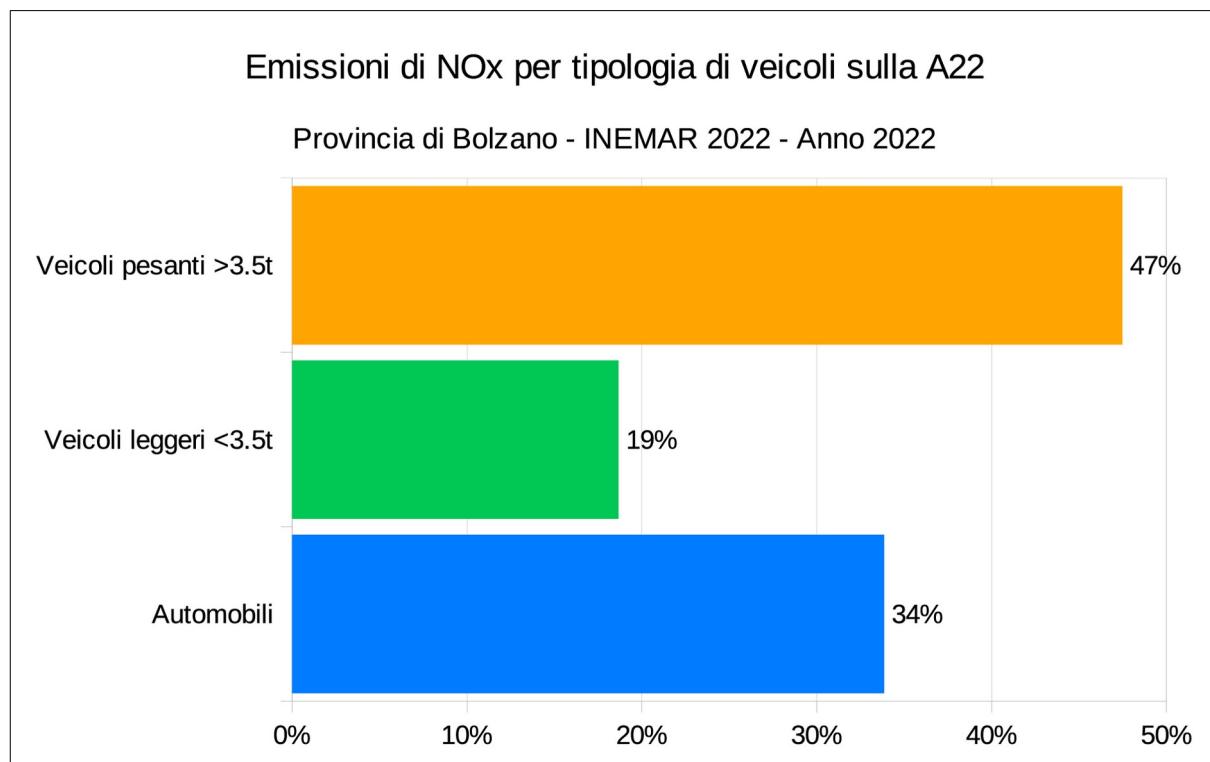


Figura 4: Quota percentuale di emissioni di NO_x per tipologia di veicolo sulla A22 (2022)

Il rapporto tra emissioni derivanti dal traffico pesante e da quello leggero è soggetto a modificarsi negli anni, perché il tasso di ricambio dei veicoli pesanti circolanti in autostrada è decisamente più alto di quello delle autovetture.

In ogni caso sull’asse del Brennero allo stato attuale la presenza di veicoli Euro 6 è prevalente sia per quanto riguarda gli automezzi leggeri che per i pesanti.

L'importanza delle emissioni derivanti dal traffico circolante sull'autostrada del Brennero sul bilancio complessivo delle emissioni di NO_x emerge in modo chiaro dal confronto con le altre strade presenti sul territorio provinciale.

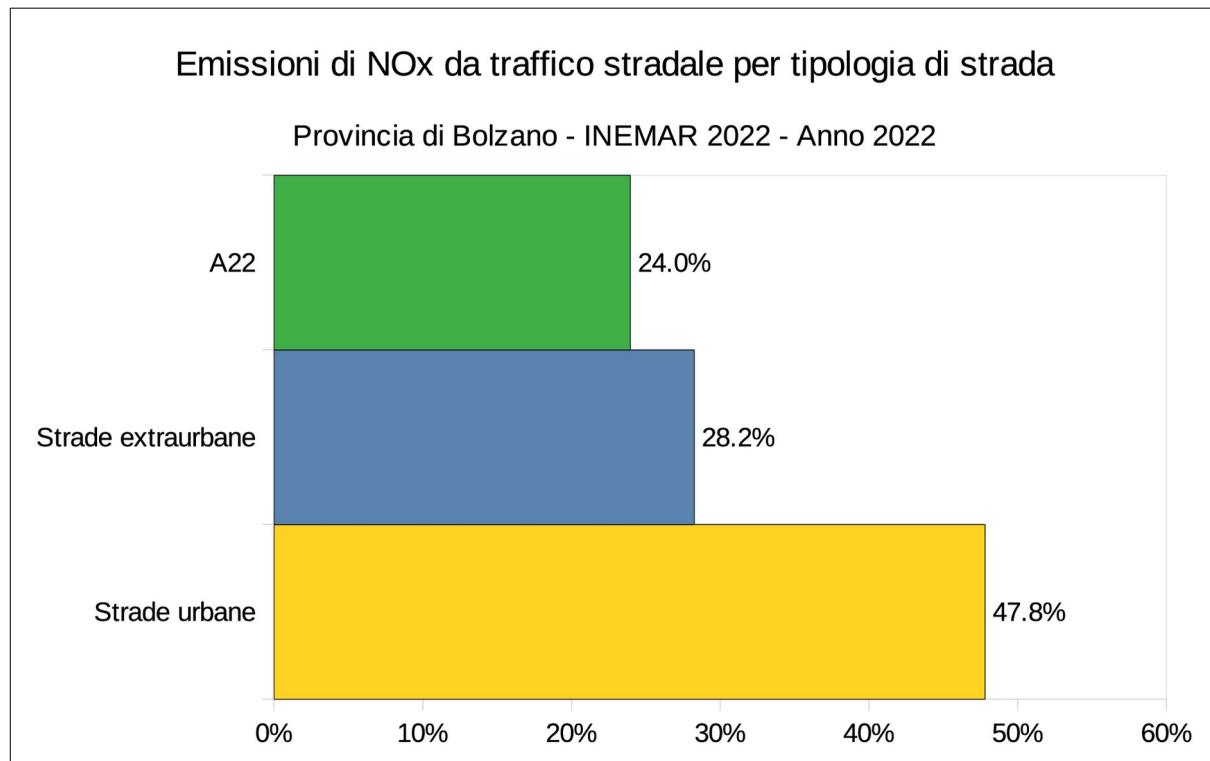


Figura 5: Quota percentuale di emissioni di NO_x da traffico per tipologia di strada in Alto Adige (2022)

Per quanto riguarda la superstrada MeBo, questa contribuisce per il 2.2% alle emissioni di NO_x dovute al traffico stradale.

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

Gli impianti di combustione emettono quasi esclusivamente ossidi di azoto sotto forma di NO che, una volta liberati in atmosfera, possono partecipare a reazioni chimiche trasformandosi in NO₂. La reazione chimica più importante è quella che coinvolge l'NO e l'ozono (O₃) e che vede come prodotti finali l'NO₂ e l'ossigeno (O₂). In tal modo, una forte presenza di NO può avere effetti positivi ai fini dell'abbattimento dell'ozono troposferico, ma da tale situazione vi sarà da aspettarsi un aumento delle concentrazioni di NO₂. In direzione opposta interviene poi la reazione che vede la riduzione dell'NO₂ in NO; reazione attraverso la quale, con l'apporto energetico delle radiazioni solari e la presenza di radicali liberi, si ottiene un aumento delle concentrazioni di O₃. Queste interdipendenze tra varie sostanze presenti in atmosfera fa sì che le

concentrazioni di NO e di NO₂ possano variare anche in modo non direttamente dipendente dalla presenza di fonti emissive di NO_x.

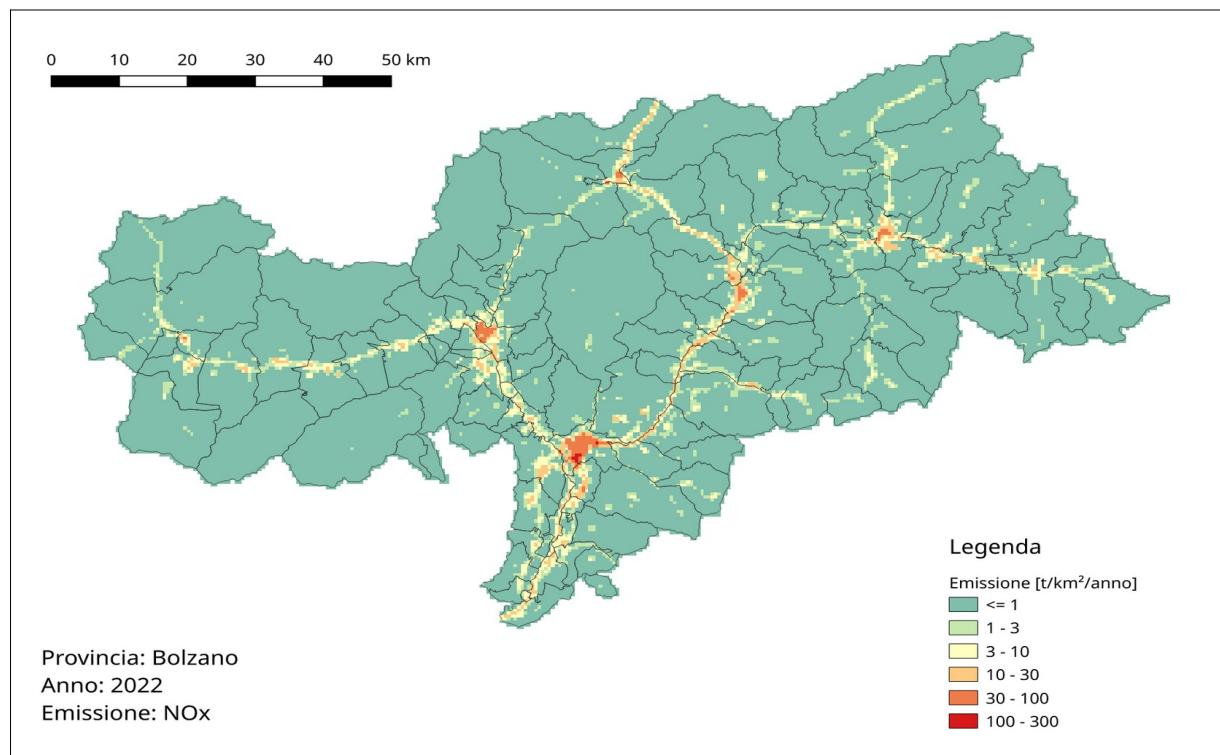


Figura 6: Distribuzione territoriale delle emissioni di NO_x (2022)

