

Inventario delle emissioni GHG

DATI 2023



Inventario delle emissioni GHG

DATI **2023**

Autori

RESPONSABILE DI PROGETTO

Leonardo Palumbo

Arpae - Responsabile ad interim del Servizio Osservatorio Energia, Rifiuti e Siti contaminati

Rosalia Costantino

Arpae - Direzione Tecnica - Dirigente delegata del Servizio Osservatorio Energia, Rifiuti e Siti contaminati

ANASILI ED ELABORAZIONE DATI

Simonetta Tugnoli

Arpae - Direzione Tecnica - Servizio Osservatorio Energia, Rifiuti e Siti contaminati

Giulia Aspiranti

Arpae - Direzione Tecnica - Servizio Osservatorio Energia, Rifiuti e Siti contaminati

ANASILI ED ELABORAZIONE DATI SETTORE AFOLU - LULUCF

Antonio Volta

Arpae - Struttura IdroMeteoClima - Unità Climatologia e Previsioni di lungo termine

Giulia Villani

Arpae - Struttura IdroMeteoClima - Unità Climatologia e Previsioni di lungo termine

ANASILI DATI SETTORE ENERGIA, CON IL CONTRIBUTO DI:

Francesca Lussu

Arpae - Direzione Tecnica - Servizio Osservatorio Energia, Rifiuti e Siti contaminati

PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE

Caterina Nucciotti

Arpae - Direzione Tecnica - Centro Tematico Regionale Educazione alla sostenibilità e Reportistica ambientale

FOTO

pixabay.com

Indice



AUTORI	2
INTRODUZIONE	4



4 | Emissioni dal sistema elettrico

LE EMISSIONI DIRETTE E INDIRETTE NEL SISTEMA ELETTRICO	27
--	----

APPROFONDIMENTO Come funziona il sistema elettrico	27
--	----



1 | Metodologia

LA METODOLOGIA	7
APPROFONDIMENTO Il metano	9



Appendice

I FATTORI DI EMISSIONE	30
------------------------------	----



2 | Risultati e Trend emissivi

I RISULTATI	11
IL TREND EMISSIVO IN EMILIA-ROMAGNA ..	14



3 | Risultati settori specifici

IL SETTORE ENERGY	17
IL SETTORE IPPU	19
IL SETTORE AFOLU	20
IL SETTORE WASTE	24
APPROFONDIMENTO Recupero energetico da termovalorizzatori	25

Introduzione

La **crisi climatica** costituisce una delle maggiori sfide del nostro tempo, esigendo una **risposta globale coordinata e tempestiva**.

L'Unione europea ha, infatti, adottato una politica il cui obiettivo è contrastare il cambiamento climatico, basandosi su riduzioni progressive delle emissioni, in linea con l'Accordo di Parigi e con gli obiettivi di neutralità climatica al 2050.

L'Accordo di Parigi è un trattato internazionale, vincolante giuridicamente per i suoi firmatari, stipulato nel 2015 tra gli Stati membri della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) durante la XXI Conferenza delle Parti (COP 21), che ha fissato l'obiettivo di contenere l'aumento della **temperatura media globale ben al di sotto dei 2 °C** rispetto ai livelli preindustriali, con l'ambizione di limitarlo a 1,5 °C.

In seguito, nel 2019, la Commissione europea ha varato una strategia che individua una tabella di marcia per raggiungere la neutralità climatica in Europa entro il 2050, mediante il programma **Green Deal**. Per raggiungere tale traguardo, nel 2021, la Commissione ha adottato un pacchetto di proposte legislative (*Fit for 55*) con cui impegna ciascun stato membro a ridurre le emissioni nette (inclusi gli assorbimenti del settore LULUCF¹) di gas serra di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990, e a **raggiungere la neutralità climatica entro il 2050**.

I pilastri fondamentali della normativa per la neutralità carbonica sono:

- 1. Sistema di scambio delle quote di emissione (EU ETS) – Direttiva 2003/87/CE:** rappresenta il principale strumento dell'Unione europea per contrastare il cambiamento climatico, in riferimento ai settori ad alta intensità energetica (industria, aviazione, produzione energetica). Impone un tetto massimo (*cap*) alle emissioni totali e consente lo scambio di quote (*trade*) tra imprese. Il sistema è stato esteso progressivamente a nuovi settori (trasporti marittimi dal 2024, aviazione intraeuropea, edifici e trasporti stradali entro il 2027).
- 2. Regolamento sulla condivisione degli sforzi (*Effort Sharing Regulation – ESR, Reg. UE 2018/842*):** fissa gli obiettivi di riduzione per i settori non interessati dall'ETS (trasporti, edilizia, agricoltura, rifiuti) e assegna a ogni Stato membro un *target* vincolante di riduzione per il periodo 2021-2030.
- 3. Regolamento LULUCF (Reg. UE 2018/841):** aggiornato nel 2023, disciplina le emissioni e gli assorbimenti del settore uso del suolo, cambiamento d'uso del suolo e foreste (LULUCF) e mira a rafforzare la capacità dei suoli e delle foreste europee di assorbire CO₂.
- 4. Meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere (CBAM – Reg. UE 2023/956):** introdotto per evitare la rilocazione delle emissioni (*carbon leakage*), impone ai prodotti importati da Paesi extra-Ue un prezzo del carbonio equivalente a quello pagato dai produttori europei.
- 5. Efficientamento energetico (Direttiva UE 2023/2413 – Red III):** riduce i consumi energetici attraverso nuove norme e obiettivi che promuovono l'efficienza energetica e la transizione verso fonti rinnovabili. Punta all'aumento dell'11,7% del risparmio energetico entro il 2030, rivedendo la Direttiva sull'efficienza energetica, e impone un significativo miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici, adottando fonti rinnovabili per raggiungere almeno il 40% del mix energetico complessivo entro il 2030.

¹Land Use, Land Use Change and Forestry: uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura



L'Accordo di Parigi del 2015 prevede di: contenere l'aumento della temperatura media globale entro gli 1,5 °C



Il Green Deal europeo consiste in un pacchetto di proposte legislative per raggiungere la neutralità climatica, in Europa, entro il 2050



La normativa europea, in materia di gas serra, regolamenta:
- gli scambi di quote d'emissione
- la riduzione delle emissioni
- gli assorbimenti (settori LULUCF)
- l'efficientamento energetico

Il quadro normativo generale è completato dal Regolamento (UE) 2018/1999 del Parlamento europeo e del Consiglio sulla governance dell'energia e sull'azione per il clima, al fine di garantire che gli Stati membri raggiungano gli obiettivi Ue, richiedendo loro di presentare piani nazionali integrati per l'energia e il clima che coprano un periodo di dieci anni.

Infatti, i Piani Nazionali per l'Energia e il Clima hanno il compito di integrare questa legislazione e dimostrare in che modo gli obiettivi in materia di clima ed energia per il 2030 saranno raggiunti a livello nazionale, mediante la definizione di politiche e misure in materia di riduzione delle emissioni, incremento dell'efficienza energetica, ricerca e innovazione, sicurezza energetica e sviluppo del mercato interno dell'energia.

L'Italia ha approvato, nel 2024, il proprio **Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima** (PNIEC), ponendo come principale obiettivo la **decarbonizzazione del sistema energetico italiano**, promuovendo le fonti rinnovabili e riducendo le emissioni. Tale processo prevede, infatti, la graduale eliminazione delle centrali a carbone (*phase out*) a vantaggio dello sviluppo delle energie da fonti rinnovabili. Parallelamente, il Piano individua il gas (metano e biometano) come combustibile transitorio, favorendo il suo ruolo nel garantire la continuità della produzione di energia durante la transizione verso le fonti rinnovabili.

In questo contesto così complesso risulta fondamentale monitorare l'andamento delle emissioni dei gas serra. In Italia, infatti, l'**Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale** (ISPRA) annualmente compila, trasmette agli organismi europei e internazionali e pubblica l'**inventario nazionale dei gas serra**, come previsto dalla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) per tutti i Paesi industrializzati, in linea con gli impegni dell'Accordo di Parigi e con gli obblighi europei (Reg. UE 2018/1999). In particolare, Ispra elabora e trasmette i *Common Reporting Tables* (CRT), tabelle dei gas serra con serie storica dal 1990 dei dati di attività, dei fattori di emissione e emissioni/assorbimenti, per i settori produttivi (Energia, Processi Industriali e Uso dei Prodotti – IPPU, Agricoltura, Rifiuti) e LULUCF, e documenta in uno specifico rapporto, il *National Inventory Document* (NID), le metodologie di stima utilizzate, unitamente a un approfondimento sugli andamenti osservati. Tale documento rappresenta, pertanto, un riferimento fondamentale per la pianificazione e l'attuazione di tutte le politiche ambientali da parte delle istituzioni centrali e periferiche.

Per la Regione Emilia-Romagna, **Arpae**, a partire dai dati relativi all'anno 2018, predispone l'**inventario regionale delle emissioni dei gas serra** con cadenza annuale, reperibile sul [sito istituzionale](#).

Questo documento rappresenta un'analisi approfondita delle emissioni di gas serra o gas climalteranti (*Green House Gases - GHG*), stimando il contributo emissivo delle sorgenti antropiche e la capacità di rimozione dei gas climalteranti del territorio regionale. Le emissioni stimate sono relative all'anidride carbonica (CO₂), al metano (CH₄) e al protossido d'azoto (N₂O).



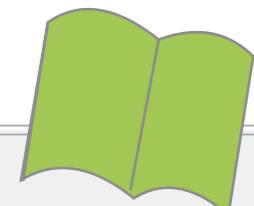
Il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima si pone, come principale obiettivo, la decarbonizzazione del sistema energetico italiano



In Italia, ogni anno, Ispra predispone l'inventario nazionale dei gas serra, per monitorare l'andamento delle emissioni nazionali di gas climalteranti



In Emilia-Romagna, ogni anno, Arpae predispone l'inventario regionale dei gas serra, stimando anidride carbonica, metano e protossido d'azoto



...per una consultazione più agevole

Capitolo 1: illustrata la metodologia di calcolo seguita.

Capitolo 2: presenta i risultati finali dell'inventario 2023 e le serie storiche dal 1990 al 2023.

Capitolo 3: entra nello specifico di ogni singolo settore IPCC (Energy, IPPU, AFOLU, Waste).

Capitolo 4: affronta il tema delle emissioni indirette in regione, dovute al consumo di energia elettrica.

Appendice: riporta le tabelle per ciascun settore (M1-M11) con i valori dei Fattori di Emissione 2023 .

