ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Le emissioni di gas serra in Italia: obiettivi di riduzione e scenari emissivi

Edizione 2026



RAPPORTI
429/2026

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Le emissioni di gas serra in Italia: obiettivi di riduzione e scenari emissivi

Edizione 2026

RAPPORTI
429/2026

Informazioni legali
L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Rapporti 429/2026
ISBN 978-88-448-0372-8

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica
Grafica di copertina: Alessia Marinelli - ISPRA – Area Comunicazione Ufficio Grafica
Foto di copertina: Elaborazione grafica di Luisa Mortola e Angela Fiore, da un'immagine generata con la piattaforma Microsoft Bing - Copilot Designer

Coordinamento pubblicazione online:
ISPRA – Ufficio grafico

Maggio 2026

Autori

Marina Vitullo, Antonella Bernetti (§3.3.3), Antonio Caputo (§3.3.5, §5), Marina Colaiezzi (§5), Marco Cordella (§3.3.3), Eleonora Di Cristofaro (§3.5, §5), Angela Fiore (§3.5), Andrea Gagna (§3.4), Barbara Gonella (§3.4, §3.7, §5), Vanessa Leonardi (§2.3, §2.4), Federica Moricci (§3.4, §5), Monica Pantaleoni (§5), Guido Pellis (§3.6, §5), Emanuele Peschi (§5), Daniela Romano, Ernesto Taurino (§3, §5), Tatiana Zonfa.

Contatti: Marina Vitullo
e-mail marina.vitullo@isprambiente.it

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma

www.isprambiente.gov.it

Citare come segue:

ISPRA (2026), Le emissioni di gas serra in Italia: obiettivi di riduzione e scenari emissivi. Rapporti n. 429/2026, ISPRA, Roma.

Prefazione **5**

1 Introduzione **6**

2 Il contesto normativo internazionale ed europeo **7**

2.1 Il Protocollo di Kyoto 12

2.1.1 Il primo periodo d'impegno 2008-2012 12

2.1.2 Il secondo periodo d'impegno 2013-2020 12

2.2 Il quadro clima-energia 2030 14

2.2.1 La direttiva Emissions Trading 16

2.2.2 La decisione Effort Sharing (2013-2020) ed il Regolamento Effort Sharing (2021-2030) 17

2.2.3 Il Regolamento LULUCF 18

2.3 Obiettivi climatici al 2040 19

2.3.1 Utilizzo di crediti internazionali e flessibilità 19

2.3.2 Prospettive e sviluppi del quadro climatico post-2030 20

2.4 I mercati del carbonio 20

2.4.1 Il sistema di scambio di quote di emissione 21

2.4.2 Il mercato regolato del carbonio e l'Articolo 6 dell'Accordo di Parigi 21

2.4.3 Il mercato volontario 22

2.4.4 Il Regolamento EU Carbon removal certification framework 23

2.4.5 Il registro italiano 25

3 L'inventario nazionale dei gas serra **26**

3.1 I settori e le metodologie di stima 27

3.2 L'andamento delle emissioni 28

3.3 Il settore Energia 36

3.3.1 Industrie energetiche 38

3.3.2 Industria manifatturiera 38

3.3.3 Trasporti 39

3.3.4 Residenziale e altri settori 44

3.3.5 Fuggitive 45

3.4 Il settore Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU) 46

3.5 Il settore Agricoltura 50

3.6 Il settore LULUCF 53

3.7 Il settore Rifiuti 55

4 Gli obiettivi di riduzione **58**

4.1 Gli obiettivi Effort Sharing e LULUCF per il periodo 2021-2030 58

4.2 Effort Sharing 58

4.3 LULUCF 59

5 Gli scenari emissivi **60**

5.1 Principali assunzioni 62

5.2 Scenario di riferimento (WM) 69

5.2.1 Energia (esclusi i trasporti) 73

5.2.1.1 Industrie energetiche 73

5.2.1.2 Industrie manifatturiere e costruzioni 77
5.2.1.3 Residenziale ed altri settori 77
5.2.2 Trasporti 78
5.2.3 Processi industriali 80
5.2.4 Agricoltura 81
5.2.5 LULUCF 82
5.2.6 Rifiuti 83
5.3 Lo scenario con politiche aggiuntive (WAM) 84
5.3.1 Energia 85
5.3.1.1 Industrie energetiche 85
5.3.1.2 Residenziale ed altri settori 87
5.3.2 Trasporti 88
5.3.3 Agricoltura 90
5.4 La situazione emissiva dei settori Effort Sharing e LULUCF per il periodo 2021-2030 91
5.4.1 Effort Sharing 91
5.4.2 LULUCF 94
Riferimenti bibliografici **95**

Prefazione

Il presente report si inserisce nel quadro delle attività di analisi delle emissioni climalteranti in Italia effettuate da ISPRA con l'obiettivo di fornire un supporto solido e aggiornato alle politiche ambientali nazionali ed europee. In un contesto globale caratterizzato da crescente urgenza, la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra rappresenta una priorità strategica, sancita da impegni internazionali e tradotta in obiettivi concreti: tra questi, la diminuzione delle emissioni di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990 e il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050.

L'analisi dei dati evidenzia come, nonostante i progressi compiuti in diversi settori, permangano criticità legate alla transizione energetica, alla decarbonizzazione dei trasporti e all'efficienza dei sistemi produttivi. Il monitoraggio costante delle emissioni consente di individuare tali dinamiche, valutare l'efficacia delle misure adottate e orientare interventi futuri in modo più mirato. Anche in considerazione del nuovo ambizioso obiettivo introdotto dalla normativa europea sul clima che prevede un nuovo obiettivo intermedio e vincolante per il 2040, pari a una riduzione del 90% delle emissioni nette di gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990.

Gli effetti del cambiamento climatico sono ormai evidenti anche sul territorio nazionale: aumento delle temperature medie, maggiore frequenza e intensità di eventi meteorologici estremi, periodi prolungati di siccità alternati a precipitazioni intense. Tali effetti hanno ricadute sia sulla perdita di biodiversità con impatti significativi sugli ecosistemi che sulle attività economiche e rappresentano una sfida non solo ambientale, ma anche sociale ed economica, richiedendo un approccio integrato e coordinato.

In questo scenario, il ruolo dell'ISPRA è fondamentale per garantire trasparenza, affidabilità e accessibilità dei dati e delle informazioni, contribuendo a rafforzare la consapevolezza pubblica e il processo decisionale. Il presente report intende dunque offrire un quadro chiaro e rigoroso dello stato delle emissioni, ponendosi come strumento di riferimento per istituzioni, comunità scientifica e cittadini impegnati nella transizione verso un futuro sostenibile.

Valeria Frittelloni
Dipartimento per la valutazione, i controlli e la sostenibilità ambientale - ISPRA

1 Introduzione

Le politiche su clima ed energia hanno attraversato una fase di profonda revisione a seguito della sottoscrizione dell'Accordo di Parigi, il cui obiettivo è il contenimento dell'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2°C e cercando di limitarne l'aumento a 1.5°C rispetto ai livelli preindustriali. Nell'ambito dell'Accordo di Parigi, l'Unione Europea si è data come obiettivo, da raggiungere entro il 2030, la riduzione delle emissioni nette di gas serra di almeno il 55% rispetto all'anno 1990. Tale obiettivo è ripartito su tre pilastri normativi: la Direttiva Emission Trading System (ETS), il Regolamento (UE) 857/2023 Effort Sharing[1] e Regolamento (UE) 839/2023 LULUCF[2]. Il quadro generale è completato dal Regolamento (UE) 2018/1999 sulla Governance dell'energia e sull'azione per il clima, nel cui contesto è stato aggiornato il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC). Tale Piano ha la finalità di identificare le politiche e misure nazionali in materia di riduzione delle emissioni, incremento dell'efficienza energetica, ricerca e innovazione, sicurezza energetica e sviluppo del mercato interno dell'energia.

In questo contesto così complesso risulta fondamentale monitorare l'andamento delle emissioni dei gas-serra nonché aggiornare gli scenari emissivi. In Italia, è l'ISPRA a svolgere questa funzione, essendo responsabile della predisposizione e comunicazione dell'inventario nazionale delle emissioni di gas serra, delle proiezioni delle emissioni e della quantificazione dell'effetto delle politiche in termini di variazioni delle emissioni di gas serra nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), dell'Accordo di Parigi, e della Governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima dell'Unione Europea. ISPRA è responsabile, inoltre, del reporting delle emissioni nell'ambito della Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero a Lungo Raggio (CLRTAP/UNECE) e delle direttive europee sulla limitazione delle emissioni.

Il rapporto delinea il quadro emissivo italiano a partire dal 1990 fino al 2024 evidenziando le tendenze in atto e identificando i fattori chiave che influenzano l'andamento delle emissioni.

È inoltre presente l'analisi degli scenari emissivi con orizzonte 2030 e 2055, sia considerando lo scenario di riferimento (a politiche correnti) che lo scenario a politiche aggiuntive. Per quanto riguarda il regolamento Effort Sharing, lo scenario di riferimento con le politiche adottate a tutto il 2022 mostra che l'Italia non è in grado di raggiungere la riduzione delle emissioni richiesta (-43.7% al 2030 rispetto ai livelli del 2005). Per tale ragione è stato elaborato anche uno scenario che include le ulteriori politiche di riduzione individuate nel PNIEC che, tuttavia, mostra che rimane una certa distanza tra gli obiettivi annuali di riduzione delle emissioni previste dal Regolamento Effort Sharing per il periodo 2021-2030. Per il settore LULUCF, secondo lo scenario di riferimento si dovrebbe raggiungere l'obiettivo di neutralità emissiva al 2025, previsto dal Regolamento LULUCF; gli assorbimenti del settore al 2030, sempre secondo lo scenario di riferimento risultano pari a -42.8 $MtCO_2eq$, superando l'obiettivo del 2030 pari a -35.8 $MtCO_2eq$.

[1] Emissioni prodotte da agricoltura, rifiuti, civile, trasporti e impianti industriali non inclusi nella Direttiva ETS
[2] Land Use, Land Use Change and Forestry (uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura)

2 Il contesto normativo internazionale ed europeo

L'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), istituito nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite, l'Organizzazione Meteorologica mondiale (WMO) ed il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) allo scopo di studiare il riscaldamento globale, nel suo primo report, nel 1990, evidenziò il rischio di un riscaldamento globale con effetti sul clima a causa dell'aumento delle emissioni antropogeniche di gas serra, causato principalmente dall'uso di combustibile fossile. Da questo presupposto discende la necessità di ridurre le emissioni antropogeniche di gas serra, soprattutto per i paesi più industrializzati. Alla fine del 1990, l'Unione Europea adottò l'obiettivo di stabilizzare le emissioni di anidride carbonica entro il 2000 al livello registrato nel 1990, richiedendo agli Stati Membri di pianificare e implementare iniziative per la protezione dell'ambiente e per l'efficienza energetica. Gli obiettivi prefissati dall'UE sono stati alla base delle negoziazioni della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (*United Nations Framework Convention on Climate Change* **-** UNFCCC).

La Convenzione quadro sui cambiamenti climatici è un accordo ambientale internazionale prodotto dalla Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED, *United Nations Conference on Environment and Development*), informalmente conosciuta come Summit della Terra, tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992. L'accordo fu aperto alle ratifiche il 9 maggio 1992 ed entrò in vigore il 21 marzo 1994.

L'accordo ha come obiettivo la stabilizzazione delle concentrazioni atmosferiche dei gas serra, ad un livello tale da prevenire interferenze antropogeniche pericolose con il sistema climatico terrestre. L'accordo non pone limiti obbligatori per le emissioni di gas serra alle nazioni individuali; si tratta quindi di un accordo legalmente non vincolante. Invece, esso includeva previsioni di aggiornamenti (denominati protocolli) che avrebbero posto obiettivi di riduzione delle emissioni.

L'accordo si basa sull'acquisita consapevolezza dei cambiamenti climatici e dell'influenza delle attività antropiche su tali cambiamenti e sul riscaldamento globale in atto. Tra i principi cardine della convenzione (elencati nell'articolo 3), ci sono:

- la protezione del sistema climatico e, quindi, la lotta ai cambiamenti climatici ed ai loro effetti avversi;
- la consapevolezza dei particolari bisogni e condizioni dei paesi in via di sviluppo, particolarmente vulnerabili nei confronti dei cambiamenti climatici;
- il fatto che la mancanza di una piena certezza scientifica non è una ragione per posporre misure di prevenzione e mitigazione.

Nell'articolo 4 sono invece elencati gli obblighi derivanti dall'adesione alla convenzione quadro sui cambiamenti climatici per i diversi paesi, come l'implementazione di misure di mitigazione e misure che possano facilitare l'adattamento ai cambiamenti climatici, attraverso l'adozione di politiche nazionali, e l'obbligo di gestione sostenibile dei *sink* e dei *reservoir* (intesi come biomassa, foreste, oceani e, in generale, ecosistemi marini, terrestri e costieri).

Fondamentale, ai fini dell'accordo e della comunicazione sull'implementazione della convenzione, quanto prescritto nell'art. 12. In particolare i paesi Annex I (paesi industrializzati), devono trasmettere regolari report in cui sono elencate le politiche e misure adottate per la riduzione delle emissioni di gas serra; devono altresì comunicare, annualmente, l'inventario nazionale delle emissioni e degli assorbimenti di gas serra non controllati dal protocollo di Montreal, con le stime ottenute con metodologie comparabili. La Convenzione quadro sui cambiamenti climatici è stata ratificata in Italia nel 1994, con la legge n. 65 del 15/01/1994. L'ISPRA è responsabile della redazione dell'inventario nazionale delle emissioni di gas serra, attraverso la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati. Le metodologie utilizzate per la stima delle emissioni e degli assorbimenti sono state quelle redatte dall'IPCC ed ufficialmente approvate dall'UNFCCC, coerentemente con quanto richiesto dalla convenzione e dalle successive decisioni delle conferenze delle parti (COP).

Il Protocollo di Kyoto, sottoscritto nel 1997 da più di 160 paesi in occasione della COP3 dell'UNFCCC, è entrato in vigore il 16 febbraio 2005. A differenza della Convenzione quadro sui cambiamenti climatici

che può essere definita come un accordo legalmente non vincolante, il relativo Protocollo di Kyoto fissa obiettivi di riduzione delle emissioni per i paesi elencati nell'Annex B (paesi industrializzati e paesi con economie in transizione). Per tutti i paesi membri dell'Unione Europea, il Protocollo di Kyoto stabilisce una riduzione dell'8% delle emissioni di gas serra rispetto il 1990 entro il 2012 (termine del primo periodo d'impegno). Il Protocollo di Kyoto è stato adottato (dicembre 1997), stabilendo degli obiettivi di riduzione delle emissioni per i paesi Annex B. In Italia il Protocollo di Kyoto è stato ratificato con la legge 120 del 2002, in cui veniva prescritta la preparazione di un Piano di Azione Nazionale per la riduzione delle emissioni. L'8 dicembre 2012 è stato adottato l'Emendamento di Doha al Protocollo di Kyoto, nel quale sono stati fissati gli obiettivi di riduzione dei paesi elencati nell'Annex B del Protocollo di Kyoto da perseguire nel secondo periodo d'impegno (2013-2020); è inoltre richiesto agli stessi paesi, di includere nel reporting anche il trifluoruro di azoto (NF_3). L'Unione Europea ed i suoi Stati Membri (insieme all'Islanda) hanno stabilito di ridurre le proprie emissioni collettive del 20% al 2020, rispetto ai valori del 1990.

Nel dicembre 2015, in occasione della Conferenza sui cambiamenti climatici tenutasi a Parigi (COP21), e sulla base del Mandato di Durban (dicembre 2011), le Parti della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici hanno adottato l'Accordo di Parigi, finalizzato a regolare ulteriormente le emissioni di gas ad effetto serra individuate quali maggiori responsabili dell'aumento della temperatura del pianeta. L'Accordo definisce come obiettivo di lungo termine il contenimento dell'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2°C e il perseguimento degli sforzi per limitare l'aumento a 1.5°C, rispetto ai livelli preindustriali. L'Italia ha firmato l'accordo il 22 aprile 2016 e lo ha ratificato l'11 novembre 2016. Alla data di stesura del presente documento, 195 delle 198 Parti della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico hanno ratificato l'Accordo. L'Accordo di Parigi, entrato in vigore il 4 Novembre 2016, si applica dal 2021.

L'Accordo prevede, accanto alle misure di mitigazione, ovvero di riduzione delle emissioni, anche la messa in atto di misure per l'adattamento al cambiamento climatico, finalizzate ad accrescere la capacità dei Paesi di adattarsi agli effetti avversi dei cambiamenti climatici. I flussi finanziari a supporto di tali azioni dovranno essere orientati in modo da essere coerenti con un percorso di sviluppo sostenibile a basse emissioni e resiliente ai mutamenti del clima. I Paesi firmatari dovranno puntare a raggiungere il picco globale delle emissioni quanto prima e ad effettuare rapide riduzioni al fine di raggiungere l'equilibrio globale tra emissioni e assorbimenti nella seconda parte del secolo. Al momento dell'adesione all'Accordo, ogni Paese predispone e comunica il proprio "Contributo determinato a livello nazionale" (NDC – *Nationally Determined Contribution*) con l'obbligo di perseguire misure per la sua attuazione. Ogni successivo contributo nazionale dovrà costituire un avanzamento in termini di ambizione rispetto al contributo precedentemente presentato, intraprendendo, così, un percorso di ambizione crescente che dovrebbe condurre le Parti al raggiungimento dell'obiettivo collettivo.

Rispetto al Protocollo di Kyoto e al suo emendamento (Emendamento di Doha), che prevedevano impegni di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra[3] da parte dei Paesi industrializzati, rispettivamente, nei periodi 2008-2012 e 2013-2020, l'Accordo di Parigi rappresenta un cambio di paradigma nell'approccio alla lotta ai cambiamenti climatici. L'approccio '*bottom up*' basato su Contributi Determinati a livello Nazionale ad ambizione crescente nel tempo prevede un impegno di tutte le Parti dell'accordo verso il raggiungimento degli obiettivi comuni, abbandonando la distinzione tra Paesi industrializzati e non.

Sulla base di quanto previsto nella Decisione 1/CP.21, il 2018 ha rappresentato un anno di particolare rilevanza nel percorso verso l'attuazione dell'Accordo. A ottobre 2018 è stato, infatti, pubblicato il "Rapporto speciale sull'impatto del riscaldamento globale di 1.5°C rispetto ai livelli preindustriali", dell'IPCC, che dimostra, sulla base di evidenze scientifiche, che il riscaldamento globale ha già raggiunto 1°C di aumento rispetto ai livelli preindustriali e sta aumentando approssimativamente di 0.2°C per

[3] Anidride carbonica, protossido di azoto, metano, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo

decade. Senza ulteriori azioni a livello globale, la temperatura media del pianeta aumenterà fino a raggiungere i 2°C subito dopo il 2060 e continuerà a crescere anche in seguito. Tale andamento potrebbe rendere gli impatti dei cambiamenti climatici irreversibili.

Nello stesso anno, alla COP24, è stato approvato dalla prima sessione della Conferenza delle Parti dell'Accordo (CMA1), il *Katowice Climate Package*, ovvero l'insieme delle regole di attuazione necessarie al funzionamento dell'Accordo. Il 'pacchetto' contiene linee guida operative sui seguenti elementi:

- le informazioni comuni di accompagnamento dei Contributi Determinati a livello Nazionale (NDCs) relativamente agli obiettivi di mitigazione;
- le modalità di comunicazione delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici;
- le regole di funzionamento del Quadro di Trasparenza Rafforzato (*Enhanced Transparency Framework*), ovvero l'insieme delle regole per il monitoraggio e la rendicontazione delle azioni di mitigazione, adattamento e sul supporto finanziario;
- l'istituzione di un Comitato per facilitare l'attuazione e promuove il rispetto degli impegni derivanti dalla ratifica dell'Accordo;
- la definizione delle regole per lo svolgimento del cosiddetto '*Global Stocktake*' finalizzato alla valutazione dei progressi collettivi rispetto al raggiungimento degli obiettivi dell'Accordo*;*
- la definizione della base di valutazione dei progressi sullo sviluppo e trasferimento tecnologico;
- la definizione delle regole per la comunicazione delle informazioni sul supporto finanziario previsto verso i Paesi in via di sviluppo e il processo per la definizione di nuovi obiettivi di finanziamento a partire dal 2025.

È stato inoltre adottato un regolamento attuativo (Paris Rulebook) dell'Accordo di Parigi, che include le informazioni necessarie per la revisione dei Contributi determinati a livello nazionale e per la contabilizzazione degli impegni adottati, nonché l'insieme di regole condivise per la trasparenza delle azioni e del supporto, che implementano l'articolo 13 dell'Accordo di Parigi. Con tali decisioni è stata archiviata la tradizionale differenziazione degli obblighi (la cosiddetta "biforcazione") tra paesi industrializzati ed in via di sviluppo, con l'adozione di regole comuni e la previsione di flessibilità per quei Paesi in via sviluppo che ne necessitano in base alle proprie capacità.

Nel 2021, alla COP26, è stato adottato il patto per il clima di Glasgow, con l'obiettivo di trasformare gli anni 2020 in un decennio di azione e sostegno per il clima. I principali risultati della COP26 sono relativi a:

a. mitigazione: per la prima volta viene riconosciuto che l'obiettivo delle politiche climatiche deve essere quello di mantenere la temperatura globale entro un aumento massimo di 1.5°C rispetto all'epoca preindustriale. Aver inserito un tale riferimento implica che le politiche climatiche, messe in atto dai diversi Paesi, dovranno essere aggiornate e rinforzate, visto che con quanto previsto ad oggi l'obiettivo di 1.5°C non verrà raggiunto.

b. adattamento: si è deciso di raddoppiare i fondi internazionali per supportare i paesi più vulnerabili per mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici, per la salvaguardia delle comunità e degli habitat naturali. Inoltre, è stato approvato un programma di lavoro per definire il "Global Goal on Adaptation", finalizzato a definire gli indicatori per monitorare le azioni di adattamento dei Paesi.

c. finanza per il clima: l'obiettivo di raggiungere, entro il 2020, 100 miliardi di dollari annui per supportare i Paesi vulnerabili non è stato ancora raggiunto (nel 2019, si sono sfiorati gli 80 miliardi). Nell'ambito della COP26 sono stati tuttavia molteplici gli impegni da parte di diverse istituzioni finanziarie e dei Paesi per aumentare i propri contributi e far sì che tale obiettivo sia raggiunto il prima possibile.

d. finalizzazione del "Paris Rulebook": per rendere pienamente operativo l'Accordo di Parigi, sono stati finalizzati i lavori su temi di natura tecnica, in particolare:

- *trasparenza:* sono state adottate le tabelle e i formati per il reporting ai sensi del nuovo quadro di trasparenza (ETF) dell'Accordo di Parigi, che entrerà in vigore per tutti i Paesi, sviluppati e non, entro il 2024. Tra queste le tabelle comuni (CRT) da utilizzare per la rendicontazione dei dati dell'inventario delle emissioni e degli assorbimenti dei gas serra, i formati tabulari comuni (CTF) per il monitoraggio dei progressi nell'attuazione e nel raggiungimento degli NDC e gli indici di importanti rapporti di trasparenza che i Paesi dovranno redigere e trasmettere periodicamente all'UNFCCC.
- *meccanismi - Articolo 6:* è stato raggiunto l'accordo sui meccanismi di mercato, relativo all'articolo 6 dell'Accordo di Parigi, che riconosce la possibilità per i Paesi di utilizzare il mercato del carbonio internazionale per l'attuazione degli impegni determinati a livello nazionale per la riduzione delle emissioni. Questo include l'adozione di linee guida per i cosiddetti "approcci cooperativi" che prevedano lo scambio di quote (Articolo 6.2 dell'Accordo di Parigi), incluse le informazioni da includere nell'ambito del nuovo quadro di trasparenza; regole, modalità e procedure per i "meccanismi di mercato" (Articolo 6.4); un programma di lavoro all'interno del quadro degli approcci "non di mercato" (Articolo 6.8).

Nel 2023, in occasione della COP28, si è concluso il primo Global Stocktake (bilancio globale, GST), uno degli elementi chiave dell'Accordo di Parigi, ovvero il meccanismo di valutazione quinquennale dei progressi collettivi verso il raggiungimento degli obiettivi dell'Accordo. Il GST prende in esame la mitigazione, l'adattamento e i mezzi di attuazione e sostegno finanziario, "alla luce dell'equità e della migliore scienza disponibile". Il primo GST ha preso in considerazione:

- lo stato delle emissioni e degli assorbimenti di gas serra sulla base degli inventari nazionali;
- l'effetto complessivo degli NDC e dei progressi compiuti verso la loro attuazione;
- lo stato delle azioni di adattamento;
- i flussi finanziari e le modalità di attuazione, comprese le informazioni relative al supporto finanziario (e tecnologico) fornito e ricevuto.

Il testo adottato alla COP28 sul GST evidenzia che, sebbene si registrino passi in avanti rispetto a pochi anni fa, le azioni di mitigazione climatica rimangono insufficienti per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi, di contenere il riscaldamento globale entro +2°C o meglio +1.5°C alla fine del secolo. Nel testo vengono identificate possibili traiettorie verso questa cruciale scadenza, chiedendo ai Paesi di:

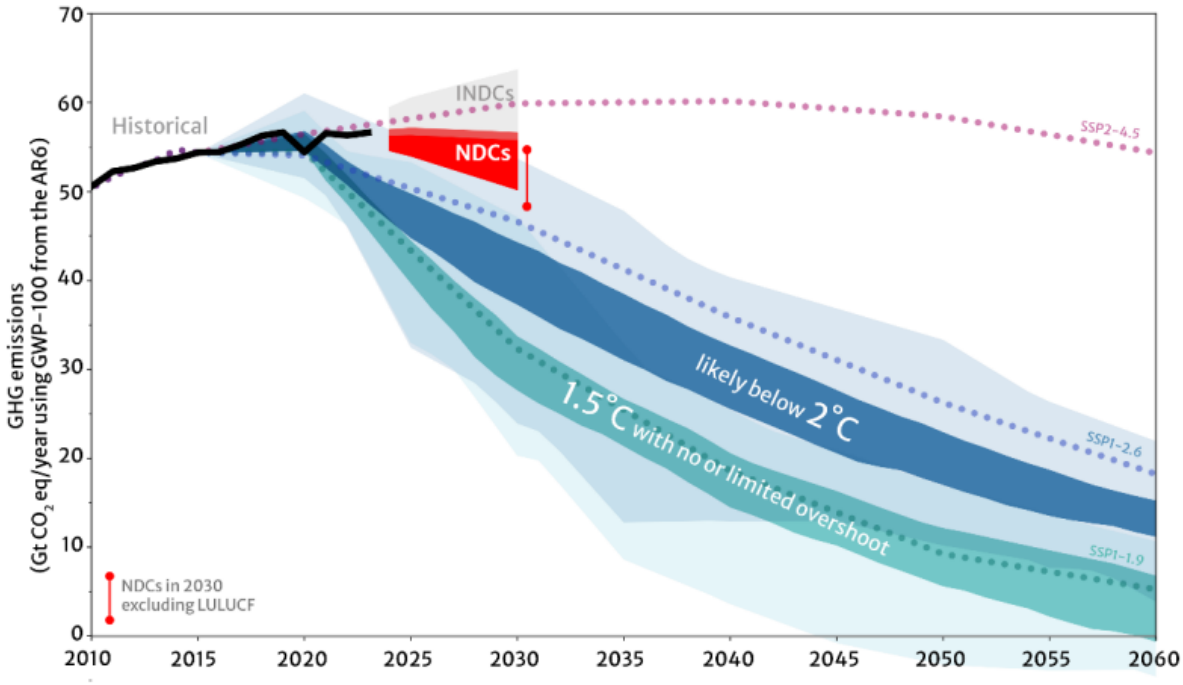
- triplicare la capacità di produzione di energia da fonti rinnovabili e raddoppiare l'efficienza energetica entro il 2030.
- Accelerare l'eliminazione del carbone non abbattuto (*unabated*).
- Accelerare gli sforzi a livello globale verso sistemi energetici a zero emissioni nette, utilizzando combustibili a zero o a basso contenuto di carbonio ben prima della metà del secolo o intorno ad essa.
- Abbandonare (*transitioning away*) i combustibili fossili nei sistemi energetici, in modo giusto, ordinato ed equo, accelerando l'azione in questo decennio critico, in modo da raggiungere zero emissione nette entro il 2050, in linea con quanto evidenziato dal mondo scientifico.
- Accelerare le tecnologie a zero e basse emissioni, tra cui le rinnovabili, il nucleare, le tecnologie di abbattimento e rimozione di gas serra come la cattura e l'utilizzo del carbonio e lo stoccaggio, in particolare nei settori difficili da abbattere, e l'idrogeno a basse emissioni di carbonio.
- Accelerare e ridurre in modo sostanziale le emissioni da altri gas serra (oltre la CO_2), in particolare le emissioni di metano entro il 2030.
- Si fa riferimento ad accelerare la riduzione delle emissioni prodotte dal trasporto su strada, anche attraverso lo sviluppo di infrastrutture e la rapida diffusione di veicoli a zero e basse emissioni.
- Eliminare i sussidi inefficienti ai combustibili fossili che non affrontano povertà energetica o semplici transizioni.