3.2 Materiale Particolato (PM10, PM2.5)

Per definizione PM10 e PM2.5 è il materiale particolato (PM) che penetra attraverso un ingresso dimensionato con un'efficienza di penetrazione del 50% per particelle con un diametro aerodinamico di 10, ovvero 2.5 µm. Queste particelle sono particolarmente dannose per la salute in quanto riescono a penetrare fin nelle parti più profonde dei polmoni. La loro composizione è assai variegata e dipende molto dal processo in cui le stesse sono prodotte, ricordiamo ad esempio il nero fumo prodotto dai veicoli diesel o la combustione del legno, ma anche fonti naturali come il polline o la sabbia desertica. Vi sono poi i processi di formazione di particolato secondario in atmosfera a cui ad esempio partecipa l'ammoniaca rilasciata dalle attività agricole. La composizione del particolato è decisiva in relazione alla tossicità dello stesso. Si ha così che particelle contenenti metalli pesanti o idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono particolarmente dannose per la salute. Un ulteriore aspetto in relazione alla tossicità delle particelle è dato dalla loro dimensione perché le particelle più fini possono penetrare più profondamente fino a raggiungere anche gli alveoli polmonari. Da qui la necessità di individuare anche il PM2.5 come sostanza inquinante.

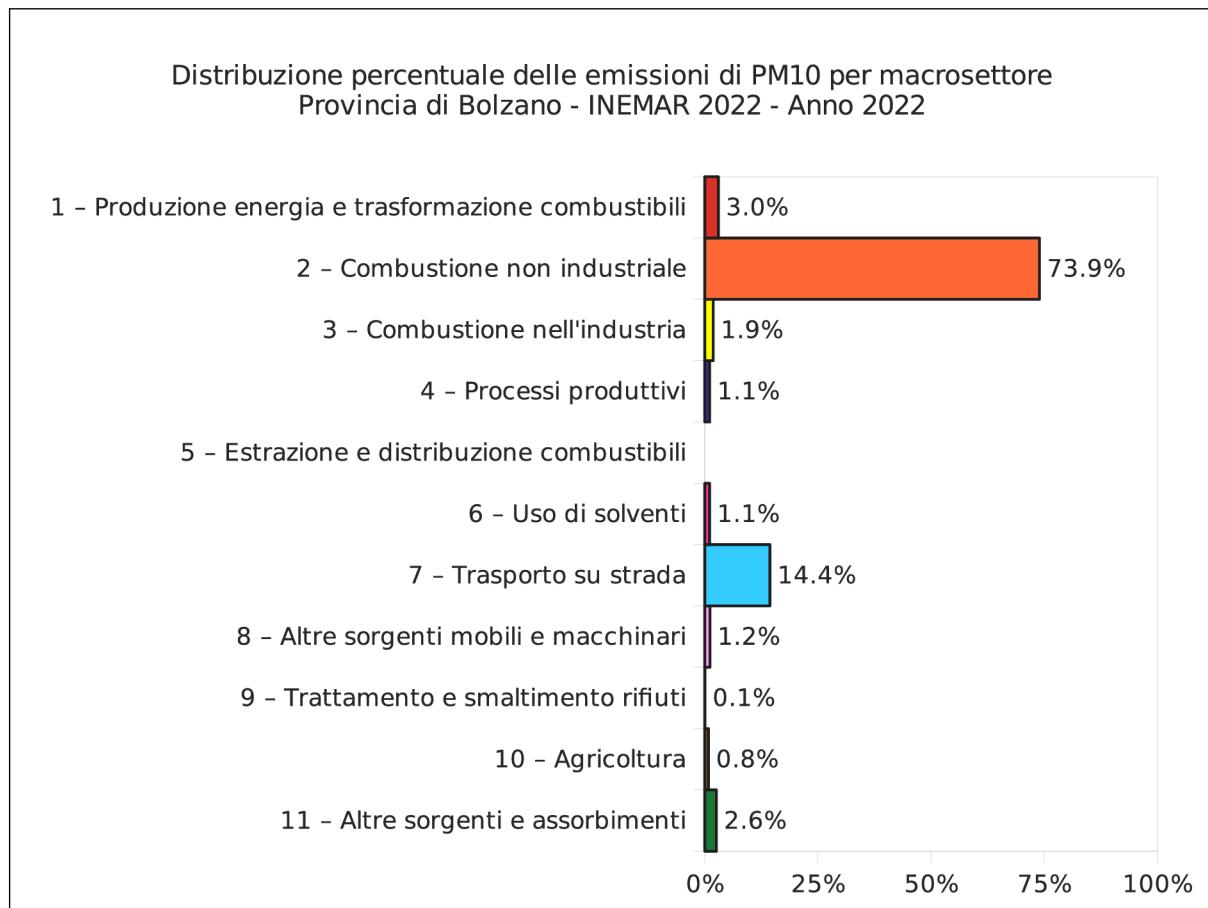


Figura 7: Distribuzione percentuale delle emissioni di PM10 per tipo di fonte (2022)

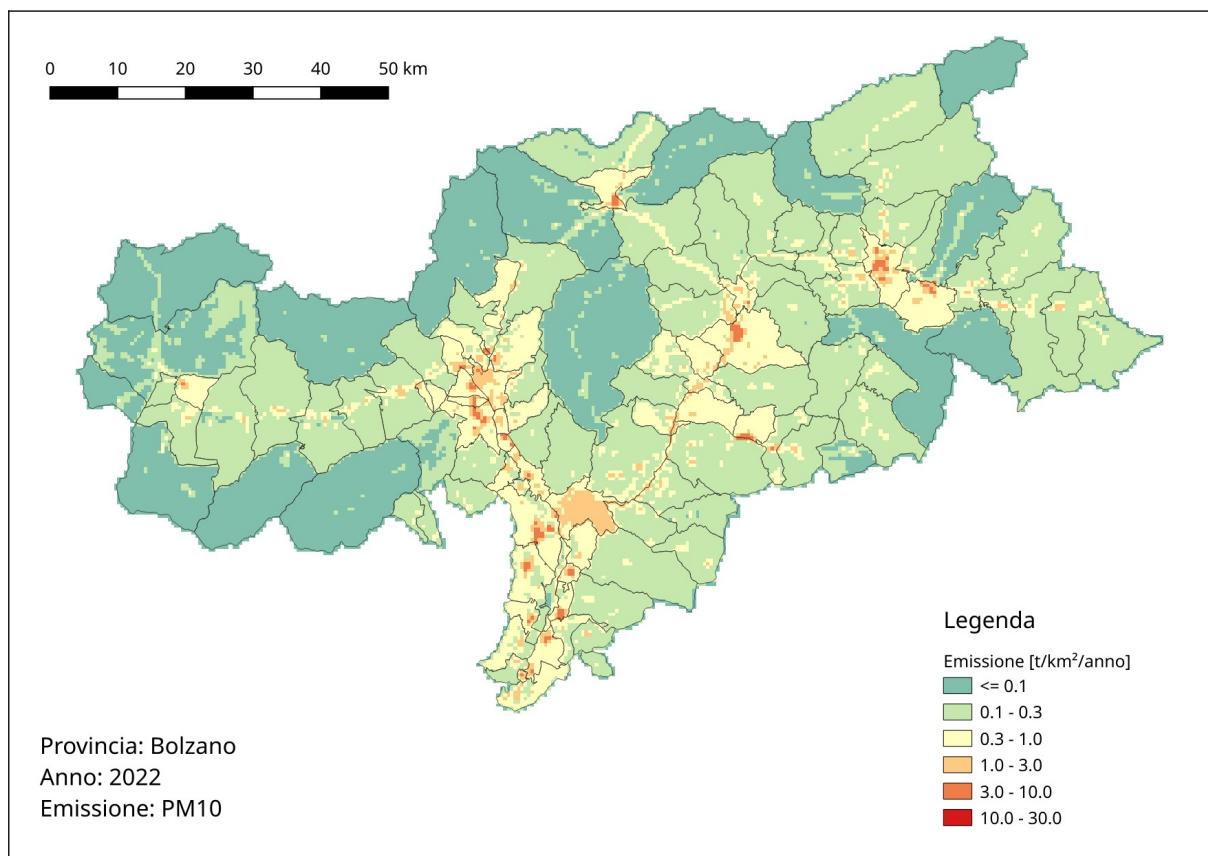


Figura 8 - Distribuzione territoriale delle emissioni di PM10 (2022)

La combustione della legna è molto più diffusa nei comuni rurali piuttosto che in quelli fortemente urbanizzati. Infatti, se si confronta un piccolo centro abitato montano con la città di Bolzano si ottengono due bilanci emissivi decisamente diversi in relazione alle fonti maggiormente responsabili dell'emissione di PM10. Anche la distribuzione territoriale delle emissioni di PM10 rende visibile come la presenza di impianti a biomassa nelle zone rurali renda meno evidente la concentrazione delle fonti emissive nei maggiori centri abitati e lungo le arterie di traffico offrendo quindi un quadro più variegato di quello che ad esempio caratterizza le emissioni di NO_x.

