Inventario delle emissioni GHG

DATI **2024**



arpae 30 anni emilia-romagna

osservatorio energia emilia-romagna

Inventario delle emissioni GHG

DATI **2024**

Autori

RESPONSABILE DI PROGETTO

Rosalia Costantino

Arpae - Direzione Tecnica - Dirigente 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

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

1 | Metodologia

LA METODOLOGIA 7

APPROFONDIMENTO
Il ruolo della cattura e dello stoccaggio della CO_2 nella transizione energetica 9

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

4 | Emissioni dal sistema elettrico

LE EMISSIONI DIRETTE E INDIRETTE NEL SISTEMA ELETTRICO 27

APPROFONDIMENTO
Come funziona il sistema elettrico 27

Appendice

I FATTORI DI EMISSIONE 30

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 LULUCF[1]) di gas serra di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990, e a **raggiungere la neutralità climatica entro il 2050**.

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

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 2028).
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 2023/839)**: 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 CO_2.
4. **Meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere (CBAM – Reg. UE 2023/956)**: introdotto per evitare la rilocalizzazione 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, recepita con Dlgs 5/2026)**: 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 42,5% del mix energetico complessivo entro il 2030.

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

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

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.

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

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.

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

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 (CO_2), al metano (CH_4) e al protossido d'azoto (N_2O).

In Emilia-Romagna, ogni anno, Arpae predispone
l'inventaio 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.

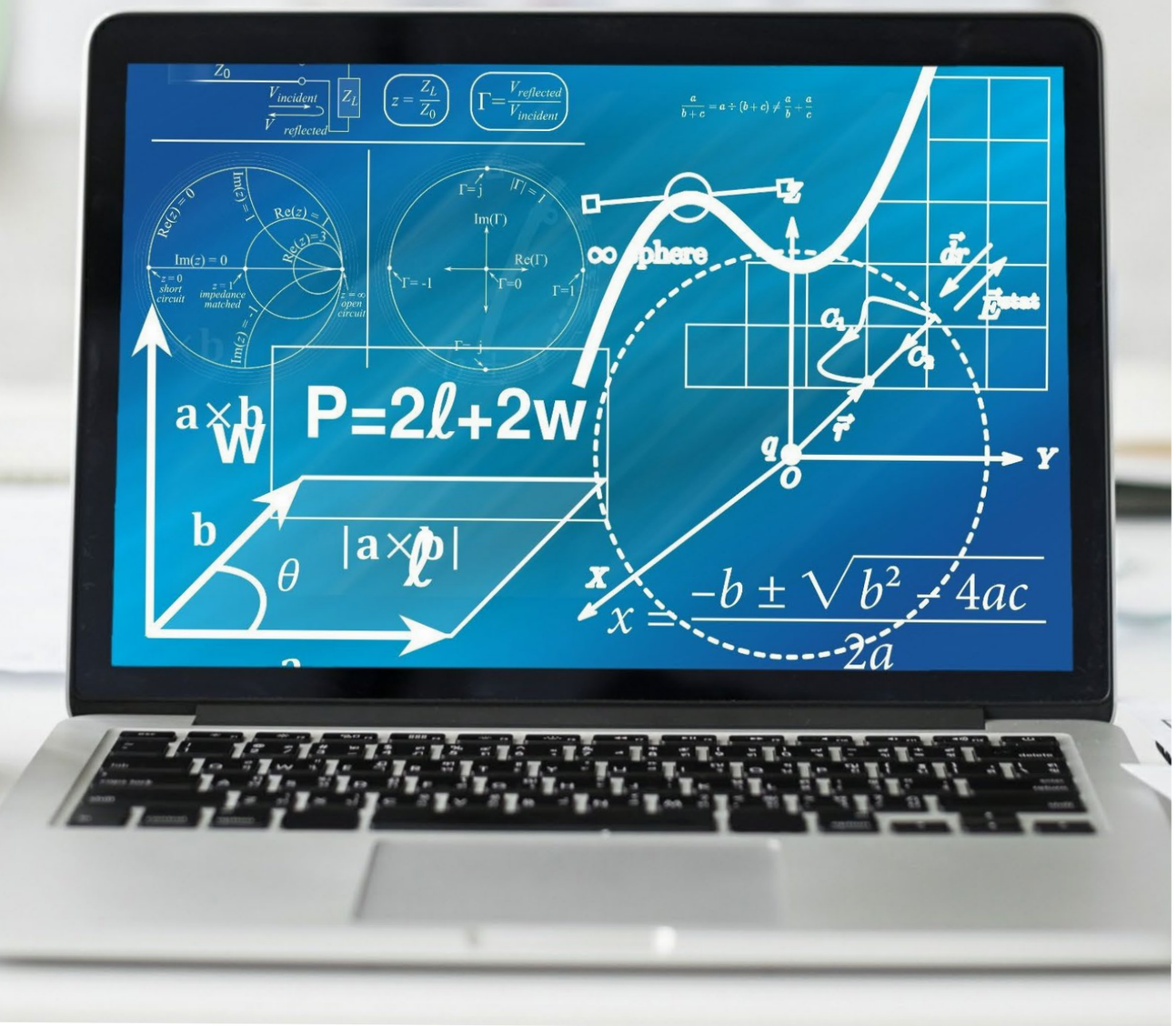
Capitolo 2: presenta i risultati finali dell'inventario 2024 e le serie storiche dal 1990 al 2024.

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 2024.