La decisione finale del Global Stocktake richiama quindi tutti i Paesi a presentare i loro nuovi piani nazionali sotto l'Accordo di Parigi, con nuovi e più ambizioni impegni di mitigazione delle emissioni. La scadenza per la presentazione dei nuovi impegni (NDC) che riguarderanno il periodo 2030-2040 è fissata al 2025.

La COP30 ha rappresentato un passaggio politico importante, pur senza compiere quei progressi che la scienza e l'urgenza climatica rendono ormai imprescindibili. Si è trattato di una COP orientata all'implementazione, successiva alla definizione completa delle regole dell'Accordo di Parigi e alla conclusione del primo Global Stocktake. Il contesto internazionale ha influito fortemente sull'esito dei negoziati: la prosecuzione delle crisi geopolitiche, la mancanza di una guida chiara da parte del G7 e del G20 e l'assenza degli Stati Uniti dall'Accordo hanno reso più complesso raggiungere soluzioni ambiziose.

Nel corso dei lavori è emersa con chiarezza la necessità di colmare il divario tra impegni e attuazione. Il rapporto di sintesi, redatto annualmente dal segretariato UNFCCC per valutare l'effetto complessivo degli NDC, ha ricordato che gli impegni attuali non sono sufficienti e che occorre rafforzare l'ambizione per mantenere aperto l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale a 1,5 °C. Il rapporto evidenzia come gli NDC trasmessi fino a settembre 2025 hanno portato ad un rilancio degli obiettivi di riduzione delle emissioni. Tenuto conto dell'attuazione dei nuovi NDC presentati, le emissioni globali di gas serra nel 2035 risulteranno inferiori di circa il 6% rispetto a quanto previsto sulla base dei precedenti NDC. Il livello di emissioni di gas serra entro il 2030 (figura 2.1), stimato sulla base degli NDC trasmessi al 2024, è di 51.5 Gt CO_2eq, senza tener conto degli usi del suolo e delle foreste (settore Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) (barra verticale rossa). È chiaro che gli impegni attuali non sono sufficienti a raggiungere le riduzioni necessarie per limitare l'aumento della temperatura a 1,5°C o 2°C, come delineato negli scenari IPCC del Sesto Rapporto di Valutazione (tabella SPM.1 del Synthesis Report).

Figura 2.1- Confronto fra gli scenari valutati nel Sesto rapporto di valutazione del Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC) con le emissioni globali totali previste in base ai contributi determinati a livello nazionale (fonte: UNFCCC, 2024 figura 8)



2.1 Il Protocollo di Kyoto

2.1.1 Il primo periodo d'impegno 2008-2012

Il Protocollo di Kyoto è entrato in vigore il 16 febbraio 2005 e rappresenta il primo strumento operativo legalmente vincolante per le Parti, tra queste l'Unione Europea (UE) e l'Italia. In Italia il Protocollo di Kyoto è stato ratificato con la legge 120 del 2002, in cui veniva prescritta la preparazione di un Piano di Azione Nazionale per la riduzione delle emissioni. L'Unione Europea nel suo complesso si è impegnata a ridurre le proprie emissioni di gas serra dell'8% rispetto ai livelli del 1990; con la decisione del Consiglio 2002/358/EC l'obiettivo, assunto collettivamente, è stato ripartito in maniera differenziata tra gli Stati Membri, sulla base della conoscenza della struttura industriale, del mix energetico utilizzato e sulle aspettative di crescita economica di ogni paese. A seguito di tale ripartizione, l'Italia si è vista assegnare, per il primo periodo d'impegno del Protocollo di Kyoto (2008-2012) un obbligo di riduzione di emissioni di gas serra pari al 6.5% rispetto le emissioni del 1990. L'Italia ha rispettato tali impegni di riduzione, come mostrato in tabella 2.1.

Tabella 2.1 - Sintesi delle informazioni per l'Italia nel primo periodo del Protocollo di Kyoto 2008-2012

Anno base definito per il Protocollo di Kyoto (per CO_2, CH_4, N_2O, F-gases)	1990
Emissioni di gas serra per l'anno base (t CO_2 eq.)	536,850,887
Impegno di riduzione nel periodo 2008-2012 (% dell'anno base)	93.5
Quantità assegnata (art. 3.7 del Protocollo di Kyoto) (t CO_2 eq.)	2,416,277,898
Emissioni di gas serra per il periodo 2008-2012 (t CO2 eq.)	2,479,638,840
Unità del Protocollo di Kyoto ritirate nel periodo 2008-2012, colmando la distanza rispetto la quantità assegnata con i meccanismi flessibili	2,479,638,840
Quantità di AAUs, CERs e ERUs disponibili per essere portati nel secondo periodo del Protocollo di Kyoto al 19 novembre 2015	795,601 AAUs 2,138,152 CERs 1,108,946 ERUs

AAU: assigned amount unit, ammontare assegnato ai diversi Paesi Annex 1
CER: certified emission reduction, riduzioni ottenute da progetti CDM con Paesi in via di sviluppo
ERU: emission reduction unit, riduzioni ottenute da progetti JI con Paesi Annex 1

2.1.2 Il secondo periodo d'impegno 2013-2020

Nel 2012, è stato raggiunto un accordo tra le Parti circa la prosecuzione del protocollo di Kyoto attraverso l'emendamento di Doha, che fissa impegni di riduzione dei Paesi industrializzati per il periodo 2013-2020. L'Italia ha depositato il proprio strumento di ratifica il 18 luglio 2016. L'Emendamento di Doha è entrato in vigore il 31 dicembre 2020, con 147 Paesi che lo hanno ratificato. Gli Stati Membri dell'Unione Europea hanno informato[4] il segretariato UNFCCC di voler adempiere ai propri impegni relativi al secondo periodo d'impegno del Protocollo di Kyoto congiuntamente.

Il Consiglio Europeo nella primavera del 2007 aveva sancito la necessità che l'Unione avviasse una transizione verso un'economia a basso contenuto di carbonio attraverso un approccio integrato tra le politiche attuate per la riduzione dei gas a effetto serra e le politiche energetiche. Il Consiglio si è, pertanto, impegnato a raggiungere, entro il 2020, i seguenti obiettivi:

- riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra del 20% rispetto ai livelli del 1990;
- riduzione dei consumi energetici del 20% rispetto allo scenario *business as usual*;
- produzione di energia da fonti rinnovabili pari al 20% dei consumi energetici dell'Unione europea;
- uso dei biocombustibili per il 10% della quantità di combustibile utilizzato nel settore dei trasporti.

A seguito delle conclusioni del Consiglio, è stato approvato il cosiddetto "*Pacchetto clima-energia 2020*", ossia un insieme di provvedimenti legislativi finalizzati a dare attuazione agli impegni assunti. I

[4] Dichiarazione Europea Agreement Notification_EU Joint fulfilment_E_.pdf (unfccc.int)

provvedimenti più rilevanti in materia di gas serra sono la direttiva 2003/87/CE, direttiva Emissions Trading, modificata mediante la direttiva 2009/29/UE e la decisione 406/2009/UE Effort Sharing. Il settore uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura (LULUCF) non contribuisce all'obiettivo di riduzione del 20% rispetto al 1990 previsto dal Pacchetto Clima-Energia per il 2020.

Nell'ambito del Protocollo di Kyoto, la variazione degli stock di carbonio e delle emissioni di gas serra da fonte e assorbimenti di CO_2 derivanti dal cambiamento diretto dell'uso del suolo indotto dall'uomo e dalle attività forestali possono essere utilizzati per rispettare gli impegni dei Paesi inclusi nell'Annex B del Protocollo di Kyoto. In particolare, l'articolo 3.3 del Protocollo stabilisce che le emissioni e gli assorbimenti di CO_2 ed altri gas serra risultanti dalla costituzione di nuove foreste (afforestazione, riforestazione) e dalla conversione delle foreste in altre forme d'uso delle terre (deforestazione), effettuati dopo il 1990, devono essere contabilizzati nei bilanci nazionali delle emissioni e degli assorbimenti di gas serra. L'articolo 3.4 permette invece la contabilizzazione di emissioni ed assorbimenti di gas serra relative alla gestione forestale (*forest management*), ed alle cosiddette attività addizionali, come la gestione delle terre agricole (*cropland management*), la gestione dei prati e dei pascoli (*grazing land management*) e la rivegetazione, purché deliberate ed avvenute dopo il 1990. Definizioni di tali attività e metodi di conteggio degli assorbimenti e delle emissioni ad esse connesse sono dettagliate nella decisione UNFCCC 16/CMP.1. Per il secondo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto, 2013-2020, l'Italia ha eletto *cropland management* (CM) e *grazing land management* (GM), come attività addizionali dell'articolo 3.4. L'Italia, così come gli altri Stati Membri dell'Unione Europea, applica quanto previsto dall'articolo 3.3 e 3.4 del protocollo di Kyoto individualmente.

La conclusione del secondo periodo di impegno (2013-2020) è stata seguita da un processo di verifica della conformità degli Stati rispetto agli obiettivi di riduzione ad opera di un gruppo di esperti UNFCCC. A valle della conclusione di tale verifica, e della pubblicazione del rapporto UNFCCC di revisione, è iniziato il cosiddetto "periodo di allineamento" *(true up period),* della durata di cento giorni, durante il quale, le Parti potranno continuare a svolgere tutte le transazioni necessarie ai fini di conformità (ad esempio, trasferimenti ed acquisto dei crediti di emissione). Una volta terminato il periodo di allineamento, l'Italia, come tutte le Parti incluse nell'Allegato B del Protocollo di Kyoto, ha redatto e trasmesso il Report finale, definito "*True up period Report*", che è stato valutato al fine di accertare la congruenza fra obiettivi di riduzione ed emissioni rilasciate.

Tabella 2.2 - Sintesi delle informazioni per l'Italia nel secondo periodo del Protocollo di Kyoto 2013-2020

Informazioni relative al true-up period	
Emissioni di gas serra per il periodo 2013-2020 (t CO_2 eq.) [a]	3,423,515,361
Unità del Protocollo di Kyoto ritirate nel periodo 2013-2020 [b]	2,160,408,200
Unità del Protocollo di Kyoto rimanenti nel periodo 2013-2020 [b]	458,540,782
Unità del Protocollo di Kyoto cancellate nel periodo 2013-2020 [b]	16,725,581

a) Rapporto UNFCCC di revisione dell'inventario italiano di gas serra 2022
b) *International Transaction Log (ITL)*

2.2 Il quadro clima-energia 2030

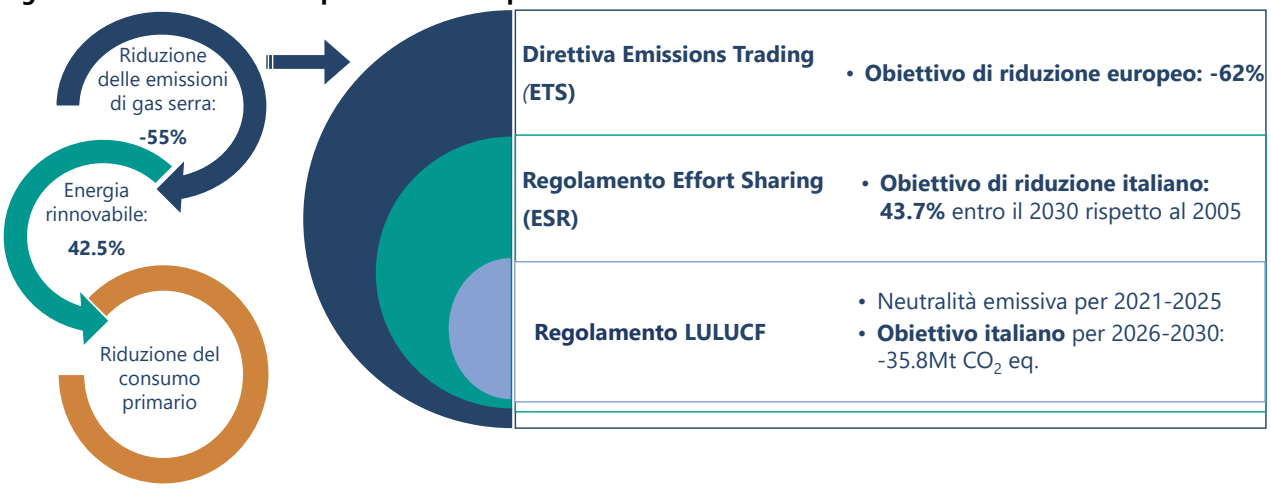
Il primo obiettivo di riduzione dell'Unione Europea successivo al 2020, inviato all'UNFCCC come contributo dell'Unione (NDC)[5] nell'ambito dell'Accordo di Parigi, prevedeva inizialmente la riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 40% rispetto all'anno 1990 a livello europeo, senza il ricorso a meccanismi di mercato internazionali. Al tal fine, l'UE ha adottato il cosiddetto "Pacchetto clima-energia 2030", volto a ottenere non solo la riduzione di almeno il 40% delle emissioni, ma anche il raggiungimento, entro il 2030, di una quota di energie rinnovabili pari ad almeno il 32% dei consumi complessivi, nonché la riduzione dei consumi di energia primaria del 32,5% rispetto all'andamento tendenziale delineato nello scenario PRIMES 2007[6], da conseguire attraverso l'aumento dell'efficienza energetica.

Successivamente, nell'ambito del Green Deal europeo, la Commissione Europea ha proposto, nel 2020, di elevare l'obiettivo di riduzione delle emissioni al 2030 ad almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990, includendo anche gli assorbimenti del settore LULUCF, nell'ottica di raggiungere la neutralità emissiva entro il 2050 come stabilito nella Long Term Strategy della Commissione Europea (2018a, 2018b). Il nuovo obiettivo al 2030 è stato riportato anche nell'aggiornamento dell'NDC inviato dall'UE all'UNFCCC nel dicembre 2020. L'Unione Europea, al fine di conseguire il nuovo NDC, ha adottato nel 2023 il pacchetto di proposte legislative noto come Fit for 55, che ha revisionato profondamente l'insieme di direttive e regolamenti che a tutt'oggi stabiliscono gli obiettivi di riduzione delle emissioni, efficienza energetica e rinnovabili per gli Stati Membri, come illustrato nella figura 2.2.

Per quanto riguarda il target di riduzione delle emissioni una parte dell'obiettivo è in capo ai settori soggetti all'Emission Trading System (ETS), per i quali è richiesta a livello europeo una riduzione del 62% rispetto ai livelli del 2005.

Per la quota rimanente, non soggetta ad ETS, con l'approvazione del pacchetto Fit for 55, sono stati definiti nuovi obiettivi nazionali con il Regolamento (UE) 857/2023 (noto come Effort Sharing): all'Italia è richiesta una riduzione complessiva del 43.7% delle emissioni rispetto ai livelli del 2005. In tale quadro sono stati inoltre revisionati gli impegni per il settore Land use, Land-Use Change, and Forestry (LULUCF), definiti con Regolamento (UE) 839/2023 LULUCF: il target al 2030 è un assorbimento pari ad almeno -35.8Mt CO_2 eq.

Figura 2.2- Gli obiettivi europei e italiani del pacchetto Fit for 55



L'obiettivo 2030 sulle rinnovabili è individuato nella Direttiva (UE) 2018/2001 che prevedeva che la quota di energia da fonti rinnovabili del consumo finale lordo di energia dell'Unione nel 2030 fosse almeno pari

[5] http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Latvia/1/LV-03-06-EU%20INDC.pdf
[6] lo scenario energetico adottato dalla Commissione europea come riferimento per la valutazione delle politiche di efficienza

al 32%; l'obiettivo sull'efficienza energetica individuato pari al 32.5% nella Direttiva (UE) 2018/2002, è stato revisionato con l'adozione della Direttiva (UE) 2023/1791, che prevede che gli Stati Membri aumentino, gradualmente, il proprio risparmio energetico, per arrivare ad obiettivi specifici per il consumo primario (-40.6% di riduzione, obiettivo indicativo a livello EU) e per il consumo finale (-38% di riduzione, obiettivo obbligatorio a livello EU).

Per conciliare i temi della riduzione delle emissioni climalteranti con quelli della sicurezza energetica e dello sviluppo del mercato interno dell'energia, l'UE ha adottato il Regolamento (UE) 2018/1999 (di seguito Regolamento Governance) che istituisce un sistema di Governance dell'Unione dell'Energia e dell'azione per il clima e mira a pianificare e tracciare le politiche e misure messe in atto dagli Stati Membri. Il principale obiettivo del Regolamento Governance (Art. 1) consiste nell'"attuare strategie e misure volte a conseguire gli obiettivi e traguardi dell'Unione dell'energia e gli obiettivi a lungo termine dell'Unione relativi alle emissioni dei gas a effetto serra conformemente all'accordo di Parigi, e in particolare, per il primo decennio compreso tra il 2021 e il 2030, i traguardi dell'Unione per il 2030 in materia di energia e di clima".
Fa parte, inoltre, del Fit for 55 il meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere (CBAM - Regolamento (UE) 2023/956) che ha l'obiettivo di ridurre il rischio di rilocalizzazione delle emissioni di carbonio, attraverso la definizione di un prezzo equo per il carbonio emesso durante la produzione di beni[7] ad alta intensità di carbonio importati nell'UE, e di conseguenza incoraggiare la produzione di tali merci con una minore impronta carbonica nei paesi terzi.
Ai sensi dell'art. 3 del Regolamento (UE) 2018/1999 l'Italia ha definito il primo Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) nel dicembre 2019 (MISE, 2020), con il quale erano stabiliti gli obiettivi nazionali al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di gas serra. Il PNIEC è stato aggiornato, finalizzato e inviato alla Commissione Europea nel giugno 2024, includendo politiche di mitigazione aggiuntive per raggiungere gli ambiziosi obiettivi nazionali declinati nell'ambito del pacchetto Fit for 55. Nello stesso ambito si collocano anche le Strategie nazionali di decarbonizzazione al 2050 che gli Stati Membri devono adottare ai sensi dell'articolo 15 del Regolamento Governance. L'Italia ha adottato la prima Strategia nazionale di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra (LTS) nel gennaio 2021, individuando i possibili percorsi che potrebbero consentire di raggiungere entro il 2050 una condizione di neutralità emissiva, ossia l'equilibrio tra le emissioni di gas serra e gli assorbimenti di CO_2, con l'eventuale ricorso a sistemi di cattura e stoccaggio geologico o riutilizzo della stessa.
Per fronteggiare le sfide dei cambiamenti climatici, l'Italia ha definito, nel 2015, la propria Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici (SNAC), cui è seguito il lungo iter che ha portato all'approvazione del Piano Nazionale Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), nel dicembre 2023. L'obiettivo principale del PNACC è fornire uno strumento di indirizzo per la pianificazione e l'attuazione delle azioni finalizzate a ridurre al minimo possibile i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, a migliorare la capacità di adattamento dei sistemi socioeconomici e naturali, in relazione alle criticità riscontrate, e per l'integrazione dei criteri di adattamento nelle procedure e negli strumenti di pianificazione esistenti. Inoltre, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), in collaborazione con ISPRA, ha realizzato la Piattaforma nazionale sull'adattamento ai cambiamenti climatici, un portale finalizzato ad informare e sensibilizzare i cittadini e i portatori di interessi sulla tematica dell'adattamento ed a rendere disponibili dati e strumenti utili a supportare la Pubblica Amministrazione nei processi decisionali.

[7] Il meccanismo si applicherà alle importazioni delle merci ricadenti nei seguenti settori: cemento, acciaio, alluminio, fertilizzanti, elettricità e idrogeno, riportate nell'allegato I del regolamento di esecuzione

2.2.1 La direttiva Emissions Trading

La Direttiva 2003/87/CE ha istituito il sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra (*Emission Trading System* – ETS) a partire dal 2005 per alcuni dei settori industriali maggiormente energivori ed è stata successivamente modificata dalla Direttiva 2008/101/CE, che ha incluso nel sistema anche il settore dell'aviazione e dalla Direttiva 2009/29/UE. L'ETS interessa circa il 40% delle emissioni di gas a effetto serra dell'UE.

Sulla base di quanto previsto dalla direttiva, per ogni anno viene fissato un tetto massimo di emissioni consentite per ciascun impianto/attività (quote di emissione) e attraverso un apposito registro europeo viene garantito lo scambio delle quote tra i diversi partecipanti al sistema. Ogni quota conferisce il diritto ad emettere 1 tonnellata di CO_2 eq. Le quote vengono acquisite tramite un sistema d'asta o assegnate a titolo gratuito, sulla base della tipologia di attività e in considerazione del rischio di carbon leakage (trasferimento della produzione in Paesi al di fuori dell'UE, dove, in assenza di politiche climatiche, i costi industriali possono essere inferiori). L'assegnazione a titolo gratuito si basa su parametri di riferimento che premiano le migliori prestazioni emissive (*benchmark*) e su regole di armonizzazione condivise a livello europeo. Le emissioni prodotte devono essere compensate da ciascun operatore tramite le quote assegnate o acquisite all'asta: emissioni superiori alle quote assegnate devono essere acquistate sul mercato da quegli operatori che hanno emesso meno delle quote a loro disposizione. È importante sottolineare che il tetto massimo si riduce nel tempo di modo che le emissioni totali diminuiscano gradualmente. Il numero massimo delle quote è infatti determinato a livello europeo e decresce dell'1.74% annuo dal 2013 al 2020; il tetto massimo 2013 è stato fissato sulla base della quantità media complessiva di quote emesse annualmente nel periodo. Gli impianti inclusi nell'ETS hanno ridotto le emissioni di circa il 35% tra il 2005 e il 2019.

Le principali novità contenute nella Direttiva (UE) 2018/410 riguardano l'incremento del fattore di riduzione lineare annuo delle quote di emissione che passa da 1.74% a 2.2%, l'istituzione di una riserva per garantire la stabilità del mercato, l'introduzione di regole specifiche per evitare il carbon leakage, l'utilizzo di fondi per l'innovazione e la modernizzazione, l'aggiornamento dei *benchmark* emissivi per allinearli ai progressi tecnologici avvenuti dopo la loro definizione. La direttiva 2023/958/UE ha modificato la Direttiva 2003/87/UE per quanto riguarda il contributo del trasporto aereo all'obiettivo di riduzione delle emissioni in tutti i settori dell'economia dell'Unione. Nell'ambito delle più recenti politiche adottate a livello europeo in relazione agli obiettivi ETS al 2030, è stata adottata la direttiva 2023/959/UE che, modificando la direttiva 2003/87/UE, istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nell'Unione, e della decisione (UE) 2015/1814, relativa all'istituzione e al funzionamento di una riserva stabilizzatrice del mercato nel sistema dell'Unione per lo scambio di quote di emissione dei gas a effetto serra. Ulteriori informazioni sulla normativa e sul sistema di reporting sono disponibili nel portale ARIET.

Il sistema ETS include le emissioni di gas serra derivanti da:

- ✓ produzione di energia elettrica e di calore;
- ✓ settori industriali ad alta intensità energetica, comprese raffinerie di petrolio, acciaierie e produzione di ferro, metalli, alluminio, cemento, calce, vetro, ceramica, pasta di legno, carta, cartone, acidi e prodotti chimici organici su larga scala;
- ✓ aviazione civile
- ✓ trasporto marittimo

Con le modifiche introdotte dal pacchetto Fit for 55, anche le emissioni derivanti dal riscaldamento degli edifici, dal trasporto stradale e dai settori industriali esclusi dall'attuale meccanismo dell'ETS, saranno disciplinate, a partire dal 2027, da un apposito sistema di scambio delle quote delle emissioni, noto come ETS2. La Commissione europea spera in questo modo di fornire uno strumento utile per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni stabiliti dal Regolamento Effort Sharing, nel cui campo di applicazione ricadono i settori che saranno soggetti a ETS2. I proventi derivanti dalla vendita all'asta delle

quote di emissione nell'ETS2 finanzieranno il Fondo sociale per il clima. Tale fondo sarà lanciato nel 2026, un anno prima dell'ETS ed insieme ai contributi degli Stati Membri, mobiliterà 86,7 miliardi di euro dal 2026 al 2032. Il resto dei proventi delle aste andrà direttamente agli Stati Membri che spenderanno i soldi in progetti climatici e sociali. L'Accordo politico di revisione della normativa europea sul clima, raggiunto il 19 dicembre 2025 dall'Unione europea, stabilisce il rinvio di un anno (dal 2027 al 2028) dell'applicazione del sistema EU ETS esteso ai settori civile, trasporto su strada e piccole industrie (ETS2). Restano invariati gli obblighi di monitoraggio, comunicazione e verifica (MRV), avviati nel 2025.

2.2.2 La decisione Effort Sharing (2013-2020) ed il Regolamento Effort Sharing (2021-2030)

Per il periodo 2013-2020, la Decisione 406/2009/CE Effort Sharing ha suddiviso, tra gli Stati Membri, l'obiettivo comunitario di riduzione delle emissioni di gas serra al 2020 per quei settori che non sono regolati dalla direttiva ETS: trasporti, riscaldamento edifici, parte dell'industria non inclusa nella Direttiva ETS, agricoltura e rifiuti. Per l'Italia, la Decisione ha imposto un obiettivo di riduzione del 13% rispetto ai livelli del 2005 da raggiungere entro il 2020. Le Decisioni 2013/162/UE, 2013/634/UE e 2017/1471/UE hanno successivamente stabilito gli obiettivi annuali di riduzione per l'intero periodo 2013-2020. La Decisione 406/2009/CE ha inoltre definito alcuni strumenti di flessibilità che possono essere utilizzati qualora lo Stato Membro non riesca a rispettare il target emissivo annuale. Inoltre, gli Stati Membri, ai fini del raggiungimento dei target, hanno potuto utilizzare i crediti di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, ovvero riduzioni di emissioni certificate (*Certified Emission Reductions* — CER) e unità di riduzione delle emissioni (*Emission Reduction Units* — ERU). Non sono previsti crediti dall'attività di uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e silvicoltura.