A titolo di esempio si riporta di seguito il grafico rappresentante i valori delle emissioni di PM10 suddivise per macrosettore dell'inventario INEMAR 2022 per i Comuni di Laces e Bolzano.

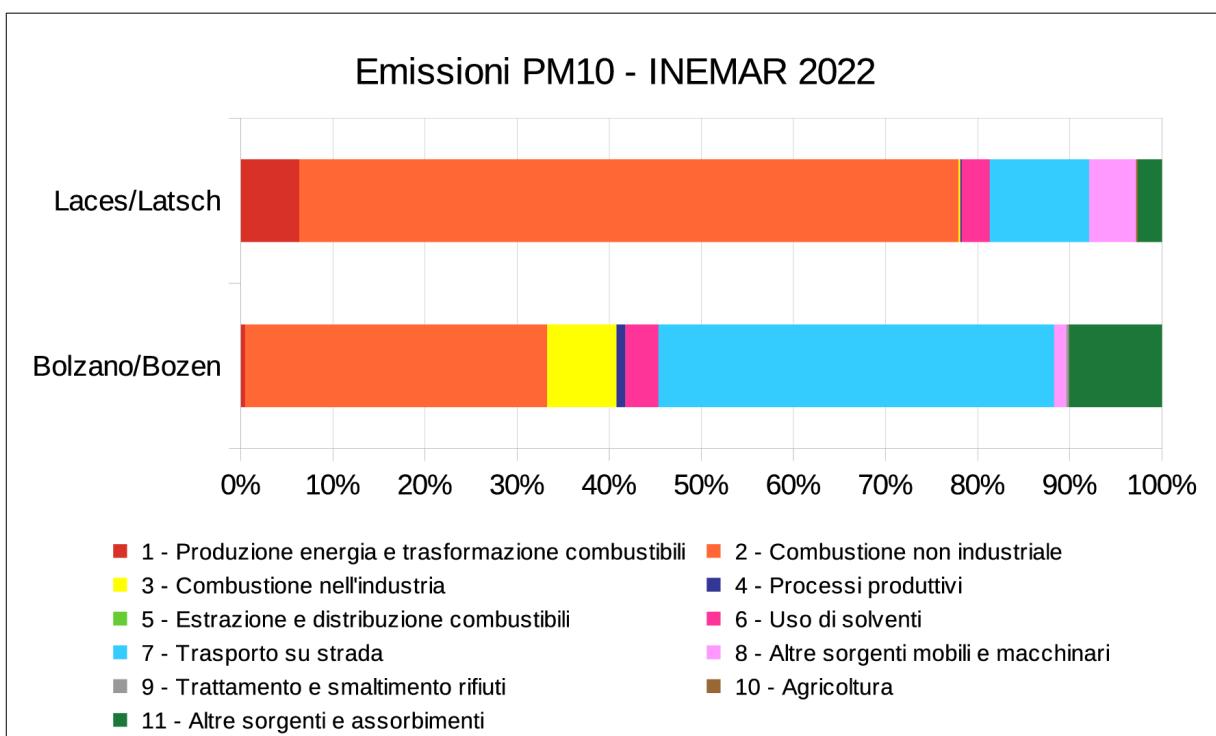


Figura 9 - Confronto emissioni di PM10 per tipo di fonte nei Comuni di Bolzano e Laces (2022)

3.3 Ammoniaca (NH₃)

L'ammoniaca è un gas incolore ed intensamente odoroso, tossico per l'uomo. Esso si forma essenzialmente nei processi di decomposizione degli escrementi animali e, per tale ragione, all'interno dell'inventario delle emissioni la fonte principale è l'agricoltura. In atmosfera l'NH₃ reagisce con gli acidi per formare sali di ammonio che concorrono alla formazione del particolato secondario.

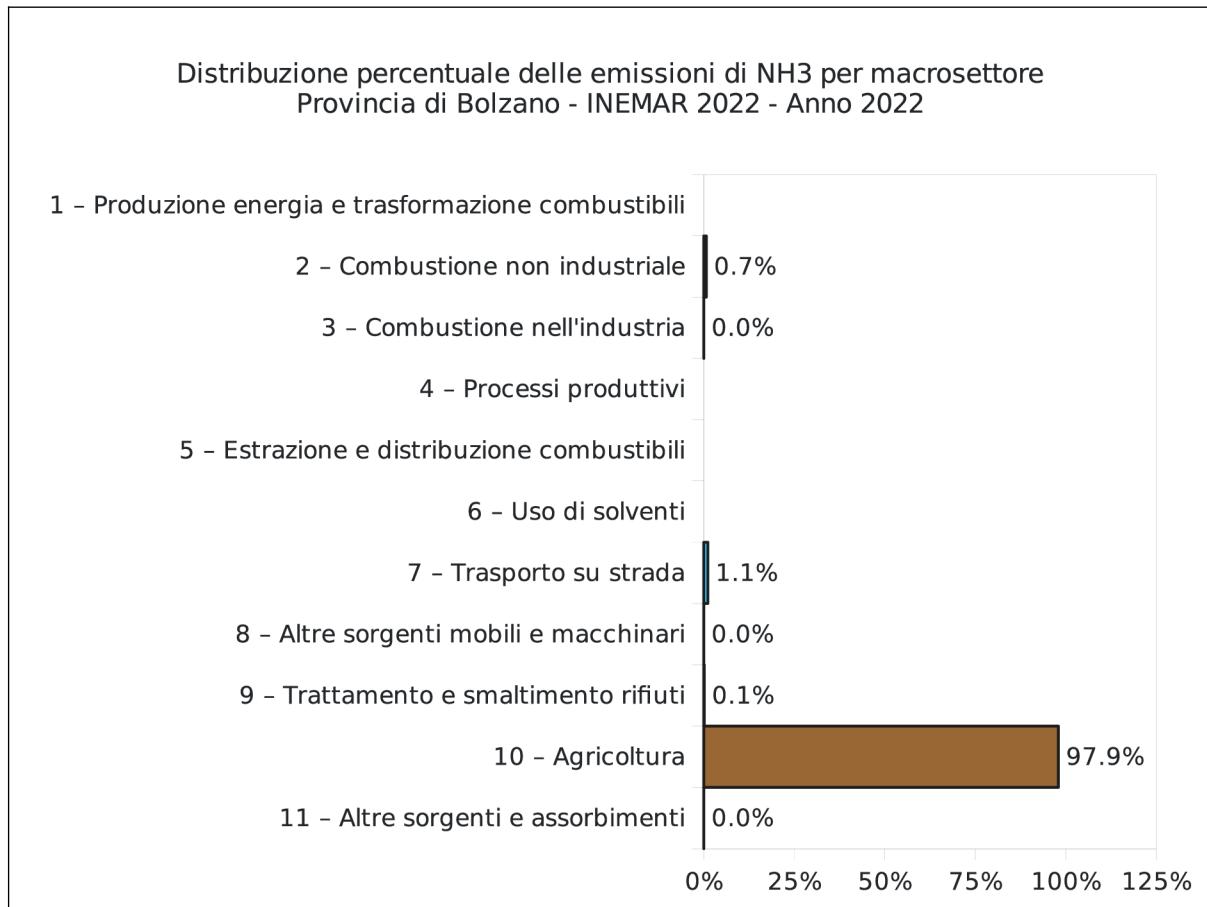


Figura 10: Distribuzione percentuale delle emissioni di NH₃ per tipo di fonte (2022)

3.4 Composti organici volatili (COV)

Vengono definiti composti organici volatili i composti organici che alla temperatura di 20°C hanno una pressione di vapore di 0.01 kPa. Con l'acronimo NMCOV vengono definiti i COV non metanici, ovvero senza CH₄. Nell'inventario delle emissioni il CH₄ viene calcolato a parte e quindi per COV si intendono in realtà i NMCOV. I COV giocano un ruolo importante nella formazione dell'ozono troposferico in quanto entrano a far parte della catena reattiva che porta alla formazione dello stesso.