1 Metodologia



L'inventario delle emissioni dei gas climalteranti, riferito all'anno 2024, è stato compilato secondo la metodologia "*IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*", definita nel 2006 e aggiornata nel 2019[1], 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 quai 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

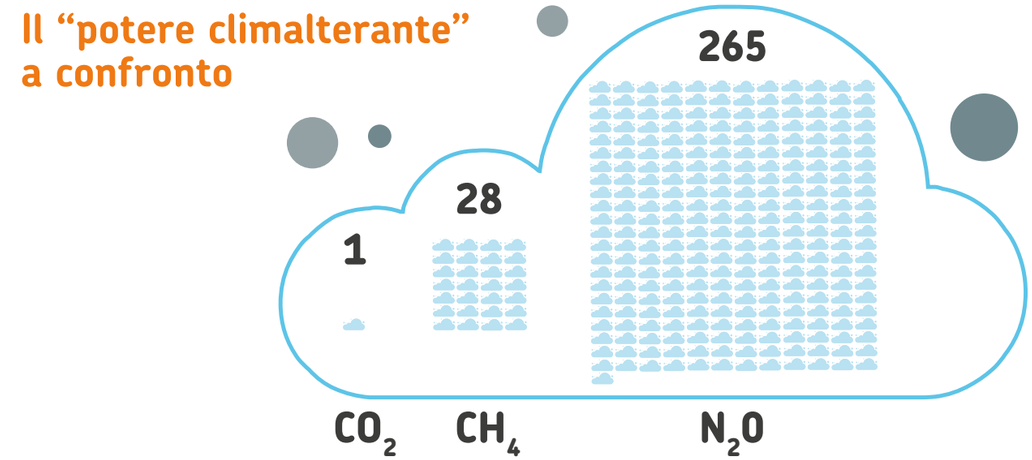
TABELLA 1
Settori IPCC-Macrosettori Corinair

SETTORE IPCC	ATTIVITÀ	MACROSETTORE CORINAIR
ENERGIA (ENERGY)	• 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)	• 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)	• 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 • CCS/CCUS	**MS10 - Agricoltura** **MS11 - Altre sorgenti e assorbimenti**
RIFIUTI (WASTE)	• termovalorizzatori • discariche • impianti di depurazione	**MS9 - Trattamento e smaltimento rifiuti**
ALTRO* *emissioni non valorizzate nelle elaborazioni del presente report	• 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 IPCC sono: l'**anidride carbonica** (CO_2), il **metano** (CH_4), il **protossido d'azoto** (N_2O).
Tali gas non hanno il medesimo comportamento nei confronti del riscaldamento della terra, infatti il potenziale di riscaldamento viene espresso in termini di CO_2 equivalente (CO_2eq). Ciascuno di questi gas concorre alla CO_2eq 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 CO_2**, convenzionalmente posto uguale a 1, lungo un intervallo temporale che normalmente è di 100 anni (*tabella 2*).

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_2O	310	298	265



Ai fini della presente quantificazione della CO_2eq sono stati utilizzati i valori di GWP, per ciascun composto, proposti nel V rapporto IPCC:

$$CO_2eq = CO_2 + 28*CH_4 + 265*N_2O$$

Seppur CH_4 e N_2O, come evidente in *tabella 2*, abbiano un "potere climalterante" molto più alto di quello della **CO_2**, è proprio quest'ultima, com'è noto, a essere il principale e più rilevante gas a effetto serra, **contribuendo praticamente al 86% 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 (FE[1]):

$$E_j = \Sigma_i Aatt_{i,j} * FE_{i,j}$$

E_j = emissione dell'attività *j*
$Aatt_i$ = indicatore di attività per l'attività *j*
$FE_{i,j}$ = fattore di emissione *i*-esimo (dettagliato di seguito per ogni settore) relativo all'attività *j*

Come indicatori di attività si considerano:
- Settore **Energy**: consumo di combustibile relativo all'attività *j* e al vettore energetico *i*;
- Settore **IPPU**: quantità di bene materiale prodotta per attività *j* relativa alla tipologia di materiale *i*;
- Settore **Agricoltura**: numero di capi animali allevati relativo all'attività *j* e alla tipologia di animale *i*.

La metodologia degli altri settori/attività è illustrata nei paragrafi specifici.

[1] Si rimanda all'*Appendice* del presente documento

APPROFONDIMENTO

Il ruolo della cattura e dello stoccaggio della CO_2 nella transizione energetica

I **sistemi di Cattura, Trasporto, Utilizzo e Stoccaggio della CO_2** (**CCS/CCUS**) costituiscono una leva strategica per la decarbonizzazione dei settori industriali hard-to-abate (esempio: cemento, acciaio, chimica), in linea con gli obiettivi energetico-ambientali nazionali definiti nel PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima).
La **contabilità emissiva** all'interno dell'Inventario Nazionale dei Gas Serra (curato da Ispra) segue rigorosamente le Linee Guida IPCC (2006) e i successivi aggiornamenti.
La metodologia impone la **tracciabilità dei flussi** lungo tre fasi macro-settoriali:
1. **Cattura**: le emissioni sottratte ai camini industriali vengono dedotte dal settore di origine (Energy o Industrial Processes). Le emissioni fuggitive o i consumi energetici associati al processo di cattura devono essere esplicitamente calcolati.
2. **Trasporto**: le emissioni derivanti dalle infrastrutture di trasporto (esempio: compressione in condotte, logistica navale) sono rendicontate sotto la categoria dei trasporti o della combustione energetica.
3. **Stoccaggio**: La CO_2 iniettata permanentemente è considerata rimossa dall'atmosfera. L'approccio contabile impone lo sviluppo di piani di monitoraggio specifici per stimare ed eventualmente contabilizzare eventuali rilasci e perdite fuggitive dal sito geologico.

IL CASO DI RAVENNA

In Italia, l'applicazione pilota di riferimento è il progetto Ravenna CCS, sviluppato da Eni e Snam.
Tale progetto prevede lo stoccaggio geologico permanente della CO_2 catturata da impianti industriali e trasportata a Casalborsetti via condotte o nave.
La prima fase, avviata ad agosto 2024, prevede la cattura fino a 25.000 tonnellate/anno di CO_2 dalla centrale Eni di Casalborsetti, stoccandola a 3.000 metri di profondità nel giacimento esaurito di Porto Corsini Mare Ovest.
Sucessivamente è previsto lo stoccaggio fino a 4 milioni di tonnellate all'anno entro il 2030 per decarbonizzare le industrie hard-to-abate. Dal 2030 la capacità potrà salire a oltre 16 milioni di tonnellate/anno, sfruttando una capacità totale stimata oltre 500 milioni di tonnellate.
L'hub di Ravenna si candida così a diventare tra i più grandi siti al mondo e il principale nel Mediterraneo.