Il Regolamento (UE) 2023/857, che ha modificato il precedente Regolamento (UE) 2018/842, definisce gli impegni degli Stati Membri per il periodo 2021-2030; l'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni del 40% è stato ripartito sulla base del PIL pro-capite medio del periodo 2017-2019 e di valutazioni sulla effettiva fattibilità tecnica. Il Regolamento definisce inoltre, per ciascuno Stato Membro, la traiettoria da seguire per il raggiungimento di tale obiettivo attraverso delle allocazioni di emissioni annuali (AEA) che non possono essere superate. Per l'Italia è previsto un obiettivo di riduzione al 2030 pari al -43.7% rispetto al 2005, dopo la revisione avvenuta con l'adozione del pacchetto *Fit for 55*. Le AEA sono state stabilite nella Decisione d'Esecuzione (UE) 2023/1319 della Commissione del 28 giugno 2023, che modifica la Decisione d'Esecuzione (UE) 2020/2126. Il Regolamento Effort Sharing ha affiancato agli strumenti di flessibilità previsti dalla decisione 406/2009/CE due nuove flessibilità: la prima, limitata ad alcuni Stati Membri, tra i quali non è inclusa l'Italia, prevede un trasferimento limitato di quote dal settore ETS; la seconda, destinata a tutti gli Stati Membri, prevede la possibilità di utilizzare i crediti generati dagli assorbimenti del settore LULUCF per un ammontare massimo europeo di 280 milioni di tonnellate di CO_2eq. (per l'Italia la quantità massima di crediti è pari a 11.5 milioni di tonnellate di CO_2eq per il periodo 2021-2030).

Il Regolamento Effort Sharing introduce, inoltre, un nuovo elemento di equità nello sforzo richiesto agli Stati Membri per tenere conto delle azioni precoci da essi già effettuate: la cosiddetta "riserva di sicurezza". Tale riserva, costituita da un volume di quote pari a 105Mt, è destinata ai soli Paesi con PIL pro capite 2013 inferiore alla media EU che avranno effettuato maggiori riduzioni oltrepassando il proprio target al 2020 (*overachievement*). I Paesi beneficiari potranno avvalersi di una quota pari fino al 20% del proprio *overachievement* ai fini della conformità con gli obiettivi previsti dal Regolamento. L'accesso alla riserva è, comunque, subordinato al raggiungimento dell'obiettivo europeo di riduzione al 2030, pari al 55% rispetto ai livelli del 1990.

2.2.3 Il Regolamento LULUCF

Il quadro normativo per il settore dell'uso del suolo, del cambiamento di uso del suolo e della silvicoltura è stato stabilito con il Regolamento (UE) 2023/839 LULUCF, che ha modificato il precedente Regolamento (UE) 841/2018, e riguarda le emissioni e gli assorbimenti di CO_2 e le emissioni di gas a effetto serra di CH_4 e N_2O risultanti dal settore LULUCF, nel periodo dal 2021 al 2030.

Per il periodo 2021-2025, il Regolamento LULUCF prevede il reporting degli assorbimenti e delle emissioni del settore LULUCF e la contabilizzazione delle categorie[8] LULUCF riportate nella tabella 2.3 e le relative regole di contabilizzazione.

Tabella 2.3 – Contabilizzazione del settore LULUCF per il periodo 2021-2025

Categorie	Regole di contabilizzazione 2021-2025
Afforested land	*gross-net*
Deforested land	*gross-net*
Managed cropland	*net-net*
Managed grassland	*net-net*
Managed forest land, inclusi HWP	*FRL*

La categoria *managed forest land* dovrà essere contabilizzata applicando il livello di riferimento forestale (FRL); Il FRL permette la contabilizzazione di ogni credito (o debito) derivante dal confronto del bilancio emissioni/assorbimenti netti durante il periodo d'impegno con il livello di riferimento, generando debiti se gli assorbimenti diminuiscono rispetto a tali livelli e crediti se vi è invece un aumento degli assorbimenti. Il livello di riferimento forestale (FRL) per l'Italia è pari a –19.66 Mt CO_2 eq., applicando una funzione di decadimento del primo ordine per le emissioni e gli assorbimenti derivanti dall'utilizzo di prodotti legnosi (*harvested wood product*, HWP). Il FRL per le foreste è basato sulla continuazione di pratiche sostenibili di gestione forestale, come documentate nel periodo dal 2000 al 2009 e tengono conto del futuro impatto delle caratteristiche dinamiche delle foreste collegate all'età, per non limitare, in modo ingiustificato, l'intensità di gestione forestale. Ulteriori informazioni sono riportate nel Piano Nazionale di contabilizzazione forestale, redatto nel 2019 (MASE, 2019).

La contabilizzazione delle categorie Afforested land e Deforested land dovrà tener conto delle emissioni e degli assorbimenti riportati nel periodo 2021-2025, mentre per le restanti categorie (Managed cropland e Managed grassland) le emissioni e assorbimenti cumulati nel periodo 2021-2025 dovranno essere confrontati con la media di emissioni ed assorbimenti delle stesse categorie del periodo 2005-2009.

Per il periodo 2026-2030, non si dovranno utilizzare le regole di contabilizzazione, e la contabilizzazione coinciderà con le emissioni e gli assorbimenti riportati nel periodo. La traiettoria definitiva 2026-2029, e conseguentemente gli obiettivi LULUCF, è stata definita con il processo di revisione europea 2025; i dati verranno ufficializzati con un apposito Atto Delegato della Commissione Europea.

Da notare la possibilità, nell'ambito del Regolamento Effort Sharing, di utilizzo di una quantità limitata di crediti LULUCF per contribuire al raggiungimento degli obiettivi nazionali Effort Sharing (la cosiddetta flessibilità LULUCF): per l'Italia tale flessibilità è pari a 11.5 $MtCO_2$ eq., per il periodo 2021-2030. Infine, se le emissioni LULUCF superano gli assorbimenti contabilizzati, si potranno compensare le emissioni con un aumento degli sforzi di riduzione delle emissioni nei settori inclusi nel Regolamento Effort sharing, oppure con un acquisto di crediti LULUCF da altri Stati Membri.

[8] Managed forest land (*Forest land remaining forest land*), Afforested land (*land converted to forest land*), Deforested land (*Forest land converted to other land uses*), Managed cropland (*Cropland remaining cropland, land converted to cropland, cropland converted to other land uses*), Managed grassland (*Grassland remaining grassland, Cropland converted to grassland, Wetland converted to grassland, Settlements converted to grassland, Other land converted to grassland, Grassland converted to wetland, Grassland converted to settlement, Grassland converted to other land*)

2.3 Obiettivi climatici al 2040

Il 19 dicembre 2025 l'Unione europea ha raggiunto un accordo politico sulla revisione della normativa europea sul clima, con l'intesa in sessione plenaria del Parlamento europeo in merito all'introduzione di un obiettivo climatico giuridicamente vincolante di riduzione del 90% delle emissioni nette di gas a effetto serra entro il 2040 rispetto ai livelli del 1990.

A seguito di 24 ore di negoziati, i Ministri dell'Ambiente dell'UE hanno definito l'accordo sull'obiettivo di mitigazione al 2040, da includere nel Contributo Determinato a livello Nazionale (NDC) dell'Unione europea ai sensi della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e inviato al Segretariato UNFCCC in vista della COP30. L'intesa è stata approvata a maggioranza qualificata in seno al Consiglio; hanno espresso voto contrario Slovacchia, Ungheria e Polonia. L'NDC aggiornato:

- conferma l'obiettivo di riduzione netta del 55% delle emissioni di GHG entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990;
- fissa il target al 2040, stabilendo una riduzione netta del 90% rispetto al 1990;
- introduce un contributo indicativo per il 2035 compreso tra il 66,25% e il 72,5%, coerente con una traiettoria lineare verso la neutralità climatica entro il 2050.

Il Parlamento europeo ha definitivamente approvato, il 10 febbraio 2026, l'intesa politica raggiunta con il Consiglio dell'Unione europea sulla revisione della normativa europea sul clima. La votazione finale in plenaria si è tenuta con 413 voti favorevoli, 226 contrari e 12 astensioni.

Dopo l'approvazione formale da parte del Parlamento e del Consiglio, la modifica della normativa europea sul clima sarà pubblicata nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea ed entrerà in vigore secondo le tempistiche previste.

2.3.1 Utilizzo di crediti internazionali e flessibilità

L'Accordo prevede la possibilità di ricorrere a crediti internazionali di elevata qualità ambientale per contribuire al raggiungimento dell'obiettivo al 2040. In particolare:

- a partire dal 2036, tali crediti potranno fornire un contributo fino al 5% delle emissioni nette del 1990;
- ciò implica che la riduzione interna delle emissioni nette dovrà raggiungere almeno l'85% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2040;
- l'utilizzo dei crediti dovrà avvenire in coerenza con robuste salvaguardie ambientali, in linea con l'articolo 6, paragrafo 4, dell'Accordo di Parigi, e previa valutazione di un periodo pilota nel quinquennio 2031-2035.
- l'origine, i criteri di qualità e le altre condizioni relative all'acquisizione e all'utilizzo di tali crediti saranno disciplinati dalla legislazione dell'Unione europea.

Sono inoltre introdotti ulteriori elementi di flessibilità:

- inclusione delle rimozioni permanenti domestiche (come la cattura delle emissioni biogeniche con stoccaggio del carbonio (BioCCS) e la cattura diretta dall'aria con stoccaggio del carbonio (DACCS)) nel sistema ETS dell'UE, ai fini della compensazione delle emissioni residue difficili da abbattere;
- maggiore flessibilità intra- e inter-settoriale tra strumenti di policy, consentendo agli Stati Membri di compensare eventuali scostamenti settoriali senza compromettere il conseguimento dell'obiettivo complessivo.

Come riportato nella sezione 2.2.1, l'Accordo stabilisce il rinvio di un anno (dal 2027 al 2028) dell'applicazione del sistema EU ETS esteso ai settori civile, trasporto su strada e piccole industrie (ETS2).

2.3.2 Prospettive e sviluppi del quadro climatico post-2030

L'accordo delinea gli elementi guida per il quadro climatico post-2030, che orienteranno le future proposte legislative della Commissione europea. Tra questi:

- rafforzamento della competitività dell'industria e dell'economia europea;
- garanzia di una transizione equa, pragmatica, socialmente equilibrata ed efficiente sotto il profilo dei costi;
- promozione di tecnologie innovative e pulite nel rispetto del principio di neutralità tecnologica;
- ulteriore sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili.

È prevista una valutazione biennale sull'attuazione degli obiettivi intermedi, al fine di integrare gli aggiornamenti scientifici, l'evoluzione tecnologica e il contesto competitivo globale. La clausola di riesame è stata rafforzata, prevedendo un'analisi periodica degli impatti sulla competitività industriale, sull'andamento dei prezzi dell'energia, sullo stato degli assorbimenti netti a livello UE e sull'impiego dei crediti internazionali nel periodo post-2030.

La Commissione europea ha avviato due consultazioni pubbliche aperte e richieste di contributi nell'ambito della preparazione del quadro della politica climatica dell'EU per il periodo post-2030. Le consultazioni sono incentrate, in particolare, sul ruolo degli obiettivi climatici nazionali e delle relative flessibilità, nonché sul possibile utilizzo di crediti internazionali.

I contributi raccolti costituiranno un elemento rilevante per la predisposizione delle proposte legislative attese per l'ultimo trimestre del 2026, come indicato nel Programma di lavoro della Commissione. Le consultazioni, che si chiuderanno il 4 maggio, contribuiranno a valutare il ruolo degli obiettivi climatici nazionali e delle flessibilità nella politica climatica dell'UE post-2030, con l'obiettivo di mantenere forti incentivi per la riduzione delle emissioni e la rimozione del carbonio, in linea con l'obiettivo climatico dell'UE per il 2040.

2.4 I mercati del carbonio

Il mercato del carbonio, attribuendo un prezzo alla CO_2, rappresenta un importante strumento di mitigazione e, attraverso il coinvolgimento del settore privato, può contribuire fortemente al raggiungimento degli obiettivi di lungo termine dell'Accordo di Parigi.

Il mercato del carbonio si basa sull'applicazione del principio del "chi inquina paga" ai gas a effetto serra, considerati una fonte di inquinamento in quanto responsabili del cambiamento climatico. Il prezzo del carbonio crea un meccanismo che disincentiva le emissioni e sposta le scelte economiche verso soluzioni a basse emissioni.

2.4.1 Il sistema di scambio di quote di emissione

Il sistema di scambio di quote di emissioni si basa sulla limitazione della quantità totale di emissioni (*cap and trade*) che possono essere rilasciate nell'atmosfera, fissando un "tetto" di emissioni, che viene ridotto nel tempo al fine di raggiungere gli obiettivi di mitigazione dei cambiamenti climatici.

Il sistema *emission trading* assegna infatti un numero specifico di quote di emissione, una quota equivale a un permesso ad emettere una tonnellata di CO_2 eq, che possono essere scambiate tra i vari soggetti emettitori. Il prezzo delle quote di emissioni è variabile e dipende dall'equilibrio del mercato tra offerta-domanda.

Le quote di emissione sono assegnate o vendute all'asta ai soggetti che emettono gas serra, i quali possono poi scambiare tali quote all'interno del mercato. I meccanismi del mercato del carbonio possono essere stabiliti a livello internazionale (ad esempio lo scambio di quote regolato dall'UNFCCC), regionale (come l'EU *Emissions Trading*), o nazionale.

2.4.2 Il mercato regolato del carbonio e l'Articolo 6 dell'Accordo di Parigi

A livello internazionale, lo scambio di quote di emissioni di gas serra è stato regolato per la prima volta dall'Emission Trading nel 1997, che consentiva lo scambio di quote tra Paesi per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni previsti dall'Accordo. Oltre al commercio internazionale delle emissioni, il Protocollo di Kyoto ha istituito altri due meccanismi progettuali di flessibilità: il meccanismo di sviluppo pulito (*Clean Development Mechanism* – CDM) e l'implementazione congiunta (*Joint Implementation* – JI). L'obiettivo di questi meccanismi di flessibilità era quello di abbattere le emissioni dove era più economicamente vantaggioso, trasferendo conoscenze e tecnologie innovative nei Paesi in via di sviluppo.

Nell'era post-Kyoto, l'Articolo 6 dell'Accordo di Parigi riconosce la possibilità per i Paesi di utilizzare il mercato del carbonio internazionale per l'attuazione degli impegni determinati a livello nazionale per la riduzione delle emissioni (NDC - Nationally Determined Contribution). Nello specifico, l'articolo 6.2 dell'Accordo di Parigi prevede approcci di cooperazione volontari per lo scambio di "risultati di mitigazione delle emissioni internazionalmente trasferibili" (*Internationally Transferred Mitigation Outcomes – ITMO*), volti al raggiungimento degli NDC, che promuovano lo sviluppo sostenibile e assicurino l'integrità ambientale e la trasparenza, applicando un robusto sistema di contabilizzazione che eviti la doppia contabilizzazione. Lo stesso articolo stabilisce quindi un quadro di regole solide e comuni per la contabilizzazione.

L'articolo 6.4 dell'Accordo di Parigi istituisce, invece, un meccanismo volontario di tipo progettuale, sotto l'autorità e la guida della Conferenza delle Parti, sottoposto alla supervisione di un organo internazionale Article 6.4 Supervisory Body; tale meccanismo volontario ha diversi obiettivi: contribuire alla riduzione complessiva delle emissioni globali di gas a effetto serra; promuovere lo sviluppo sostenibile, attraverso progetti che abbiano benefici sociali, ambientali ed economici locali; favorire la cooperazione internazionale e incentivare la partecipazione di entità pubbliche e private; contribuire alla riduzione dei livelli di emissione effettivi nei Paesi ospitanti, permettendo allo stesso tempo ad altri Paesi Parti di beneficiare dei risultati certificati di tali riduzioni ai fini del conseguimento dei rispettivi NDC, nel rispetto del principio di non duplicazione.

Il testo dell'Accordo di Parigi ha delineato i requisiti per partecipare all'Articolo 6, ma il libro delle regole per l'attuazione dell'Accordo di Parigi è stato finalizzato solo nel 2021, alla COP26, lasciando alcune questioni aperte per la piena attuazione del mercato del carbonio, che sono state finalmente definite alla COP29 (Baku, novembre 2024). Le decisioni finali della COP 29 di Baku hanno reso di fatto operativo l'Articolo 6. Nella decisione di Baku sull'Articolo 6.2, sono stati chiariti alcuni aspetti delle linee guida precedentemente adottate, così come elementi critici quali l'autorizzazione, il primo trasferimento degli

ITMO e il formato di rendicontazione. Inoltre, è stato finalizzato il quadro normativo per l'Articolo 6 con l'introduzione di un sistema di registri a doppio livello, volto a migliorare la trasparenza e la tracciabilità degli ITMO, al fine di evitare il doppio conteggio.

In vista della COP 30, è stato presentato il rapporto del Segretariato sull'implementazione degli approcci cooperativi previsti dall'articolo 6.2 dell'Accordo di Parigi ed il lavoro dei revisori che hanno analizzato i primi rapporti iniziali presentati dai paesi. La COP 30 ha preso nota del rapporto e ha accolto con apprezzamento il lavoro dei revisori, chiedendo a quest'ultimi di dettagliare le inconsistenze identificate nell'analisi dei rapporti iniziali e chiedendo alle Parti di risolvere tali inconsistenze.

Le decisioni della COP30 includono la richiesta al Segretariato di organizzare, nell'ambito della revisione, un dialogo informale alle sessioni degli organi sussidiari dell'anno prossimo (novembre 2026), al fine di facilitare l'identificazione dei temi più ricorrenti e delle lezioni apprese dalle Parti. È inoltre richiesto al Segretariato di implementare speditamente l'infrastruttura (registro internazionale) per il funzionamento dell'articolo 6.2, così come di identificare le ulteriori necessità in termini di *capacity building*.

Nell'ambito dell'articolo 6.4 è stato presentato il rapporto sulle attività svolte dall'organo supervisore del meccanismo centralizzato di generazione, accolto con favore dalla Conferenza delle Parti dell'Accordo di Parigi, con l'adozione degli standard e della prima metodologia inerente la "combustione in torcia e valorizzazione del gas di discarica". È stato previsto anche un incremento delle attività di *capacity building* con conseguente aumento delle risorse.

Sono stati approvati gli standard per le metodologie di riduzione delle emissioni e degli assorbimenti (*carbon removals*), che consentiranno lo sviluppo e l'approvazione di nuove metodologie e la registrazione delle attività nel meccanismo centralizzato previsto dall'articolo 6.4. Gli standard adottati, nelle metodologie del meccanismo, riguardano: definizione della *baseline*; dimostrazione dell'addizionalità; gestione delle perdite (*leakage*); gestione della domanda soppressa; gestione della non-permanenza e delle inversioni (*reversals*). Tali standard stabiliscono che le *baseline* dei progetti dovranno essere abbassate, al fine di evitare il rilascio eccessivo di crediti.

Alla COP 30, inoltre, le Parti sono finalmente riuscite a raggiungere un accordo per terminare tutte le attività del meccanismo di sviluppo pulito (CDM) previsto dal protocollo di Kyoto, che aveva ormai esaurito le sue funzioni. La Decisione contiene tutte le date ultime per la cessazione delle attività. Inoltre, la Decisione autorizza il trasferimento dei 26.8 milioni di dollari dal fondo fiduciario del meccanismo di sviluppo pulito al meccanismo centralizzato previsto dall'articolo 6.4; tale somma sarà restituita al fondo sull'adattamento non appena il meccanismo previsto dall'articolo 6.4 riuscirà ad autofinanziarsi.

2.4.3 Il mercato volontario

Negli ultimi anni, un numero crescente di imprese a livello globale ha assunto impegni volontari per la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, contribuendo agli obiettivi di mitigazione del cambiamento climatico e alla transizione verso un'economia più sostenibile. Parallelamente, il progressivo coinvolgimento del sistema finanziario, assicurativo e bancario, insieme alle imprese non finanziarie, ha favorito l'integrazione dei fattori ambientali nelle decisioni economiche e nelle pratiche di rendicontazione.

In questo contesto, l'azione della Commissione Europea ha portato alla definizione di un quadro normativo armonizzato volto a chiarire cosa possa essere considerato sostenibile. A partire dal Piano d'Azione per la finanza sostenibile del 2018, successivamente rafforzato dal European Green Deal e dalla Strategia per finanziare la transizione del 2021, l'Unione europea ha introdotto strumenti regolatori chiave, tra cui il Regolamento (UE) 2020/852 ("Regolamento Tassonomia"); il Regolamento (UE) 2019/2088 (SFDR - Sustainable Finance Disclosure Regulation); la Direttiva sul reporting societario in materia di sostenibilità, la CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive n.2022/2464); la Direttiva europea sulla rendicontazione delle informazioni non finanziarie 2014/95/UE, (Non Financial Reporting

Directive – NFRD) applicabile a tutte le grandi imprese e le PMI quotate sui mercati regolamentari, che introduce l'obbligo di informazioni più dettagliate e la loro verifica da parte di soggetti esterni con l'obiettivo di migliorare trasparenza, comparabilità e qualità delle informazioni sulla sostenibilità.

Nonostante l'adozione di politiche di riduzione, le imprese non sono generalmente in grado di azzerare completamente le proprie emissioni. In tale contesto si inserisce il mercato volontario del carbonio, che consente di compensare le emissioni residue attraverso l'acquisto di crediti di carbonio generati da progetti di riduzione o assorbimento delle emissioni. Un credito di carbonio rappresenta infatti una tonnellata di CO_2 equivalente evitata o assorbita, certificata da soggetti indipendenti sulla base di metodologie che confrontano le emissioni effettive con uno scenario di riferimento (baseline).

Il mercato volontario del carbonio si configura pertanto come uno strumento complementare alle politiche di riduzione interna delle emissioni, inserendosi anche nel più ampio quadro della finanza sostenibile.

La riduzione delle emissioni è calcolata confrontando le emissioni di gas serra relative al progetto rispetto ad un livello di base (*baseline*) ipotetico di emissioni di gas serra che si avrebbe avuto in assenza del progetto. Le riduzioni delle emissioni sono verificate da entità indipendenti, formalmente validate al momento della sua emissione in forma di certificati, e misurate in tonnellate di CO_2 equivalenti.

Esistono diverse tipologie di certificazioni/standard per i crediti di riduzione/assorbimento; i principali standard internazionali sono Gold Standard, Verified Carbon Standard, American Carbon Registry, Climate Action Reserve, e si basano su differenti procedure e metodologie di calcolo, monitoraggio e verifica.

Di recente, tuttavia, il mercato volontario ha sollevato forti dubbi sulla propria integrità. In particolare, è stata messa in discussione la qualità dei crediti acquistati dalle imprese, poiché in alcuni casi non garantivano una reale compensazione delle emissioni: tali crediti, infatti, non corrispondevano a effettive riduzioni o assorbimenti di emissioni. Da ciò è emersa la necessità di avere delle procedure e metodologie più rigorose, anche a livello europeo.

2.4.4 Il Regolamento EU Carbon removal certification framework

L'11 marzo 2024, i rappresentanti degli Stati Membri in seno al Consiglio (Coreper) e alla commissione per l'ambiente del Parlamento hanno approvato il Regolamento per l'istituzione di un quadro di certificazione dell'Unione per gli assorbimenti di carbonio (CRCF - Carbon Removals and Carbon Farming). La proposta di Regolamento era stata pubblicata dalla Commissione Europea nel novembre 2022 ed è stata presentata in sede di Gruppo Ambiente del Consiglio il 3 febbraio 2023, sotto Presidenza svedese. Al Consiglio Ambiente di marzo 2023 è stato condotto il primo dibattito politico. I lavori sono proseguiti sotto la Presidenza spagnola e, nel marzo 2024, i negoziatori del Consiglio e del Parlamento europeo hanno raggiunto un accordo sul Regolamento volto a istituire il primo quadro di certificazione dell'UE per lo stoccaggio permanente del carbonio, il sequestro del carbonio nei suoli agricoli e lo stoccaggio del carbonio nei prodotti.
Il quadro volontario è inteso ad agevolare e accelerare la realizzazione nell'UE di attività di assorbimento di alta qualità del carbonio e di riduzione delle emissioni nel suolo e si inserisce nell'ambito delle politiche per contrastare il cambiamento climatico.
Il Regolamento costituisce un importante strumento, a carattere volontario, per promuovere gli assorbimenti di carbonio, determinanti per progredire verso il raggiungimento dell'obiettivo europeo della neutralità climatica entro il 2050. Il quadro mira a garantire l'elevata qualità degli assorbimenti di carbonio nell'UE e istituire un sistema di governance per le certificazioni dell'UE, attraverso la definizione di requisiti minimi, metodologia e standard per la misura e lo scambio degli assorbimenti di carbonio.
Il Regolamento definisce gli assorbimenti di carbonio che è in linea coerentemente alle definizioni incluse nei rapporti IPCC delle Nazioni Unite e comprende solo gli assorbimenti di carbonio atmosferico o

biogenico, contemplando le seguenti attività di assorbimento del carbonio e di riduzione delle emissioni con una distinzione tra quattro tipi di unità corrispondenti:

- assorbimento permanente del carbonio (stoccaggio di carbonio atmosferico o biogenico per diversi secoli);
- stoccaggio temporaneo del carbonio in prodotti di lunga durata (come i prodotti da costruzione a base di legno), della durata di almeno 35 anni e che possa essere monitorato in loco durante l'intero periodo di monitoraggio;
- stoccaggio temporaneo del carbonio grazie al sequestro del carbonio nei suoli (ad esempio ripristino delle foreste e dei suoli, gestione delle zone umide, praterie sottomarine);
- riduzione delle emissioni nel suolo (grazie al sequestro del carbonio nei suoli agricoli), che comprende riduzioni del carbonio e del protossido d'azoto derivanti dalla gestione del suolo e attività che nel complesso devono ridurre le emissioni di carbonio dei suoli o aumentare gli assorbimenti del carbonio proveniente da materiali biologici (esempi di attività sono la gestione delle zone umide, l'assenza di pratiche di lavorazione e di copertura delle colture, la riduzione dell'uso di concime in combinazione con pratiche di gestione del suolo, ecc.).

Il Regolamento prevede che le attività di assorbimento del carbonio debbano soddisfare quattro criteri generali per essere certificate: quantificazione, addizionalità, stoccaggio a lungo termine e sostenibilità. Sulla base di tali criteri, la Commissione, coadiuvata da un gruppo di esperti, svilupperà metodologie di certificazione specifiche per diversi tipi di attività di assorbimento del carbonio, al fine di garantire un'attuazione corretta, armonizzata ed efficiente in termini di costi dei criteri di assorbimento del carbonio.

Le attività certificate di assorbimento del carbonio e di riduzione delle emissioni nel suolo genereranno le unità corrispondenti (ove un'unità è pari a una tonnellata di CO_2 equivalente di beneficio in termini di assorbimento netto certificato, generato da una delle attività di assorbimento del carbonio o di riduzione delle emissioni nel suolo). Tali unità certificate possono essere utilizzate solo per gli obiettivi climatici dell'UE e per il contributo determinato a livello nazionale (NDC) e non devono contribuire agli NDC di paesi terzi e a regimi di conformità internazionali.

Il Regolamento stabilisce chiari obblighi di monitoraggio e norme in materia di responsabilità per gli operatori. I negoziatori hanno convenuto di distinguere tra il periodo di attività e il periodo di monitoraggio, che copre sempre almeno il periodo di attività, e hanno chiarito che gli operatori saranno tenuti ad affrontare eventuali casi di inversione (ossia il rilascio di CO_2 nell'atmosfera) derivanti da un'attività di assorbimento del carbonio durante il periodo di monitoraggio.