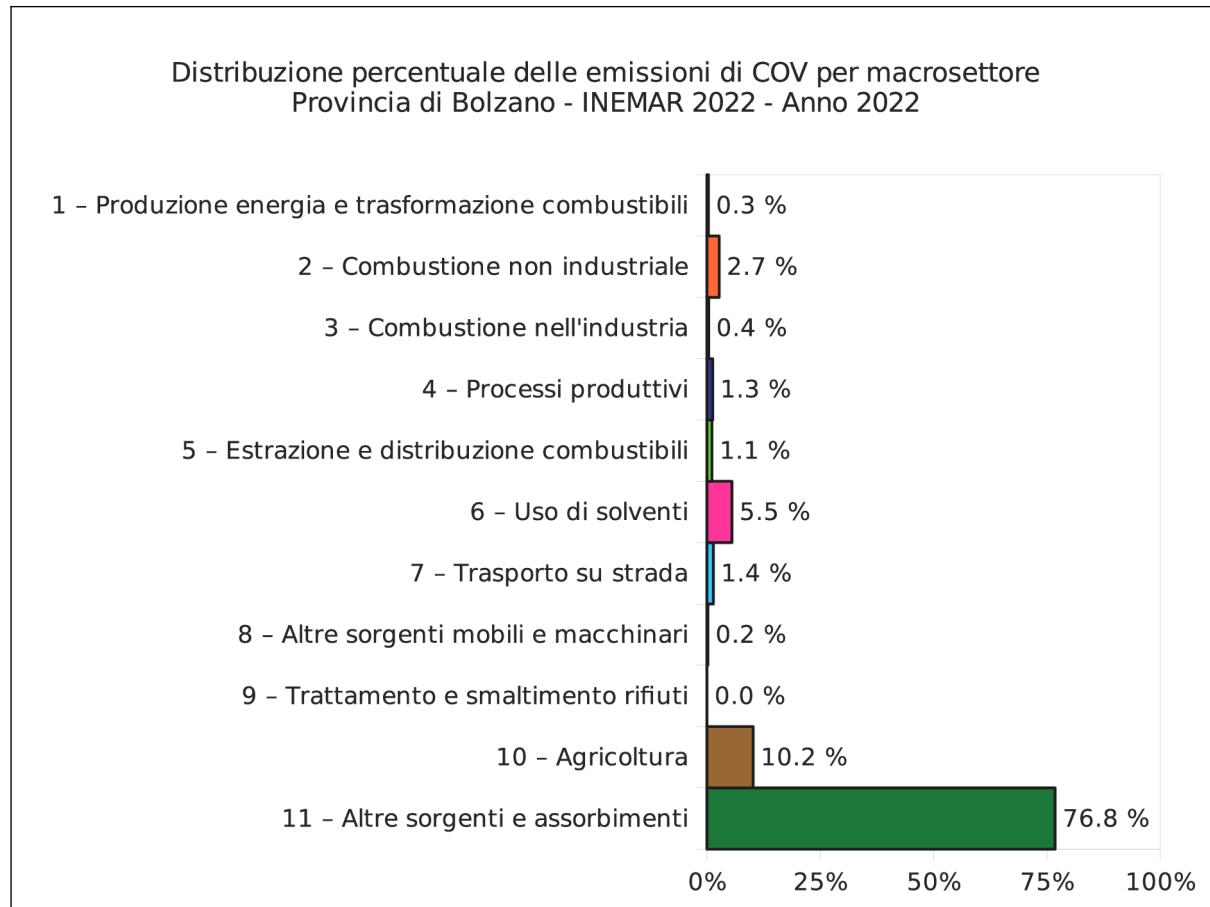


Figura 11 - Distribuzione percentuale delle emissioni di COV per tipo di fonte (2022)

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

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

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

3.5 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Con l'acronimo IPA si intende una famiglia di idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici, quali quello del benzene, uniti fra loro in un'unica struttura generalmente piana. Così come per il CO, gli IPA si formano generalmente nei processi di combustione a causa di un'incompleta o cattiva ossidazione dei composti del carbonio. Il B(a)P - benzo(a)pirene è stato scelto come inquinante rappresentante dell'intera famiglia e come tale viene anche analizzato nelle stazioni di misura di qualità dell'aria.

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

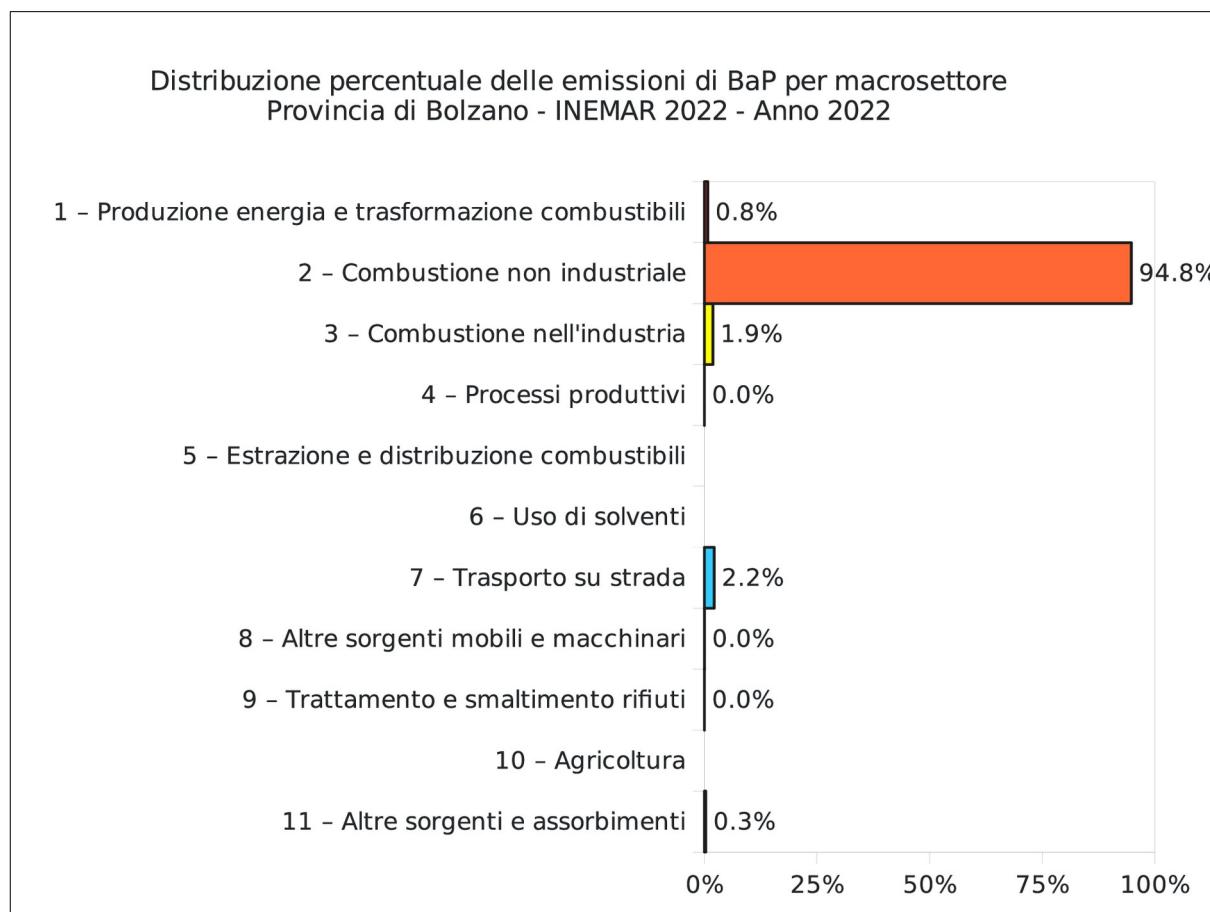


Figura 12: Distribuzione percentuale delle emissioni di BaP per tipo di fonte (2022)

3.6 Metalli pesanti

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

4 Gas climalteranti

I gas climalteranti contribuiscono all'effetto serra terrestre e quindi all'aumento delle temperature medie a livello mondiale.

La sostanza di maggior rilievo per questo fenomeno è l'anidride carbonica, CO₂, ma altre sostanze, come il metano ed il protossido di azoto, pur se emesse in quantitativi minori, possono dare un contributo significativo.

4.1 CO₂ linda e CO₂ netta

Nell'ambito dell'inventario delle emissioni vengono computate come CO₂ linda tutte le emissioni di anidride carbonica, comprese le emissioni da combustione di materie rinnovabili, come le biomasse, che non vengono considerate generalmente nei bilanci dei gas climalteranti; per definizione si differenzia dalla CO₂ netta che viene calcolata come CO₂ emessa da fonti non rinnovabili.

Questa distinzione viene adottata in quanto la combustione delle biomasse non comporta emissioni aggiuntive di CO₂ in atmosfera essendo la biomassa un combustibile biogenico, ossia generato per fotosintesi a partire da carbonio già presente in atmosfera. Per contro la CO₂ generata da processi industriali di produzione per contatto o da combustione di carburanti fossili immette in atmosfera nuova CO₂ derivante dal carbonio che precedentemente era legato con altri elementi chimici e costituiva, ad esempio, il combustibile stoccati nel sottosuolo o la materia prima da cui ottenere i derivati di lavorazione (come il processo di decarbonatazione del cemento).

Dove non espressamente specificato si fa riferimento a CO₂ netta.

Osservando la distribuzione delle emissioni di CO₂ linda (Figura 13) si può vedere come i due settori maggiormente rappresentati siano il traffico ed i riscaldamenti civili. Per quanto riguarda i contributi alle emissioni di CO₂ netta (Figura 14) per contro si può osservare un ruolo preponderante del traffico, mentre vengono ad avere un peso minore i riscaldamenti e la produzione energetica, per i quali non vengono computate le emissioni associate alla combustione delle biomasse legnose. Valutando il peso delle singole tipologie di strada sulle emissioni di CO₂ netta si vede che l'autostrada incide per circa un quarto (Figura 15).