1

Metodologia



L'inventario delle emissioni dei gas climalteranti, riferito all'anno 2023, è stato compilato secondo la metodologia *"IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"*, definita nel 2006 e aggiornata nel 2019¹, che rappresenta lo standard tecnico internazionale per stimare e riportare le emissioni di gas serra e i loro assorbimenti. In particolare, tale metodologia prevede una stima delle emissioni e degli assorbimenti di gas climalteranti secondo **5 settori principali**, nei quali sono raggruppate sia le fonti

emissive, sia i processi di stoccaggio di carbonio. In [tabella 1](#) si riporta, per ciascun settore IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), la descrizione delle attività valutate in correlazione con i macrosettori **SNAP** (*Selected Nomenclature for sources of Air Pollution*), previsti dalla metodologia **EMEP-CORINAIR**, che costituisce il riferimento per la valutazione delle emissioni in atmosfera delle sostanze inquinanti.

¹[V rapporto IPCC](#)

TABELLA 1
Settori IPCC-Macrosettori Corinair

SETTORE IPCC	ATTIVITÀ	MACROSETTORE CORINAIR
ENERGIA (ENERGY)	<ul style="list-style-type: none"> • esplorazione e sfruttamento di fonti energetiche primarie • conversione delle fonti energetiche primarie in forme energetiche più utilizzabili nelle raffinerie e nelle centrali elettriche • trasmissione e distribuzione di carburanti • utilizzo di combustibili nelle attività produttive, nei trasporti e in sistemi destinati al riscaldamento 	MS1 - Produzione di energia e trasformazione di combustibili MS2 - Combustione non industriale MS3 - Combustione industriale MS5 - Estrazione e distribuzione di combustibili MS7 - Trasporto su strada MS8 - Altre sorgenti mobili e macchinari
PROCESSI INDUSTRIALI E USO DI PRODOTTI (IPPU)	<ul style="list-style-type: none"> • processi industriali, dall'uso di gas serra nei prodotti all'uso non energetico del carbonio da combustibili fossili 	MS4 - Processi produttivi MS6 - Uso di solventi
AGRICOLTURA, FORESTA E ALTRI USI DEL SUOLO (AFOLU)	<ul style="list-style-type: none"> • coltivazioni agricole • zone umide gestite e terreni allagati • zootecnia (fermentazione enterica) e sistemi di gestione del letame • C stock associato ai prodotti legnosi raccolti • insediamenti • foreste 	MS10 - Agricoltura MS11 - Altre sorgenti e assorbimenti
RIFIUTI (WASTE)	<ul style="list-style-type: none"> • termovalORIZZATORI • discariche • impianti di depurazione 	MS9 - Trattamento e smaltimento rifiuti
ALTRO* <small>*emissioni non valorizzate nelle elaborazioni del presente report</small>	<ul style="list-style-type: none"> • emissioni indirette da depositi di azoto da fonti non agricole 	Non associato a un Marcosettore Corinair

I principali gas climalteranti, responsabili dell'**aumento dell'effetto serra naturale**, stimati nell'ambito della metodologia IPPC sono: l'**anidride carbonica (CO₂)**, il **metano (CH₄)**, il **protossido d'azoto (N₂O)**.

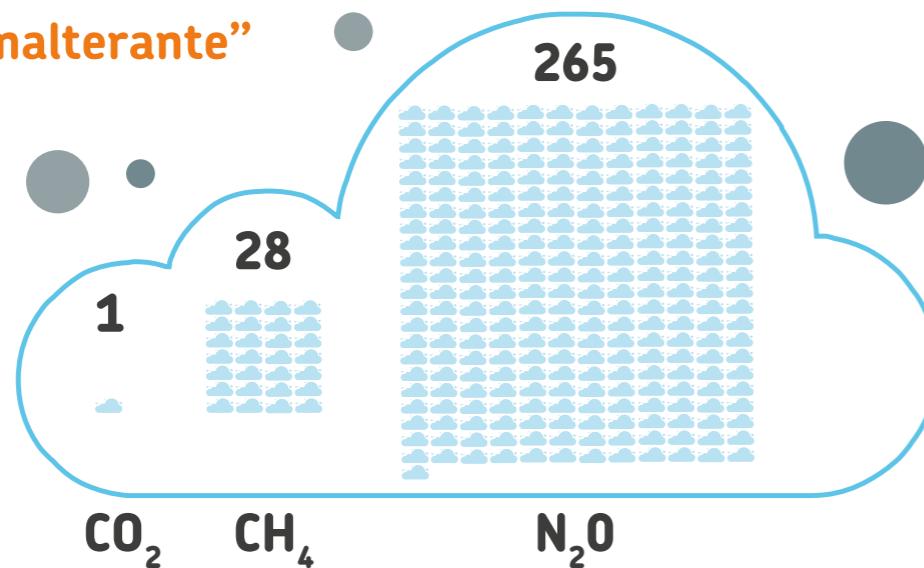
Tali gas non hanno il medesimo comportamento nei confronti del riscaldamento della terra, infatti il potenziale di riscaldamento viene espresso in termini di CO₂ equivalente (CO₂eq).

TABELLA 2

I valori del "potere climalterante" (GWP) dei principali gas serra, in un intervallo temporale di 100 anni (Report IPCC)

GAS CLIMALTERANTI	II REPORT (SAR)	IV REPORT (AR4)	V REPORT (AR5)
CO ₂	1	1	1
CH ₄	21	25	28
N ₂ O	310	298	265

Il "potere climalterante" a confronto



Ai fini della presente quantificazione della CO₂eq sono stati utilizzati i valori di GWP, per ciascun composto, proposti nel V rapporto IPCC:

$$\text{CO}_2\text{eq} = \text{CO}_2 + 28 \cdot \text{CH}_4 + 265 \cdot \text{N}_2\text{O}$$

Seppur CH₄ e N₂O, come evidente in *tabella 2*, abbiano un "potere climalterante" molto più alto di quello della CO₂, è proprio quest'ultima, com'è noto, a essere il principale e più rilevante gas a effetto serra, **contribuendo praticamente al 85% delle emissioni in ragione delle quantità emesse** (87% se si esclude il contributo degli assorbimenti).

Il valore delle emissioni per le attività nei settori Energy, IPPU e Agricoltura, relativamente agli allevamenti, è dovuto al prodotto dell'indicatore di attività per il relativo Fattore di Emissione (FE¹):

¹ Si rimanda all'*Appendice* del presente documento

equivalente (CO₂eq). Ciascuno di questi gas concorre alla CO₂eq in base al proprio specifico "potere climalterante" (GWP - *Global Warming Potential*), che sostanzialmente corrisponde alla "capacità serra" di quel composto in relazione al potere climalterante della CO₂, convenzionalmente posto uguale a 1, lungo un intervallo temporale che normalmente è di 100 anni (*tabella 2*).

APPROFONDIMENTO

Il metano

Nel corso del 2023, le concentrazioni di metano (CH₄) nell'atmosfera hanno raggiunto un nuovo valore record, registrando un **incremento medio annuo pari a circa 10,9 ppb** e una concentrazione media globale superiore a 1.922 ppb. Tale aumento conferma la tendenza al progressivo accumulo di metano in atmosfera, con implicazioni significative sia sul bilancio radiativo terrestre sia sulla qualità dell'aria.

Dall'analisi dei dati emissivi stimati nell'ambito degli inventari nazionali e delle concentrazioni atmosferiche di CH₄ osservate, si evidenzia un **disallineamento tra i due set di dati**. Infatti, le osservazioni del Servizio europeo Copernicus indicano livelli di metano superiori rispetto alle stime derivanti dagli inventari nazionali e settoriali, suggerendo la presenza di emissioni "mancanti" o inattese.

Queste differenze derivano principalmente dai limiti dei metodi degli inventari tradizionali, i quali si basano su dati di attività e fattori di emissione medi, spesso non rappresentativi della reale variabilità spaziale e temporale delle sorgenti emissive.

Le principali cause della discrepanza tra inventari e concentrazioni osservate possono essere ricondotte a:

- **difficoltà di rilevamento delle emissioni fugitive**, dovute a sorgenti puntuali;
- **contributo del settore zootecnico e agricolo**, in particolare la gestione del bestiame;
- **contributi provenienti dal settore dei rifiuti e del trattamento delle acque reflue**, inclusi canali e fossi che possono costituire sorgenti secondarie di metano.

Alla luce dei risultati disponibili, nell'elaborazione di questo

report si è ritenuto opportuno procedere con un'analisi approfondita delle emissioni di metano aggiornando i FE e includendo anche i contributi provenienti dal sistema di depurazione delle acque reflue, dalle emissioni diffuse da canali e fossi e dalle perdite del trasporto del gas.

RILEVANZA NORMATIVA E CONNESSIONI CON LA QUALITÀ DELL'ARIA



Il metano è stato inserito tra gli inquinanti precursori dell'ozono (O₃) anche nell'ambito della Direttiva (Ue) 2024/2881 sulla qualità dell'aria, la quale introduce nuovi limiti più rigorosi per gli inquinanti atmosferici, con l'obiettivo di migliorare la qualità dell'aria in Europa entro il 2030, in linea con le raccomandazioni dell'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità).

Pur non essendo il metano (CH₄) un inquinante target della Direttiva, esso è considerato un precursore dell'ozono troposferico. Infatti, in presenza di intensa radiazione solare, soprattutto nel periodo estivo, il metano partecipa – insieme ai composti organici volatili (COV) – alle reazioni fotochimiche che possono concorrere alla formazione di smog fotochimico e, quindi, alla produzione di ozono a livelli potenzialmente dannosi per la salute umana e la vegetazione.

La Sezione 3 dell'Allegato VII – Misurazione dei precursori dell'ozono – della Direttiva 2881/2024 stabilisce gli obiettivi e le sostanze oggetto del monitoraggio, indicando quali misurazioni di COV realizzare, comprensivi anche, se del caso, del metano.



2 | Risultati e Trend emissivi



I risultati

Le emissioni dei gas serra, relativamente all'anno 2023, per la regione Emilia-Romagna sono complessivamente **37.425 kt CO₂eq**, senza considerare gli assorbimenti.



ENERGY
(emissioni)



IPPU
(emissioni)



AFOLU
(emissioni/assorbimenti)



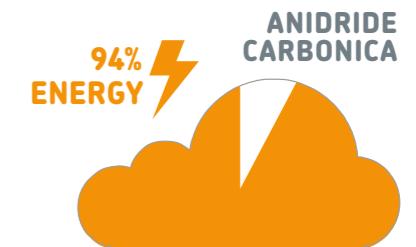
WASTE
(emissioni)

Settore Energy

Dall'analisi dei risultati riportati in [tabella 3](#) emerge che il settore **Energy** è responsabile del:

- **94% delle emissioni di CO₂**: tali emissioni derivano principalmente dalla combustione di combustibili fossili (prodotti petroliferi e gas naturale), in quanto durante l'attività di combustione si ha la re-immersione in atmosfera del carbonio contenuto in essi in forma ossidata (CO₂);
- **84% delle emissioni di CO₂eq**.

Tali valori sono espressi al netto degli assorbimenti.