RILEVANZA NORMATIVA E CONNESSIONI CON LA QUALITÀ DELL'ARIA

Il quadro giuridico di riferimento per il confinamento geologico della CO_2 è governato a livello europeo dalla Direttiva 2009/31/CE (Direttiva CCS), recepita in Italia con il DLgs 162/2011, che disciplina i requisiti di sicurezza, le autorizzazioni per i siti di stoccaggio e le garanzie finanziarie a lungo termine. Sotto il profilo della rendicontazione emissiva, le attività sono regolate dalla Direttiva 2003/87/CE (ETS) e dai relativi Monitoraggio e Comunicazione (MRR), che sanciscono il principio per cui le quote di emissione non debbano essere restituite qualora l'anidride carbonica sia catturata e trasferita in un sito di stoccaggio permanente autorizzato.





2 Risultati e Trend emissivi

I risultati

Le emissioni dei gas serra, relativamente all'anno **2024**, per la regione Emilia-Romagna sono complessivamente **36.298 kt CO_2eq**, senza considerare gli assorbimenti.

Nella *tabella 3* si riportano le emissioni **per ciascun settore IPCC** e gas serra, ottenute appilcando la metodologia descritta nel capitolo successivo (*capitolo 3*).
In *figura 1* si riporta la ripartizione percentuale del contributo alle emissioni di ciascun gas per i singoli settori.

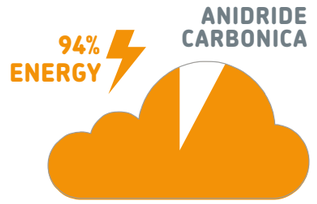
ENERGY (emissioni)
IPPU (emissioni)
AFOLU (emissioni/assorbimenti)
WASTE (emissioni)

Settore Energy

Dall'analisi dei risultati riportati in *tabella 3* emerge che il settore **Energy** è responsabile del:

- **94% delle emissioni di CO_2**: 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-immissione in atmosfera del carbonio contenuto in essi in forma ossidata (CO_2);
- **84% delle emissioni di CO_2eq**.

Tali valori sono espressi al netto degli assorbimenti.

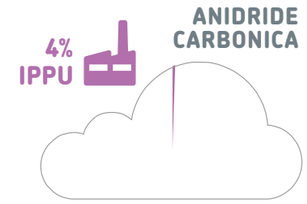


Settore IPPU

Dall'analisi dei risultati riportati in *tabella 3* emerge che il settore **IPPU** è responsabile del:

- **4% delle emissioni di CO_2** (corrispondenti al 4% di CO_2eq)**.**

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:

- **61% delle emissioni di CH_4**;
- **69% delle emissioni di N_2O**;
- **8% delle emissioni di CO_2eq**.

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 3.436 kt di CO_2eq**.





Settore Waste

Dall'analisi dei risultati riportati in *tabella 3* emerge che il settore **WASTE** è responsabile del:

- **26% delle emissioni di CH_4** (dovute principalmente all'attività delle discariche);
- **5% delle emissioni di CO_2eq**.

Tali valori sono espressi al netto degli assorbimenti.

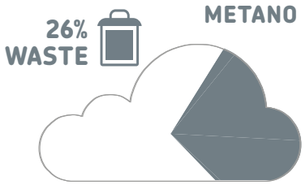


TABELLA 3
Contributi alle emissioni GHG in Emilia-Romagna per settore IPCC (2024)

	CO_2 (kt)	CH_4 (t)	N_2O (t)	CO_2eq (kt)
ENERGY	29.673	15.439	1.148	30.409
IPPU	1.299	0	0	1.299
AFOLU	-3.595	82.617	2.857	-525
WASTE	725	32.750	139	1.679
TOTALE	**28.102**	**130.805**	**4.143**	**32.862**
TOTALE (NO ASSORBIMENTI)	**31.727**	**124.016**	**4.143**	**36.298**

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 (2024)