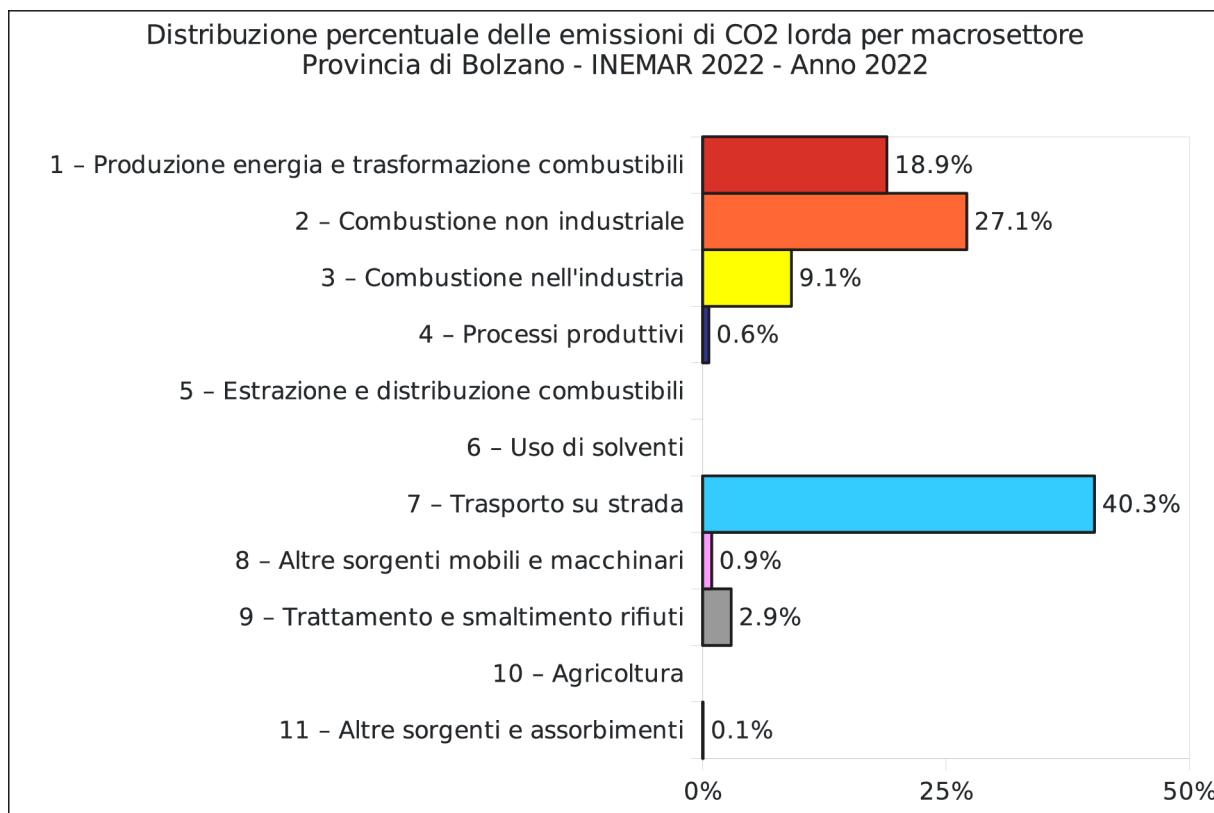


Figura 13: Distribuzione percentuale delle emissioni di CO₂ londa per per tipo di fonte (2022).

Nel grafico non sono riportati gli assorbimenti della CO₂.

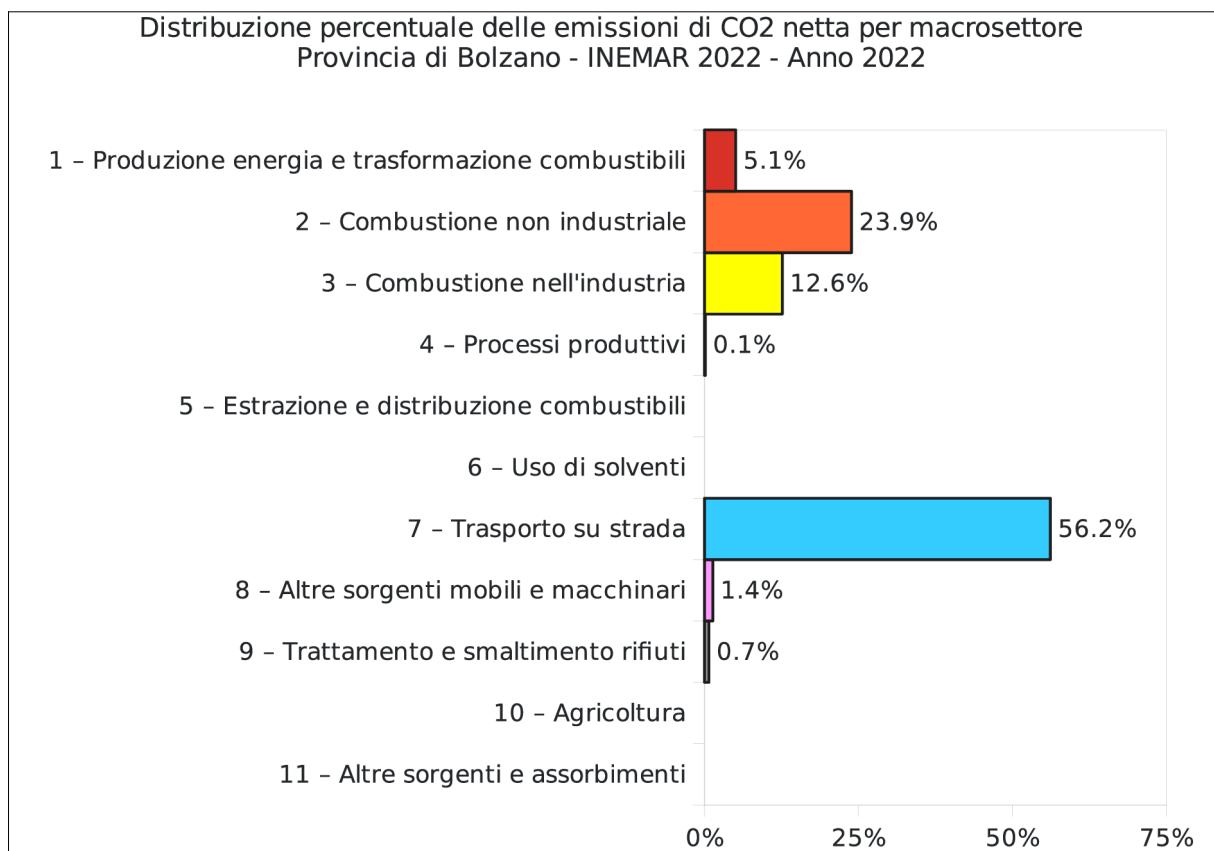


Figura 14: Distribuzione percentuale delle emissioni di CO₂ netta per per tipo di fonte (2022).

Nel grafico non sono riportati gli assorbimenti della CO₂.

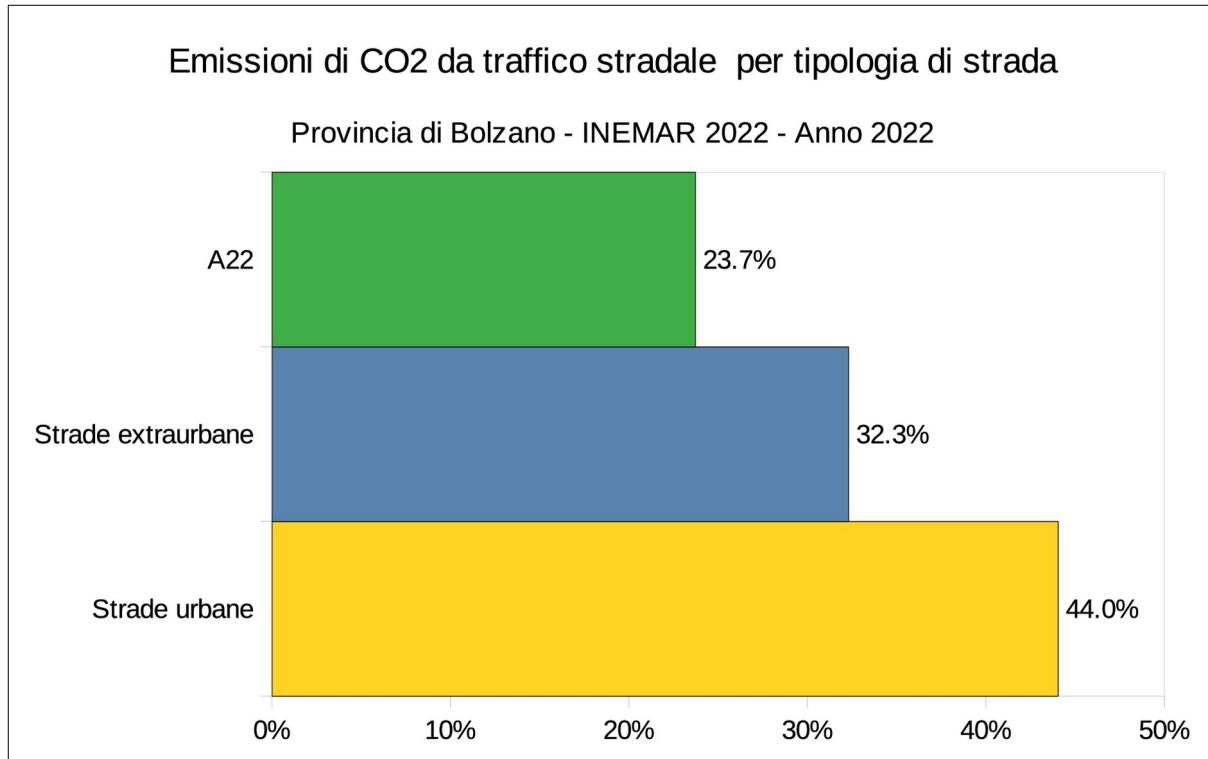


Figura 15: Quota percentuale di emissioni di CO₂ da traffico per tipologia di strada (2022)

Per quanto riguarda la superstrada MeBo, questa contribuisce per il 2.6% alle emissioni di CO₂ dovute al traffico stradale.

Nel macrosettore 7 - Trasporto su strada la differenza tra la CO₂ netta e la CO₂ linda è imputabile alla composizione del gasolio per autotrazione; infatti in INEMAR questo è composto in parte anche da biocombustibile in quantità stimata essere pari al 5.2% del totale del gasolio.