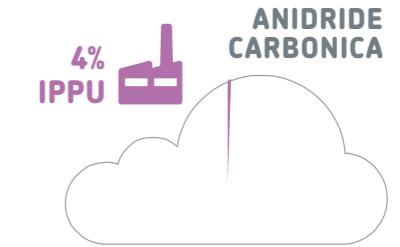


Settore IPPU

Dall'analisi dei risultati riportati in [tabella 3](#) emerge che il settore **IPPU** è responsabile del:

- **4% delle emissioni di CO₂** (corrispondenti al 3% di CO₂eq).

Tali valori sono espressi al netto degli assorbimenti.



Settore AFOLU

Il settore AFOLU comprende le attività Agricoltura e LULUCF.

L'attività **Agricoltura**, che valuta le emissioni derivanti dalle attività agro-zootecniche (attività di allevamento, attività di fertilizzazione sintetica e organica, attività relativa alle risaie), è responsabile del:

- **60% delle emissioni di CH₄**;
- **66% delle emissioni di N₂O**;
- **8% delle emissioni di CO₂eq**.

Tali valori sono espressi al netto degli assorbimenti. I diversi usi del suolo (LULUCF) considerati nelle attività agro-forestali hanno contributi sia positivi che negativi e, complessivamente, sono responsabili **dell'assorbimento di 3.570 kt di CO₂eq**.



Settore Waste

Dall'analisi dei risultati riportati in [tabella 3](#) emerge che il settore **WASTE** è responsabile del:

- **29% delle emissioni di CH₄** (dovute principalmente all'attività delle discariche);
- **5% delle emissioni di CO₂eq**.

Tali valori sono espressi al netto degli assorbimenti.

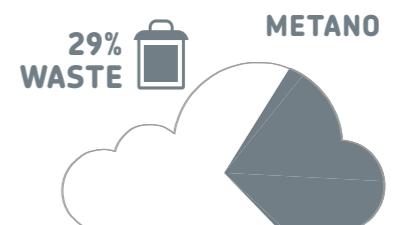


TABELLA 3
Contributi alle emissioni GHG in Emilia-Romagna per settore IPCC (2023)

	CO ₂ (kt)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	CO ₂ eq (kt)
ENERGY ⚡	30.497	15.919	1.172	31.253
IPPU 🏭	1.271	0	0	1.271
AFOLU 🌲	-3.694	91.122	2.673	-434
WASTE 🗑	600	40.351	133	1.765
TOTALE	28.673	147.392	3.978	33.854
TOTALE (NO ASSORBIMENTI)	32.470	140.611	3.839	37.425

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

 **ENERGY**
(emissioni)
  **IPPU**
(emissioni)
  **AFOLU**
(emissioni/assorbimenti)
  **WASTE**
(emissioni)

FIGURA 1
Ripartizione percentuale delle emissioni GHG in Emilia-Romagna per settore IPCC (2023)

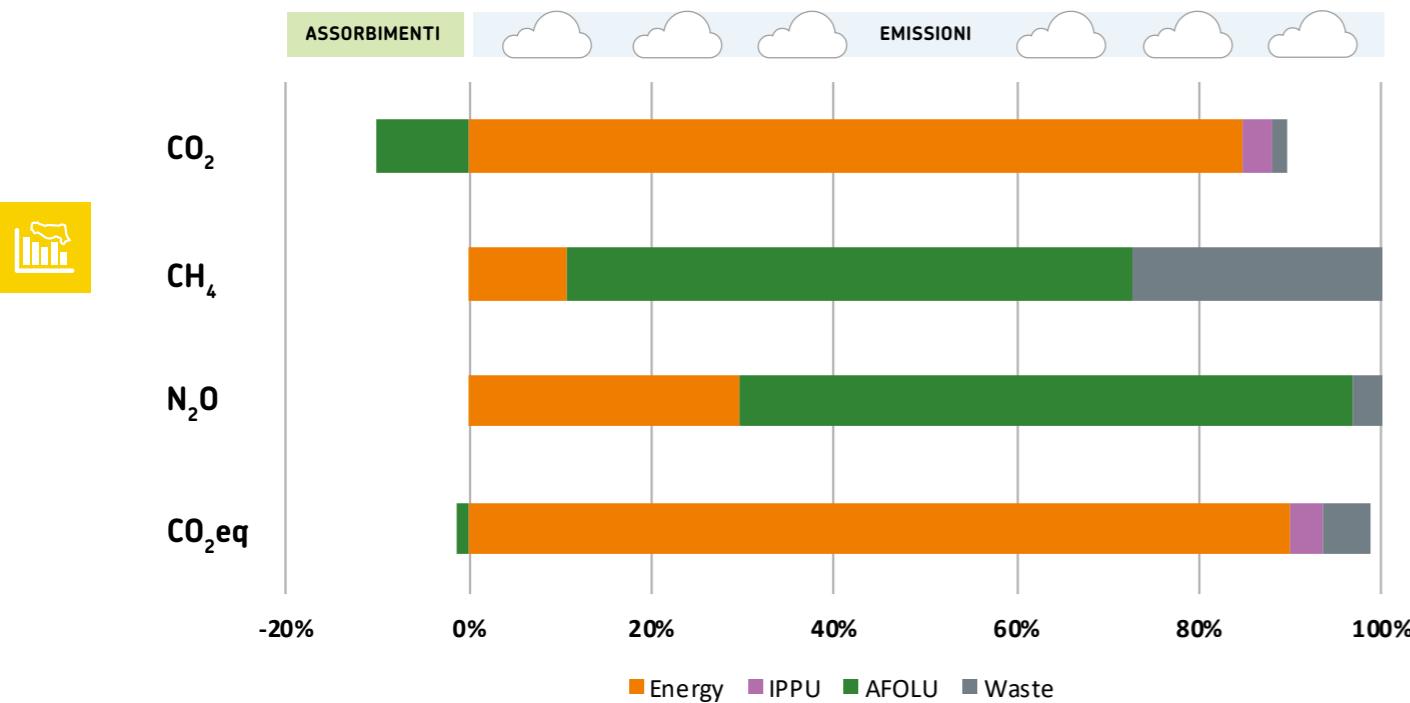
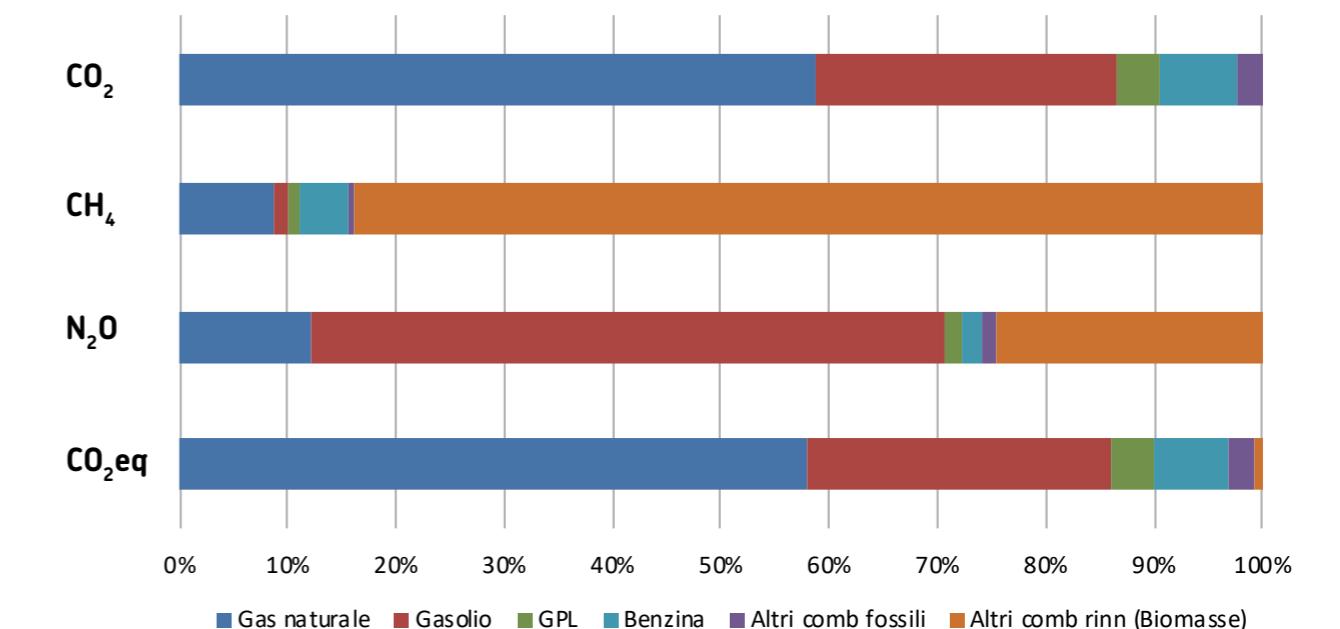


TABELLA 4
Contributi alle emissioni GHG in Emilia-Romagna per vettore energetico (2023)

	CO ₂ (kt)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	CO ₂ eq (kt)
GAS NATURALE	17.875	534	141	17.927
GASOLIO	8.510	84	687	8.695
GPL	1.222	76	19	1.230
BENZINA	2.173	283	22	2.187
ALTRI COMB. FOSSILI	716	30	13	720
BIOMASSA	0	5.218	289	223
	30.496	6.224	1.172	30.981

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

FIGURA 2
Ripartizione percentuale delle emissioni GHG in Emilia-Romagna per vettore energetico (2023)



Analizzando il contributo emissivo **per vettore energetico nel settore Energy** (senza considerare le attività non combustive - M5), riportato in [tabella 4](#) e rappresentato in [figura 2](#), emerge che il combustibile maggiormente responsabile delle emissioni di CO₂eq è il **gas naturale**

(58%), seguito dal **gasolio** (28%). Da tale analisi risulta evidente che anche la combustione della biomassa contribuisce alle emissioni di CO₂eq, in quanto responsabile delle emissioni di CH₄ e N₂O.

Il trend emissivo in Emilia-Romagna

Al fine di analizzare l'**andamento delle emissioni di gas serra (GHG) per il periodo 1990-2023**, le **figura 3 e 4** mostrano il trend basato sull'integrazione dei dati provenienti da due fonti distinte:

- l'Inventario Nazionale (Ispra), per gli anni 1990-2017;
- l'Inventario Regionale GHG (Arpae), per gli anni 2018-2023.

Nello specifico, la **figura 3** presenta il trend in termini di CO_2eq , mentre la **figura 4** analizza separatamente il contributo di ciascun gas climatico.

Per l'analisi del trend sono considerate le emissioni al netto di quelle relative al settore LULUCF (M11).

Nell'anno 2023 si riscontra **una riduzione delle emissioni** rispetto all'anno 2022 pari al **-1,2%**, confermando l'andamento decrescente rispetto al 2019 pari al **-9,7%** e rispetto al 1990 pari al **-7,5%**.

La stima delle emissioni riferite all'anno 2023 rispetto all'anno precedente è influenzata sia da revisioni metodologiche e aggiornamenti dei fattori di emissione, sia da effettive variazioni nei livelli di attività di alcuni settori chiave (quali, ad esempio, agricoltura e zootecnia).