Il Regolamento invita la Commissione a istituire, quattro anni dopo l'entrata in vigore del Regolamento, un registro elettronico comune e trasparente a livello dell'UE al fine di rendere pubbliche e accessibili le informazioni sulla certificazione e sulle unità, compresi i certificati di conformità e le sintesi delle relazioni sui controlli di certificazione. Fino ad allora, i sistemi di certificazione previsti dal quadro devono fornire registri pubblici basati su sistemi automatizzati e interoperabili. Il registro UE sarà finanziato da canoni di utenza fissi annuali proporzionati all'utilizzo del registro.

Nel novembre 2025, la Commissione ha adottato il Regolamento di Esecuzione (UE) 2025/2358, che stabilisce le norme tecniche relative ai sistemi di certificazione, agli organismi di certificazione e agli audit, al fine di armonizzare e semplificare i processi di certificazione, rendendoli al contempo economicamente vantaggiosi e solidi. Per rendere operativo il Regolamento CRCF, la Commissione sta adottando metodologie di certificazione come Atti Delegati per la rimozione permanente del carbonio, la coltivazione del carbonio e lo stoccaggio del carbonio nei prodotti.

2.4.5 Il registro italiano

La legge 41/2023[9] ha istituito, con l'art. 45.2-quater, il Registro pubblico dei crediti di carbonio generati su base volontaria dal settore agroforestale nazionale, presso il Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), al fine di valorizzare le pratiche di gestione agricole e forestali sostenibili, in grado di migliorare le capacità di assorbimento del carbonio atmosferico e aggiuntive rispetto a quelle prescritte dalla normativa europea e nazionale in materia di conduzione delle superfici agricole e forestali. La normativa prevede che i crediti siano utilizzabili nell'ambito di un mercato volontario nazionale, in coerenza con quanto disposto in precedenza con l'istituzione del Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali[10], presso la direzione generale competente del MASE. Da notare come il Registro istituito nel 2008 è parte integrante del "Sistema nazionale per la realizzazione dell'Inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti di gas-serra".

Con l'istituzione del Registro pubblico dei crediti di carbonio generati su base volontaria dal settore agroforestale nazionale viene inoltre delimitato l'utilizzo dei relativi crediti; in particolare i crediti non possono essere utilizzati nel mercato EU-ETS di cui al decreto legislativo 47/2020, e nel mercato Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA).

I crediti, inoltre, pur contribuendo al raggiungimento degli obiettivi nazionali di assorbimento delle emissioni di gas serra contabilizzati da ISPRA nell'ambito degli obblighi internazionali, rilevano, ai fini dell'impiego su base volontaria, esclusivamente per le pratiche aggiuntive di gestione sostenibile realizzate.

Si prevede inoltre che il CREA ammetta all'iscrizione nel Registro i crediti di carbonio generati e certificati su richiesta dei soggetti proprietari ovvero gestori di superfici agroforestali, che realizzano attività di imboschimento, rimboschimento e gestione sostenibile agricola e forestale, aggiuntive rispetto a quelle previste dalla vigente normativa europea e nazionale di settore, coerentemente con le linee guida IPCC.

Nell'ottobre 2025, sono state adottate, con decreto interministeriale MASAF-MASE, le linee guida volte a individuare i criteri per l'attuazione e a definire le modalità di gestione del nuovo Registro nonché di certificazione dei crediti, nell'ambito del Sistema informativo agricolo nazionale (SIAN), in coerenza con le informazioni territoriali e produttive già presenti nei fascicoli aziendali censiti nel SIAN. Le linee guida nazionali per l'istituzione del nuovo Registro trasmesse sono state elaborate a partire dal lavoro di un tavolo tecnico interistituzionale (CREA, MASAF, MASE, ISPRA, università, enti di ricerca). Il testo con successive integrazioni da parte di CREA e MASAF, ed ulteriori modifiche richieste da MASE ed ISPRA, è stato quindi sottoposto ad iter legislativo attraverso la Conferenza Stato-Regioni. Le linee guida approvate sono relative alla sola sezione forestale; con successivo provvedimento verranno integrate per la sezione agricola.

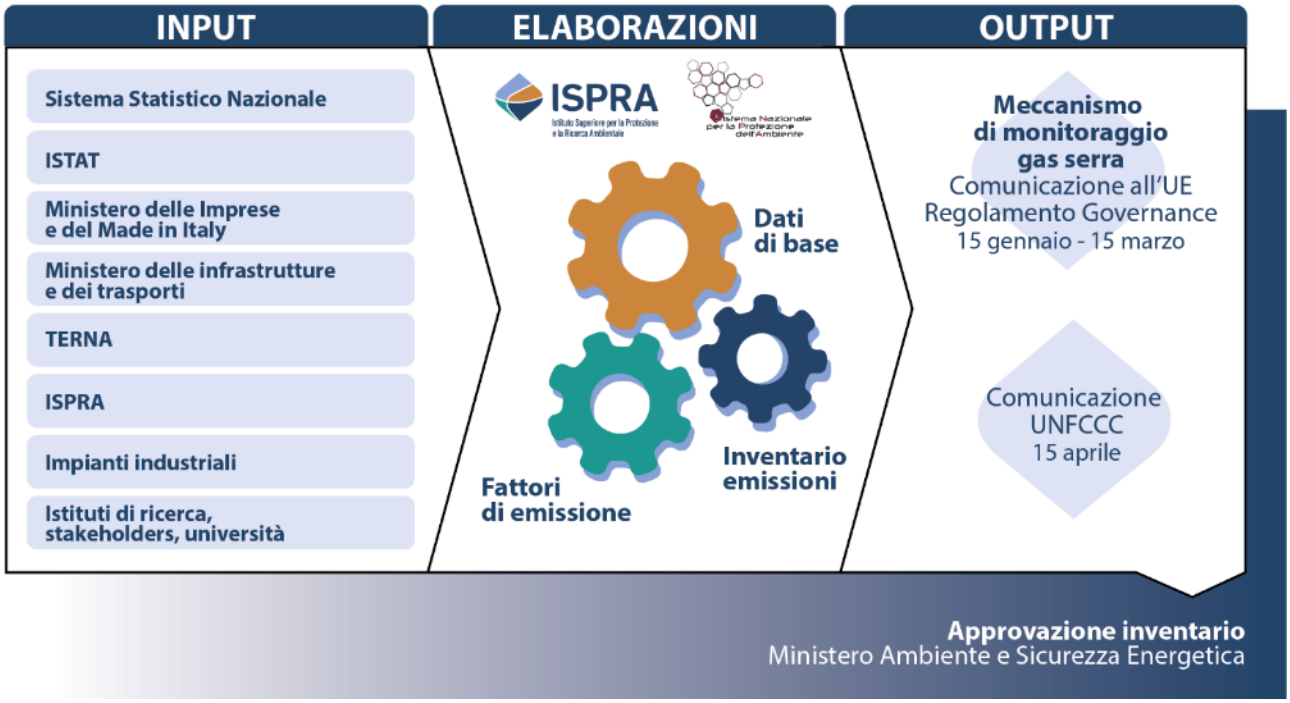
[9] Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 24 febbraio 2023, n. 13, recante disposizioni urgenti per l'attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) e del Piano nazionale degli investimenti complementari al PNRR (PNC), nonché per l'attuazione delle politiche di coesione e della politica agricola comune. Disposizioni concernenti l'esercizio di deleghe legislative

[10] Decreto Ministeriale MATTM 1° aprile 2008 "Istituzione del Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali" e successivi aggiornamenti

3 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 (Regolamento Governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima) l'Italia compila, trasmette agli organismi europei ed internazionali, e pubblica annualmente l'inventario nazionale dei gas serra. A tal fine è stato istituito il Sistema Nazionale per l'inventario delle emissioni di gas serra descritto sinteticamente nella figura 3.1. L'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[11] e LULUCF, e documenta in uno specifico rapporto, il National Inventory Document (NID), le metodologie di stima utilizzate, unitamente ad una spiegazione degli andamenti osservati.

Figura 3.1- Il Sistema Nazionale per l'inventario delle emissioni di gas serra



Il *National Inventory Document* facilita i processi internazionali di verifica annuali cui le stime ufficiali delle emissioni dei gas serra sono sottoposte. In particolare, viene esaminata la rispondenza ai requisiti di *trasparenza, consistenza, comparabilità, completezza e accuratezza* nella realizzazione, stabiliti esplicitamente dalla Convenzione suddetta. L'inventario nazionale delle emissioni è sottoposto ogni anno ad un esame (*review*) da parte di un gruppo di esperti nominato dal Segretariato della Convenzione che analizza tutto il materiale presentato dal Paese e ne verifica in dettaglio la rispondenza ai requisiti sopra enunciati.

I dati di emissione dei gas-serra, i rapporti *National Inventory Document*, così come i risultati dei processi di *review*, sono pubblicati sul sito web del Segretariato della Convenzione sui Cambiamenti Climatici. È da sottolineare come, in tale comunicazione ufficiale, i dati di emissioni di gas serra sono stati convertiti in CO_2 equivalente[12] considerando i Global Warming Potential[13] (GWP) riferiti ad un arco di tempo pari a

[11] Energia, Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU), Agricoltura, Rifiuti

[12] La CO_2 equivalente è la quantità di emissioni di CO2 che causerebbe lo stesso forzante radiativo di una quantità emessa di un gas-serra ben mescolato, oppure un insieme di gas-serra ben mescolati, tutti moltiplicati per il loro rispettivo potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential - GWP) per considerare i diversi tempi di residenza in atmosfera.

[13] I GWP considerati sono i GWP 100yrs della tabella 8.A.1 in appendix 8.A, *excluding the value for fossil methane* (http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1). Due decisioni UNFCCC hanno definite I GWP da considerare nell'ambito dell'Accordo di Parigi e per il reporting per l'UNFCCC: Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention | UNFCCC; Common metrics to calculate the carbon dioxide equivalence of greenhouse gases | UNFCCC

100 anni, così come definito dall'IPCC nel *Fifth Assessment Report* (AR5). I GWP considerati in tali ambiti sono quindi pari a 1 per l'anidride carbonica (CO_2), 28 per il metano (CH_4) e 265 per il protossido di azoto (N_2O). Sono inoltre inclusi nell'AR5 i GWP relativi agli F-gas, per i quali occorre stimare e comunicare le emissioni in CO_2 equivalente.

È infine importante evidenziare che, a dicembre 2024, con l'avvio del nuovo quadro di trasparenza (Enhanced Transparency Framework, ETF) previsto dall'Accordo di Parigi, l'Italia ha presentato agli organismi internazionali il primo Biennal Transparency Report (BTR). Il documento include i dati dell'inventario nazionale dei gas serra, le politiche e le misure adottate e attuate, nonché le relative proiezioni delle emissioni. Il secondo BTR italiano sarà presentato entro dicembre 2026.

3.1 I settori e le metodologie di stima

L'inventario nazionale stima le emissioni di gas serra per attività dalle sorgenti incluse nei seguenti settori produttivi: Energia, Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU), Agricoltura, Rifiuti e assorbimenti ed emissioni di gas serra per il settore LULUCF. La metodologia di stima è in linea con quanto richiesto dalle linee guida IPCC[14]. Le stime si basano, generalmente, su fattori di emissione e parametri sviluppati a livello nazionale, sulla base dei dati e delle informazioni raccolte da ISPRA nell'ambito del Sistema Nazionale dell'inventario (vedi figura 3.1).

In particolare, per il settore Energia, le statistiche di base per la stima delle emissioni sono i consumi di combustibili forniti nel bilancio energetico dal Ministero dello sviluppo economico. Ulteriori informazioni per la produzione di elettricità sono fornite dai principali produttori nazionali di elettricità e dal principale operatore di rete per la trasmissione di energia elettrica. I dati e le informazioni per il trasporto stradale, marittimo e aereo, come il numero di veicoli, le statistiche dei porti e i cicli di decollo e atterraggio degli aeromobili sono pubblicate dall'ISTAT e dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti; altri dati vengono comunicati da diverse associazioni di categoria. I dati comunicati dai gestori nell'ambito dell'European Emissions Trading System (ETS) sono utilizzati da ISPRA per la compilazione dell'inventario nazionale, per definire fattori di emissione nazionali e verificare i dati di attività, come produzione e utilizzo di combustibili, per il settore Energia e in alcuni settori produttivi dell'industria. Si utilizzano, inoltre, i dati sulle emissioni raccolti attraverso il registro nazionale delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti (European Industrial Emissions Portal[15]) nella stima delle emissioni o come verifica per alcune categorie specifiche. Un'altra fonte è costituita dai grandi impianti di combustione, nell'ambito della European Directive on Large Combustion Plants, da cui si raccolgono dati dettagliati relativi, per esempio, al consumo di combustibile. Per il settore industriale, inoltre, i dati annuali di produzione sono forniti da fonti quali annuari statistici o comunicati da associazioni di categoria. Per il settore Agricoltura, le emissioni vengono stimate a partire dai dati dell'ISTAT sulla produzione annuale, sui fertilizzanti e sulle consistenze degli allevamenti zootecnici; i dati annuali dei prelievi legnosi e delle aree percorse da incendi, gli inventari forestali nazionali sono invece alla base del processo di stima degli assorbimenti ed emissioni del settore LULUCF. Per il settore Rifiuti, i principali dati di attività derivano dal Catasto Rifiuti dell'ISPRA.

L'inventario Nazionale delle emissioni di gas serra viene sottoposto annualmente ad una revisione da parte di esperti indipendenti UNFCCC, al fine di valutare la coerenza degli approcci metodologici con quanto previsto dalle linee guida IPCC, la completezza, la trasparenza e l'accuratezza delle stime riportate. A livello europeo, un processo analogo di revisione avviene annualmente nell'ambito del Regolamento Governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima.

[14] 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol

[15] Il portale European Industrial Emissions include le informazioni trasmesse annualmente nell'ambito della direttiva emissioni industriali (IED) e il registro nazionale delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti E-PRTR (European Pollutant Release and Transfer Register)

Il *National Inventory Document* (NID) e le tabelle dei gas serra (Common Reporting Tables - CRT), comunicate ufficialmente nell'ambito della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (UNFCCC), e del Regolamento Governance dell'Unione sono disponibili sul sito: http://emissioni.sina.isprambiente.it/inventario-nazionale/. Informazioni di dettaglio sul processo di stima, metodologie e fattori di emissione per i diversi settori e categorie sono riportate nel NID.

3.2 L'andamento delle emissioni

Le emissioni totali di gas serra in Italia, espresse in CO_2 equivalente e al netto del settore LULUCF, si sono ridotte del 30.2% tra il 1990 e il 2024. Questo calo, particolarmente evidente a partire dal 2008, è attribuibile sia alla contrazione dei consumi energetici e della produzione industriale dovuta alla crisi economica e alla delocalizzazione di alcune attività produttive, sia alla crescente diffusione delle fonti rinnovabili (in particolare idroelettrico ed eolico), al miglioramento dell'efficienza energetica e alla progressiva sostituzione dei combustibili più emissivi con altri a minor contenuto di carbonio. Negli anni più recenti, l'andamento delle emissioni è stato fortemente influenzato dalla pandemia e dalla successiva ripresa economica. Dopo il marcato calo registrato nel 2020 durante i lockdown, il biennio 2021-2022 ha visto una ripresa delle emissioni, sostenuta dalla riattivazione delle attività produttive e dei trasporti. Nel 2024 si registra una diminuzione, particolarmente significativa nelle industrie energetiche e manifatturiere, riconducibile a diversi fattori, tra cui la transizione energetica, l'aumento dei costi dell'energia e il miglioramento dell'efficienza nei processi produttivi. Le emissioni tendenziali di gas serra per il 2025[16] si prevedono in leggero aumento, a causa di un maggior consumo di gas naturale per la produzione di energia elettrica, legato anche a una riduzione della produzione idroelettrica. Come previsto dalla strategia di decarbonizzazione, si registra un sensibile calo delle emissioni legate ai consumi di carbone per la produzione di energia.

Tra il 1990 e il 2024, in Italia sono diminuite da 520 a 363 milioni di tonnellate di CO_2 equivalente. Questa riduzione è dovuta principalmente al calo delle emissioni di CO_2, che rappresentano l'82.4% del totale e che, nel 2024, risultano inferiori del 31.9% rispetto ai livelli del 1990. Un quadro dettagliato delle emissioni di gas serra (GHG), articolato per settore, categoria e tipologia di gas, è riportato nelle tabelle 3.1 e 3.2.

Il settore energetico si conferma come la principale fonte di emissioni di gas serra a livello nazionale, contribuendo per l'81.0% nel 2024 (figura 3.2). Nel periodo 1990-2024, le emissioni di questo settore si sono ridotte del 30.9%, con la CO_2 che ha registrato un calo del 30.2%, rappresentando ancora il 95.7% delle emissioni del comparto energetico. Analizzando le diverse categorie, i trasporti, responsabili del 38.5% delle emissioni complessive del settore energia, hanno registrato un aumento del 10.2% nello stesso periodo, mentre gli altri comparti economici mostrano significative riduzioni, ad eccezione del settore dei rifiuti, che incide per circa il 6% sul delle emissioni complessive nazionali.

Le emissioni del settore dei processi industriali hanno registrato una riduzione del 47.0% tra il 1990 e il 2024. Questo calo è riconducibile principalmente alla diminuzione delle emissioni nel settore chimico, grazie all'implementazione di tecnologie di abbattimento pienamente operative nell'industria dell'acido adipico, nonché alla contrazione delle emissioni derivanti dalla produzione di minerali e metalli. Si è osservato un significativo incremento delle emissioni di gas fluorurati[17], che nel 2024 rappresentano il 34.8% del totale delle emissioni settoriali. Oltre a questi fattori specifici, va sottolineato come la recessione economica abbia avuto un impatto rilevante sulla produzione industriale negli ultimi anni, influenzando di conseguenza anche l'andamento delle emissioni.

[16] Ulteriori informazioni sono disponibile nelle comunicazioni trimestrali di andamento delle emissioni di gas serra: https://emissioni.sina.isprambiente.it/inventario-nazionale/

[17] Idrofluorocarburi (HFCs), Perfluorocarburi (PFCs), Esafluoruro di zolfo (SF_6), Trifluoruro di azoto (NF_3)

Nel settore agricolo, le emissioni sono prevalentemente attribuibili al metano (CH_4) e al protossido di azoto (N_2O), che costituiscono rispettivamente il 69.2% e il 29.2% del totale settoriale. Tra il 1990 e il 2024, le emissioni agricole hanno registrato una riduzione del 22.3%, dovuta principalmente alla diminuzione delle emissioni di CH_4 derivanti dalla fermentazione enterica (-21.5%), che rappresentano il 48.2% delle emissioni del settore, e alla riduzione delle emissioni di N_2O dai suoli agricoli (-19.6%), pari al 22.6% del totale settoriale.

Per quanto riguarda l'uso del suolo, il cambiamento di uso del suolo e la silvicoltura, dal 1990 al 2024 gli assorbimenti totali in CO_2 equivalente sono notevolmente aumentati; la CO_2 rappresenta la quasi totalità delle emissioni e degli assorbimenti del settore (99.2%).

Infine, le emissioni del settore rifiuti sono aumentate del 5.2% dal 1990 al 2024, principalmente a causa dell'aumento delle emissioni da smaltimento in discarica (12.8%), che rappresentano il 77.2% delle emissioni dei rifiuti. Il gas serra più importante in questo settore è il CH_4 che rappresenta il 91.4% delle emissioni settoriali e registra un aumento del 5.4% dal 1990 al 2024. I livelli di emissione di N_2O sono aumentati del 40.8%, mentre la CO_2 è diminuita dell'85.1%; questi gas rappresentano rispettivamente l'8.3% e lo 0.4% nel settore.

Figura 3.2 – ***Ripartizione percentuale delle emissioni nazionali di gas climalteranti nel 2024, escluso LULUCF (proporzione stimata in base al contributo in CO_2 equivalente)***

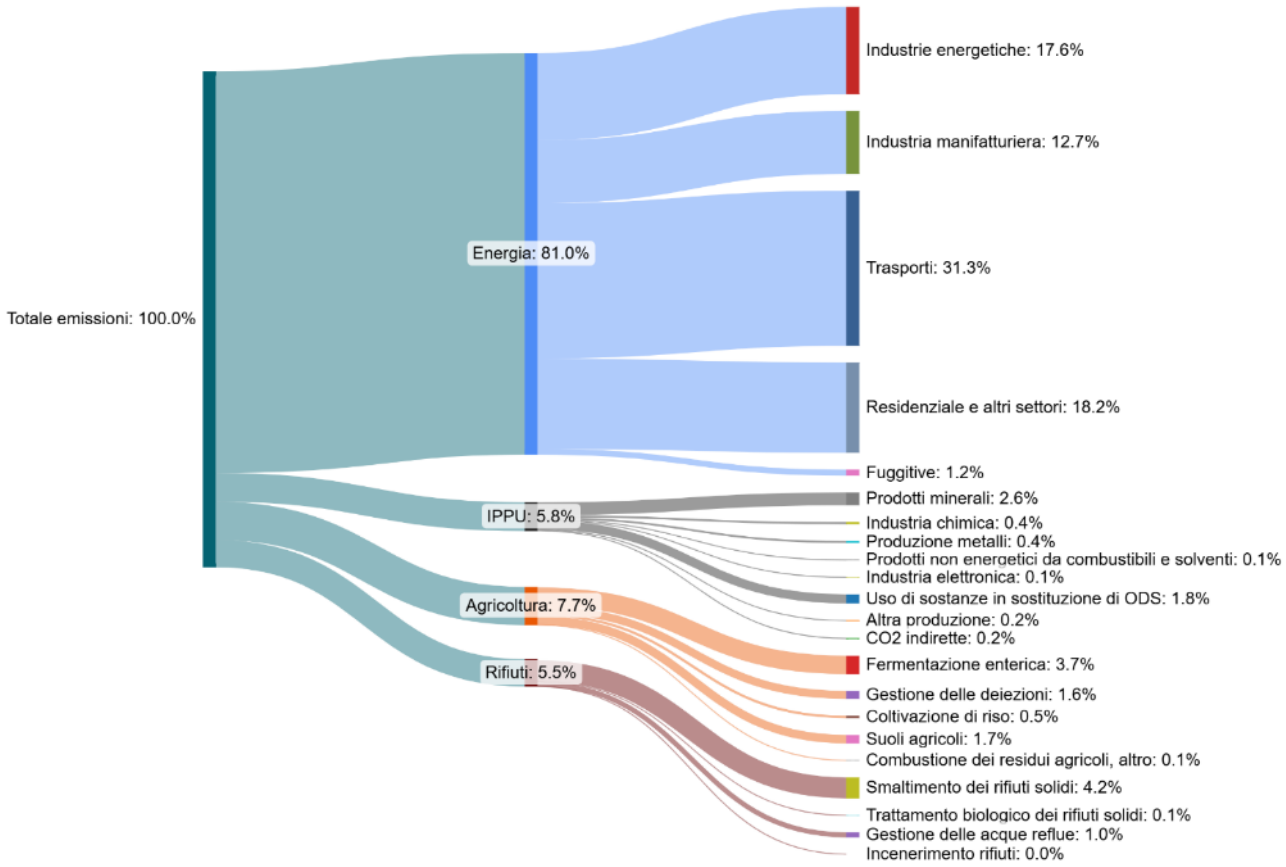


Tabella 3.1 - Emissioni di gas serra per il periodo 1990-2024, per gas e per settore (kt CO_2 eq.)

Emissioni GHG	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024
						kt CO_2 equivalente						
CO_2 escluso LULUCF	439,600	449,892	470,771	502,520	435,550	360,474	338,526	301,582	334,952	337,586	310,164	299,362
CO_2 incluso LULUCF	423,941	413,046	438,806	456,835	387,059	311,845	286,214	256,426	288,796	291,187	251,103	233,880
CH_4 escluso LULUCF	55,016	57,139	57,833	54,793	52,784	49,089	46,345	47,054	46,565	45,120	44,269	43,003
CH_4 incluso LULUCF	55,843	57,411	58,331	55,062	53,078	49,328	46,544	47,327	47,159	45,593	44,620	43,273
N_2O escluso LULUCF	22,603	24,213	25,018	24,404	16,631	15,091	14,828	15,277	15,210	13,558	14,268	13,789
N_2O incluso LULUCF	23,094	24,468	25,331	24,609	16,850	15,220	14,995	15,503	15,621	13,909	14,570	14,061
HFCs	372	1,100	3,748	9,669	12,790	11,786	10,639	9,415	8,806	8,279	7,726	6,670
PFCs	2,615	1,351	1,363	1,759	1,377	1,540	932	516	413	462	297	280
Mix di HFCs e PFCs	NA,NO	24	24	24	24	24	23	22	25	22	29	33
SF_6	421	700	621	565	405	483	438	252	282	405	367	328
NF_3	NA,NO	77	13	33	20	28	18	16	15	20	20	26
Totale (senza LULUCF)*	**520,626**	**534,495**	**559,393**	**593,769**	**519,581**	**438,515**	**411,749**	**374,134**	**406,270**	**405,451**	**377,139**	**363,490**
Totale (con LULUCF)*	**507,677**	**499,472**	**529,411**	**549,712**	**472,579**	**391,070**	**360,671**	**330,352**	**361,976**	**360,667**	**319,575**	**299,422**

* Includono le emissioni di CO_2 indirette

Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024
						kt CO_2 equivalente						
1. Energia	426,248	438,789	460,604	488,371	428,785	358,354	334,390	298,120	330,181	333,377	305,141	294,526
2. Processi Industriali ed Uso dei Prodotti	39,337	37,595	39,414	48,290	37,555	29,619	27,761	24,612	25,570	23,620	22,536	20,978
3. Agricoltura	36,045	36,103	35,280	33,039	30,753	30,169	29,869	30,881	30,226	28,346	29,283	28,009
4. LULUCF	-12,949	-35,023	-29,981	-44,057	-47,002	-47,445	-51,078	-43,782	-44,294	-44,784	-57,565	-64,068
5. Rifiuti	18,996	22,008	24,094	24,069	22,488	20,373	19,729	20,521	20,293	20,108	20,180	19,977
Totale (con LULUCF)*	507,677	499,472	529,411	549,712	472,579	391,070	360,671	330,352	361,976	360,667	319,575	299,422

* Includono le emissioni di CO_2 indirette

Tabella 3.2 - Emissioni di gas serra per il periodo 1990-2024, per gas e per settore (kt CO_2 eq.)