4.2 Emissioni di CH₄

Il 76% delle emissioni di metano in Alto Adige viene generato dall'allevamento di bestiame ed in particolare dalla fermentazione anaerobica degli escrementi e dal processo digestivo dei ruminanti. Il metano prodotto dalla decomposizione dei rifiuti organici depositati nelle discariche viene in buona parte captato e combusto con appositi impianti. Vengono contemplate anche le perdite derivanti dalle reti di distribuzione del metano. Un ruolo minore viene infine svolto dai processi di decomposizione organica negli ecosistemi naturali (ad es. acquitrini e le paludi).

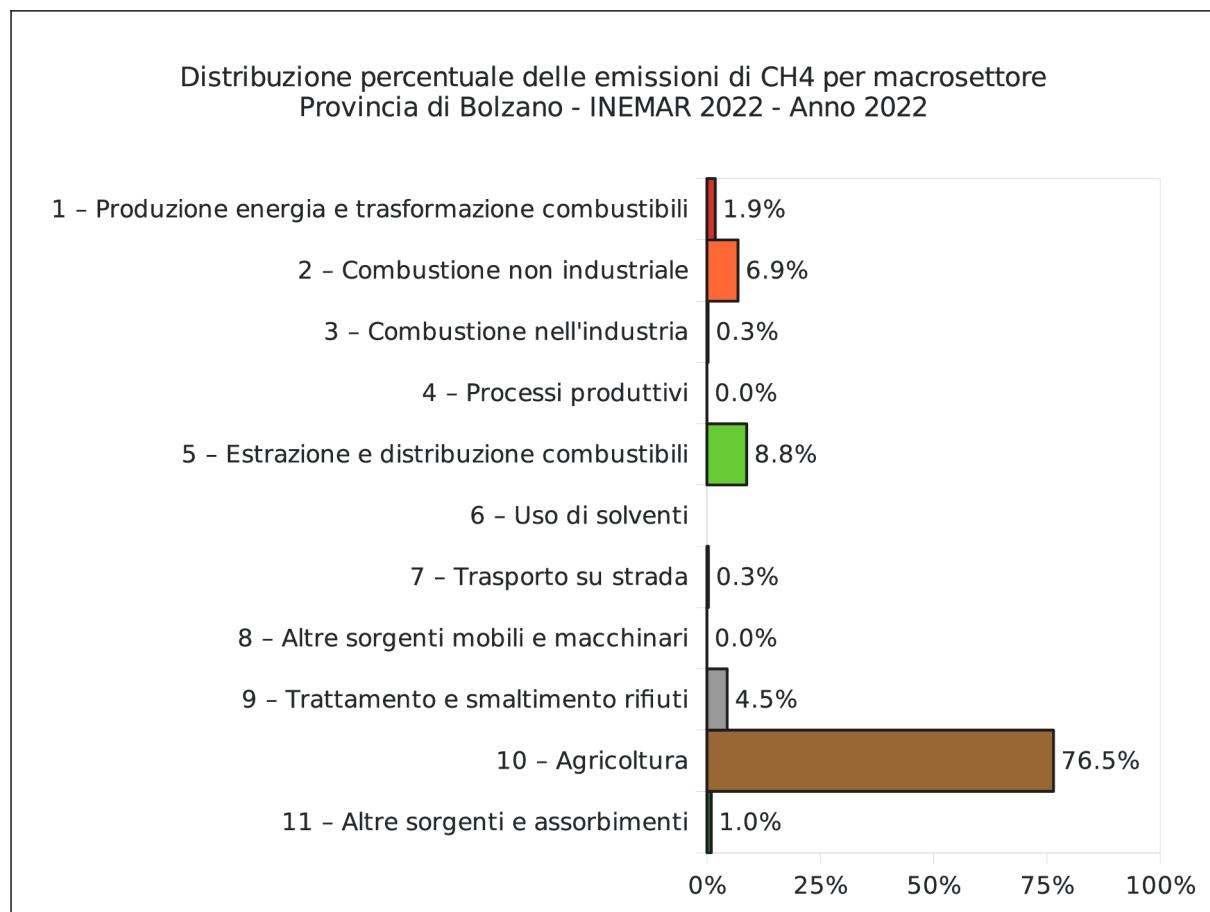


Figura 16: Distribuzione percentuale delle emissioni di CH₄ per tipo di fonte (2022)

4.3 Emissioni di N₂O

Le emissioni di protossido di azoto (N₂O), conosciuto anche con il nome di gas esilarante, provengono in gran parte dall'agricoltura. Infatti, in carenza di ossigeno, i fertilizzanti azotati presenti nei terreni vengono trasformati in N₂O che poi si disperde in atmosfera.

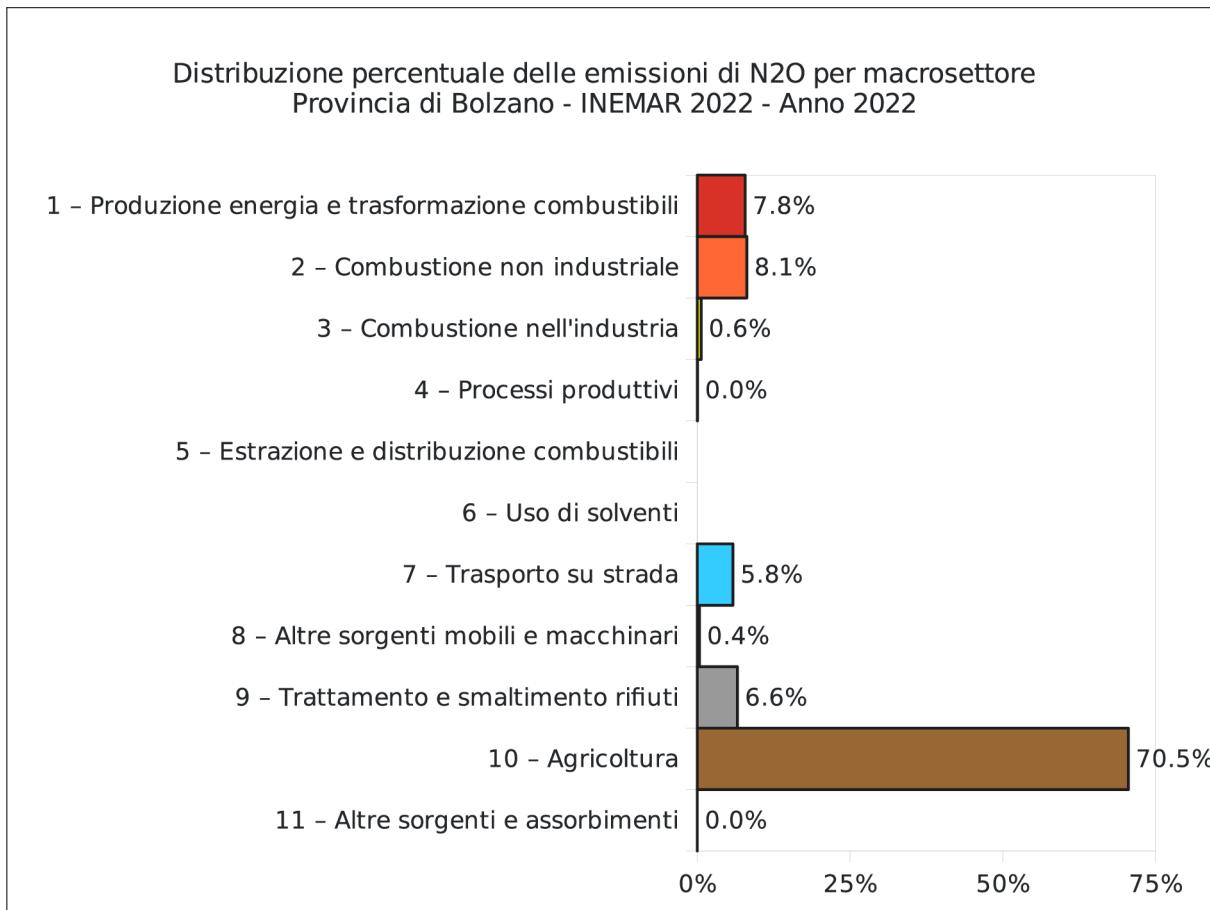


Figura 17: Distribuzione percentuale delle emissioni di N₂O per tipo di fonte (2022)

4.4 **CO₂ equivalente e Global Warming Potential**

Come si è detto vi sono più sostanze in grado di contribuire all'effetto serra; quelle considerate nell'inventario sono:

- l'anidride carbonica (CO₂);
- il metano (CH₄);
- il protossido di azoto (N₂O).

Il loro potenziale effetto serra viene stimato utilizzando un indice denominato GWP (Global Warming Potential):

Inquinante di partenza	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
CO ₂ equivalente	21	1	310

Tabella 3: Coefficienti utilizzati per il calcolo della CO₂ equivalente

Quindi le emissioni dei diversi gas serra vengono aggregate e sono riportate attraverso l'indicatore CO₂eq (CO₂ equivalente) che rappresenta una somma dei gas serra pesati secondo il loro potenziale climalterante, sintetizzabile come media pesata, con GWP usato come coefficiente:

$$\text{CO}_2\text{eq} = \sum (\text{GWP}_i * E_i).$$

dove:

GWP_i = Global Warming Potential;

E_i = emissione dell'inquinante climalterante i.

4.5 CO₂ equivalente

Come si è visto i gas climalteranti hanno un effetto serra più o meno accentuato e pertanto le loro emissioni possono essere rappresentate come CO₂ equivalente. In tal modo si può ottenere un quadro riassuntivo delle emissioni rilevanti ai fini del loro contributo all'effetto serra.