In particolare, per il settore Energy, si evidenzia che:

- nonostante un aumento del Fattore di Emissione (FE), pari al 5% specifico per la combustione di gas naturale, si osserva una riduzione del 6% delle relative emissioni dovuta a un forte calo dei consumi del

combustibile (-10%);

- sono state considerate, nella voce relativa all'estrazione e alla distribuzione di combustibili, le emissioni dovute alle perdite diffuse, che in precedenza non erano contabilizzate (pari a 9.618 t di CH_4 , circa il 7% delle emissioni totali di CH_4).

Invece, relativamente alle emissioni di metano, si evidenzia che:

- per il settore Waste, nel 2023, sono state incluse le emissioni derivanti dagli impianti di depurazione (pari a 5.829 t di CH_4 , circa il 4% delle emissioni totali di CH_4);
- per gli allevamenti zootecnici, le emissioni di metano da fermentazione enterica risultano in aumento, principalmente a causa dell'aggiornamento del fattore di emissione per i bovini, che riflette una migliore rappresentazione delle condizioni di allevamento a livello regionale.

Infine, in ambito delle attività agricole le emissioni di protossido d'azoto (N_2O) derivanti dall'uso di fertilizzanti mostrano un incremento sensibile, in linea con l'aumento delle vendite di fertilizzanti del +40% rispetto al 2022. A tal proposito, si specifica che la vendita annuale di fertilizzanti è dipendente da molteplici variabili tra le quali, ad esempio, il prezzo di mercato. Tale variazione si traduce in un incremento delle emissioni dirette dai suoli agricoli.

FIGURA 4

Trend emissivo di CO_2 , CH_4 e N_2O , in Emilia-Romagna nel 1990-2023 (Ispra 1990-2017 - Arpae 2018-2023)

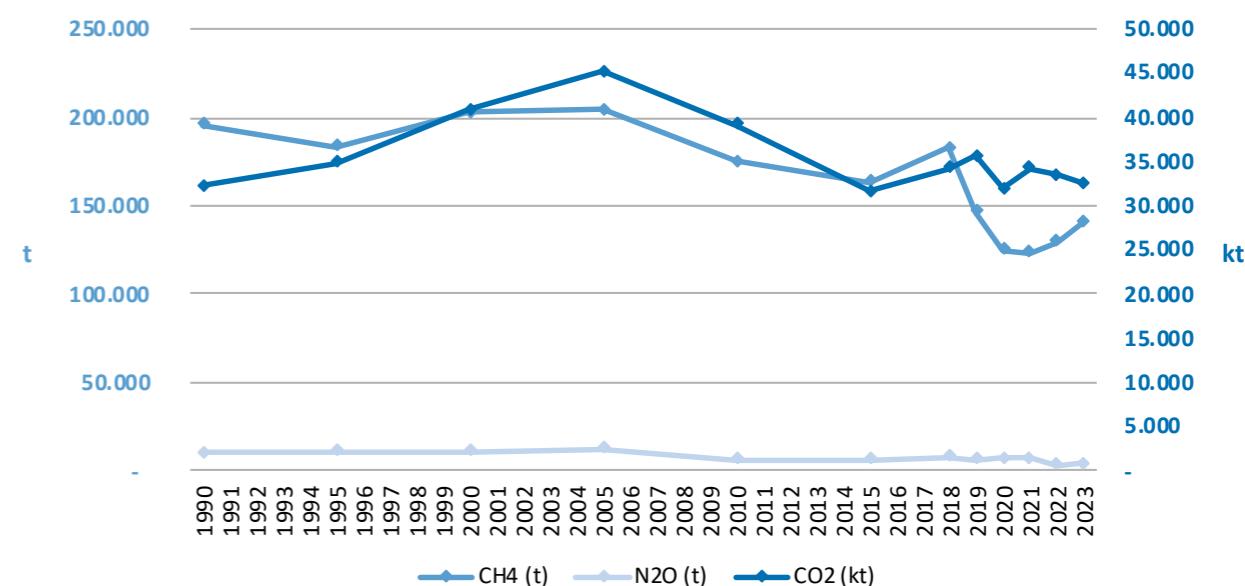
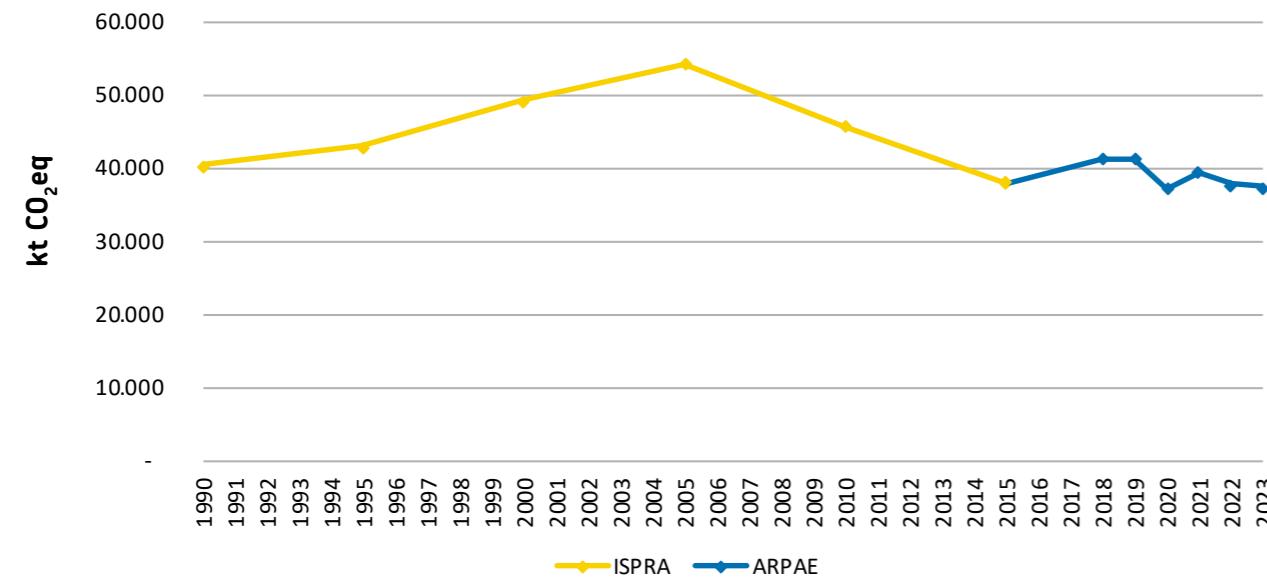


FIGURA 3

Trend emissivo, espresso in forma di CO_2eq , in Emilia-Romagna nel 1990-2023 (Ispra 1990-2017 - Arpae 2018-2023)



3

Risultati settori specifici



Nel presente capitolo si descrive la **metodologia specifica di calcolo** e i **risultati delle emissioni dei gas serra**

relativamente a ciascun settore IPCC: Energy, IPPU, AFOLU, Waste.

IL SETTORE ENERGY

Le emissioni relative al settore Energy sono dovute alle attività di **combustione sia di combustibili fossili, che di biomasse** (responsabili del solo contributo in termini di emissioni di CH_4 e N_2O).

Le emissioni dei gas sono linearmente correlate ai consumi di combustibile per ciascuna attività e per vettore energetico, che vengono moltiplicati per i relativi Fattori di Emissione (FE), forniti da Ispra, i cui valori sono illustrati in [appendice](#).

I dati di base utilizzati sono i consumi energetici elaborati dai principali fornitori nazionali, ovvero il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), il Gestore dei Servizi Energetici (GSE), l'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA), TERNA e Snam.

La [tabella](#) nella pagina seguente riporta, per ogni macrosettore CORINAIR, la fonte e il valore con la relativa unità di misura (ai fini dei calcoli dell'inventario ogni dato è stato poi convertito in "GJ", applicando i rispettivi Poteri Calorifici Inferiori - PCI - e specifici coefficienti di conversione). Tali fonti sono le medesime considerate dall'Osservatorio Energia di Arpae nell'ambito del Bilancio Energetico

 **TABELLA 5**
Emissioni per attività del settore Energy nel 2023

	CO_2 (kt/anno)	CH_4 (t/anno)	N_2O (t/anno)	CO_2eq (kt/anno)
 PRODUZIONE ENERGIA E TRASFORMAZIONE COMBUSTIBILI	7.460	840	103	7.511
 SETTORE CIVILE	5.592	4.765	297	5.804
 COMBUSTIONE NELL'INDUSTRIA	5.562	156	43	5.578
 ESTRAZIONE/ DISTIBUZIONE COMBUSTIBILI	1	9.695	0	272
 TRASPORTO SU STRADA	10.643	406	331	10.742
 ALTRE SORGENTI MOBILI*	1.240	57	398	1.347
TOTALE COMPLESSIVO	30.497	15.919	1.172	31.253

Fonte: Arpae, Emilia-Romagna

* Altre sorgenti mobili: porti, aeroporti, mezzi agricoli

FONTI Il settore Energy

Consumi energetici 2023, elaborati dai principali fornitori nazionali

MACROSETTORI CORINAIR	COMBUSTIBILE	DATO CONSUMO	UNITÀ DI MISURA	FONTE
M1 - PRODUZIONE DI ENERGIA E TRASFORMAZIONE COMBUSTIBILI	Gas naturale	3.529	Mm ³	TERNA - Statistiche Regionali
	Biomasse	2.783	kt	TERNA - Statistiche Regionali
	Biogas	530	Mm ³	TERNA - Statistiche Regionali
	Gasolio	195	t	ISPRA
	Altro (nafta, gas raff, idrocarb.)	303	t	ISPRA
M2 - COMBUSTIONE NON INDUSTRIALE	Gas naturale	2.495	Mm ³	ARERA - Relazione annuale
	Gasolio	58.834	t	MASE - Bollettino petrolifero
	GPL	56.093	t	MASE - Bollettino petrolifero
	Biomasse solide, rifiuti rinnov.	338	ktep	GSE
M3 - COMBUSTIONE INDUSTRIALE	Gas naturale	2.475	Mm ³	Calcolo per differenza *
	Olio combustibile	31	ktep	GSE
	Gasolio	467	t	ISPRA
	Coke di petrolio	59.523	t	ISPRA
	GPL	49.116	t	MASE - Bollettino petrolifero
	Biogas + Bioliquidi sostenibili	7	ktep	GSE
	Atri prodotti petroliferi	78	ktep	GSE
M5 - ESTRAZIONE E DISTRIBUZIONE DI COMBUSTIBILI	Gas naturale (produzione)	815	Mm ³	MASE - Gas naturale
M7 - TRASPORTO SU STRADA	Gas naturale	149	Mm ³	FEDERMETANO
	Gasolio	2.297.190	t	MASE - Bollettino petrolifero
	Benzina	691.441	t	MASE - Bollettino petrolifero
	GPL	299.462	t	MASE - Bollettino petrolifero
M8 - ALTRE SORGENTI MOBILI E MACCHINARI	Gasolio (agricoltura)	332.306	t	MASE - Bollettino petrolifero
	Gasolio (ferrovie)	1.165	t	ARPAE - INEMAR

* Calcolato per differenza = MASE - TERNA - ARERA - FEDERMETANO

SITOGRAFIA

Maggiori informazioni sui siti:

- MASE:** <https://sisen.mase.gov.it/dgsiae/bollettino-petrolifero?anno=2023>
<https://sisen.mase.gov.it/dgsiae/consumi-regionali-gas-naturale>
- TERNA:** <https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche>
- GSE:** <https://www.gse.it/dati-e-scenari/monitoraggio-fer/monitoraggio-regionale/Emilia>
- ARERA:** <https://www.arera.it/chi-siamo/relazione-annuale/relazione-annuale-2024>
- PORTI:** https://www.port.ravenna.it/media/files/241115_Bilancio%20di%20sostenibilità%202023_DocumentoFinale_QRCode%20Rev.pdf
- AEROPORTI:** <https://assaeroporti.com/statistiche/?selectedYear=2023&month=12>

IL SETTORE IPPU

Il settore IPPU stima le emissioni derivanti dai processi industriali di produzione, ovvero le **emissioni legate alla produzione di un dato bene materiale**.