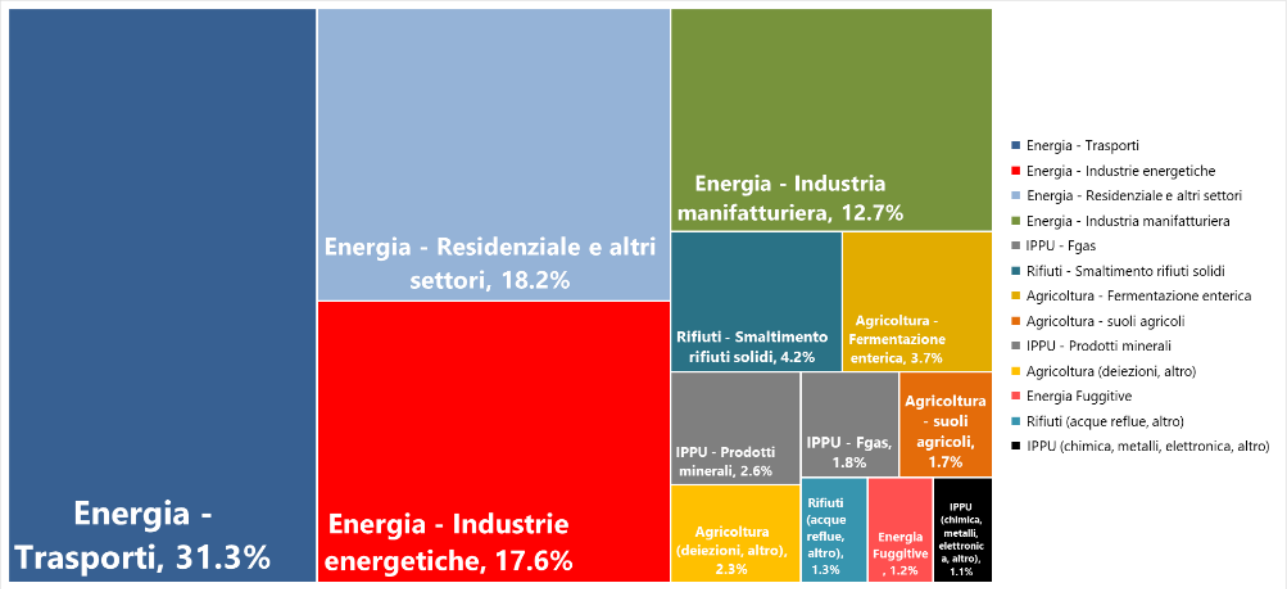
Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
						kt CO_2 equivalente					
A. Energia: combustione	412,012	425,367	448,484	477,764	419,122	349,698	291,961	324,575	328,355	300,637	290,075
CO_2: 1. Industrie energetiche	136,941	139,941	144,273	159,227	136,885	105,486	81,213	85,440	94,054	74,820	63,503
CO_2: 2. Industrie manifatturiere e costruzioni	90,773	88,970	94,894	90,787	68,890	54,542	44,907	54,069	52,461	48,699	45,251
CO_2: 3. Trasporti	100,319	111,531	121,642	126,780	114,627	105,590	85,639	101,846	107,893	107,870	112,221
CO_2: 4. Altri settori	76,042	75,580	79,169	92,324	89,783	76,111	72,715	75,437	66,632	62,611	62,478
CO_2: 5. Altro	1,071	1,496	837	1,233	652	459	625	314	511	364	605
CH_4	2,781	3,094	2,850	2,616	3,548	3,364	3,121	3,382	2,939	2,659	2,561
N_2O	4,085	4,755	4,819	4,796	4,738	4,145	3,741	4,087	3,864	3,616	3,456
1B2. Energia: Fuggitive	14,236	13,422	12,120	10,607	9,663	8,656	6,159	5,606	5,022	4,504	4,451
CO_2	4,048	4,002	3,262	2,557	2,377	2,574	2,112	1,816	1,799	1,740	1,673
CH_4	10,178	9,409	8,848	8,038	7,275	6,073	4,039	3,783	3,215	2,757	2,771
N_2O	11	10	11	12	11	9	7	8	8	8	7
2. Processi Industriali ed Uso dei Prodotti	37,946	36,299	38,240	47,135	36,579	28,803	23,736	24,712	22,830	21,692	20,107
CO_2	29,383	27,345	25,916	28,817	21,784	15,165	13,794	15,478	13,915	13,542	13,117
CH_4	144	150	82	83	67	48	38	45	39	36	31
N_2O	6,402	6,848	7,646	7,338	1,088	545	559	505	480	519	495
HFCs	372	1,100	3,748	9,669	12,790	11,786	9,415	8,806	8,279	7,726	6,670
PFCs	2,615	1,351	1,363	1,759	1,377	1,540	516	413	462	297	280
Mix di HFCs e PFCs	NA,NO	24	24	24	24	24	22	25	22	29	33
SF_6	421	700	621	565	405	483	252	282	405	367	328
NF_3	NA,NO	77	13	33	20	28	16	15	20	20	26
3. Agricoltura	36,045	36,103	35,280	33,039	30,753	30,169	30,881	30,226	28,346	29,283	28,009
CO_2: Calcitazione	1	1	2	14	18	14	10	26	4	5	4
CO_2: Applicazione di urea	465	512	525	507	335	425	472	414	218	424	420
CO_2: Altri fertilizzanti contenenti carbonio	44	54	44	42	28	20	22	24	14	13	14
CH_4: Fermentazione enterica	17,174	16,796	16,631	14,521	14,125	14,310	14,815	14,695	14,518	14,314	13,488
CH_4: Gestione del letame	5,308	5,057	5,017	5,147	4,939	4,740	4,549	4,457	4,471	4,519	4,098
CH_4: Coltivazione di riso	2,102	2,228	1,855	2,078	2,255	1,943	1,696	1,677	1,547	1,510	1,793
CH_4: Combustione in campo dei residui agricoli	15	15	15	17	13	13	12	12	11	12	10
N_2O: Gestione delle deiezioni	3,076	2,959	2,897	2,685	2,536	2,203	2,078	2,017	1,982	2,002	1,863
N_2O: Suoli agricoli	7,856	8,477	8,291	8,022	6,501	6,499	7,225	6,902	5,578	6,481	6,316
N_2O: Combustione in campo dei residui agricoli	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3

Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4. LULUCF	-12,949	-35,023	-29,981	-44,057	-47,002	-47,445	-43,782	-44,294	-44,784	-57,565	-64,068
CO_2	-14,267	-35,549	-30,792	-44,531	-47,514	-47,813	-44,280	-45,299	-45,609	-58,218	-64,610
CH_4	827	271	498	269	294	239	273	594	474	351	269
N_2O	491	255	313	205	218	129	225	411	352	302	272
6. Rifiuti	18,996	22,008	24,094	24,069	22,488	20,373	20,521	20,293	20,108	20,180	19,977
CO_2	512	458	208	230	172	88	73	90	84	78	76
CH_4	17,313	20,390	22,536	22,293	20,561	18,599	18,784	18,514	18,380	18,463	18,252
N_2O	1,171	1,160	1,350	1,547	1,754	1,687	1,664	1,689	1,644	1,639	1,648
Emissioni totali (con LULUCF)*	**507,677**	**499,472**	**529,411**	**549,712**	**472,579**	**391,070**	**330,352**	**361,976**	**360,667**	**319,575**	**299,422**
Emissioni totali (senza LULUCF)*	**520,626**	**534,495**	**559,393**	**593,769**	**519,581**	**438,515**	**374,134**	**406,270**	**405,451**	**377,139**	**363,490**

* Includono le emissioni di CO_2 indirette

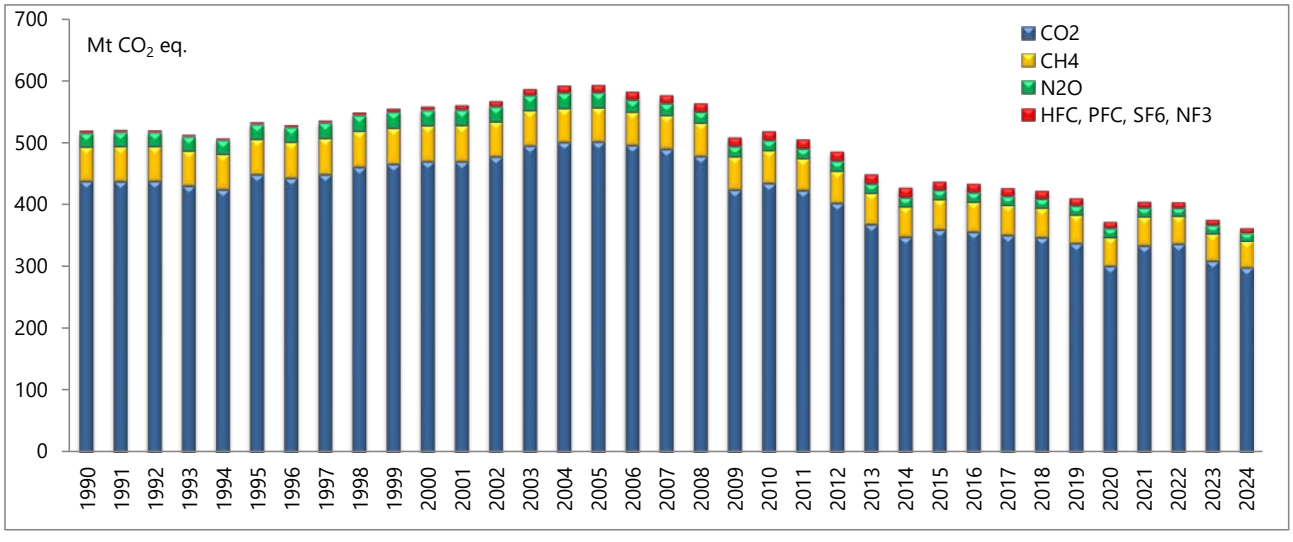
Le categorie emissive del settore Energia contribuiscono con l'81.0% alle emissioni totali di gas serra nel 2024, come mostrato in figura 3.3. Responsabili di circa la metà delle emissioni nazionali di gas climalteranti sono le categorie dei trasporti (31.3% del totale nazionale) e del residenziale (18.2%); un contributo importante alle emissioni totali è inoltre rappresentato dalla produzione di energia (17.6%) e dell'industria manufatturiera (12.7%). Il settore Agricoltura e le categorie emissive dei Processi industriali ed uso di altri prodotti (IPPU) sono responsabili del 7.7% e 5.8%, rispettivamente, mentre il settore Rifiuti contribuisce al restante 5.5% alle emissioni totali.

Figura 3.3 - *Emissioni nazionali di gas climalteranti nel 2024 per categorie settoriali (proporzione stimata in base al contributo in CO_2 equivalente)*



Il contributo maggiore nelle emissioni di gas serra è imputabile alla CO_2, seguita dal CH_4, dal N_2O e dagli F-gas. Il contributo di questi gas alle emissioni totali è variato nel periodo 1990-2024 (figura 3.4).

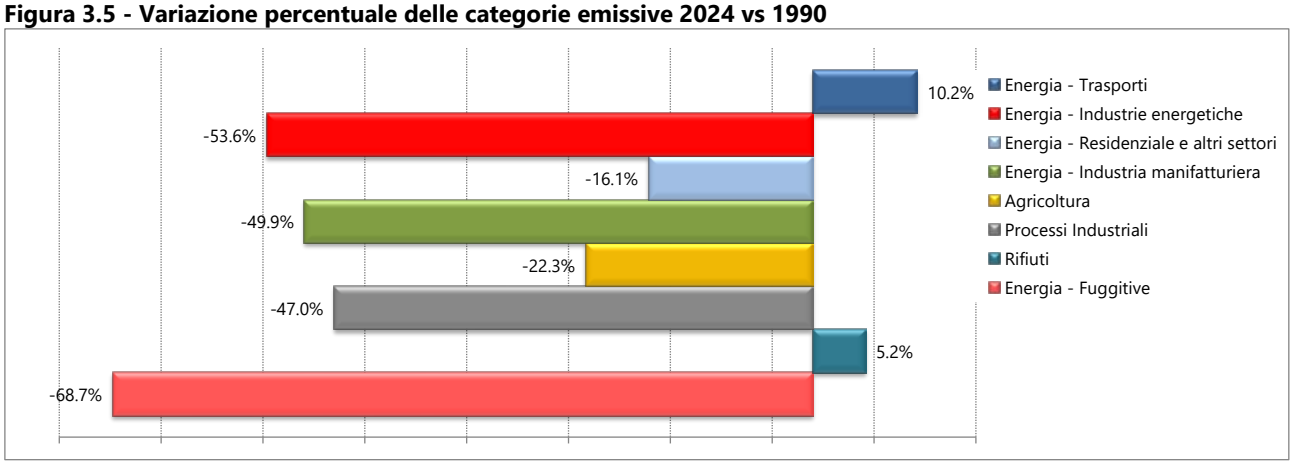
Figura 3.4 - Emissioni nazionali di gas climalteranti dal 1990 al 2024 per gas (escluso LULUCF)



In figura 3.5 sono mostrate le variazioni percentuali delle diverse categorie emissive nel 2024 rispetto al 1990. È interessante osservare come il settore dei trasporti, in cui oltre il 90% delle emissioni proviene dal trasporto stradale, abbia registrato un incremento di quasi il 10.2% dal 1990, mentre tutti gli altri settori economici mostrano significative riduzioni, ad eccezione del comparto dei rifiuti, che contribuisce per circa il 5.5% al totale nazionale. La diminuzione delle emissioni di CO_2 è attribuibile principalmente alla contrazione delle emissioni nelle industrie energetiche, manifatturiere e nelle costruzioni. Tra il 1990 e il

2024, infatti, le emissioni delle industrie energetiche si sono ridotte del 53.6%, mentre quelle delle industrie manifatturiere e delle costruzioni hanno registrato un calo del 49.9%. Il settore dei trasporti ha mostrato un aumento delle emissioni fino al 2007; alla successiva diminuzione, dovuta alla recessione economica ed alla penetrazione di veicoli a basso consumo di carburante, è seguito un aumento del 10.2% delle emissioni nel 2024 rispetto al 1990.

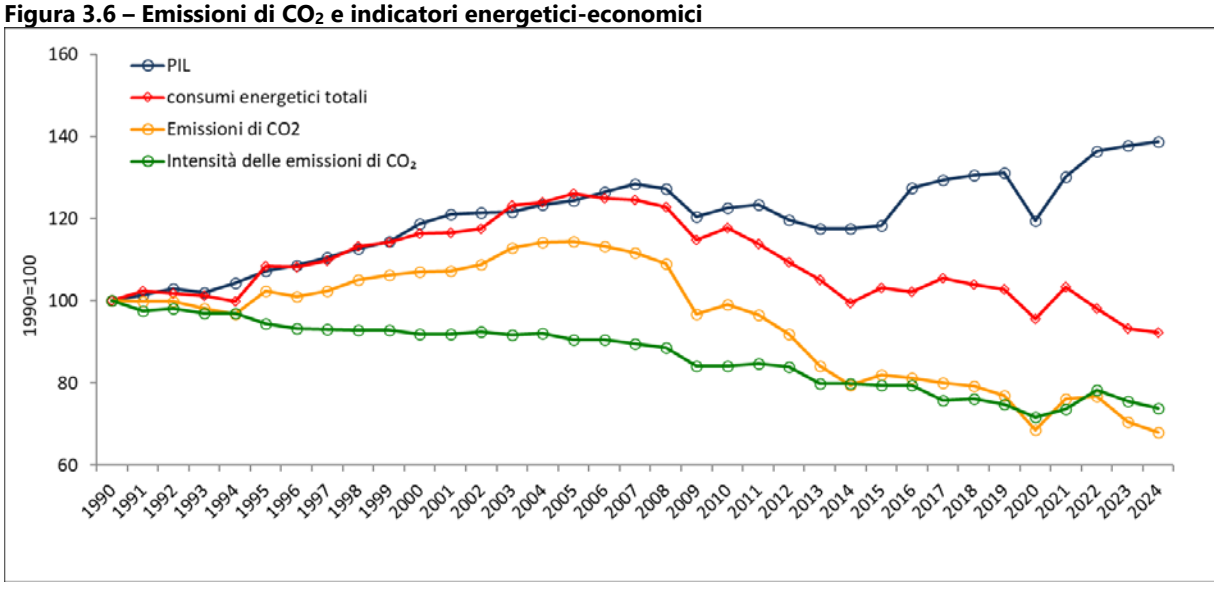
Figura 3.5 - Variazione percentuale delle categorie emissive 2024 vs 1990



L'andamento delle emissioni da combustione non industriale è trainato dalla variazione climatica annua mentre le emissioni da processi industriali sono diminuite del 40.5% principalmente per la diminuzione della produzione di cemento.

Negli anni '90 le emissioni di CO_2 erano strettamente correlate ai consumi energetici, evidenziando una forte correlazione tra uso dell'energia e livelli emissivi. Dai primi anni 2000 emerge un progressivo disaccoppiamento, accentuato dopo il 2008, con emissioni in calo più rapido dei consumi. Negli ultimi anni, tale dinamica si accentua: a fronte di consumi energetici relativamente stabili o in lieve calo, le emissioni calano significativamente e l'intensità di CO_2 continua a ridursi, indicando un miglioramento dell'efficienza carbonica del sistema energetico, anche grazie alla diffusione di fonti rinnovabili e a un mix energetico meno emissivo. Dopo il calo marcato osservato nel 2020, si registra una temporanea ripresa di consumi ed emissioni nel 2021, associata alla ripartenza economica. Tuttavia, negli anni più recenti le emissioni tornano a diminuire, mentre il PIL cresce in modo sostenuto, rafforzando il disaccoppiamento tra crescita economica ed emissioni di CO_2 (figura 3.6).

Figura 3.6 – Emissioni di CO_2 e indicatori energetici-economici



Nel 2024 le emissioni di CH_4 rappresentano l'11.8% del totale dei gas serra e provengono principalmente dal settore agricolo (45.1%), seguite dai rifiuti (42.4%) e dal settore energetico (12.4%). Nel settore

energetico, la riduzione delle emissioni di CH_4 (-58.9%) è il risultato di due fattori contrastanti: da un lato si registra una notevole riduzione delle emissioni derivanti da industrie energetiche, trasporti, emissioni fuggitive da combustibili (causate dall'estrazione e distribuzione di combustibili fossili, per la progressiva sostituzione delle reti di distribuzione del gas naturale), dall'altro si osserva invece un forte incremento nel settore civile, per effetto del maggiore utilizzo di metano e biomasse nei sistemi di riscaldamento.

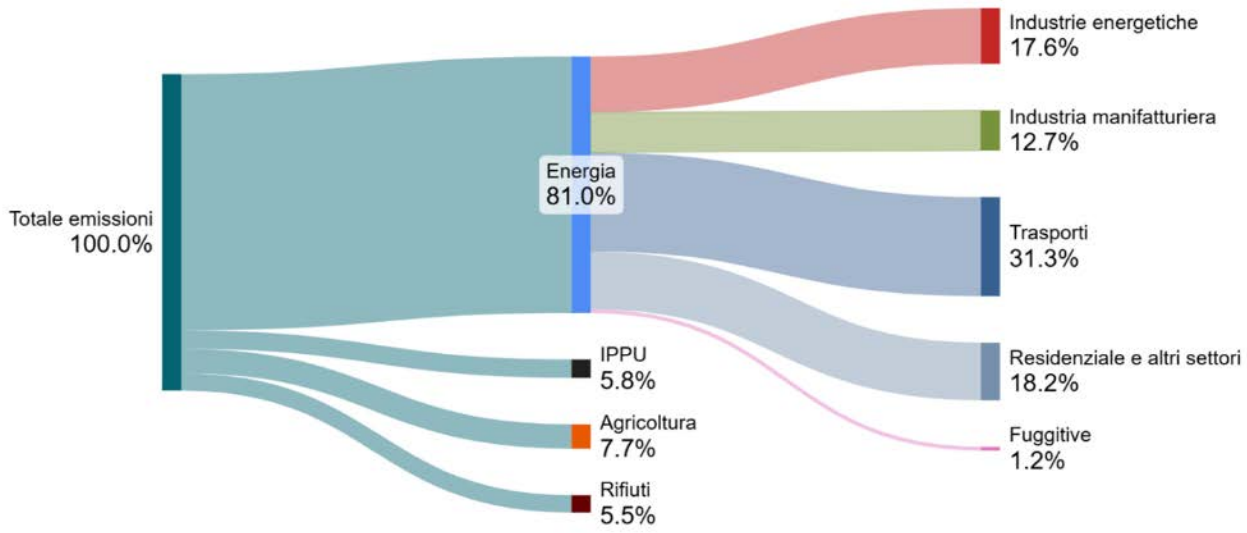
Nel 2024 le emissioni di protossido di azoto (escluso LULUCF) rappresentano il 3.8% del totale dei gas serra, con una diminuzione del 39.0% tra il 1990 e il 2024, da 22.6 a 13.8 Mt CO_2 equivalente. La principale fonte di emissioni di N_2O è il settore agricolo (59.3%), in particolare l'utilizzo di fertilizzanti sia chimici che organici in agricoltura, nonché la gestione delle deiezioni prodotte dal bestiame allevato. Le emissioni del settore agricolo mostrano una diminuzione del 25.2% nel periodo 1990-2024, a causa della riduzione del numero di capi di bestiame. Le emissioni del settore energetico (25.1% del totale) registrano una diminuzione del 15.4% dal 1990 al 2024; tale andamento è riconducibile principalmente alla riduzione del 47.8% nell'industria manifatturiera e nelle costruzioni (che rappresentano il 4.5% del totale delle emissioni di N_2O) dovuta principalmente alla riduzione negli ultimi anni della produzione di cemento; la tendenza al ribasso è stata controbilanciata dall'aumento delle emissioni del 9.9% nella categoria altri settori, che rappresenta il 11.0% del totale delle emissioni di N_2O, per effetto del maggiore utilizzo di biomasse negli impianti di riscaldamento. Per il settore industriale, le emissioni di N_2O mostrano una diminuzione del 92.3% dal 1990 al 2024, quasi totalmente dovuta all'introduzione di sistemi di abbattimento negli impianti di produzione di acido nitrico e acido adipico che hanno ridotto drasticamente le emissioni di questi processi.

Riguardo agli altri gas serra, HFC, PFC, SF_6 e NF_3, sebbene essi abbiano un peso complessivo sul totale delle emissioni nazionali del 2.0%, è opportuno evidenziare la forte crescita degli HFC, in controtendenza rispetto alla riduzione delle emissioni dei PFC e, in misura minore, di SF_6. Tali variazioni non sono risultate determinanti ai fini del conseguimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni; tuttavia, la significatività del trend degli HFC potrebbe renderli sempre più importanti nei prossimi anni.

3.3 Il settore Energia

Nel 2024, come mostrato in figura 3.7, il settore Energia è responsabile, in Italia, dell'81.0% delle emissioni nazionali di gas climalteranti; le emissioni in termini di CO_2 equivalente sono riportate in tabella 3.3. Considerando i singoli gas, tale settore è responsabile di quasi la totalità delle emissioni totali di CO_2 (94.5%), del 12.4% delle emissioni di CH_4 e del 25.1% emissioni di N_2O.

Figura 3.7 – Ripartizione percentuale delle emissioni di gas climalteranti nei diversi settori e dettaglio del settore Energia



Rispetto al 2005 le emissioni di GHG del settore sono in diminuzione per effetto delle politiche adottate a livello europeo e nazionale per implementare la produzione di energia da fonti rinnovabili. Dallo stesso anno, è stato osservato un ulteriore passaggio dai prodotti petroliferi al gas naturale nella produzione di energia in conseguenza dell'avvio, al 1° gennaio 2005, del sistema di scambio di emissioni di gas serra dell'UE (EU ETS). Dal 2009 il calo delle emissioni settoriali è legato anche alla recessione economica. Nel complesso, dal 2005 le emissioni totali di gas serra mostrano una tendenza alla diminuzione, con variazioni annue quasi sempre negative. Fanno eccezione il 2010, per la ripresa economica post-crisi, e il 2015, quando le emissioni sono aumentate del 3.5% rispetto al 2014 a causa della minore produzione idroelettrica e del conseguente maggiore ricorso alle centrali termoelettriche. Dal 2016 il principale motore della diminuzione delle emissioni è il passaggio dal carbone al consumo di gas naturale per la produzione di energia. Nel 2020 si registra un'ulteriore significativa diminuzione delle emissioni dovuta alla pandemia, con un aumento delle emissioni negli anni 2021 e 2022 per la ripresa dell'economia. In definitiva, i consumi di energia da fonti primarie nel periodo 1990-2024 mostrano un evidente passaggio da prodotti petroliferi e combustibili solidi a gas naturale e rinnovabili mentre la quota di consumo di energia elettrica è variabile e guidata dal mercato. Rispetto al 1990, diminuiscono le emissioni provenienti dal settore delle industrie energetiche del 53.6% nel 2024, a fronte di un aumento della produzione di energia totale (da 216.9 Terawattora (TWh) a 271.0 TWh) e dei consumi di energia elettrica (da 218.7 TWh a 292.7 TWh). In tabella 3.3 è riportata la serie storica delle emissioni di gas climalteranti per settore dal 1990 al 2024.

Tabella 3.3 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore Energia (Mt CO_2 eq.)

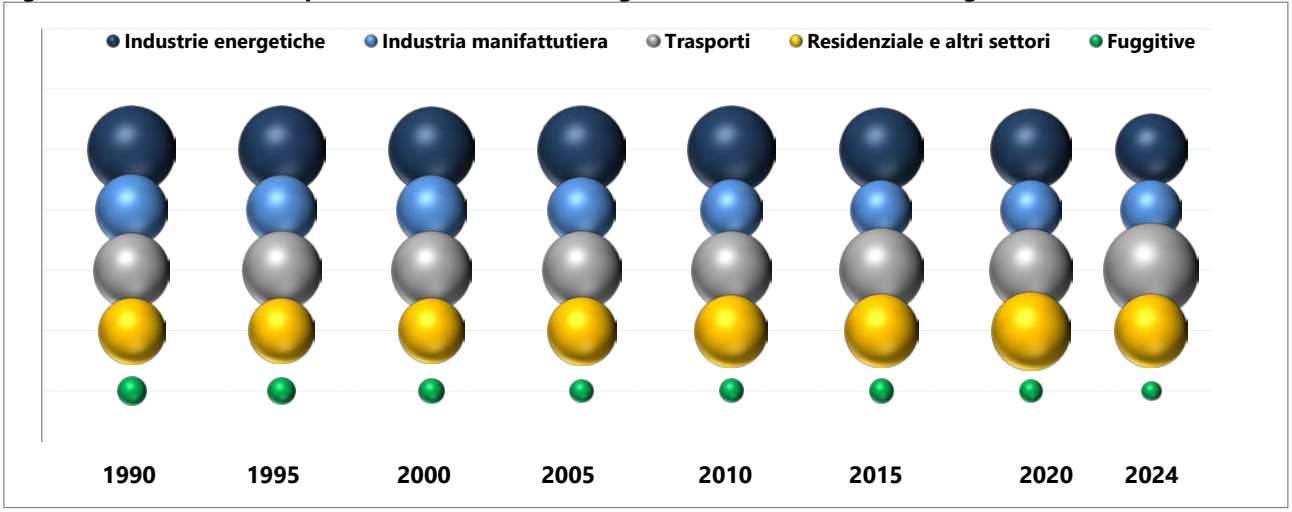
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
						Mt CO_2 equivalente					
Industrie energetiche	137.7	140.7	145.0	159.9	137.5	106.1	81.6	85.9	94.5	75.2	63.9
Industria manifatturiera	92.2	90.2	96.2	92.3	70.0	55.6	45.8	55.1	53.5	49.6	46.2
Trasporti	102.2	114.2	124.0	128.4	115.9	106.7	86.5	102.9	108.9	108.9	113.3
Residenziale e altri settori	80.0	80.3	83.3	97.2	95.7	81.4	78.0	80.7	71.4	66.9	66.8
Fuggitive	14.2	13.4	12.1	10.6	9.7	8.7	6.2	5.6	5.0	4.5	4.5
Totale settore Energia	**426.2**	**438.8**	**460.6**	**488.4**	**428.8**	**358.4**	**298.1**	**330.2**	**333.4**	**305.1**	**294.5**

Il contributo maggiore alle emissioni totali del settore Energia del 1990 è rappresentato dalle industrie energetiche, il cui contributo relativo è in calo dal 2006. I trasporti, viceversa, registrano negli ultimi 10 anni un aumento del contributo relativo alle emissioni totali; le emissioni di tale categorie, rappresentate da oltre il 90% dal trasporto stradale, sono aumentate di oltre il 10.9%, dal 1990: ad una prima fase di crescita fino al 2007, segue una fase di decrescita delle emissioni fondamentalmente dovuta alla crisi economica e, negli anni più recenti, anche alla penetrazione nel mercato di veicoli più efficienti; la notevole riduzione registrata dal 2019 al 2020 è imputabile alla contrazione delle percorrenze e dei consumi in conseguenza della crisi pandemica, mentre dal 2021 si assiste ad una decisa ripresa.