Il contributo delle singole sostanze alle emissioni di CO₂ equivalente è riportato nella figura seguente.

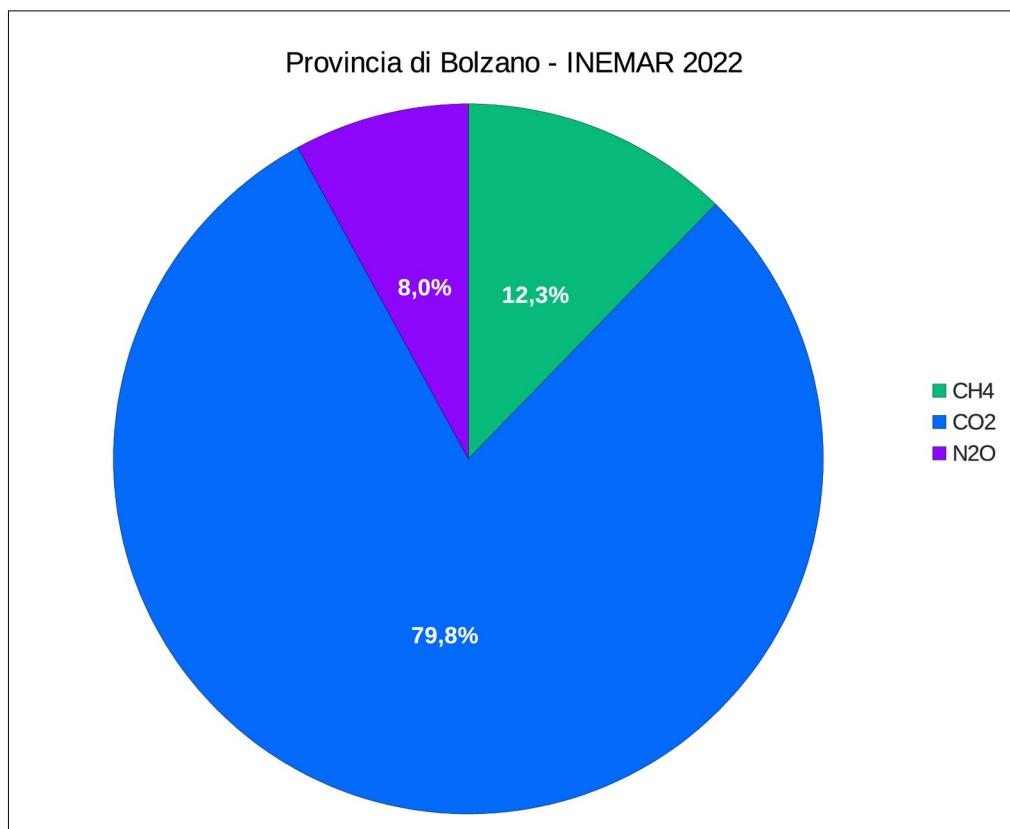


Figura 18: Contributo dei singoli gas climalteranti alle emissioni di CO₂ equivalente.

Nel grafico non sono stati considerati gli assorbimenti della CO₂.

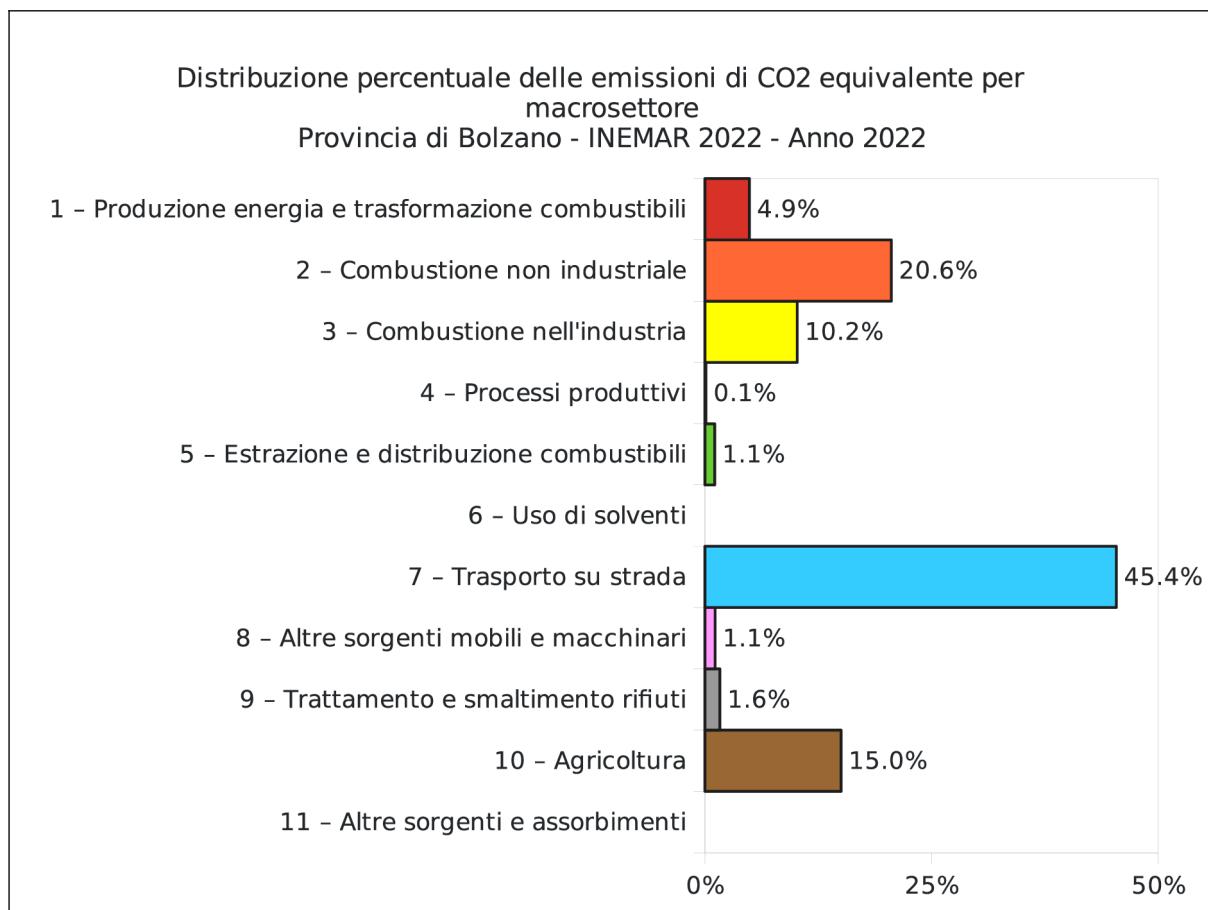


Figura 19: Distribuzione percentuale delle emissioni di CO₂ equivalente per macrosettore (2022).

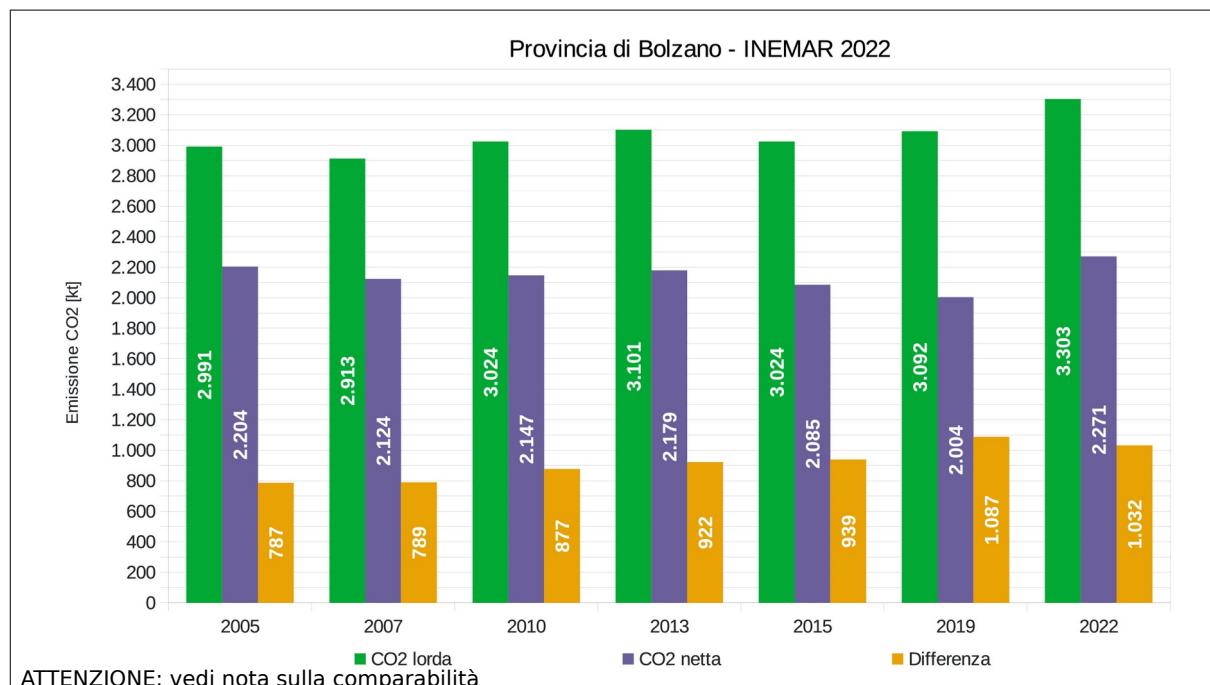
Nel grafico non sono stati considerati gli assorbimenti della CO₂.

Nel grafico di figura 19 si riportano le emissioni della CO₂ trascurando il contributo degli assorbimenti (valori negativi di CO₂ dovuti allo stoccaggio nelle foreste), in maniera tale da considerare solo il bilancio delle emissioni.