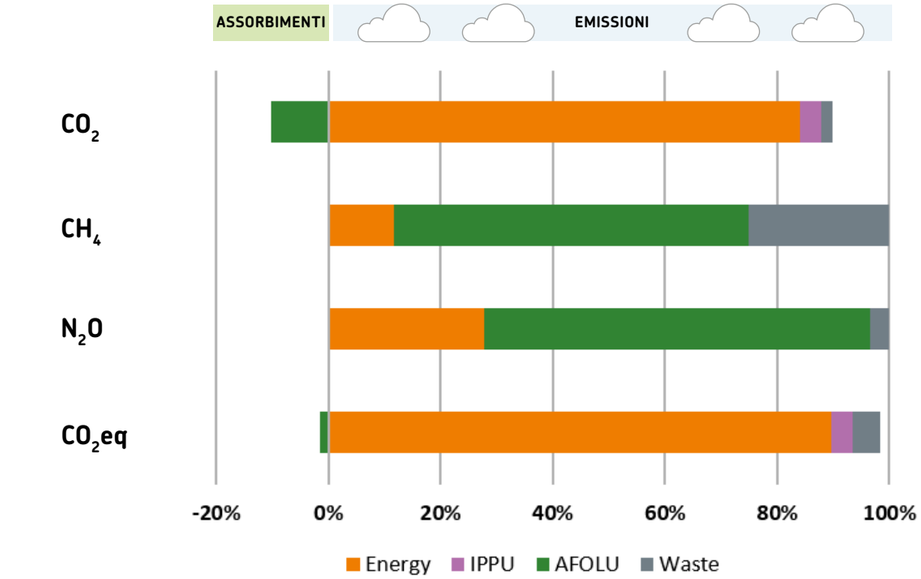


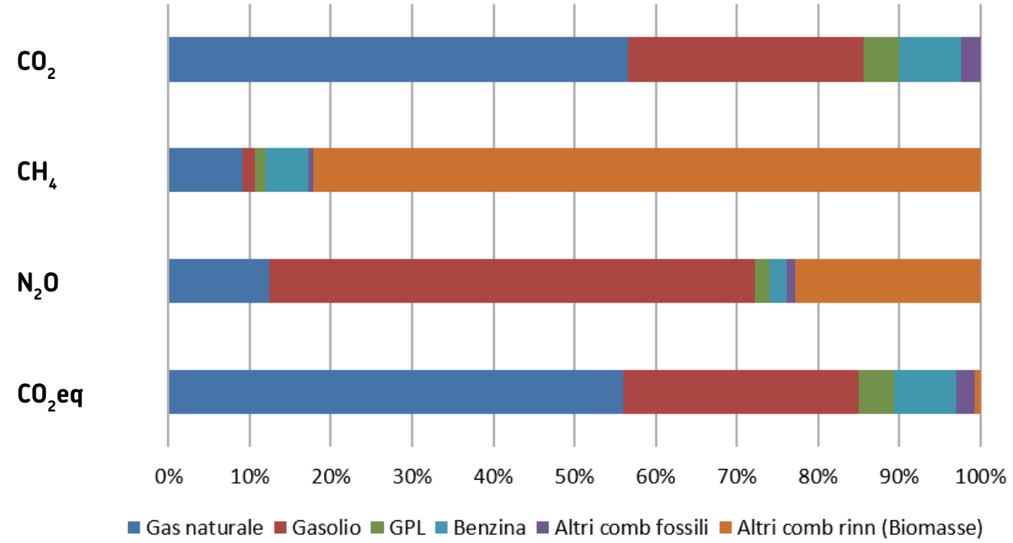


TABELLA 4
Contributi alle emissioni GHG in Emilia-Romagna per vettore energetico (2024)

	CO_2 (kt)	CH_4 (t)	N_2O (t)	CO_2eq (kt)
GAS NATURALE	16.812	516	142	16.864
GASOLIO	8.581	85	688	8.765
GPL	1.284	79	20	1.292
BENZINA	2.307	300	24	2.322
ALTRI COMB. FOSSILI	688	31	12	692
BIOMASSA	0	4.667	262	200
	29.672	**5.678**	**1.148**	**30.135**

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

FIGURA 2
Ripartizione percentuale delle emissioni GHG in Emilia-Romagna per vettore energetico (2024)



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 CO_2eq è il **gas naturale (56%)**, seguito dal **gasolio (29%)**.
Da tale analisi risulta evidente che anche la combustione della biomassa contribuisce alle emissioni di CO_2eq, in quanto responsabile delle emissioni di CH_4 e N_2O.

Il trend emissivo in Emilia-Romagna

Al fine di analizzare l'**andamento delle emissioni di gas serra (GHG) per il periodo 1990-2024**, 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 2018-2024.

Nello specifico, la *figura 3* presenta il trend in termini di CO_2eq, mentre la *figura 4* analizza separatamente il contributo di ciascun gas climalterante.
Per l'analisi del trend sono considerate le emissioni al netto di quelle relative al settore LULUCF (M11).
Nell'anno 2024 si riscontra **una riduzione delle emissioni** rispetto all'anno 2023 **pari al -3%**, confermando l'andamento decrescente rispetto al 2019 pari al -12,4% e rispetto al 1990 pari al -10,3%.
La stima delle emissioni riferite all'anno 2024 rispetto all'anno precedente è influenzata dagli aggiornamenti dei fattori di emissione e dalle variazioni nei livelli di attività di alcuni settori chiave.

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

- come per l'annualità precedente, si osserva una riduzione del 6% delle emissioni legate alla combustione di gas naturale, dovuta al perpetuarsi del calo dei consumi del combustibile (-4%);
- nel settore trasporti (M7) si registrano lievi ma costanti aumenti nei consumi di combustibili (gasolio, benzina, GPL) nelle annualità post-pandemiche, in particolare per la benzina si evidenzia un +6% rispetto al 2023.

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

- per il settore Waste, a partire dal 2023, sono state integrate le emissioni associate agli impianti di depurazione, mentre dal 2024 il computo è stato al netto della quota di gas captato (pari a 5.992.000 Nm^3);
- per il comparto zootecnico nel 2024 si ha una riduzione delle emissioni di metano derivanti dagli allevamenti bovini, suini e avicoli. Tale trend positivo è riconducibile, da un lato, alla flessione del numero complessivo di capi allevati e, dall'altro, all'ottimizzazione dei fattori di emissione. Nello specifico, si evidenziano miglioramenti nella fermentazione enterica per il settore bovino e una gestione più efficiente dei reflui zootecnici per le filiere suinicola e avicola.

FIGURA 3
Trend emissivo, espresso in forma di CO_2eq, in Emilia-Romagna nel 1990-2024 (Ispra 1990-2017 - Arpae 2018-2024)