Le emissioni della categoria residenziale e servizi, complessivamente stabili negli ultimi anni, fanno registrare una diminuzione nel 2024, per motivi congiunturali legati alle temperature. Il settore dell'industria manifatturiera, viceversa, è in calo, con una forte diminuzione tra gli anni 2008/2009. Le fuggitive, infine, presentano una tendenza alla diminuzione, considerando l'intero periodo analizzato.

In figura 3.8 viene descritta la variazione nel tempo del peso delle diverse categorie emissive relative al settore Energia.

Figura 3.8 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore Energia

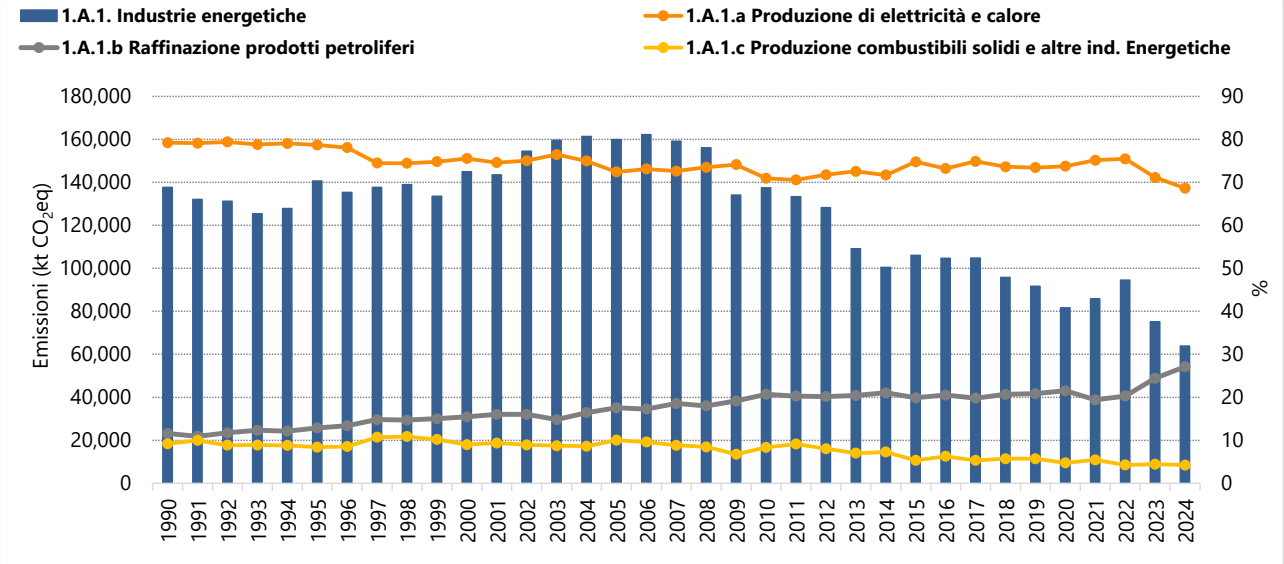


3.3.1 Industrie energetiche

Le emissioni del settore Industrie energetiche costituiscono, in media, circa il 31% del settore Energia (tra il 1990 e il 2024); dopo aver raggiunto il picco di emissioni nell'anno 2006, sono in forte calo, registrando una diminuzione di circa il 61% delle emissioni assolute rispetto al valore massimo.

Il settore può suddividersi nella Produzione di elettricità e calore, che in media rappresenta circa il 75% delle emissioni del settore, dalla raffinazione dei prodotti petroliferi (in media il 17% del settore) e dalla produzione di combustibili fossili e altre industrie energetiche, che rappresentano in media il restante 8%.

Figura 3.9 - Emissioni di gas serra del settore industrie energetiche e ripartizione percentuale per tipologia

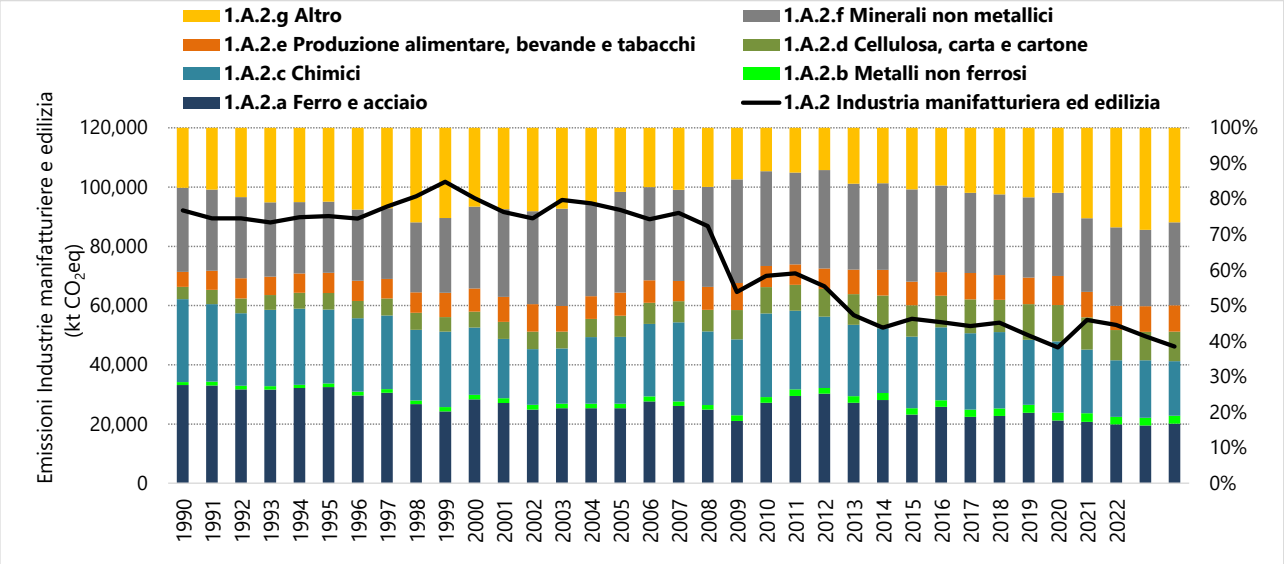


L'andamento delle emissioni è guidato dalla produzione di energia elettrica che decresce a partire dal 2007 grazie a un aumento della produzione di energia da fonti rinnovabili, unito ad un'ulteriore riduzione dell'utilizzo di prodotti petroliferi per la produzione di energia elettrica. Per quanto riguarda le raffinerie, i consumi di combustibili liquidi hanno raggiunto un plateau nel 2010 e sono ora in diminuzione che si prevede continui, così come la produzione di coke legata all'industria siderurgica (1.A.1.c).

3.3.2 Industria manifatturiera

Con un contributo medio del 18% alle emissioni del settore Energia, l'industria manifatturiera ha raggiunto il picco nel 2005, per poi registrare un declino graduale. A partire dal 2008, la crisi economica ha accentuato questa tendenza al ribasso, che persiste tuttora.

Figura 3.10 - Emissioni di gas serra del settore industrie manifatturiere e edilizia e ripartizione percentuale per tipologia

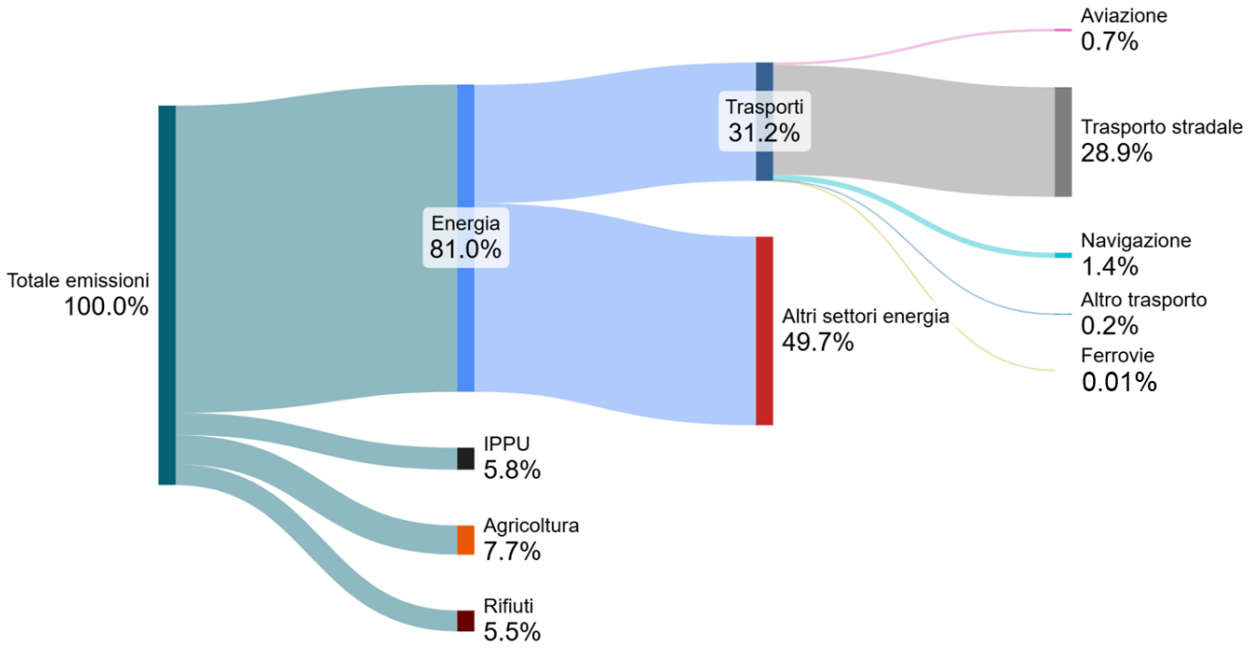


Si osserva una tendenza generale di riduzione delle emissioni dal 1990 al 2024; alcuni sottosettori hanno subito una forte riduzione (ferro e acciaio, minerali) guidando l'andamento dell'intero settore, anche se altri sottosettori (produzione alimentare, cellulosa e carta) hanno aumentato le proprie emissioni. Nel 2009 si è verificata una riduzione complessiva delle emissioni per tutti i settori a causa degli effetti della recessione economica. La tendenza all'aumento delle emissioni di CH_4 negli ultimi anni soprattutto per l'industria alimentare è guidata dall'aumento della biomassa utilizzata come combustibile.

3.3.3 Trasporti

In Italia, le emissioni dei trasporti sono aumentate del 10.2% dal 1990 al 2024. Nonostante i progressi degli ultimi anni, il settore presenta ancora criticità rilevanti, tra cui intermodalità limitata, carenze infrastrutturali, inefficienze, aspetti di sicurezza e barriere socioculturali, oltre a persistenti sfide di sostenibilità. Nel 2024, i trasporti hanno contribuito al 31.2% delle emissioni totali di gas serra, con il trasporto stradale come principale responsabile (92.7% del settore), come illustrato nella Figura 3.11.

Figura 3.11 - Ripartizione percentuale delle emissioni di gas climalteranti dai trasporti in Italia nel 2024



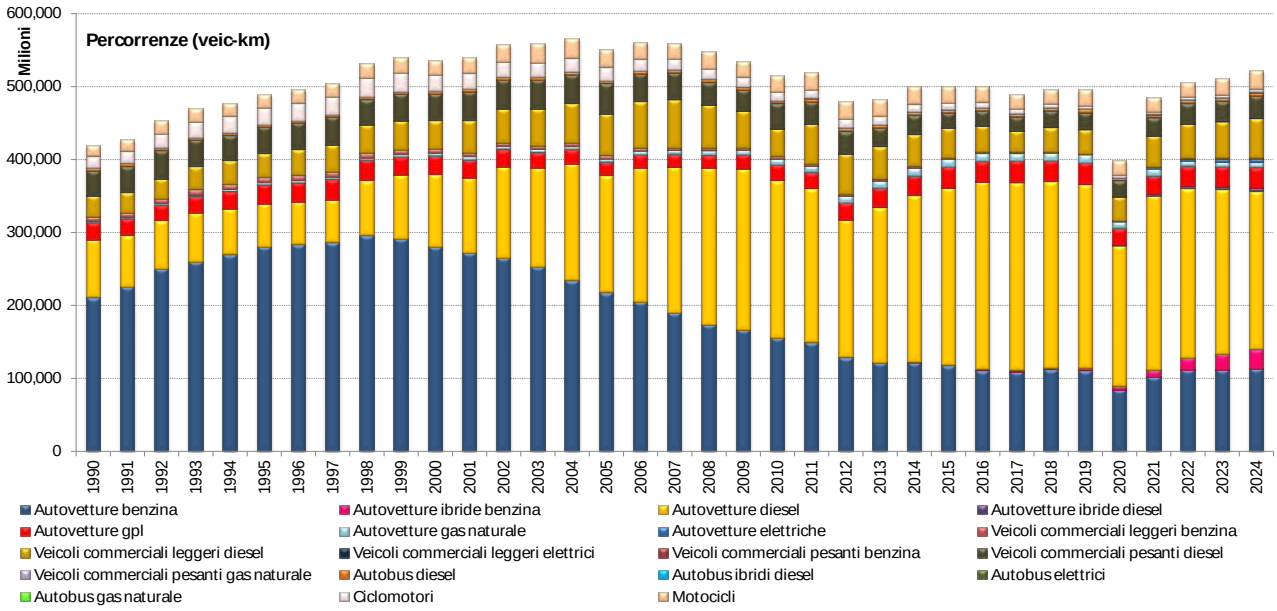
Coerentemente con la classificazione IPCC, in "Ferrovie" sono considerate le tratte non elettrificate e in "Altro trasporto" le pipelines per il trasporto gas

L'impatto emissivo è legato alla dimensione e composizione del parco veicolare stradale italiano, che oltre ad aver registrato negli anni una notevole espansione, è tuttora caratterizzato da veicoli ad alimentazione tradizionale, fondamentalmente benzina e gasolio.

Con riferimento al parco autovetture circolante, si assiste negli anni, infatti, ad un progressivo aumento dell'utilizzo del numero di mezzi alimentati a gasolio, congiuntamente alla riduzione delle percorrenze e dei consumi delle autovetture a benzina, per le quali tuttavia si stima una ripresa negli ultimi anni. Dal 2022 al 2023, in particolare, si stima un aumento dei consumi di benzina e una riduzione dei consumi di gasolio su strada, infine nel 2024 si assiste ad un aumento del consumo su strada per entrambi i carburanti. Nel 2024 si stima per le autovetture che circa l'82.2% delle percorrenze totali sia effettuato da veicoli ad alimentazione tradizionale (28.2% benzina e 54.1% gasolio), il 7.0% da quelli ad alimentazione gpl, l'1.8% da autovetture alimentate a gas naturale, il 6.7% delle percorrenze da autovetture ad alimentazione ibrida benzina-elettrico e lo 1.2% da alimentazione ibrida gasolio-elettrico, infine l'1.1% da autovetture elettriche[18] (figura 3.12). Nel 1990 il peso delle percorrenze dei veicoli commerciali diesel sul totale veicoli merci è pari al 91.4%, nel 2024 è pari al 97.3%. Riguardo al trasporto passeggeri, si stima che il peso delle percorrenze relativo all'alimentazione a gasolio sia pari a 23.8% e 50.9% rispettivamente nel 1990 e 2024. Il parco dei veicoli a due ruote (ciclomotori e motocicli) ha registrato una significativa espansione, raggiungendo nel 2024 circa 10.7 milioni di unità circolanti.

[18] Stime aggiornate al 2024 tramite il modello COPERT (EMISIA SA, 2024), sulla base dei dati sul parco circolante di fonte Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2025.

Figura 3.12 - Evoluzione delle percorrenze su strada in Italia dal 1990 al 2024[19]

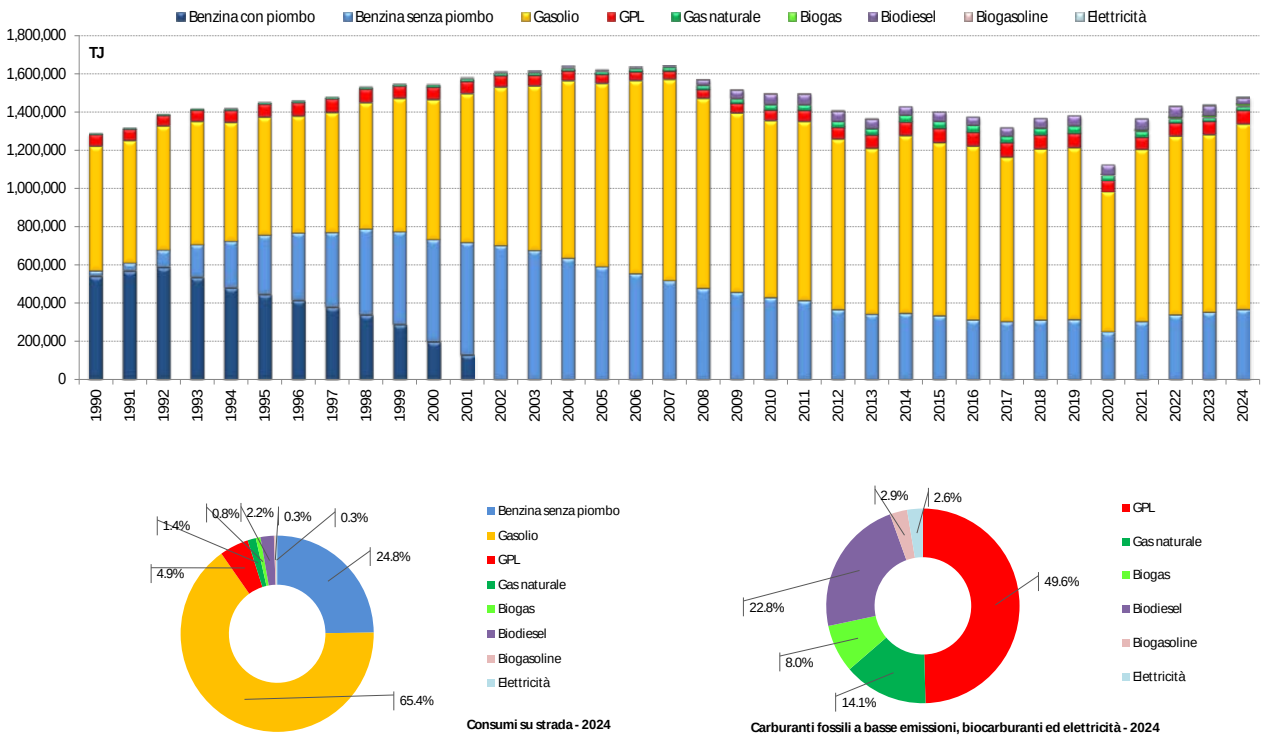


Le alimentazioni tradizionali risultano ancora preponderanti[20] nel trasporto su strada; si registra sia una decrescita del consumo di benzina ed aumento del consumo di gasolio, che una crescita relativa del consumo da alimentazioni alternative (figura 3.13).

[19] la classificazione veicolare fa riferimento al modello COPERT (EMISIA SA, 2024), sulla base dei dati sul parco circolante relativi alla serie storica 1990 - 2024, di fonte ACI, ANCMA, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

[20] Stime di consumo alla base dell'Inventario nazionale ISPRA delle emissioni in atmosfera, elaborate a partire dai dati derivanti da Eurostat e dal Bilancio Energetico Nazionale di fonte Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica, Ministero delle imprese e del made in Italy, anni vari.

Figura 3.13 - Evoluzione dei consumi su strada in Italia dal 1990 al 2024



Consumi su strada - 2024

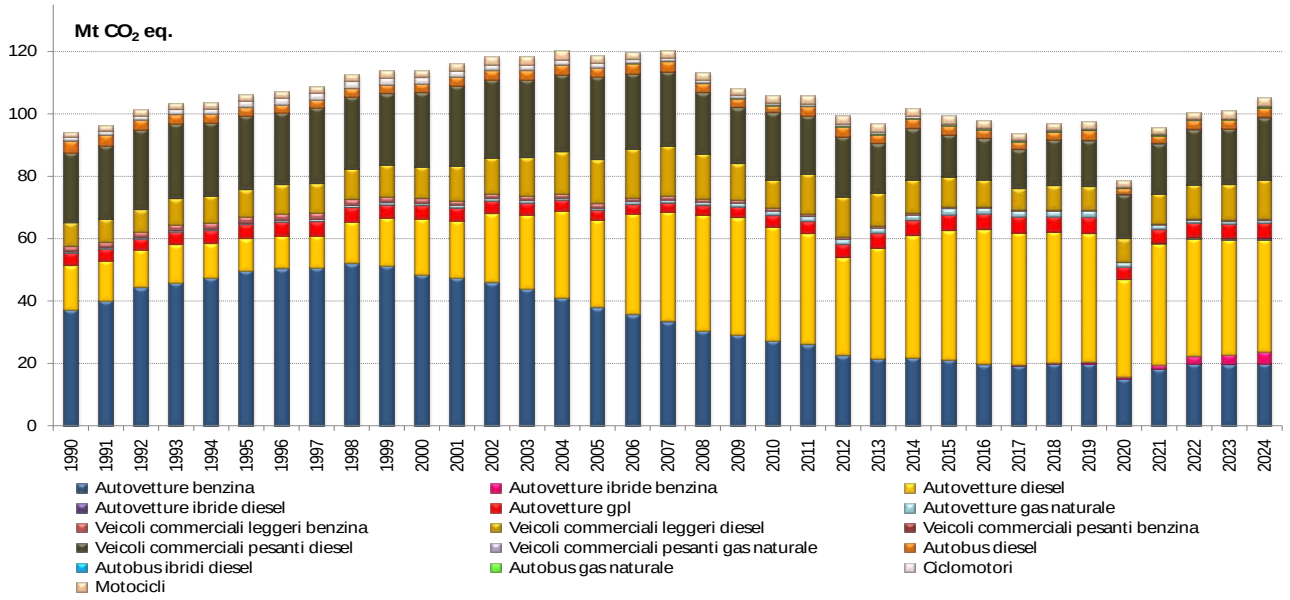
Carburanti fossili a basse emissioni, biocarburanti ed elettricità - 2024

Dal 1990 al 2024, le emissioni di gas serra dal trasporto su strada aumentano dell'11.7%, per molteplici fattori:

- una notevole crescita delle emissioni (+27.7%), dal 1990 al 2007, dovuta all'espansione della flotta veicolare, delle percorrenze e, quindi, dei consumi;
- una decrescita delle emissioni (-18.8%), dal 2007 al 2019 (nonostante alcune inversioni di tendenza registrate per gli anni 2014, 2018 e 2019), a causa sia della riduzione dei consumi e della mobilità dovuta alla crisi economica nel primo periodo, che alla penetrazione nel mercato, negli anni più recenti, di nuovi veicoli più efficienti dal punto di vista energetico;
- una decrescita delle emissioni (-19.4%), dal 2019 al 2020, dovuta alla brusca riduzione degli spostamenti per effetto della crisi pandemica;
- Le emissioni legate alla mobilità sono aumentate del 21.5% nel 2020-2021, con un successivo rallentamento della crescita (+5.0% nel 2021-2022, +0.5% nel 2022-2023, +4.1% nel 2023-2024), portando i valori complessivi al di sopra dei livelli pre-pandemici.

Le emissioni consistono fondamentalmente di anidride carbonica (99.1% nel 2024), gas il cui andamento è determinato dai consumi di combustibile; mentre le emissioni di metano e protossido di azoto, legate alle tecnologie veicolari, assumono pesi rispettivamente pari a 0.1% e 0.8% del totale dei gas serra emessi da trasporto stradale nel 2024.

Figura 3.14 - Emissioni di gas serra dal trasporto su strada in Italia dal 1990 al 2024 distinte per categoria veicolare e combustibile

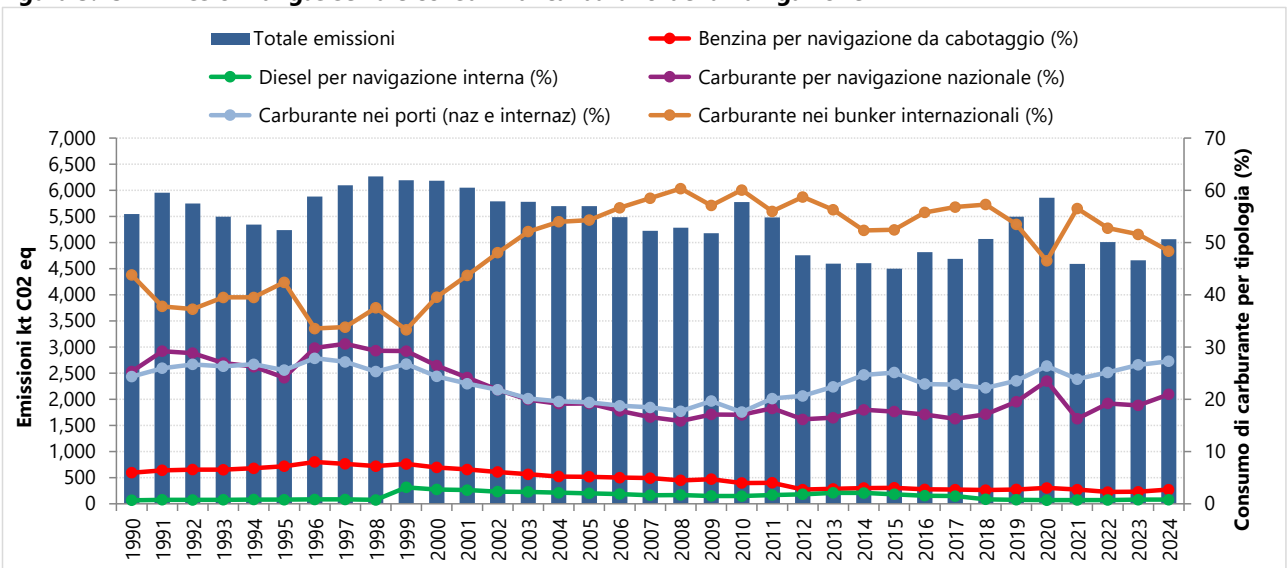


Dal 2007 in poi, la riduzione delle emissioni è più marcata per i veicoli merci che per i veicoli passeggeri, con una marcata riduzione nel 2020 per la crisi pandemica. Nel 2024 il peso delle emissioni dei veicoli passeggeri e merci sul totale è pari rispettivamente a 68.4% e 31.6%.

Nel 2024 la categoria che, nel complesso, pesa maggiormente sul totale dei gas serra emessi su strada, è quella dei veicoli diesel (68.0%), tra i quali il peso determinante, pari al 34.2% del totale nazionale su strada, è assunto dalle autovetture diesel (figura 3.14). I veicoli alimentati a benzina emettono nel 2024 il 21.9% dei gas serra totali (dalle autovetture a benzina deriva il 18.9% del totale emesso su strada). Infine, dai veicoli alimentati a gpl, gas naturale, ibridi benzina ed ibridi diesel si origina rispettivamente il 4.6%, 1.2%, 3.7% e lo 0.6% del totale emesso su strada.

Nel 2024 le emissioni della navigazione marittima, pari al 4,5% dei gas serra complessivi del settore trasporti, risultano inferiori dell'8,6% rispetto ai livelli del 1990. L'andamento nel lungo periodo evidenzia una crescita iniziale fino al picco del 1998, seguita da una progressiva diminuzione, con una temporanea inversione di tendenza nel biennio 2010-2011. Tra il 2012 e il 2017 le emissioni si mantengono su livelli pressoché stabili, per poi aumentare nel triennio 2018-2020. Negli anni successivi si osservano fluttuazioni attorno a un valore medio di circa 4.830 kt di CO_2 equivalente annue (fig. 3.15).