TABELLA 6
Emissioni per attività del settore IPPU nel 2023

	CO ₂ (kt/anno)
PROCESSI NELL'INDUSTRIA DEL LEGNO, PASTA PER LA CARTA, ALIMENTI, BEVANDE E ALTRO	VETRO (DECARBONAZIONE)
	453
PROCESSI NELLE INDUSTRIE CHIMICHE	AMMONIACA
	392
TOTALE COMPLESSIVO	1.271

Fonte: Arpae Emilia-Romagna



FONTI Il settore IPPU



SITOGRAFIA

Maggiori informazioni sui siti:

- | | |
|-------------------------|--|
| VETRO | Relezione annuale AIA 2023:
https://ippc-aia.arpae.it/aia/Intro.aspx |
| CEMENTO | Relezione annuale AIA 2023:
https://ippc-aia.arpae.it/aia/Intro.aspx |
| AMMONIACA | Relezione annuale AIA 2023:
https://va.mite.gov.it/it-IT |
| NERO DI CARBONIO | Relezione annuale AIA 2023:
https://ippc-aia.arpae.it/aia/Intro.aspx |

In **tabella 6** si riportano, quindi, le emissioni dovute ai processi di fabbricazione del vetro, del cemento e dell'industria chimica (ammoniaca e nero di carbonio). L'indicatore di attività, su cui si basa la stima, è la quantità di beni prodotta.

IL SETTORE AFOLU

(uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura).

Il settore AFOLU è composto da: **agricoltura** e **LULUCF**

Agricoltura

L'agricoltura contribuisce all'effetto serra con **emissioni di metano (CH₄)**, **legate principalmente all'attività di produzione zootecnica, e di protossido di azoto (N₂O), derivante principalmente dalle colture fertilizzate.**

Le emissioni derivanti dalle attività zootecniche sono dovute all'attività di fermentazione enterica e di gestione delle deiezioni (composti azotati).

I dati di base per la stima delle emissioni di questa attività sono:

- Consistenza dei capi allevati per tipologia animale. Tale dato è stato utilizzato per stimare le emissioni di metano derivanti dalla fermentazione enterica (a esclusione dei capi avicoli), le emissioni di metano e protossido di azoto dallo stoccaggio delle deiezioni animali, le emissioni di protossido di azoto dallo spandimento dei reflui zootecnici (*tabella 8*).
- I quantitativi di fertilizzanti distribuiti per tipologia di fertilizzante sintetico per uso agricolo (concimi, ammendanti e correttivi). Tale dato è stato utilizzato per

la stima delle emissioni di protossido di azoto dovute all'applicazione di azoto ai suoli e, in particolare, delle emissioni relative alla fertilizzazione con concimi sintetici e organici, diversi dai reflui zootecnici e dai fanghi di depurazione (*tabella 7*).

- Superficie dedicata alla coltivazione del riso (ha) (*tabella 7*).

Le emissioni di N₂O dalla gestione delle deiezioni, nelle diverse forme di gestione dei reflui (laghi anaerobici, sistemi di gestione dei liquami, spandimento giornaliero, stoccaggio letame in forma solida, pascolo e paddock, altri sistemi), sono stimate come contenuto di azoto escreto nelle diverse fasi dell'attività zootecnica moltiplicato per il fattore di conversione da N-N₂O a N₂O (pari a 44/28 = 1,57).

Le emissioni di N₂O da suoli agricoli derivano dall'azoto somministrato con concimi minerali, che viene stimato sulla base del contenuto di azoto per i diversi tipi di fertilizzante.

TABELLA 7
Emissioni per attività agricole del settore AFOLU nel 2023

	CO ₂ (kt/anno)	CH ₄ (t/anno)	N ₂ O (t/anno)	CO ₂ eq (kt/anno)
COLTIVAZIONE CON FERTILIZZANTI	103	0	1.443	485
RISAIE	0	2.873	0	80
TOTALE COMPLESSIVO	103	2.873	1.443	566

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

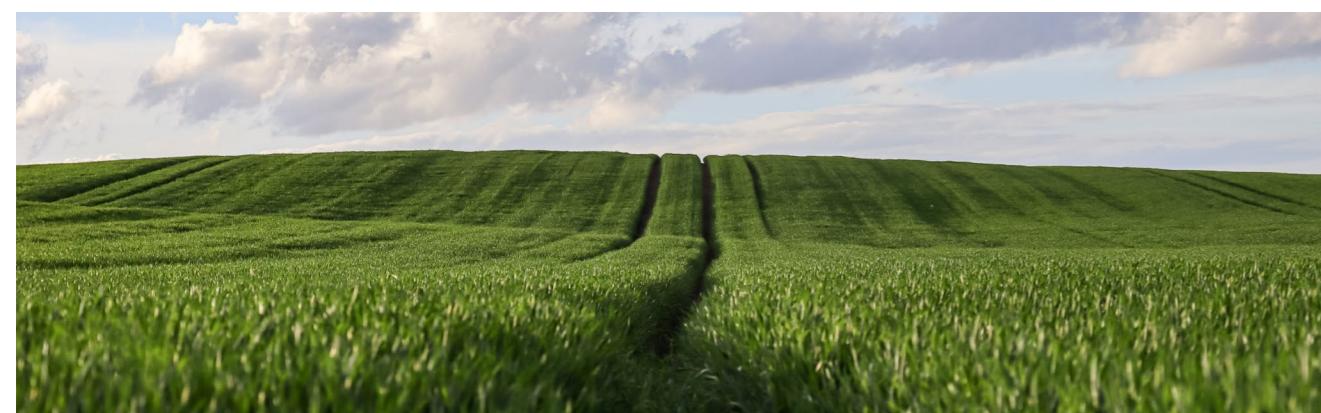


TABELLA 8
Emissioni per attività zootecniche del settore AFOLU nel 2023

		CH ₄ (t/anno)	N ₂ O (t/anno)	CO ₂ eq (kt/anno)
AVICOLI	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ORGANICI	1.796	564	200
	FERMENTAZIONE ENTERICA	0	0	0
BOVINI	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ORGANICI	9.936	244	343
	FERMENTAZIONE ENTERICA	56.987	0	1.596
SUINI	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ORGANICI	9.975	232	341
	FERMENTAZIONE ENTERICA	1.541	0	43
OVINI (PECORE E CAPRE)	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ORGANICI	9	4	1
	FERMENTAZIONE ENTERICA	330	0	9
EQUIDI	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ORGANICI	412	24	18
	FERMENTAZIONE ENTERICA	384	0	11
CONIGLI	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ORGANICI	50	23	7
	FERMENTAZIONE ENTERICA	49	0	1
TOTALE COMPLESSIVO	81.468	1.091	2.570	

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

FONTI Il settore AFOLU-Agricoltura



SITOGRAFIA
Maggiori informazioni sui siti:

ATTIVITÀ AGRO-ZOOTECNICHE

<https://www.istat.it/statistiche-per-temi/economia/agricoltura/#Accesso-ai-dati>



LULUCF

Gli assorbimenti naturali vengono stimati considerando i diversi ambiti nei quali essi hanno luogo.

Seguendo la metodologia IPCC, il settore AFOLU è scomposto in diverse categorie, riferite a differenti usi del suolo, ognuno dei quali fornisce un contributo che risulta come assorbimento netto di carbonio; quindi AFOLU potrebbe avere sia segno negativo, che positivo ([tabella 9](#)).

Gli usi del suolo considerati sono:

- **foreste, agricoltura, praterie e foraggere permanenti, zone umide e insediamenti.**

Inoltre dobbiamo considerare nell' AFOLU:

- il carbonio stoccati nei prodotti di origine legnosa (legno e carta, chiamati in inglese **HWP, Harvested Wood Products**);
- **le perdite naturali di metano dal suolo.**

Per le **foreste**, sono state valutate le tipologie di bosco presenti sul territorio dell'Emilia-Romagna, tramite la carta di uso del suolo regionale. Per ognuna di esse si

calcola un incremento medio di biomassa e, nel caso di boschi giovani, anche un incremento nei valori di carbonio nella necromassa, nella lettiera e nel suolo. La parametrizzazione utilizzata per valutare l'incremento in biomassa delle colture arboree proviene principalmente dall'Inventario forestale nazionale 2015. Agli incrementi netti vengono decurtate le tonnellate di biomassa perse per incendi, tagli e mortalità naturale.

Per quanto riguarda l'**agricoltura**, il bilancio viene effettuato considerando le variazioni sia di biomassa, che di carbonio nel suolo. Le variazioni di biomassa riguardano i frutteti, i vigneti e gli impianti di arboricoltura da legno. Tra gli assorbimenti agricoli viene considerato, anche, il carbonio stoccati permanentemente tramite **la molluscoltura**, prendendo come riferimento i dati di produzione regionali forniti dall'Assessorato all'Agricoltura. Le variazioni di stock di carbonio nel suolo, invece, vengono stimate in base alla gestione agricola dei campi, considerando tre principali categorie, cioè i seminativi e colture arboree permanenti, coltivati tramite agricoltura convenzionale, conservativa, integrata e biologica. Un calcolo ulteriore viene riservato ai campi coltivati sui suoli molto ricchi in sostanza organica, seguendo le linee guida IPCC.

Per quanto riguarda i **prati permanenti**, essi vengono divisi in praterie/brughiera di alta quota e in prati stabili, di cui le estensioni sono determinate attraverso la carta di uso del suolo regionale 2023 (dati 2020). Per entrambi vengono utilizzati dei fattori di default di incremento di carbonio per ettaro che, moltiplicati per la superficie, determinano l'assorbimento. I prati vengono ripartiti tra biologici e non, prendendo il dato di biologico dalla banca dati SINAB.