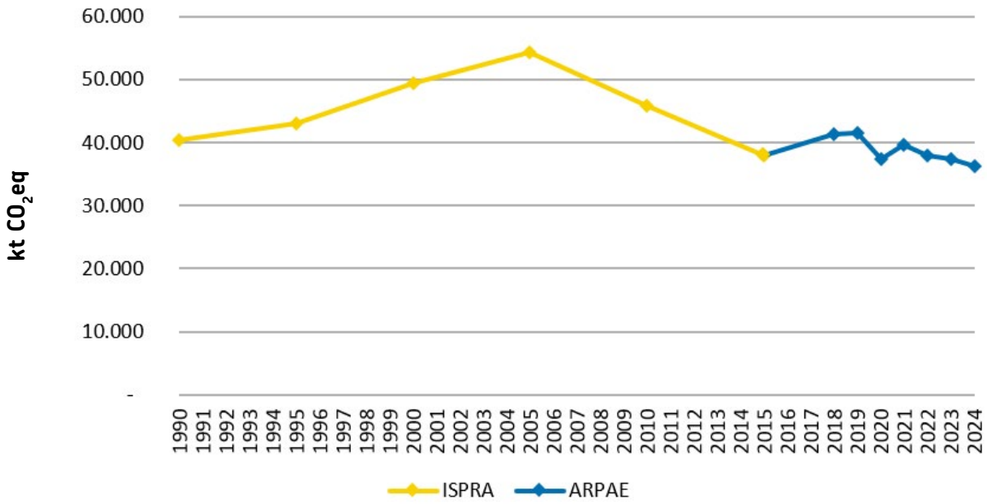
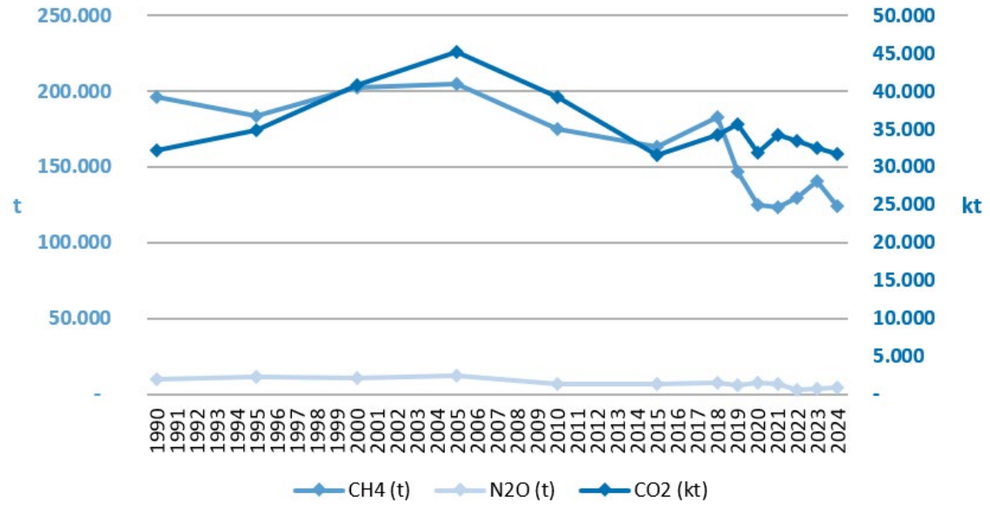


FIGURA 4
Trend emissivo di CO_2, CH_4 e N_2O, in Emilia-Romagna nel 1990-2024 (Ispra 1990-2017 - Arpae 2018-2024)



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 Regionale (BER).
Come anticipato nel *capitolo 2*, le emissioni derivanti dalle attività portuali e aeroportuali sono state stimate, non sulla base dei consumi energetici specifici, ma con metodologie alternative. In particolare:

- Attività portuali. È stato utilizzato il dato fornito nella Dichiarazione di sostenibilità 2024 dell'Autorità di sistema portuale del mare Adriatico centro settentrionale.
- Attività aeroportuali. Sono stati ricalcolati i dati disponibili nel sistema INEMAR, relativi all'anno base 2019. Tale ricalcolo è stato effettuato applicando variabili *proxy* rappresentative dell'evoluzione dei traffici nel periodo considerato (N. di movimenti). A partire dal 2023, oltre all'aeroporto di Bologna, sono stati inclusi anche gli scali secondari di Forlì, Parma e Rimini.

Infine, nella voce "Estrazione e distribuzione combustibili" sono state considerate anche le emissioni dovute alle perdite diffuse, contabilizzate a partire dall'annualità 2023 (pari a 9.668 t di CH_4, circa il 7% delle emissioni totali di CH_4).
Le emissioni del settore Energy vengono analizzate in dettaglio in *tabella 5*.

TABELLA 5
Emissioni per attività del settore Energy nel 2024

	CO_2 (kt/anno)	CH_4 (t/anno)	N_2O (t/anno)	CO_2eq (kt/anno)
PRODUZIONE ENERGIA E TRASFORMAZIONE COMBUSTIBILI	6.227	788	97	**6.275**
SETTORE CIVILE	5.622	4.250	275	**5.814**
COMBUSTIONE NELL'INDUSTRIA	5.686	157	44	**5.702**
ESTRAZIONE/ DISTIBUZIONE COMBUSTIBILI	0	9.761	0	**274**
TRASPORTO SU STRADA	10.858	425	335	**10.958**
ALTRE SORGENTI MOBILI*	1.279	57	398	**1.386**
TOTALE COMPLESSIVO	**29.673**	**15.439**	**1.149**	**30.410**

Fonte: Arpae, Emilia-Romagna
* Altre sorgenti mobili: porti, aeroporti, mezzi agricoli

FONTI
Il settore Energy

Consumi energetici 2024, elaborati dai principali fornitori nazionali

MACROSETTORI CORINAIR	COMBUSTIBILE	DATO CONSUMO	UNITÀ DI MISURA	FONTE
M1 - PRODUZIONE DI ENERGIA E TRASFORMAZIONE COMBUSTIBILI	Gas naturale	3.050	Mm^3	TERNA - Statistiche Regionali
	Biomasse	2.844	kt	TERNA - Statistiche Regionali
	Biogas	535	Mm^3	TERNA - Statistiche Regionali
	Gasolio	61	t	ISPRA
	Altro (nafta, gas raff, idrocarb.)	219	t	ISPRA
M2 - COMBUSTIONE NON INDUSTRIALE	Gas naturale	2.499	Mm^3	ARERA - Relazione annuale
	Gasolio	64.498	t	MASE - Bollettino petrolifero
	GPL	54.016	t	MASE - Bollettino petrolifero
	Biomasse solide, rifiuti rinnov.	299	ktep	GSE
M3 - COMBUSTIONE INDUSTRIALE	Gas naturale	2.627	Mm^3	Calcolo per differenza *
	Gasolio	253	t	ISPRA
	Coke di petrolio	51.002	t	ISPRA
	GPL	62.816	t	MASE - Bollettino petrolifero
	Biogas + Bioliquidi sostenibili	6	ktep	GSE
	Atri prodotti petroliferi	98	ktep	GSE
M5 - ESTRAZIONE E DISTRIBUZIONE DI COMBUSTIBILI	Gas naturale (produzione)	633	Mm^3	MASE - Gas naturale
M7 - TRASPORTO SU STRADA	Gas naturale	148	Mm^3	FEDERMETANO
	Gasolio	2.314.636	t	MASE - Bollettino petrolifero
	Benzina	734.242	t	MASE - Bollettino petrolifero
	GPL	308.283	t	MASE - Bollettino petrolifero
M8 - ALTRE SORGENTI MOBILI E MACCHINARI	Gasolio (agricoltura)	331.772	t	MASE - Bollettino petrolifero
	Gasolio (ferrovie)	1.165	t	ARPAE - INEMAR
	Olio combustibile (porto)	32	ktep	GSE