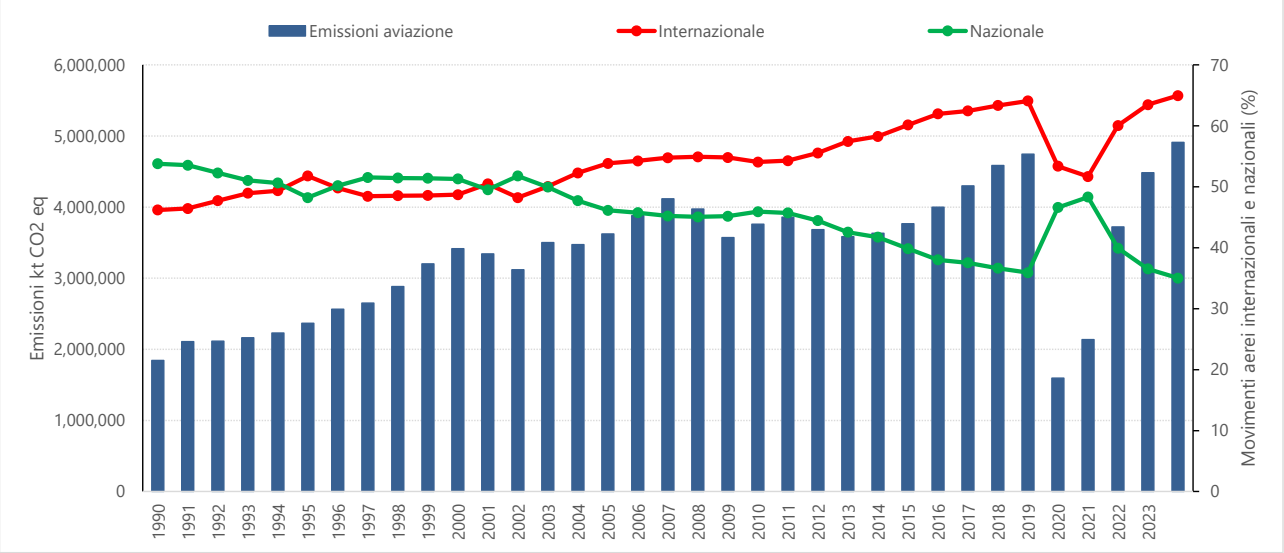
Figura 3.15 - Emissioni di gas serra e consumi di carburanti della navigazione



La metodologia IPCC richiede la stima delle emissioni per l'aviazione internazionale e nazionale, includendo le stime sia per la fase di crociera che le fasi di decollo e atterraggio. Le emissioni dal traffico internazionale sono incluse come annotazioni, ma non sono incluse nei totali nazionali. L'aviazione civile contribuisce prevalentemente nelle emissioni di CO_2; il contributo delle emissioni di CH_4 e N_2O è trascurabile. Nel 2024 le emissioni totali di gas serra da questo settore sono state circa il 2.1% del totale delle emissioni dal settore dei trasporti e circa lo 0.7% del totale dei gas serra nazionali.

Nel 2024 le emissioni risultano nettamente superiori rispetto ai livelli del 1990, come evidenziato in figura 3.16. L'andamento mostra una crescita di lungo periodo interrotta bruscamente nel 2020 a causa della pandemia, che ha determinato un calo marcato ma temporaneo: negli anni successivi le emissioni sono infatti tornate rapidamente sui livelli pre-crisi. La pandemia ha inciso anche sulla struttura del traffico aereo. Nel 2021 la quota di voli nazionali ha raggiunto il 48% del totale, il valore più elevato dell'intera serie storica. Prima del 2020, il traffico domestico rappresentava poco più di un terzo dei movimenti ed era in progressiva diminuzione. Nel 2024, con il recupero completo dei volumi complessivi oltre i livelli pre-pandemia, la quota dei voli nazionali è scesa al 35%, segnando un ritorno alle dinamiche precedenti.

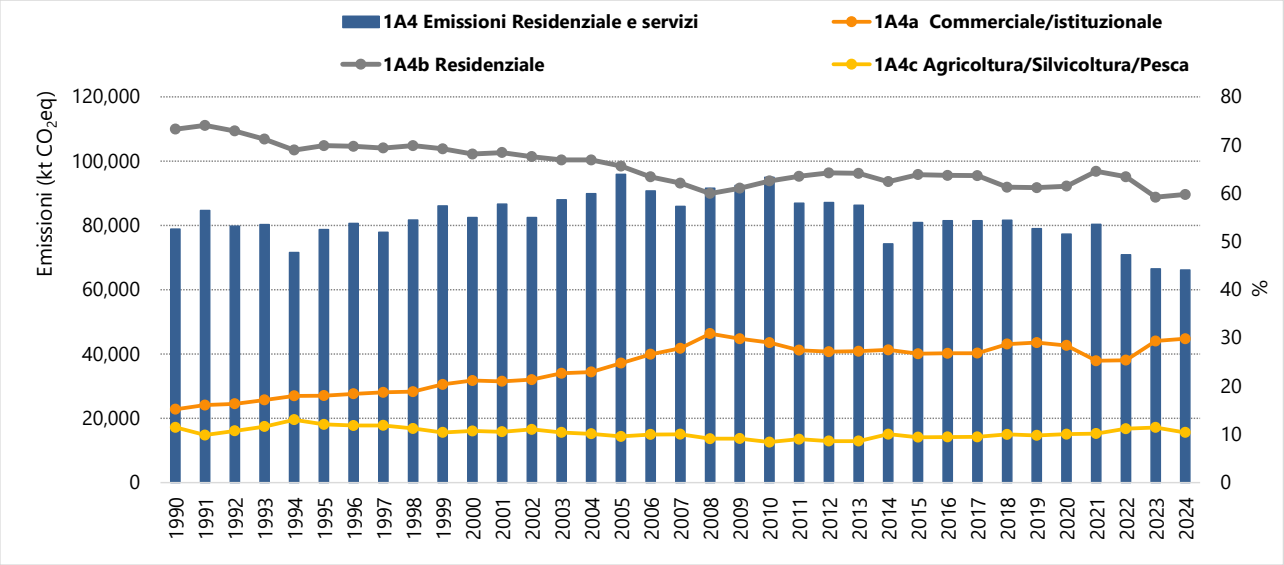
Figura 3.16 - Emissioni di gas serra e ripartizione del traffico aereo



3.3.4 Residenziale e altri settori

Tale categoria comprende le emissioni connesse all'utilizzo di energia nel settore civile, ovvero le emissioni dagli edifici utilizzati a scopo residenziale e da altri settori. Le emissioni della categoria costituiscono, in media, il 20.4% delle emissioni del settore Energia, considerando l'intero periodo 1990-2024. Nel 2020 tale contributo è salito fino al 26.2%; nel 2024 il contributo emissivo di tale categoria è sceso al 22.7%, a causa delle condizioni congiunturali (temperature e costi del gas elevati). In figura 3.17 sono riportate le emissioni delle categorie e la ripartizione percentuale tra le sottocategorie.

Figura 3.17 - Emissioni di gas serra del settore residenziale e servizi e ripartizione percentuale per tipologia

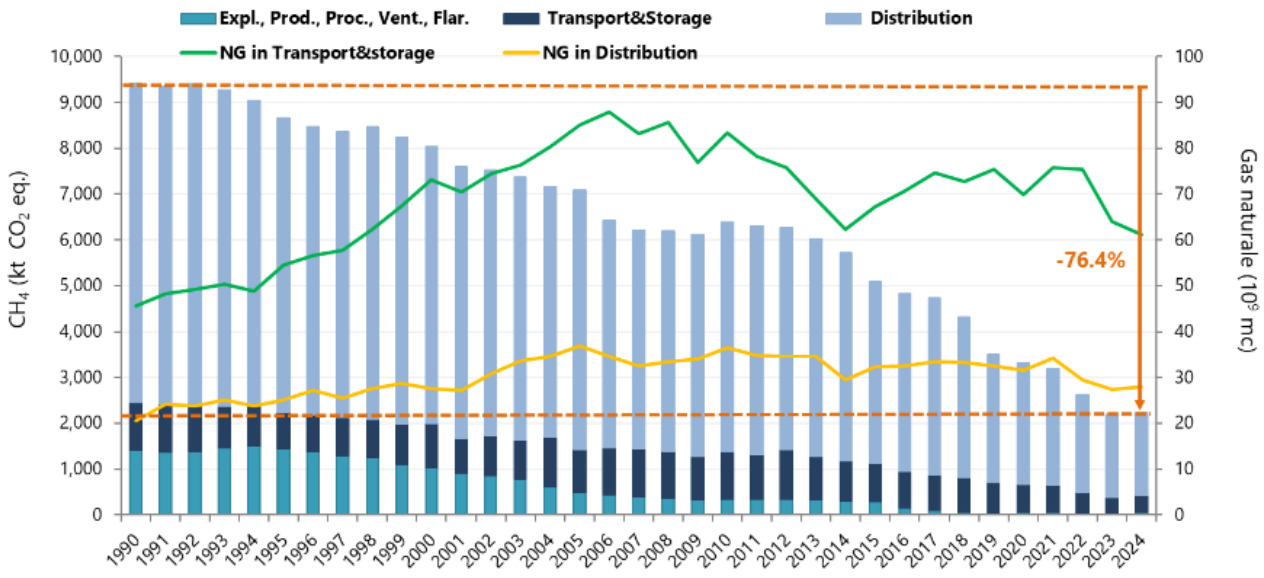


A livello assoluto, si nota una tendenziale complessiva stabilità del settore, che ha registrato il picco di emissioni nel 2010. Dal 2022 si nota una decisa diminuzione, causata, da motivi congiunturali legati alle temperature e ai costi del gas. A livello percentuale, il contributo del residenziale è maggioritario, essendo pari a circa il 66% in tutto il periodo (60% nel 2024). Segue il settore Commerciale/Istituzionale, cresciuto in maniera significativa negli anni, fino a costituire circa il 24% delle emissioni del settore (30% nel 2024). Infine, le attività collegate ai settori agricoltura/silvicoltura/pesca costituiscono circa il 10% delle emissioni, con modeste variazioni nel tempo.

3.3.5 Fuggitive

Trasporto, stoccaggio e distribuzione del gas naturale costituiscono le sorgenti principali di emissioni fuggitive, con la distribuzione nel ruolo dominante. Le emissioni fuggitive di gas serra costituiscono l'1.2% delle emissioni nazionali nel 2024 e sono rappresentate per il 62.3% da metano. Il metano ha un impatto climalterante 85 volte quello della CO_2 su un arco di 20 anni. Il rapido decadimento del metano e il suo elevato impatto sulla temperatura atmosferica lo rendono un obiettivo primario per intervenire in maniera tempestiva ed efficace sui cambiamenti climatici. Per questo motivo è utile concentrare l'attenzione sulle principali sorgenti emissive di metano, che per le emissioni fuggitive sono rappresentate dalla filiera del gas naturale. Le emissioni di metano da questa filiera rappresentano, nel 2024, il 5.1% delle emissioni nazionali di metano e l'80.2% delle emissioni fuggitive. Le emissioni fuggitive totali registrano una riduzione del 72.8% dal 1990, mentre quelle della filiera del gas naturale diminuiscono del 76.4%, soprattutto in seguito ai numerosi interventi di miglioramento della rete di trasporto e distribuzione. In particolare, fin dagli anni '90 si registra la sostituzione del materiale della rete di distribuzione caratterizzato da elevati fattori di emissione (ghisa grigia con giunti in canapa e piombo) con materiali caratterizzati da minori fughe. Inoltre, è sempre più estesa la rete in acciaio con protezione catodica efficace per la prevenzione della corrosione delle condotte. Tali interventi hanno determinato la riduzione delle emissioni di metano dalla filiera del gas naturale dal 1990 al 2024 a fronte di un incremento del gas trasportato del 33.7% e distribuito del 35.1% nello stesso periodo. Il gas naturale distribuito soddisfa la domanda delle utenze del settore civile e della piccola industria, mentre le grandi utenze industriali sono direttamente servite dalla rete di trasporto.

Figura 3.18 - Emissioni di CH_4 nelle sorgenti della filiera del gas naturale, gas naturale immesso in rete (trasporto) e distribuito



Le principali sorgenti, trasporto-stoccaggio e distribuzione, registrano riduzioni delle emissioni dal 1990 al 2024 rispettivamente del 66.1% e 74.2%. Nella sorgente trasporto-stoccaggio sono considerate le perdite per trasporto, stoccaggio e rigassificazione del gas naturale liquefatto. I fattori di emissione per unità di gas movimentato mostrano una continua diminuzione dal 1990 al 2024 (-74.6% per il trasporto e -80.9% per la distribuzione), espressione del miglioramento delle prestazioni della rete di trasporto e di distribuzione. Il fattore di emissione nella sorgente trasporto-stoccaggio è circa un ordine di grandezza inferiore rispetto al fattore di emissione nella distribuzione, e dimostra che l'assetto della rete per la soddisfazione della domanda di gas naturale è un fattore di cruciale importanza per la riduzione delle emissioni fuggitive nella filiera del gas naturale. Inoltre, la rilevanza delle emissioni dalla distribuzione, 80.9% delle emissioni di metano dalla filiera del gas naturale, fa di questa sorgente il principale obiettivo per futuri interventi di riduzione delle emissioni fuggitive.

3.4 Il settore Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU)

Le emissioni complessive del settore dei processi industriali, nel 2024 sono scese del 47% rispetto al 1990. L'andamento è determinato prevalentemente dalla forte riduzione delle emissioni di protossido di azoto, N_2O, nell'industria chimica, grazie all'adozione di tecnologie di abbattimento delle emissioni nella produzione dell'acido nitrico e acido adipico ma anche dalla riduzione delle principali produzioni nell'industria dei prodotti minerali e dei metalli, soprattutto il cemento. Tutte le principali categorie sorgenti di questo macrosettore hanno emissioni in calo nel periodo osservato, ad eccezione delle applicazioni dei gas fluorurati ad effetto serra che mostrano, in controtendenza, un andamento crescente guidato dalla domanda di F-gas nei settori della refrigerazione e del condizionamento (tabella 3.4 e figura 3.19).

Tabella 3.4 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore IPPU

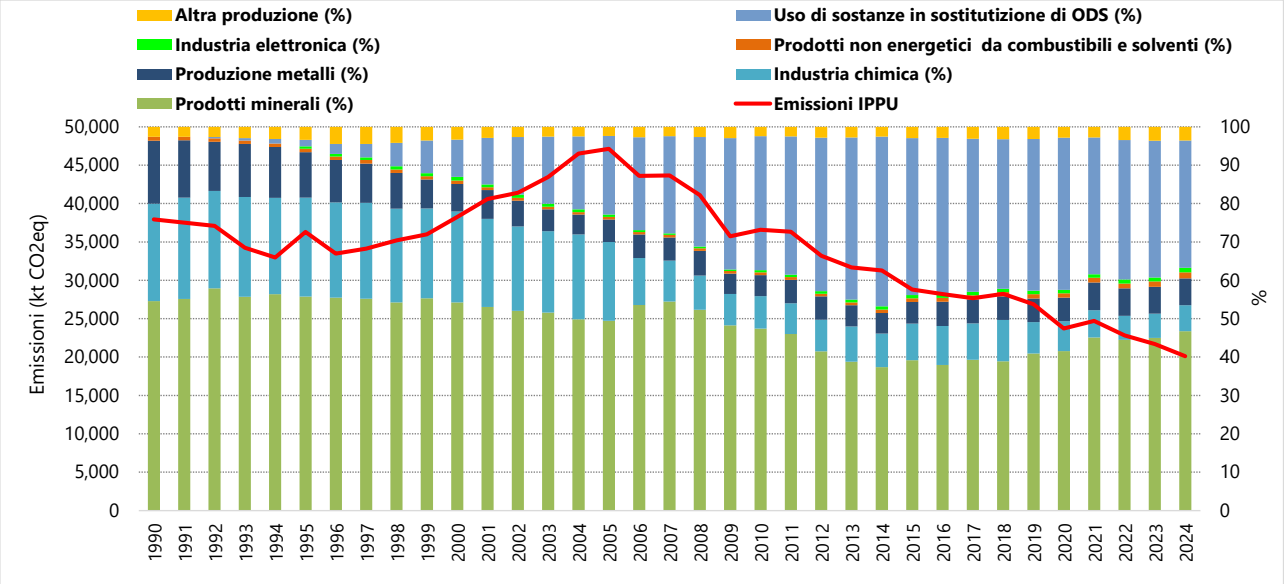
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
	Mt CO_2 equivalente										
Prodotti minerali	20.7	20.2	20.7	23.3	17.3	11.3	9.9	11.1	10.2	9.8	9.4
Industria chimica	9.6	9.4	9.0	9.7	3.1	2.7	1.8	1.8	1.4	1.4	1.4
Produzione metalli	6.2	4.3	2.8	2.8	2.0	1.6	1.5	1.8	1.6	1.5	1.4
Prodotti non energetici da combustibili e solventi	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
	Mt CO_2 equivalente										
Industria elettronica	0.0	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Uso di sostanze in sostituzione di ODS	0.0	0.6	3.7	9.6	12.8	11.8	9.4	8.8	8.3	7.7	6.7
Altra produzione	1.0	1.2	1.3	1.1	0.9	0.9	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7
Totale settore IPPU	**37.9**	**36.3**	**38.2**	**47.1**	**36.6**	**28.8**	**23.7**	**24.7**	**22.8**	**21.7**	**20.1**

** Ozone Depleting Substances (sostanze lesive dello strato di ozono stratosferico)*

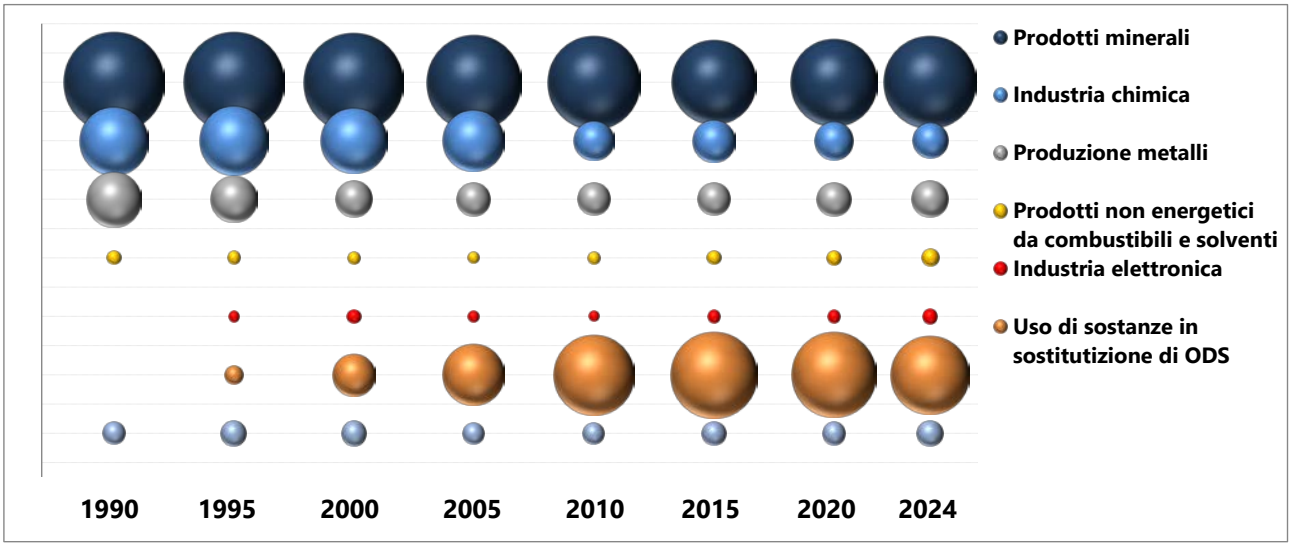
Anche nella produzione di metalli si è registrata una diminuzione delle emissioni di gas serra (tabella 3.4) a cui ha contribuito in particolare la produzione di alluminio primario. Grazie alla dismissione degli impianti obsoleti e al loro rimpiazzo con tecnologie più moderne, le emissioni di PFC derivanti da questa fonte sono progressivamente diminuite. Inoltre, a partire dal 2013, la chiusura dello stabilimento Alcoa di Portovesme ha portato all'azzeramento sia della produzione che delle emissioni di CF_4 e C_2F_6.

Figura 3.19 - Emissioni di gas serra del settore IPPU e ripartizione nelle sottocategorie



La figura 3.20 mostra, attraverso un grafico a bolle, l'evoluzione temporale del peso percentuale di ciascuna categoria emissiva del settore IPPU. Questa rappresentazione consente di valutare facilmente il contributo relativo delle diverse categorie negli anni considerati e nell'intero periodo analizzato.

Figura 3.20 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore IPPU



L'unica categoria del settore IPPU che registra un incremento delle emissioni di gas serra nel periodo 1990-2024 è quella relativa all'uso di sostanze in sostituzione di ODS[21] (da 0.1 Mt CO_2eq. nel 1992 a 6.7 Mt CO_2eq. nel 2024) nei settori della refrigerazione, del condizionamento, dell'antincendio, degli aerosol e delle schiume (tabella 3.4). Le emissioni complessive da questi settori in realtà hanno raggiunto il picco nel 2014 con 13.8 Mt CO_2eq, per poi decrescere progressivamente fino al 2024, in virtù dell'implementazione dei diversi Regolamenti sugli F-gas che si sono succeduti negli anni e che hanno determinato la progressiva riduzione e/o la sostituzione dei gas a maggior potere climalterante con sostanze a minor o nullo effetto serra. Infatti, fino a circa la metà degli anni '90, questi settori impiegavano i clorofluorocarburi (CFC) e gli idroclorofluorocarburi (HCFC), sostanze lesive per lo strato dell'ozono oltreché sostanze climalteranti. Con l'entrata in vigore nel 1989 del Protocollo di Montreal volto a contrastare la riduzione dello strato di ozono, è stata imposta la progressiva riduzione fino al totale abbandono della produzione e dell'uso dei CFC e degli HCFC. Queste sostanze sono state progressivamente sostituite dagli idrofluorocarburi (HFC) che, pur non essendo lesivi per lo strato di ozono, possiedono un elevato potenziale di riscaldamento globale (GWP). L'aumento della produzione e del consumo degli HFC ha determinato contestualmente l'incremento delle emissioni di questi gas. Per evitare che le sostanze ODS continuassero ad essere sostituite da sostanze con elevato potere climalterante, l'Emendamento di Kigali al Protocollo di Montreal, approvato nel 2017, ha comportato l'adozione di provvedimenti che impongono la progressiva riduzione di produzione e consumo degli HFC. L'Unione Europea, quindi anche l'Italia, è risultata sin da subito in linea con gli obiettivi di Kigali, avendo adottato già negli anni precedenti una severa politica di riduzione degli HFC, prima con il Regolamento CE 842/2006[22], poi con il Regolamento (UE) 517/2014 (Regolamento F-gas), abrogato nel 2024 dall'adozione del Regolamento (UE) 2024/573 sui gas fluorurati a effetto serra, che impone l'obbligo di eliminare gradualmente i gas fluorurati aventi impatto climalterante incentivando l'utilizzo di gas refrigeranti naturali e a basso impatto climatico, con l'obiettivo di eliminare il consumo degli F-gas al 2050. Tra le novità previste dal citato Regolamento vi sono nuovi limiti di immissione in commercio per apparecchiature contenenti HFC con GWP pari o superiori a valori specifici, norme più stringenti per la gestione, l'uso, il recupero e la distruzione dei gas fluorurati a effetto serra, nuovi e più severi requisiti in materia di certificazione delle persone e delle imprese che svolgono attività di installazione, manutenzione e riparazione delle apparecchiature contenenti HFC, e norme in materia di comunicazione e raccolta dati sulle emissioni. A differenza del precedente, il nuovo Regolamento inoltre prevede che gli aerosol medicali vengano conteggiati all'intero del sistema delle quote degli HFC.

[21] ODS: *ozone depleting substances* (sostanze lesive dello strato di ozono). Si tratta di gas fluorurati (F-gas) che appartengono a diverse categorie: idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC), esafluoruro di zolfo (SF_6) e trifluoruro di azoto (NF_3).

[22] Il Regolamento CE 842/2006 è il primo provvedimento comunitario finalizzato a contenere, prevenire e ridurre le emissioni di gas fluorurati ad effetto serra

I divieti di immissione in commercio di determinate apparecchiature contenenti HFC con GWP superiori a determinate soglie, hanno principalmente come effetto la penetrazione nel mercato, nel lungo periodo, di refrigeranti a bassissimo o nullo effetto serra (refrigeranti naturali, come idrocarburi e CO_2) o refrigeranti sintetici come le idrofluoroolefine (HFO). Il processo di sostituzione degli HFC con questi gas alternativi ha coinvolto tutti i settori, seppur con tempi e modalità differenti legati alle peculiarità di ciascuno di essi e alle differenti criticità in termini di sicurezza che il passaggio all'uso di sostanze alternative pone.

Nello specifico e con riferimento alle tendenze delle categorie sopra menzionate è possibile notare che:

- le emissioni dal settore della refrigerazione stazionaria (commerciale, industriale e domestica) passano da 0.13 Mt CO_2eq. nel 1995, a 7.15 nel 2014 per poi diminuire progressivamente fino a 2.78 Mt CO_2eq nel 2024. Il settore nel 2024 rappresenta il 41.7% delle emissioni complessive della categoria (*uso di sostanze in sostituzione di ODS)*.
- le emissioni dal settore dei trasporti refrigerati aumentano progressivamente dalla metà degli anni 90 al 2007 quando raggiungono il valore massimo di 0.96 Mt CO_2eq; dal 2007 iniziano a diminuire e nel 2024 sono pari a 0.25 Mt CO_2eq.
- le emissioni dal settore del condizionamento passano dal valore nullo nel 1995 a 2.05 Mt CO_2eq. nel 2024, con un contributo del 30.7% alle emissioni complessive della categoria.
- le emissioni dal settore antincendio passano da 0.02 Mt CO_2eq. nel 1995 a 0.52 Mt CO_2eq. nel 2024 rappresentando il 7.7% delle emissioni complessive della categoria ODS.
- le emissioni dal settore del *Mobile Air Conditioning* (MAC), nulle nel 1990, aumentano costantemente fino al 2009, con un massimo di 2.07 Mt CO_2eq, per poi decrescere progressivamente fino al 2024 quando sono pari a 0.54 Mt CO_2 eq.
- le emissioni dal settore delle schiume sono nulle nel 1995 e pari a 0.34 Mt CO_2eq nel 2024, registrando comunque un calo a partire dal 2014, anno in cui si registra il valore massimo di 0.53 Mt CO_2eq.
- le emissioni dal settore degli aerosol nel 2024 sono pari a 0.19 Mt CO_2eq.

Le emissioni di HFC non dipendono dai consumi annuali di gas, ma dallo stock di refrigerante, ossia dai gas contenuti nel parco macchine già installato, nelle nuove apparecchiature immesse nel mercato e da quelli usati per i rabbocchi. Pertanto, nonostante il calo dei consumi dovuto ai Regolamenti F-gas che si sono succeduti nel tempo, le emissioni continuano a crescere, mostrando un ritardo nella riduzione effettiva.