Aree umide e insediamenti producono una variazione di carbonio legata alla variazione di superficie con quello specifico uso da carta di uso del suolo 2023 (dati 2020), trasformata in variazione di carbonio tramite fattori di conversione di IPCC 2006. Le aree umide contribuiscono, in maniera non trascurabile, all'emissione di metano in atmosfera.

Il contributo degli **HWP** viene desunto dai dati nazionali riportati a livello regionale, in base al rapporto tra popolazione dell'intera Italia e della regione Emilia-Romagna. Il dato nazionale è stato preso dall'Inventario Ispra riferito all'anno 2023.

Per la stima delle **fuoriuscite naturali di metano** è stata presa, come riferimento, la pubblicazione di Etiope et al. 2007, in cui vengono monitorate le perdite dai principali siti presenti sul territorio regionale. Le micro perdite presenti su tutto il Bacino Padano non sono state, invece, conteggiate a causa dell'alta incertezza del dato.



 **TABELLA 9**

Assorbimenti del settore AFOLU nel 2023

	CO ₂ (kt/anno)	CH ₄ (t/anno)	N ₂ O (t/anno)	CO ₂ eq (kt/anno)
FORESTE	-3.229	5	0	-3.229
AGRICOLTURA	-766	0	139	-729
PRATERIE	-238	0	0	-238
ZONE UMIDE	2	6.685	0	189
INSEDIAMENTI	523	0	0	523
HWP	-78	0	0	-78
SEEPS NATURALI	0	90	0	3
MOLLUSCHI	-10	0	0	-10
TOTALE COMPLESSIVO	-3.797	6.781	139	-3.570

Fonte: Arpae Emilia-Romagna



FONTI Il settore AFOLU-LULUCF

FORESTE

[Carta di uso del suolo regionale 2020 e 2017](#)
[IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories](#)
[Inventario Nazionale Foreste 2015](#)

AGRICOLTURA

[Carta di uso del suolo regionale 2020 e 2017](#)
[IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories](#)
[Refinement 2019 of the IPCC 2006 National Inventories Guidelines](#)

PRATI PERMANENTI

[Inventario Nazionale GHG](#)
[Carta di uso del suolo regionale 2020 e 2017](#)
[Banca dati SINAB](#)

AREE UMIDE E INSEDIAMENTI

[Carta di uso del suolo regionale 2020 e 2017](#)
[Refinement 2019 of the IPCC 2006 National Inventories Guidelines](#)

HWP

[Inventario Nazionale GHG](#)

PERDITE NATURALI

[Etiope et al., GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 34, L14303, doi:10.1029/2007GL030341, 2007](#)

MOLLUSCHI

[Blue carbon by marine bivalves](#)
[Tamburini et al., 2022. Science of the Total Environment Manila clam and Mediterranean mussel aquaculture is sustainable and a net carbon sink 848:157508](#)

■ 22 **RISULTATI SETTORI SPECIFICI** | Inventario emissioni 2023

SETTORE AFOLU

SETTORE AFOLU

Inventario emissioni 2023 | **RISULTATI SETTORI SPECIFICI** 23 ■

IL SETTORE WASTE

Per quanto concerne il settore Waste le emissioni sono state calcolate secondo la metodologia IPCC, che basa tale valutazione **in funzione dell'origine del carbonio contenuto nel rifiuto trattato e della tecnica di trattamento finale dello stesso** (le tipologie considerate sono **discariche, termovalorizzatori, depuratori**).

Il bilancio GHG riferito agli impianti di termovalorizzazione ha lo scopo di determinare il loro contributo in termini di produzione di gas serra, considerando, da un lato, le emissioni dirette prodotte dalla combustione dei rifiuti (tenendo conto della percentuale di carbonio rinnovabile in essi contenuta) e, dall'altro, le emissioni evitate dal recupero di energia effettuato in tali impianti.

Al fine della compilazione dell'inventario delle emissioni dei gas serra (espressi come CO₂eq), si considerano solo le emissioni di CO₂ di origine fossile, di N₂O e CH₄ derivanti direttamente dal processo di combustione (ovvero le emissioni al camino, determinate dal processo di combustione dei rifiuti), considerando unicamente la frazione di carbonio di origine fossile e non quella di origine biologica (presente in carta e cartone, organico, legno, tessile ecc.), in quanto in tal caso, come è noto e secondo la metodologia citata, si assume convenzionalmente che l'anidride carbonica derivante dalla combustione del carbonio organico non contribuisca all'effetto serra.

La percentuale di carbonio di origine fossile e rinnovabile

dei rifiuti trattati è stata valutata partendo dalle analisi merceologiche, riferite all'anno 2023, dei rifiuti in ingresso negli impianti e utilizzando il contenuto biogenico di ciascuna frazione di rifiuto (Carta e cartone, Organico, Legno: 100%; Sottovaglio: 60%; Tessili: 50%; Plastica e gomme, Vetro e inerti, Metalli: 0%).

Sulla base della metodologia sopra descritta e dei dati di base considerati, tutti riferiti all'annualità 2023, si riporta in [tabella 10](#) il bilancio complessivo dei GHG prodotti dai termovalorizzatori presenti sul territorio regionale.

Per quanto riguarda le discariche, invece, le emissioni dovute al conferimento dei rifiuti sono elaborate mediante l'utilizzo del modulo di calcolo specifico del *data base INEMAR* (INventario EMissioni ARia) e ammontano a: 71 kt/anno per l'anidride carbonica, 34.457 t/anno per il metano, 3 t/anno per il protossido d'azoto.

Infine, a partire da quest'anno, sono state stimate anche le emissioni di gas serra derivanti dalla gestione delle acque reflue. Negli impianti di depurazione, il trattamento anaerobico, in particolare, può generare metano durante la degradazione della materia organica. Questo metodo utilizza Fattori di Emissione (FE) che correlano la quantità di materia organica biodegradabile (BOD) trattata con le emissioni di metano.

$$\text{Emissioni CH}_4 = \text{BOD trattato} * \text{FE}$$

La [tabella 11](#) illustra la sintesi delle emissioni del settore WASTE.

 **TABELLA 10**

Bilancio GHG riferito agli impianti di termovalorizzazione nel 2023

	CO ₂ da report AIA (kt/anno)	CO ₂ da uso metano (kt/anno)	CO ₂ biogenica (kt/anno)	CO ₂ fossile da trattamento rifiuti (kt/anno)
BILANCIO GHG	1.217	19	688	529

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

 **TABELLA 11**

Emissioni per attività del settore Waste nel 2023

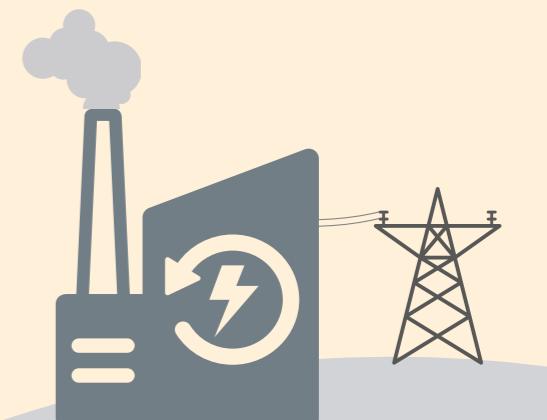
	CO ₂ (kt/anno)	CH ₄ (t/anno)	N ₂ O (t/anno)	CO ₂ eq (kt/anno)
TERMOVALORIZZATORI	529	66	130	565
DISCARICHE	71	34.457	3	1.036
GESTIONE ACQUE REFLUE - DEPURATORI	0	5.829	0	163
TOTALE COMPLESSIVO	600	40.351	133	1.765

Fonte: Arpae Emilia-Romagna



APPROFONDIMENTO

Recupero energetico da termovalorizzatori



I termovalorizzatori regionali **contribuiscono positivamente al bilancio energetico, trasformando i rifiuti in energia elettrica e/o termica**. Questo processo permette di risparmiare l'uso di combustibili fossili, riducendo conseguentemente la produzione di gas serra. La stima delle emissioni di CO₂eq evitate è calcolata utilizzando il Fattore di Emissione (FE) del mix energetico nazionale per la quota di energia elettrica prodotta, mentre per l'energia termica si prende, come riferimento, un impianto alimentato a gas naturale.

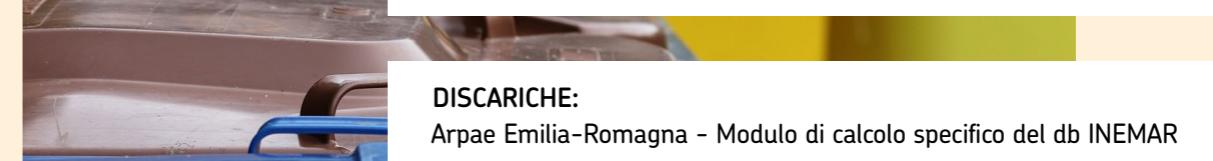
Energia termica (MWh)	Energia elettrica (MWh)	CO ₂ evitata (recupero energia) (kt/anno)
RECUPERO DI ENERGIA	202.450	429.907

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

FONTI Il settore WASTE



TERMOVALORIZZATORI:
Relezione annuale impianto 2023



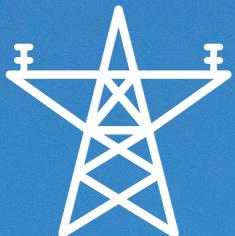
DISCARICHE:
Arpae Emilia-Romagna - Modulo di calcolo specifico del db INEMAR



IMPIANTI DI DEPURAZIONE:
Arpae Emilia-Romagna

4

Emissioni dal sistema elettrico



Le emissioni dirette e indirette nel sistema elettrico

In questo capitolo viene approfondito il tema dei consumi e della generazione di energia elettrica nella regione Emilia-Romagna, stimando e confrontando le relative emissioni di gas serra.

Si ricorda che, l'inventario delle emissioni costituisce **uno strumento analitico e sistematico finalizzato alla quantificazione dei gas a effetto serra rilasciati in un determinato ambito territoriale e intervallo temporale**, considerando sia le sorgenti naturali, che le sorgenti di origine antropica.

In particolare, le emissioni del settore Energy risultano strettamente correlate alle attività presenti sul territorio e ai relativi consumi energetici, come illustrato precedentemente nel [capitolo 2](#) "Metodologia". Per quanto riguarda i processi di combustione – ove sono inclusi gli impianti termoelettrici per la produzione di energia elettrica

- l'inventario contabilizza esclusivamente le emissioni dirette associate al consumo di combustibili degli impianti. Facendo un focus sul sistema elettrico, si specifica che **i consumi elettrici, non generando emissioni locali, non sono contabilizzati nell'Inventario, nel quale invece vengono valorizzate esclusivamente le emissioni connesse alla produzione di energia elettrica dagli impianti presenti sul territorio**.