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

SITOGRAFIA
Maggiori informazioni sui siti:

MASE:	https://sisen.mase.gov.it/dgsaie/bollettino-petrolifero?anno=2024
	https://sisen.mase.gov.it/dgsaie/consumi-regionali-gas-naturale
	https://unmig.mase.gov.it/wp-content/uploads/dati/produzione/produzione-2024.pdf
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-2025
PORTI:	https://www.port.ravenna.it/media/files/20251107_AdSMACS-DdS2024_v9.pdf
AEROPORTI:	https://assaeroporti.com/statistiche/?selectedYear=2024&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**.

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.

TABELLA 6
Emissioni per attività del settore IPPU nel 2024

		CO_2 (kt/anno)
PROCESSI NELL'INDUSTRIA DEL LEGNO, PASTA PER LA CARTA, ALIMENTI, BEVANDE E ALTRO	VETRO (DECARBONATAZIONE)	12
	CEMENTO (DECARBONATAZIONE)	497
PROCESSI NELLE INDUSTRIE CHIMICHE	AMMONIACA	390
	NERO DI CARBONIO	398
TOTALE COMPLESSIVO		1.299

Fonte: Arpae Emilia-Romagna



FONTI
Il settore IPPU

SITOGRAFIA
Maggiori informazioni sui siti:

VETRO	Relezione annuale AIA 2024:
	https://ippc-aia.arpae.it/aia/Intro.aspx
CEMENTO	Relezione annuale AIA 2024:
	https://ippc-aia.arpae.it/aia/Intro.aspx
AMMONIACA	Ispra File "ITA-CRT-2026-V0.1-2024":
	https://emissioni.sina.isprambiente.it/serie-storiche-delle-emissioni-ghg-in-atmosfera/
NERO DI CARBONIO	Relezione annuale AIA 2024:
	https://ippc-aia.arpae.it/aia/Intro.aspx

IL SETTORE AFOLU

Il settore AFOLU è composto da: **agricoltura** e **LULUCF** (uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura).

Agricoltura

L' agricoltura contribuisce all'effetto serra con **emissioni di metano (CH_4), legate principalmente all'attività di produzione zootecnica, e di protossido di azoto (N_2O), 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 N_2O dalla gestione delle deiezioni, nelle diverse forme di gestione dei reflui (lagoni 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-N_2O a N_2O (pari a 44/28 = 1,57).
Le emissioni di N_2O 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 2024

	CO_2 (kt/anno)	CH_4 (t/anno)	N_2O (t/anno)	CO_2eq (kt/anno)
COLTIVAZIONE CON FERTILIZZANTI	31	0	1.439	**412**
RISAIE	0	3.012	0	**84**
TOTALE COMPLESSIVO	**31**	**3.012**	**1.439**	**497**

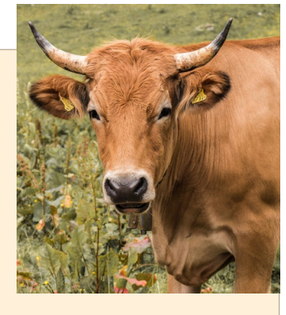
Fonte: Arpae Emilia-Romagna



TABELLA 8
Emissioni per attività zootecniche del settore AFOLU nel 2024

		CH_4 (t/anno)	N_2O (t/anno)	CO_2eq (kt/anno)
AVICOLI	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ ORGANICI	682	227	**79**
	FERMENTAZIONE ENTERICA	0	0	**0**
BOVINI	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ ORGANICI	8.253	338	**321**
	FERMENTAZIONE ENTERICA	53.711	0	**1.504**
SUINI	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ ORGANICI	7.788	686	**400**
	FERMENTAZIONE ENTERICA	1.430	0	**40**
OVINI (PECORE E CAPRE)	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ ORGANICI	10	6	**2**
	FERMENTAZIONE ENTERICA	312	0	**9**
EQUIDI	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ ORGANICI	49	3	**2**
	FERMENTAZIONE ENTERICA	472	0	**13**
CONIGLI	GESTIONE REFLUI RIFERITA AI COMPOSTI AZOTATI/ ORGANICI	55	157	**43**
	FERMENTAZIONE ENTERICA	55	0	**2**
TOTALE COMPLESSIVO		**72.816**	**1.417**	**2.414**

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 stoccato nei prodotti di origine legnosa (legno e carta, chiamati in inglese **HWP, *Harvested Wood Products***);
- le **perdite naturali di metano** dal suolo;
- **CCS**: lo stoccaggio di CO^2 nei pozzi minerari esauriti.

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 stoccato permanentemente tramite **la molluschicoltura**, 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.

TABELLA 9
Assorbimenti del settore AFOLU nel 2024

	CO_2 (kt/anno)	CH_4 (t/anno)	N_2O (t/anno)	CO_2eq (kt/anno)
FORESTE	-3.399	14	1	**-3.339**
AGRICOLTURA	-358	0	139	**-358**
PRATERIE	-240	0	0	**-240**
ZONE UMIDE	6	6.685	0	**193**
INSEDIAMENTI	488	0	0	**488**
HWP	-105	0	0	**-105**
SEEPS NATURALI	0	90	0	**3**
MOLLUSCHI	-8	0	0	**-8**
CCS	-8	0	0	**-8**
TOTALE COMPLESSIVO	**-3.626**	**6.789**	**1**	**-3.436**

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

Per quanto riguarda i **prati permanenti**, essi vengono divisi in praterie/brughiere 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 2024.
Per la stima delle **fuoriuscite naturali di metano** è stata presa, come riferimento, la pubblicazione di Etiope at 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.
I dati **CCS** inseriti derivano dal progetto di ENI per lo stoccaggio della CO^2 catturata nella centrale temoelettrica di Casalborsetti.