Le biomasse combustibili sono considerate neutrali ai fini del calcolo della CO₂ equivalente e non vengono considerate nel calcolo.

4.6 Evoluzione delle emissioni di CO₂ negli inventari

L'andamento delle emissioni di CO₂ netta stimata per gli inventari realizzati (Figura 20) appare altalenante, in quanto la metodologia di stima negli anni è cambiata adottando diversi fattori di emissione e computando differentemente alcuni indicatori. La CO₂ linda presenta un trend leggermente crescente, a causa prevalentemente dell'incremento del numero di impianti di teleriscaldamento a biomassa, motivo per il quale è andata via via aumentando la differenza tra CO₂ linda e CO₂ netta.



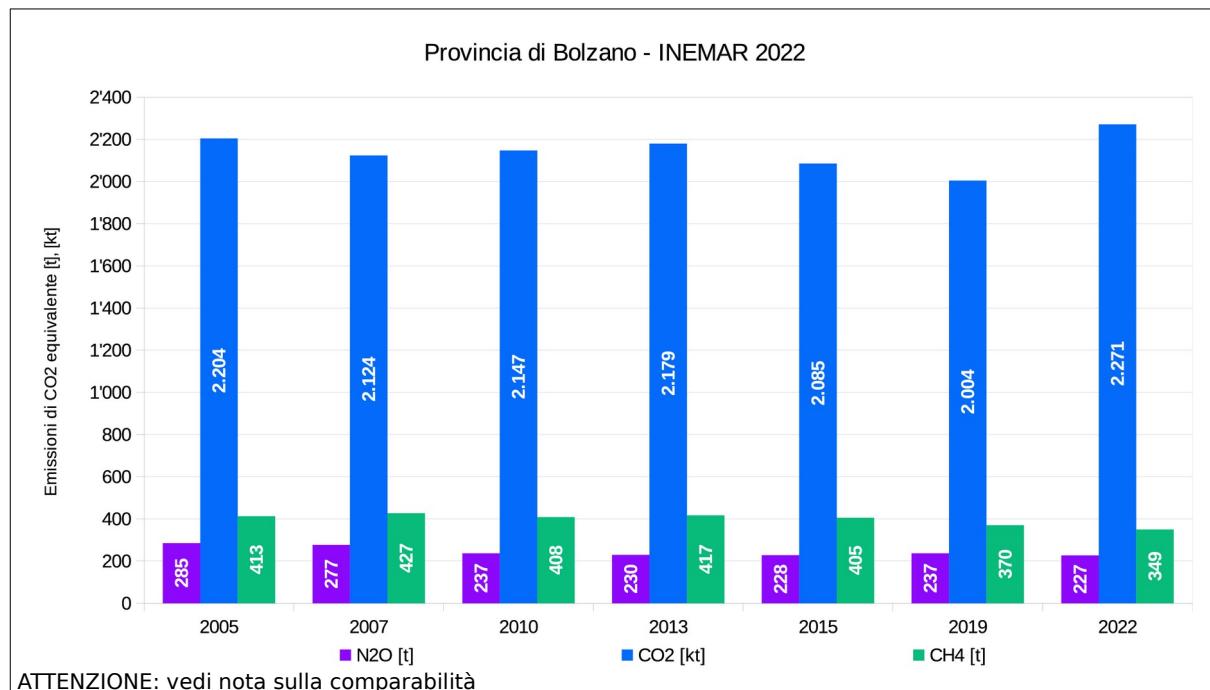
	2005	2007	2010	2013	2015	2019	2022
CO ₂ linda	2'991	2'913	3'024	3'101	3'024	3'092	3'303
CO ₂ netta	2'204	2'124	2'147	2'179	2'085	2'004	2'271
Differenza	787	789	877	922	939	1087	1032

Figura 20 - Andamento delle emissioni di CO₂ Netta e Lorda negli anni 2005, 2007, 2010, 2013, 2015, 2019 e 2022.

Nel grafico non sono stati considerati gli assorbimenti della CO₂. Si segnala che i valori non sono tra loro completamente comparabili in quanto la metodologia di stima negli anni è cambiata adottando diversi fattori di emissione e computando differentemente alcuni indicatori. I valori relativi agli anni 2007, 2010 e 2013 sono stati aggiornati rispetto ai rapporti precedenti per una revisione del bilancio provinciale del gas metano nel settore industriale

L'andamento delle emissioni di CO₂ equivalente e delle sue componenti CO₂, N₂O e CH₄ mostra un trend complessivamente decrescente rispetto al valore inizialmente calcolato per il 2005 (Figura 21), ma un incremento nel 2022 rispetto

al 2019 dovuto sostanzialmente a due fattori quale l'incremento del traffico e un più accurato metodo di calcolo per le emissioni da riscaldamento.



	2005	2007	2010	2013	2015	2019	2022
N2O [t]	285	277	237	230	228	237	227
CO2 [kt]	2.204	2.124	2.147	2.179	2.085	2.004	2.271
CH4 [t]	413	427	408	417	405	370	349

Figura 21 - Andamento delle emissioni di CO₂ equivalente e delle sue componenti negli anni 2005, 2007, 2010, 2013, 2015, 2019 e 2022.

Nel grafico non sono stati considerati gli assorbimenti della CO₂. Si segnala che i valori non sono tra loro completamente comparabili in quanto la metodologia di stima negli anni è cambiata adottando diversi fattori di emissione e computando differentemente alcuni indicatori. I valori relativi agli anni 2007, 2010 e 2013 sono stati aggiornati rispetto ai rapporti precedenti per una revisione del bilancio provinciale del gas metano nel settore industriale

4.7 Assorbimenti di CO₂

A partire dall'anno 2010, all'interno dell'inventario delle emissioni vengono considerati anche gli assorbimenti di CO₂ da parte delle foreste provinciali.

L'anidride carbonica (CO₂) assorbita è espressa con valore negativo ed in particolare si stimano i seguenti contributi assorbenti delle attività: *biomassa viva* 47%, *suolo* 47% e *massa organica morta* 6%.

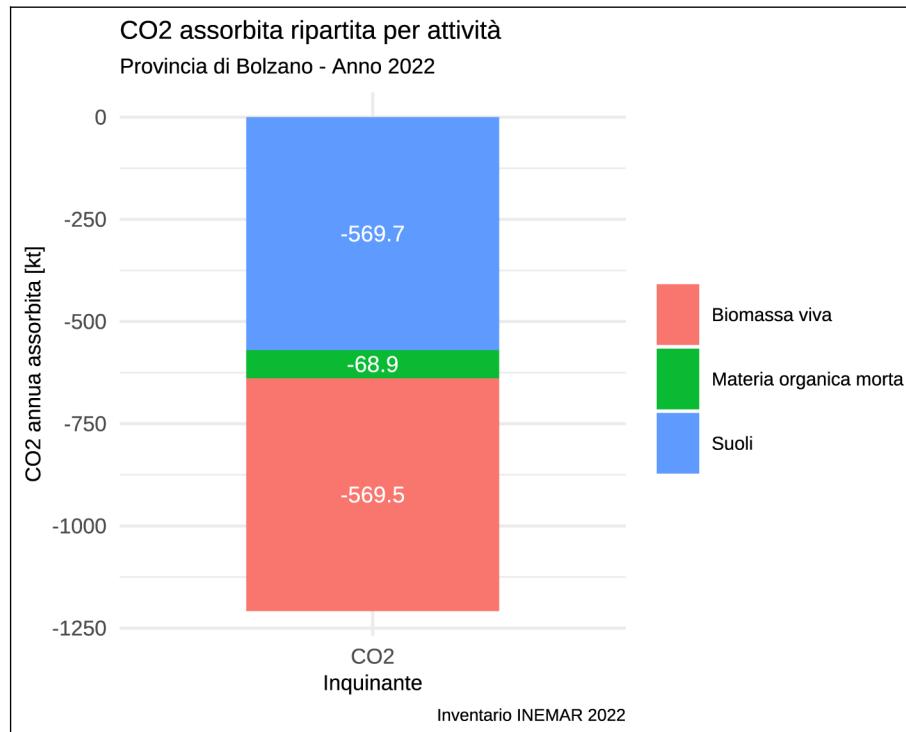


Figura 22: Assorbimento di CO₂ del macrosettore 11

4.8 Bilancio complessivo di CO₂

Nell'analisi delle emissioni di CO₂ riportata nei precedenti paragrafi il contributo degli assorbimenti non è stato computato, così da considerare solo il bilancio delle emissioni e da poter effettuare un confronto con gli inventari precedenti all'introduzione del calcolo degli assorbimenti da parte delle foreste.

Una stima delle emissioni complessive in cui, oltre alle emissioni dei macrosettori produttivi, viene conteggiato anche l'effetto degli assorbimenti (macrosettore 11) è riportata in Tabella 4. In questa tabella, tra l'altro, si nota il contributo derivante dall'attività agricola per la CO₂ equivalente (imputabile ad emissioni di NH₃ e CH₄).

Macrosettore	CO₂ netta [kt]	CO₂ eq [kt]
01 - Prod. energia e trasform. combustibili	115.2	139,5
02 - Combustione non industriale	542.4	584.9
03 - Combustione nell'industria	287.0	289.4
04 - Processi produttivi	3.2	3.3
05 - Estrazione e distribuzione combustibili		30.7
06 - Uso di solventi		
07 - Trasporto su strada	1275.9	1290.2
08 - Altre sorgenti mobili e macchinari	31.0	31.8
09 - Trattamento e smaltimento rifiuti	16.3	46.9
10 - Agricoltura		427.2
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	-1208.1	-1204.7
TOTALE	1062.9	1639.1

Tabella 4: Emissioni di CO₂ netta ed equivalente