Per caratteristiche territoriali e socio-economiche specifiche, in regione Emilia Romagna è presente un numero rilevante di centrali termoelettriche, per cui le emissioni dovute a tale attività (in Inventario incluse nel macrosettore "M1-Produzione energia e trasformazione combustibili") risultano maggiormente significative rispetto ad altri contesti territoriali.

Di seguito si illustra il calcolo e il confronto tra le emissioni:

- Dirette, dovute alla produzione di energia elettrica;
- Indirette, dovute ai consumi di energia elettrica.



APPROFONDIMENTO

Come funziona il sistema elettrico

Il sistema elettrico deve garantire, in tempo reale, l'**equilibrio tra produzione e domanda**, assicurando la sicurezza e l'affidabilità del sistema elettrico nazionale. Gli impianti di produzione, sia rinnovabili che convenzionali, immettono l'energia generata nella **rete di trasmissione nazionale**, che funziona come **un sistema di bilanciamento unico**. L'energia prodotta viene immessa nella rete e i consumi, localizzati in altre aree, vengono soddisfatti tramite prelievi dalla medesima rete.

La penetrazione delle **fonti rinnovabili** non programmabili, soggette a una variabilità intrinseca legata principalmente alle condizioni meteorologiche, ha determinato l'**aumento del rischio di possibili disallineamenti tra produzione e domanda elettrica istantanea**. Tali fluttuazioni possono generare anomalie di frequenza e tensione, con potenziali rischi per la stabilità della rete e l'integrità delle apparecchiature. Pertanto il processo di decarbonizzazione, il rapido incremento della generazione di energia elettrica da FER non programmabili e il *phase-out* dal carbone entro il 2025 rendono cogente la necessità di **interventi infrastrutturali e di incremento della capacità di regolazione del sistema elettrico**. Tradizionalmente, tali servizi di rete vengono forniti dagli impianti termoelettrici, in grado di contribuire alla

stabilità tramite inerzia meccanica e regolazione primaria.

In questo sistema complesso, l'**energia immessa in rete perde qualsiasi connotazione geografica specifica**: ciò che arriva al punto di prelievo dell'utenza è il risultato del mix energetico complessivo nazionale in quell'istante, determinato dall'insieme delle fonti di produzione disponibili e dalle condizioni operative del sistema elettrico.

Con particolare riferimento alla regione Emilia-Romagna, si evidenzia che, attualmente, gli **impianti termoelettrici** alimentati a gas naturale, presenti sul territorio, coprono **circa il 10% del totale** della potenza installata a livello nazionale. Inoltre, nell'ambito del processo di decarbonizzazione definito dal PNIEC, al fine di garantire la stabilità della rete, si prevede, entro il 2025, l'**aumento della nuova capacità termoelettrica a gas su scala nazionale di +5,4 GW, di cui circa 1 GW solo in Emilia-Romagna**. Unitamente a ciò, la Regione punta a diventare un *hub* energetico internazionale con progetti che integrino sia fonti tradizionali che rinnovabili, quali l'eolico *offshore*, il fotovoltaico, lo stoccaggio con batterie, la produzione di idrogeno verde e le nuove infrastrutture per il gas (come il terminale di rigassificazione e l'impianto di stoccaggio di CO₂ - CCUS).

Le **emissioni dirette**, relative alla sola **generazione elettrica negli impianti termoelettrici** presenti sul **territorio regionale**, risultano pari a **6.641 kt di CO₂eq**. La metodologia di calcolo è la medesima illustrata nel **capitolo 3** – settore Energy, considerando esclusivamente i consumi di combustibile legati alla produzione di energia elettrica (e non di calore) delle centrali.

Invece, la stima delle emissioni indirette associate al consumo di energia elettrica è calcolata moltiplicando il consumo elettrico finale (GWh) per il Fattore di Emissione (FE) medio nazionale, espresso in grammi di CO₂ equivalente per kWh.

L'utilizzo del FE medio nazionale (236,3 g CO₂eq/kWh), anziché di un FE regionale (328,4 g CO₂eq/kWh), è motivato dal fatto che il sistema elettrico regionale opera integrato nel sistema elettrico nazionale, contribuendo alla stabilità complessiva della rete.

Considerando un consumo elettrico complessivo pari a 27.067 GWh, di cui 2.895 GWh in autoconsumo (assunti come interamente prodotti da impianti FER e, quindi, a

emissione nulla), si stima una **quantità di emissioni indirette pari a 5.712 kt di CO₂eq**. Dalla **tabella 12** emerge che le **emissioni dirette**, dovute alla produzione di energia elettrica, sono superiori alle **emissioni indirette** dovute ai consumi.

Tali risultati confermano quanto espresso precedentemente: nel territorio regionale sono presenti impianti (centrali termoelettriche a gas naturale) con funzione di stabilizzazione della rete elettrica a scala nazionale e con impatto ambientale tutt'altro che trascurabile.

Inoltre, si precisa che gli impianti di produzione di energia elettrica, in quanto grandi emettitori, sono inclusi nel sistema EU ETS (*European Union Emission Trading System*¹), e quindi non regolamentati da politiche regionali. Al contrario, le politiche locali hanno invece un margine d'azione significativo sui consumi elettrici, implementando azioni come: la riduzione dei consumi, l'efficientamento energetico, la promozione dell'uso di fonti rinnovabili.

¹<https://www.ets.minambiente.it/>

TABELLA 12

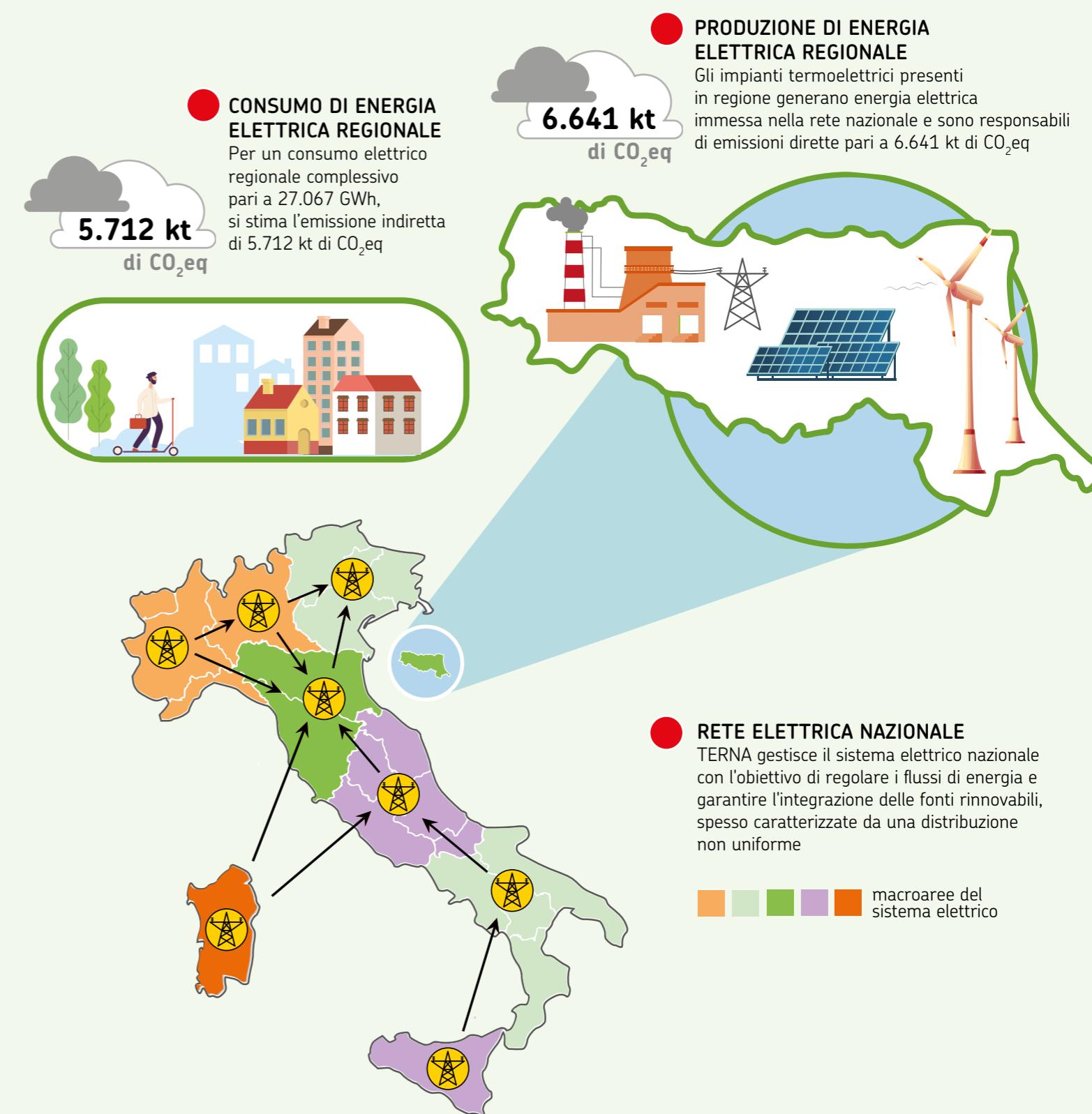
Confronto tra le emissioni per la produzione e per il consumo di energia elettrica, nel 2023, in Emilia-Romagna

	CO ₂ eq (kt/anno)
EMISSIONI DIRETTE DA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA	6.641
EMISSIONI INDIRETTE DA CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA	5.712



Emissioni dirette e indirette nel sistema elettrico regionale

APPROFONDIMENTO



Appendice

I FATTORI DI EMISSIONE

 **TABELLA A**
Fattori di emissione Combustione (M1, M2, M3)

MACROSETTORE	COMBUSTIBILE	CO ₂ (kg/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
1	Gas di raffineria	56,50	1,00	2,00
1	Gasolio	74,10	1,50	0,60
1	Biomass (average value resulting from different biofuels)	88,37	24,72	3,41
1	Metano	59,18	1,50	0,10
2	Gasolio	73,93	7,00	2,00
2	GPL	65,98	1,00	2,00
2	Legna e similari	94,60	320,00	14,00
2	Metano	59,18	2,50	1,00
3	Coke da petrolio	93,96	1,50	2,00
3	Gasolio	74,10	0,10	2,00
3	GPL	65,59	1,00	2,00
3	Kerosene	71,90	7,00	2,00
3	Biomass: wood + biogas	52,08	152,25	3,01
3	Metano	59,18	1,00	0,30
3	Olio combustibile	76,43	3,00	2,00

Fonte: Ispra
<https://emissioni.sina.isprambiente.it/fattori-emissione-combustione/>
(File: FE-combustion-2023.xlsx)

 **TABELLA B**
Fattori di emissione Processi produttivi (M4)

MACROSETTORE	ATTIVITÀ	CO ₂ (t/t di prodotto)	CH ₄ (t/t di prodotto)	N ₂ O (t/t di prodotto)
4	Produzione nero fumo	2,30	-	-
4	Produzione ammoniaca	1,97	-	-
4	Produzione cemento	0,45	-	-
4	Produzione vetro	0,10	-	-