FONTI
Il settore AFOLU-LULUCF

SITOGRAFIA
Maggiori informazioni sui siti:

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

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 CO_2eq), si considerano solo le emissioni di CO_2 di origine fossile, di N_2O e CH_4 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 2024, 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 2024, 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: 65 kt/anno per l'anidride carbonica, 31.691 t/anno per il metano, 3 t/anno per il protossido d'azoto.
Infine, sono state stimate 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:

Emissioni CH_4 = BOD trattato * FE

A queste emissioni è stato sottratto il metano captato.

La *tabella 11* illustra la sintesi delle emissioni del settore WASTE.

TABELLA 10
Bilancio GHG riferito agli impianti di termovalorizzazione nel 2024

	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	1.266	21	607	**659**

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

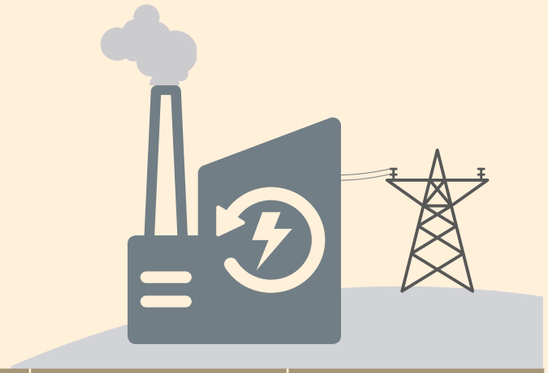
TABELLA 11
Emissioni per attività del settore Waste nel 2024

	CO_2 (kt/anno)	CH_4 (t/anno)	N_2O (t/anno)	CO_2eq (kt/anno)
TERMOVALORIZZATORI	659	69	136	**697**
DISCARICHE	65	31.691	3	**953**
GESTIONE ACQUE REFLUE - DEPURATORI	0	1.070	0	**30**
TOTALE COMPLESSIVO	**724**	**32.830**	**139**	**1.680**

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 CO_2eq 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	258.453	679.074	**260**

Fonte: Arpae Emilia-Romagna

FONTI
Il settore WASTE



TERMOVALORIZZATORI:
Relezione annuale impianto 2024

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

IMPIANTI DI DEPURAZIONE:
Arpae Emilia-Romagna - Elaborazione CTR Sistemi Idrici

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 CO_2 - CCUS).

Le **emissioni dirette**, relative alla sola **generazione elettrica negli impianti termoelettrici presenti sul territorio regionale**, risultano pari a **5.641 kt d CO_2eq**.
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 CO_2 equivalente per kWh.
L'utilizzo del FE medio nazionale (192,6 g CO_2eq/kWh), anziché di un FE regionale (271,5 g CO_2eq/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 27.832 GWh, di cui 3.170 GWh in autoconsumo (assunti come interamente prodotti da impianti FER e, quindi, a emissione nulla), si stima una **quantità di emissioni indirette pari a 4.750 kt di CO_2eq**.
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 2024, in Emilia-Romagna

	CO_2eq (kt/anno)
EMISSIONI DIRETTE DA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA	**5.641**
EMISSIONI INDIRETTE DA CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA	**4.750**



Emissioni dirette e indirette nel sistema elettrico regionale

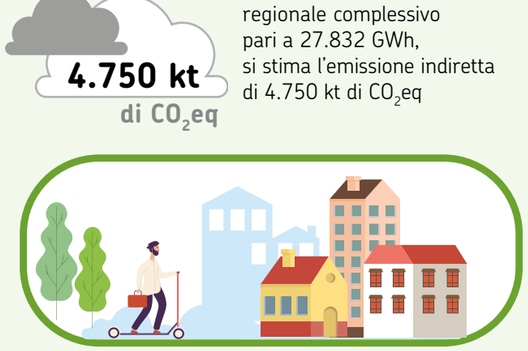
APPROFONDIMENTO

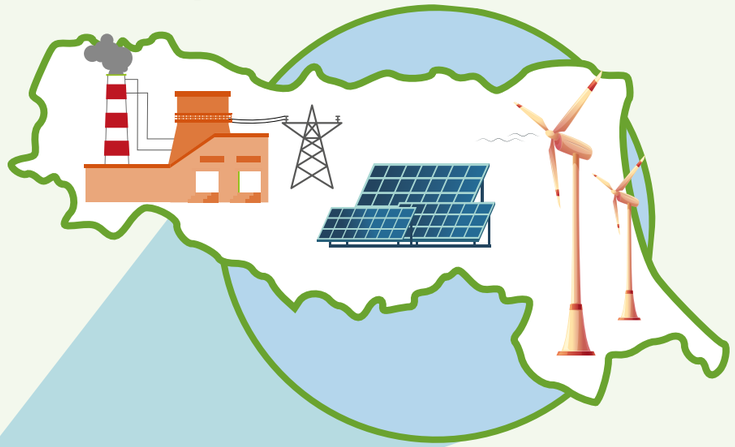
CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA REGIONALE
Per un consumo elettrico regionale complessivo pari a 27.832 GWh, si stima l'emissione indiretta di 4.750 kt di CO_2eq

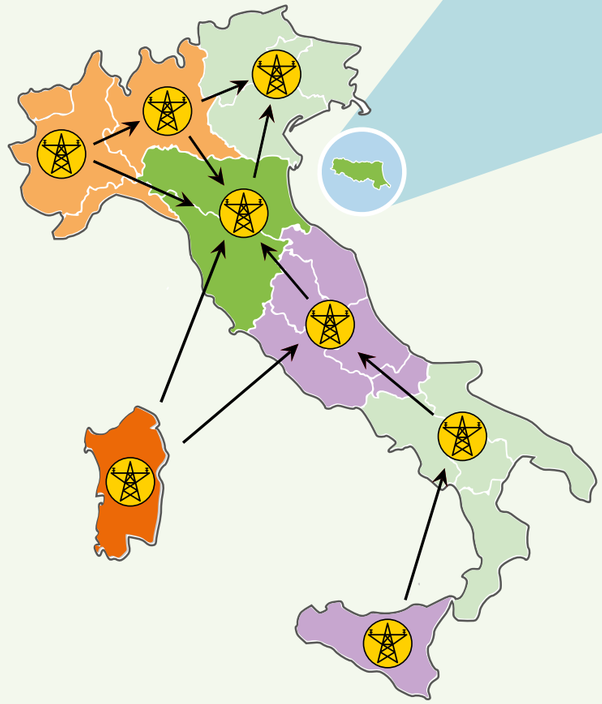
4.750 kt di CO_2eq

5.641 kt di CO_2eq

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA REGIONALE
Gli impianti termoelettrici presenti in regione generano energia elettrica immessa nella rete nazionale e sono responsabili di emissioni dirette pari a 5.641 kt di CO_2eq







RETE ELETTRICA NAZIONALE
TERNA gestisce il sistema elettrico nazionale con l'obiettivo di regolare i flussi di energia e garantire l'integrazione delle fonti rinnovabili, spesso caratterizzate da una distribuzione non uniforme

macroaree del sistema elettrico

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_2O (g/GJ)
1	Gas di raffineria	56,07	1,00	2,00
1	Gasolio	74,10	1,50	0,60
1	Biomass (average value resulting from different biofuels)	88,13	24,52	3,39
1	Metano	59,09	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	59,09	2,50	1,00
3	Coke da petrolio	93,88	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	52,11	152,25	3,01
3	Metano	59,09	1,00	0,30
3	Olio combustibile	76,48	3,00	2,00

Fonte: Ispra
https://emissioni.sina.isprambiente.it/fattori-emissione-combustione/
(*File: FE-combustione-2024.xlsx*)

TABELLA B
Fattori di emissione Processi produttivi (M4)

MACROSETTORE	ATTIVITÀ	CO_2 (t/t di prodotto)	CH_4 (t/t di prodotto)	N_2O (t/t di prodotto)
4	Produzione nero fumo	2,17	-	-
4	Produzione ammoniaca	1,73	-	-
4	Produzione cemento	0,52	-	-
4	Produzione vetro	0,09	-	-

Fonte: Ispra, *National Inventory Document 2026*
https://emissioni.sina.isprambiente.it/national-inventory-document/
https://emissioni.sina.isprambiente.it/serie-storiche-delle-emissioni-ghg-in-atmosfera/
(File: ITA-CRT-2026-V0.1-2024-20260310-121816_started.xlsx - Table2(I).A-H

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

MACROSETTORE	ATTIVITÀ	CO_2 (t/Mm³)	CH_4 (t/Mm³)	N_2O (t/Mm³)
5	Gas naturale - Producing + Processing	0,40	0,15	-
5	Gas naturale - Transmission	0,005	0,21	-
5	Gas naturale - Distribution	0,05	2,30	-

Fonte: Ispra, *National Inventory Document 2026*
https://emissioni.sina.isprambiente.it/national-inventory-document/
https://emissioni.sina.isprambiente.it/serie-storiche-delle-emissioni-ghg-in-atmosfera/
(File: ITA-CRT-2026-V0.1-2024-20260310-121816_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_2O (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_2O (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-off-road-2024.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_2O (kg/kgBOD)
9	Impianti di depurazione	-	0,16	-

Fonte: Ispra, *National Inventory Document 2026*
https://emissioni.sina.isprambiente.it/national-inventory-document/https://https://emissioni.sina.isprambiente.it/serie-storiche-delle-emissioni-ghg-in-atmosfera/
(*File: ITA-CRT-2026-V0.1-2024-20260310-121816_started.xlsx - Table5.D*)

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

MACROSETTORE	ATTIVITÀ	CO_2 (kg/capo)	CH_4 (kg/capo)	N_2O (kg/capo)
10	Fermentazione enterica Altri bovini	-	41,86	-
10	Fermentazione enterica Asini e muli	-	10,00	-
10	Fermentazione enterica Capre	-	8,76	-
10	Fermentazione enterica Cavalli	-	18,00	-
10	Fermentazione enterica Conigli	-	0,08	-
10	Fermentazione enterica Maiali da ingrasso	-	1,50	-
10	Fermentazione enterica Pecore	-	7,82	-
10	Fermentazione enterica Scrofe	-	1,50	-
10	Fermentazione enterica Vacche da latte	-	145,06	-
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Altri bovini	-	8,91	0,36
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Asini e muli	-	0,87	0,31
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Capre	-	0,18	0,03
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Cavalli	-	1,86	0,31
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Conigli	-	0,08	0,02
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Galline ovaiole	-	-	0,004
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Maiali da ingrasso	-	8,17	0,09
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Pecore	-	0,26	0,03
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Pollastri	-	0,03	0,01
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Scrofe	-	8,17	0,09
10	Gestione reflui riferita ai composti azotati Vacche da latte	-	21,69	0,89

Fonte: Ispra, *National Inventory Document 2026*
https://emissioni.sina.isprambiente.it/national-inventory-document/
https://emissioni.sina.isprambiente.it/serie-storiche-delle-emissioni-ghg-in-atmosfera/
(*File: ITA-CRT-2026-V0.1-2024-20260310-121816_started.xlsx - Table3.A - Table3.B(a) - Table3.B(b)*)

TABELLA H
Fattori di emissione Agricoltura - Risaie (M10)

MACROSETTORE	ATTIVITÀ	CO_2 (g/m²)	CH_4 (g/m²)	N_2O (g/m²)
10	Risaie	-	57,38	-

Fonte: IPCC, *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*
https://www.ipcc-nggip.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-nggip.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 stoccato per unità di biochar	43,29%

Fonte: *Refinement 2019 to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*
https://www.ipcc-nggip.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-sequestratio/

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-nggip.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 salmastre	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-nggip.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-nggip.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-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html

Inventario delle emissioni GHG

DATI **2024**

A cura di:

Direzione Tecnica
Largo Caduti del Lavoro, 6 - 40122 Bologna
osservatorioenergia@arpae.it
www.arpae.it