Fonte: Ispra, National Inventory Document 2025
<https://emissioni.sina.isprambiente.it/national-inventory-document/>
https://cdr.eionet.europa.eu/it/eu/govreg/inventory/envz4fo_q/
(File: ITA-CRT-2025-V0.2-2023-20250313-134808_started.xlsx - Table2(l).A-H)



 **TABELLA C**
Fattori di emissione Estrazione e distribuzione combustibili (M5)

MACROSETTORE	ATTIVITÀ	CO ₂ (t/Mm ³)	CH ₄ (t/Mm ³)	N ₂ O (t/Mm ³)
5	Gas naturale - Producing + Processing	0,40	0,09	-
5	Gas naturale - Transmission	0,004	0,20	-
5	Gas naturale - Distribution	0,05	2,36	-

Fonte: Ispra, National Inventory Document 2025
<https://emissioni.sina.isprambiente.it/national-inventory-document/>
https://cdr.eionet.europa.eu/it/eu/govreg/inventory/envz4fo_q/
(File: ITA-CRT-2025-V0.2-2023-20250313-134808_started.xlsx - Table1.B.2)

 **TABELLA D**
Fattori di emissione Trasporto su strada (M7)

MACROSETTORE	COMBUSTIBILE	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (t/TJ)	N ₂ O (t/TJ)
7	Benzina	72,87	0,009	0,0007
7	Gasolio	73,86	0,00009	0,003
7	GPL	65,89	0,005	0,0007
7	Metano	55,64	0,008	0,003

Fonte: Ispra
<https://fetransp.isprambiente.it/#/>
(File: fe.xlsx)

 **TABELLA E**
Fattori di emissione Trasporto off road (M8)

MACROSETTORE	COMBUSTIBILE	CO ₂ (kg/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
8	Gasolio (agricoltura)	73,51	3,98	27,86
8	Gasolio (ferrovie)	73,51	4,21	29,04

Fonte: Ispra
<https://emissioni.sina.isprambiente.it/fattori-emissione-trasporti-off-road/>
(File: FE-offroad_2023.xlsx)

 **TABELLA F**
Fattori di emissione Trattamento e smaltimento rifiuti - Impianti di depurazione (M9)

MACROSETTORE	ATTIVITÀ	CO ₂ (kg/kgBOD)	CH ₄ (kg/kgBOD)	N ₂ O (kg/kgBOD)
9	Impianti di depurazione	-	0,16	-

Fonte: Ispra, National Inventory Document 2025
<https://emissioni.sina.isprambiente.it/national-inventory-document/>
https://cdr.eionet.europa.eu/it/eu/govreg/inventory/envz4fo_q/
(File: ITA-CRT-2025-V0.2-2023-20250313-134808_started.xlsx - Table5.D)

 **TABELLA G**
Fattori di emissione Agricoltura - Attività zootecniche (M10)

MACROSETTORE	ATTIVITÀ	CO ₂ (kg/capo)	CH ₄ (kg/capo)	N ₂ O (kg/capo)
10	Fermentazione enterica Altri bovini	-	44,91	-
10	Fermentazione enterica Asini e muli	-	10,00	-
10	Fermentazione enterica Capre	-	5,00	-
10	Fermentazione enterica Cavalli	-	18,00	-
10	Fermentazione enterica Conigli	-	0,08	-
10	Fermentazione enterica Maiali da ingrasso	-	1,50	-
10	Fermentazione enterica Pecore	-	7,74	-
10	Fermentazione enterica Scrofe	-	1,50	-
10	Fermentazione enterica Vacche da latte	-	143,46	-
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Altri bovini	-	11,57	0,26
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Asini e muli	-	0,88	0,16
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Capre	-	0,18	0,01
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Cavalli	-	1,86	0,16
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Conigli	-	0,08	0,01
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Galline ovaiole	-	-	0,004
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Maiali da ingrasso	-	8,05	0,09
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Pecore	-	0,26	0,01
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Pollastri	-	0,03	0,003
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Scrofe	-	8,05	0,09
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Vacche da latte	-	23,69	0,67

Fonte: Ispra, *National Inventory Document 2025*
<https://emissioni.sina.isprambiente.it/national-inventory-document/>

https://cdr.eionet.europa.eu/it/eu/govreg/inventory/envz4fo_q/

(File: ITA-CRT-2025-V0.2-2023-20250313-134808_started.xlsx - Table3.A - Table3.B(a) - Table3.B(b))

 **TABELLA H**
Fattori di emissione Agricoltura - Risaie (M10)

MACROSETTORE	ATTIVITÀ	CO ₂ (g/m ²)	CH ₄ (g/m ²)	N ₂ O (g/m ²)
10	Risaie	-	57,38	-

Fonte: IPCC, *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*
<https://www.ipcc-nrgip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

 **TABELLA I**
Fattori di emissione Agricoltura - Fertilizzanti (M10)

MACROSETTORE	FERTILIZZANTI	TITOLO AZOTO (%)
10	CONCIMI MINERALI COMPOSTI	
10	Azoto-fosfatici	16,4
10	Azoto-potassici	15,2
10	Ternari (NPK nitrogen)	12,5
10	CONCIMI MINERALI SEMPLICI	
10	Altri azotati	32,3
10	Calciocianamide	19,6
10	Nitrati (ammonico e di calcio)	25,2
10	Solfato ammonico	17,9
10	Urea	45,9
10	ORGANO-MINERALI	
10	Azotati semplici	11,7
10	Composti	11,7
10	Organici	10,1

Fonte: https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/dw/categories/IT1,Z1000AGR,1.0/AGR_MEANS/DCSP_FERTILIZZANTI

 **TABELLA L**
Fattori di emissione LULUCF - Stoccaggio di carbonio nella biomassa (M11)

MACROSETTORE	USO DEL SUOLO	C (t/ha)
11	Alvei di fiumi con vegetazione abbondante	0,68
11	Prati	0,49
11	Brughiere di alta quota	0,25

Fonte: Soussana JF, Loiseau P, Vuichard N, Ceschia E, Balesdent J, Chevallier T, Arrouays D. 2004. Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management* 20: 219–230

 **TABELLA M**
Fattori di emissione LULUCF - Stoccaggio di carbonio per specie arborea (M11)

MACROSETTORE	SPECIE	C (t/ha)
11	Faggi	2,20
11	Querce, carpini, castagni	1,30
11	Salici e pioppi	1,50
11	Boschi planiziali	1,50
11	Castagneti da frutto	1,50
11	Boschi ruderali	1,50
11	Boschi di conifere	2,10
11	Boschi misti	1,50

Fonte: *Inventario nazionale forestale 2015*
<https://www.inventarioforestale.org/it/>

 **TABELLA N**
Fattori di emissione LULUCF - Passaggio da suolo a suolo agricolo (M11)

MACROSETTORE	USO DEL SUOLO	C (t/ha)
11	Da suolo a suolo agricolo	1,57

Fonte: *National Inventory Document 2025*
<https://emissioni.sina.isprambiente.it/national-inventory-document/>

 **TABELLA O**
Fattori di emissione LULUCF - Perdita netta per lavorazione di suolo organico in clima temperato (M11)

MACROSETTORE	PERDITE	C (t/ha)
11	C loss in suoli organici	10,00

Fonte: IPCC, *IPCC AFOLU guidelines, 2006*
<https://www.ipcc-nrgip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

 **TABELLA P**
Fattori di emissione LULUCF - Stoccaggio di carbonio nella biomassa per colture arboree (M11)

MACROSETTORE	CATEGORIA	C (t/ha)
11	Pioppo	3,20
11	Noce	0,43
11	Frutteto	1,56
11	Uliveto	1,29
11	Vigneto	2,75

Fonte: <https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/19132>

 **TABELLA Q**
Fattori di emissione LULUCF - Valore percentuale di carbonio recalcitrante e, quindi, da considerarsi permanente (M11)

MACROSETTORE	BIOCHAR	%
11	% di carbonio stoccati per unità di biochar	43,29%

Fonte: *Refinement 2019 to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*
<https://www.ipcc-nrgip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

 **TABELLA R**
Fattori di emissione LULUCF - Stoccaggio di carbonio nei gusci dei molluschi (M11)

MACROSETTORE	MOLLUSCHI	t CO ₂ /t di prodotto
11	Cozze	0,146
11	Vongole	0,254
11	Ostriche	0,180

Fonte: *Tamburini et al., 2022 (cozze e vongole)* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972204606X>
Jens & van den Bogaart, 2020 (ostriche) <https://research.wur.nl/en/publications/blue-carbon-by-marine-bivalves-perspective-of-carbon-sequestration/>

 **TABELLA S**
Fattori di emissione LULUCF - Carbonio perso da impermeabilizzazione del suolo (M11)

MACROSETTORE	USO DEL SUOLO	C (t/ha)
11	Da suolo a insediamento	-3,46

Fonte: IPCC, *IPCC AFOLU guidelines, 2006*
<https://www.ipcc-nrgip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

 **TABELLA T**
Fattori di emissione LULUCF - Stoccaggio medio di carbonio per giovane albero afforestato, nei primi 20 anni dalla piantumazione (M11)

MACROSETTORE	ATTIVITÀ	C (kg/pianta)
11	Giovane albero	4,98

Fonte: Elaborazione Arpae su dati Ispra

 **TABELLA U**
Fattori di emissione LULUCF - Metano emesso da zone umide e specchi d'acqua (M11)

MACROSETTORE	USO DEL SUOLO	CH ₄ (kg/ha)
11	Zone umide interne	183,00
11	Torbiere	183,00
11	Zone umide salmastre	30,00
11	Valli salmastro	30,00
11	Saline	30,00
11	Canali e idrovie	259,00
11	Bacini naturali	80,30
11	Bacini con destinazione produttiva	80,30
11	Bacini artificiali di varia natura	80,30
11	Acquacolture in ambiente continentale	183,00

Fonte: IPCC, *Refinement 2019 to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

<https://www.ipcc-nppg.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

 **TABELLA V**
Fattori di emissione LULUCF - Emissioni da cambio di uso del suolo da land to wetland (M11)

MACROSETTORE	USO DEL SUOLO	C (t/ha)
11	Da suolo a zona umida	0,15

Fonte: IPCC, *IPCC AFOLU guidelines, 2006*

<https://www.ipcc-nppg.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

 **TABELLA Z**
Fattori di emissione LULUCF - Emivita dei prodotti di origine legnosa (M11)

MACROSETTORE	EMIVITA	ANNI
11	Prodotti di falegnameria	25,00
11	Pannelli	35,00
11	Carta e cartone	2,00

Fonte: IPCC, *IPCC AFOLU guidelines, 2006*

<https://www.ipcc-nppg.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

Inventario delle emissioni GHG

DATI 2023

A cura di:



Direzione Tecnica

Largo Caduti del Lavoro, 6 - 40122 Bologna
osservatorioenergia@arpaе.it
www.arpaе.it