3.5 Il settore Agricoltura

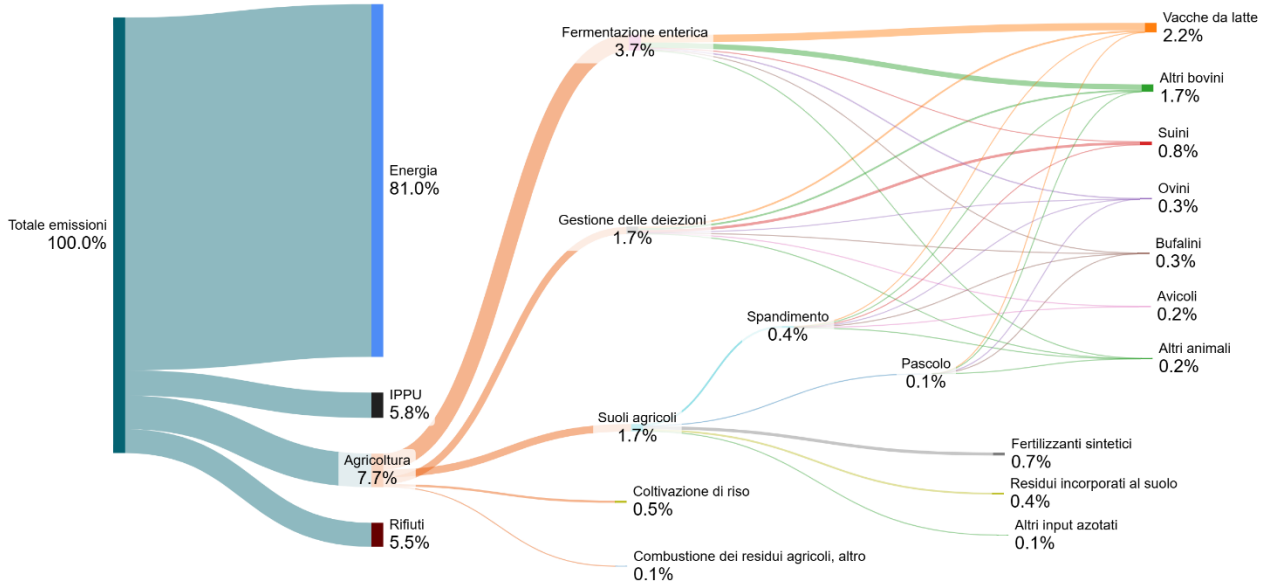
Il settore agricoltura, che contribuisce a circa il 7.7% delle emissioni totali nel 2024, registra un calo delle emissioni di gas serra pari a -22.3% dal 1990 (tabella 3.5), principalmente a causa della riduzione del numero dei capi, delle superfici e produzioni agricole, della riduzione dell'uso dei fertilizzanti sintetici e dei cambiamenti nei metodi di gestione delle deiezioni. La forte riduzione delle emissioni di N_2O e CO_2 nel 2022 è dovuta in particolare alla riduzione del dato sui fertilizzanti sintetici elaborato dall'ISTAT. I dati si riferiscono alle quantità vendute nel Paese, che si ipotizza siano distribuite sui suoli agricoli. Secondo Assofertilizzanti-Federchimica[23], i dati del 2022 sono inferiori alla media annuale (per azoto, fosforo e potassio) perché seguono un biennio in cui le quantità acquistate sono aumentate e si riferiscono a un anno in cui gli alti prezzi di mercato hanno spinto gli operatori a ritardare gli acquisti in previsione di un calo dei prezzi, evento che si è effettivamente verificato nel 2023.

Tabella 3.5 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore Agricoltura

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
	Mt CO_2 equivalente										
Fermentazione enterica	17.2	16.8	16.6	14.5	14.1	14.3	14.8	14.7	14.5	14.3	13.5
Gestione delle deiezioni	8.4	8.0	7.9	7.8	7.5	6.9	6.6	6.5	6.5	6.5	6.0
Coltivazione di riso	2.1	2.2	1.9	2.1	2.3	1.9	1.7	1.7	1.5	1.5	1.8
Suoli agricoli	7.9	8.5	8.3	8.0	6.5	6.5	7.2	6.9	5.6	6.5	6.3
Combustione dei residui agricoli, emissioni di CO_2 da applicazione di urea e carbonati	0.5	0.6	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5
Totale settore Agricoltura	**36.0**	**36.1**	**35.3**	**33.0**	**30.8**	**30.2**	**30.9**	**30.2**	**28.3**	**29.3**	**28.0**

La gestione degli allevamenti rappresenta il peso maggiore in termini emissivi del settore agricoltura, contribuendo con circa il 76% di emissioni (pari al 5.9% rispetto al totale nazionale delle emissioni di gas serra). Le emissioni generate dagli allevamenti derivano dalla fermentazione enterica delle razioni nell'apparato digerente del bestiame, e, in particolare, dei ruminanti, dalla gestione delle deiezioni negli stoccaggi, dallo spandimento e dalla deposizione al pascolo dei reflui zootecnici. In figura 3.21 è rappresentato il contributo delle categorie emissive del settore agricoltura e il peso delle diverse categorie animali rispetto alle emissioni totali del 2024.

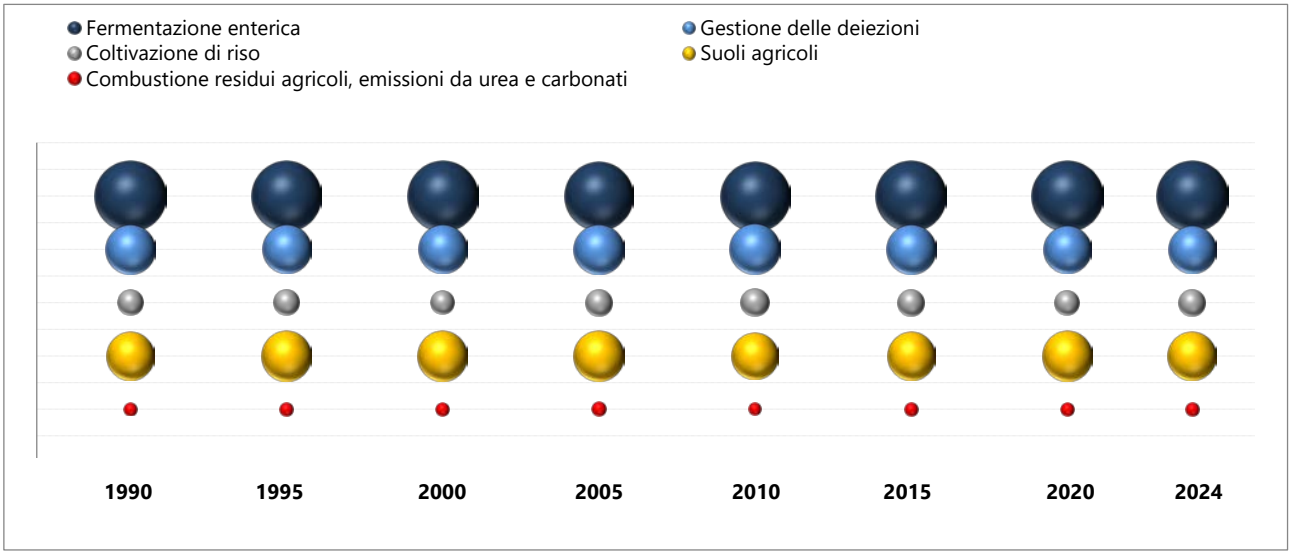
Figura 3.21 - Ripartizione percentuale delle emissioni del settore agricoltura nel 2024



[23] Federchimica è l'Associazione Nazionale dell'Industria Chimica e Assofertilizzanti rappresenta le imprese di produzione dell'industria dei fertilizzanti.

Uno dei principali driver di riduzione delle emissioni dovute agli allevamenti (scese del 24% rispetto al 1990) è la riduzione del numero dei capi e in particolare dei bovini: tra il 1990 e il 2024 le consistenze si sono ridotte del 31% (passando da 7.8 a 5.3 milioni di capi), in particolare le vacche da latte sono diminuite del 42% e gli altri bovini sono scesi del 25%. Considerando la categoria dei suini, che insieme ai bovini rappresenta circa l'80% delle emissioni di gas serra dovute agli allevamenti, i capi sono diminuiti complessivamente rispetto al 1990 del 7% (determinato da una riduzione sia degli altri suini del 7%, inclusi i suinetti minori di 20kg, sia delle scrofe dell'8%), per raggiungere 7.8 milioni di capi nel 2024. Rispetto al 2005 invece, il numero dei capi bovini si è ridotto del 15%, come pure la consistenza dei suini. Nella figura seguente sono riportati i pesi delle categorie emissive del settore, che non hanno subito rilevanti variazioni negli anni (figura 3.22).

Figura 3.22 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore agricoltura



Consideriamo ora le sorgenti emissive più significative del settore agricoltura. Per quanto riguarda il metano derivante dalla fermentazione enterica (che rappresenta circa il 48% delle emissioni totali del settore agricoltura), le emissioni nel 2024 rispetto al 1990 si riducono del 21% (e del 7% rispetto al 2005). Tale andamento è determinato per lo più dalle emissioni dei bovini (che rappresentano quasi l'80% delle emissioni enteriche), che sono diminuite rispetto del 26% rispetto al 1990 così come le emissioni degli ovini (che si sono ridotte del 31%, a fronte di una riduzione del numero di capi del 38%) e da un aumento delle emissioni dei bufalini (il cui numero di capi, nel periodo considerato, quintuplica). Le emissioni dei bovini sono determinate da una riduzione del numero di capi e da una variazione del fattore di emissione, che per gli altri bovini scende del 3%, mentre per le vacche da latte (che contribuiscono per il 46% alle emissioni enteriche), aumenta del 31% e dipende dall'andamento della produzione di latte. Osservando la serie storica, la produzione unitaria (espressa come kg di latte prodotto annualmente per vacca) è aumentata notevolmente nel tempo, a fronte di un aumento della produzione annua di latte e di una riduzione del numero di capi. Altro elemento da considerare è la qualità e quantità delle razioni ingerite. In merito alla qualità, nelle stime delle emissioni si assume che negli anni la digeribilità della razione sia migliorata (e ciò comporta meno emissioni di metano) in funzione della diversa produttività delle vacche da latte, in linea con quanto riportato nelle linee guida IPCC del 2019 (IPCC, 2019). La percentuale di vacche con alta produttività, che producono più di 8500 kg di latte a capo all'anno, stimata sulla base delle statistiche dell'AIA[24], è passata dal 45% all'82% tra il 2004 e il 2024.

Nel 2024, la gestione delle deiezioni è responsabile del 21% delle emissioni totali del settore agricoltura, di cui il 69% sono emissioni di metano (quasi il 90% delle emissioni sono determinate dagli allevamenti di bovini e suini) e il 31% di protossido di azoto (a cui contribuiscono per l'85% bovini, suini e avicoli). Dal 1990 al 2024, si è registrata una riduzione delle emissioni del 29% (e del 24% rispetto al 2005), determinata

[24] Associazione Italiana Allevatori http://bollettino.aia.it/

da una riduzione delle emissioni di metano del 23% e di quelle di protossido di azoto del 39%. Tale riduzione è dipesa dalla contrazione del numero di capi come anche dalla digestione anaerobica dei reflui zootecnici per la produzione di biogas, che si è diffusa in Italia a partire dal 2008 sulla spinta di un sistema incentivante per gli impianti non superiori ad 1 MW di potenza. Nel 2024, secondo i dati TERNA, sono quasi 2000 gli impianti alimentati con matrici organiche (da reflui zootecnici e da attività agricole e forestali), di cui ISPRA stima la quantità annua di reflui zootecnici avviati a digestione anaerobica, pari a circa 17 milioni di tonnellate nel 2024 (che rappresentano il 18% della produzione totale annua di deiezioni di bovini, suini e avicoli). Tramite la digestione anaerobica si evita la dispersione in atmosfera del metano, prodotto dalla decomposizione dei reflui zootecnici durante lo stoccaggio, che invece viene recuperato per produrre energia, riducendo inoltre le emissioni di protossido di azoto, dovute ai processi di nitrificazione e denitrificazione dell'azoto contenuto nei reflui zootecnici.

La diffusione di misure di riduzione delle perdite di azoto dei reflui zootecnici (sotto forma di NH_3) nelle stalle, negli stoccaggi e nella fase di spandimento ha contribuito anche alla riduzione delle emissioni indirette di N_2O derivanti dalla gestione delle deiezioni e dai suoli agricoli.

Nel 2024, il 23% delle emissioni del settore agricoltura è determinato dalle emissioni di N_2O dai suoli agricoli, generate dagli apporti azotati sui terreni agricoli. Tale percentuale è determinata dai seguenti contributi: l'applicazione dei fertilizzanti sintetici contribuisce per il 38%; il 26% deriva dall'apporto di azoto dei residui colturali interrati nei suoli agricoli; lo spandimento dei reflui zootecnici per il 22%; il 7% dal pascolo; il 5% da altri fertilizzanti organici; un restante 2% da altre fonti azotate ai suoli (suoli organici e applicazione sui suoli dei fanghi di depurazione delle acque reflue).

Le emissioni dovute all'applicazione dei fertilizzanti sintetici (che generalmente rappresenta la categoria più emissiva dei suoli agricoli) si sono ridotte del 37% rispetto al 1990 (considerando solo le emissioni dirette di N_2O), per via di una riduzione del consumo stimato di fertilizzanti sintetici. Nel 2022 si è verificato un calo "anomalo" delle emissioni, pari al 46% rispetto al 2021, ed è dipeso da una riduzione degli acquisti dei fertilizzanti sintetici da parte dei distributori di questi prodotti sul territorio nazionale (consorzi agrari e piccoli rivenditori, rilevati dai dati ISTAT), a causa dell'aumento dei prezzi, principalmente dovuto all'aumento del costo delle materie prime (gas naturale), che ad un'effettiva riduzione di utilizzo di questi prodotti sui suoli agricoli (con un probabile impiego delle scorte). Tale ipotesi è supportata dai dati sulla produzione agricola, che tra il 2022 e il 2021 è scesa complessivamente dell'8% (-11% se consideriamo solo i seminativi), e dall'impiego dei fertilizzanti organici, che è aumentato nel 2022 del 7% rispetto al 1990 e del 5% rispetto al 2021. Nel 2021 e 2022 c'è stata inoltre una flessione della produzione nazionale di ammoniaca e urea dovuta all'aumento del costo delle materie prime (gas naturale), che ha portato il principale produttore nazionale a sospendere la produzione per un certo periodo dell'anno.

Per completare la descrizione delle sorgenti emissive del settore, un ulteriore 6% è determinato dalla coltivazione del riso e il restante 2% deriva dalle emissioni di CO_2 dovute all'applicazione di urea e carbonati ai suoli e dalla combustione dei residui agricoli.

Per approfondimenti sui dati e sulle metodologie utilizzate per la stima delle emissioni del settore agricoltura si rimanda al capitolo 5 del National Inventory Document (NID) (ISPRA, 2026).

3.6 Il settore LULUCF

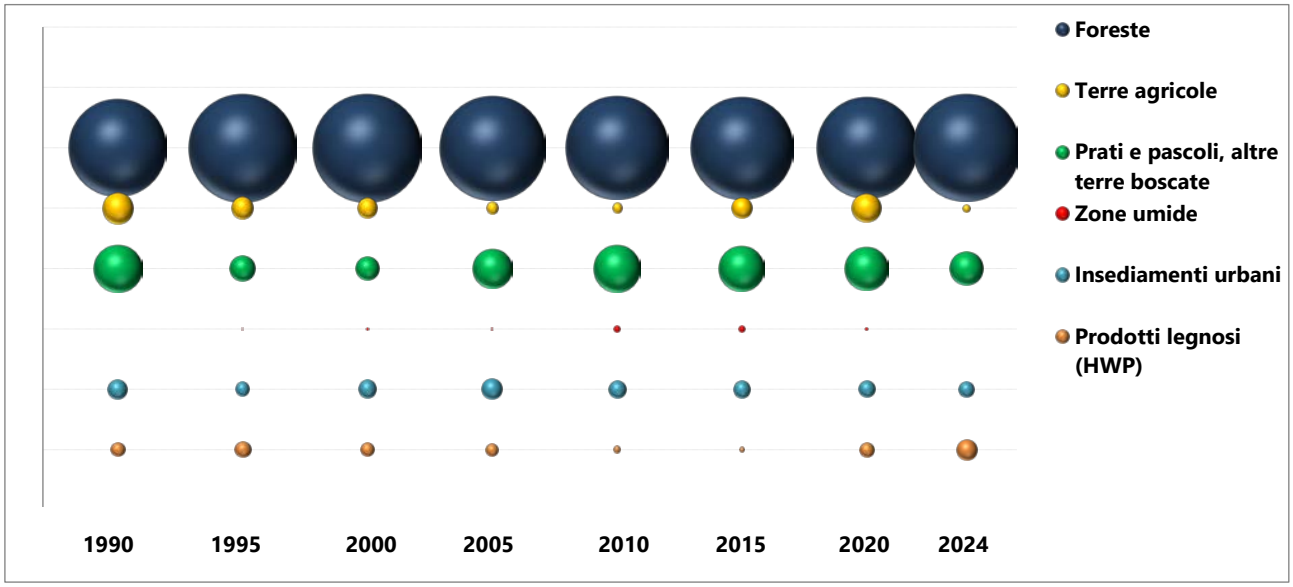
Il settore LULUCF (uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e selvicoltura) ha la capacità di generare degli assorbimenti di carbonio, contribuendo alla mitigazione dei cambiamenti climatici. Nel 2024 il settore è responsabile di assorbimenti netti pari a 64.1 Mt CO_2 eq. (tabella 3.6), principalmente grazie alle foreste ed ai prati, pascoli ed altre terre boscate, come mostrato in figura 3.23.

Tabella 3.6 - Assorbimenti ed emissioni di gas serra delle categorie del settore LULUCF

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
						Mt CO_2 equivalente					
Foreste	-20.3	-34.3	-29.9	-38.9	-40.1	-42.2	-40.0	-41.8	-43.6	-52.7	-57.8
Terre agricole	2.0	1.3	0.9	-0.5	0.3	1.7	3.2	1.5	1.5	1.4	0.2
Prati e pascoli, altre terre boscate	4.9	-1.9	-1.4	-5.6	-8.3	-8.3	-7.2	-4.3	-3.3	-5.8	-5.7
Zone umide	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	NO,NE	NO,NE	NO,NE	NO,NE
Insediamenti urbani	0.8	0.5	0.8	1.4	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
Prodotti legnosi (HWP)	-0.4	-0.7	-0.5	-0.5	-0.1	0.1	-0.8	-0.8	-0.5	-1.6	-2.0
Totale settore LULUCF	**-12.9**	**-35.0**	**-30.0**	**-44.1**	**-47.0**	**-47.4**	**-43.8**	**-44.3**	**-44.8**	**-57.6**	**-64.1**

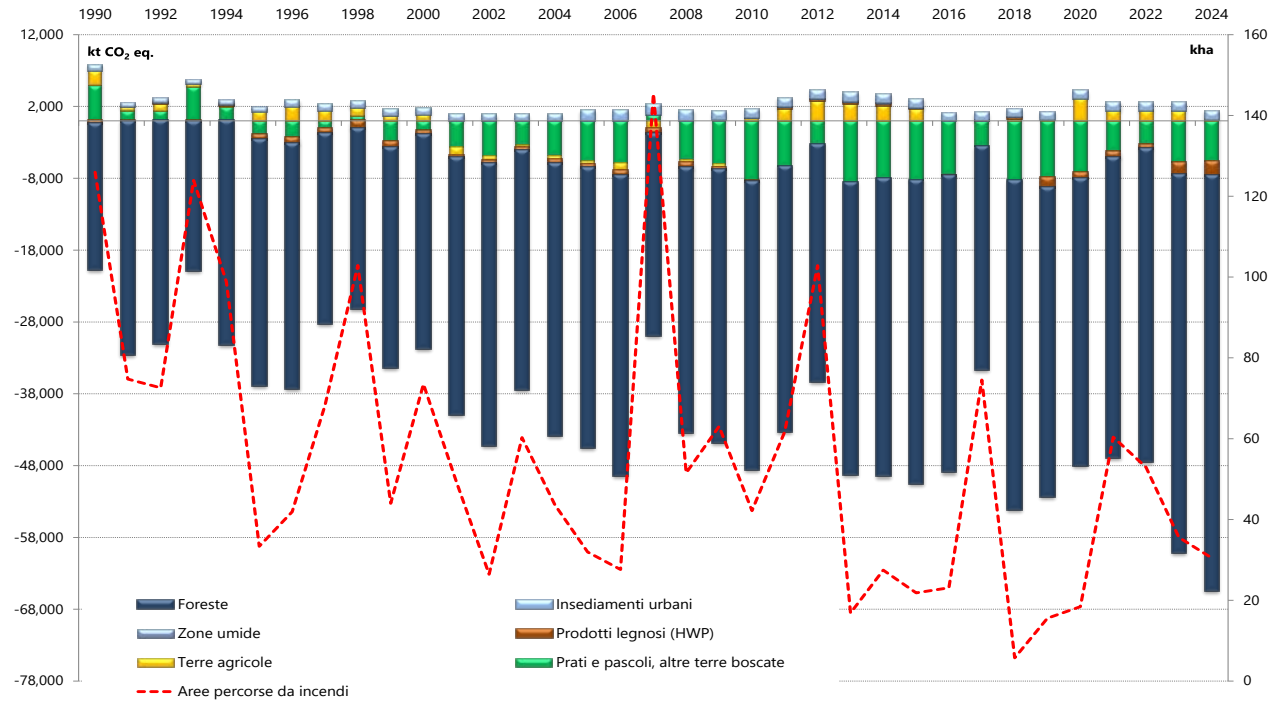
* Gli assorbimenti sono riportati con il segno (-) mentre le emissioni sono riportate con il segno (+)

Figura 3.23 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore LULUCF



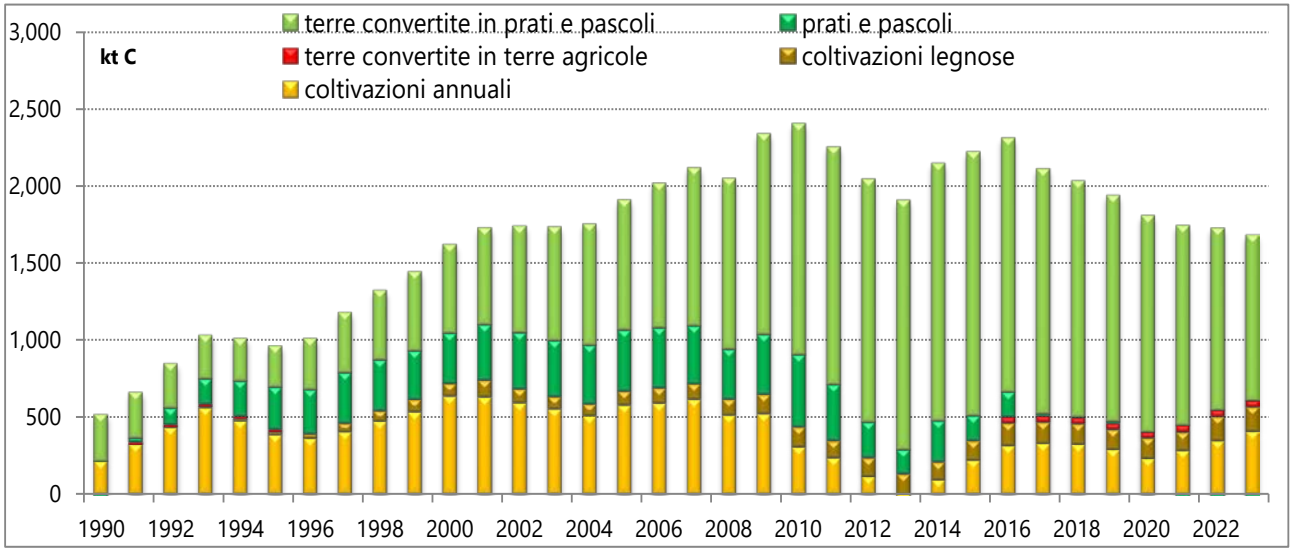
Gli assorbimenti totali del settore LULUCF mostrano un'elevata variabilità influenzata soprattutto dalle superfici percorse annualmente da incendi e dalle relative emissioni di gas serra, come è possibile notare in figura 3.24.

Figura 3.24 – Assorbimenti ed emissioni di gas serra del settore LULUCF ed aree percorse da incendi



Il consistente aumento degli assorbimenti di CO_2 è dovuto, essenzialmente, all'aumento della superficie forestale (+46.4% dal 1990) e dal conseguente aumento di sequestro di carbonio nella biomassa forestale. L'adozione di pratiche gestionali ambientalmente più favorevoli[25] ha permesso un aumento del carbonio sequestrato dai suoli delle terre agricole e dei prati e pascoli, come illustrato nella figura 3.25.

Figura 3.25 – Carbonio sequestrato dai suoli delle terre agricole e dei prati e pascoli



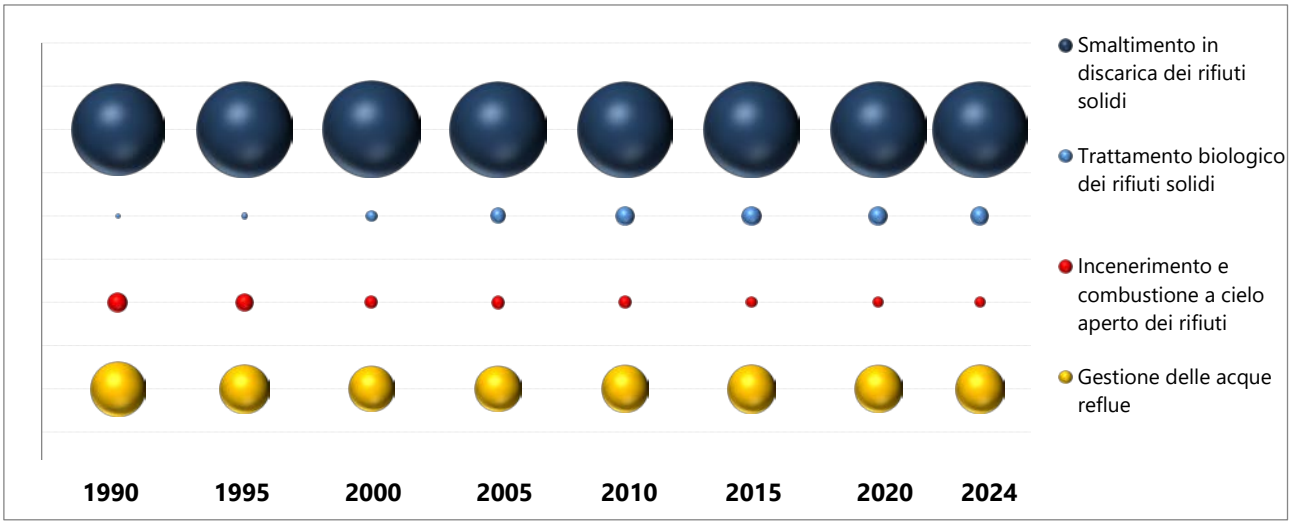
Informazioni dettagliate sono riportate nel National Inventory Document (NID) (ISPRA, 2026, cap. 6).

[25] gestione integrata, pratiche conservative, biologico, set-aside

3.7 Il settore Rifiuti

Il settore Rifiuti, che contribuisce con il 5.5% alle emissioni totali dei gas serra in Italia è responsabile di 20.0 $MtCO_2eq$ nel 2024, dovute principalmente alla gestione delle discariche (77.2%) ed al trattamento delle acque reflue (19.5%). In figura 3.26 è rappresentata la variazione, negli anni, del peso contributivo delle categorie emissive del settore Rifiuti.

Figura 3.26 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore Rifiuti



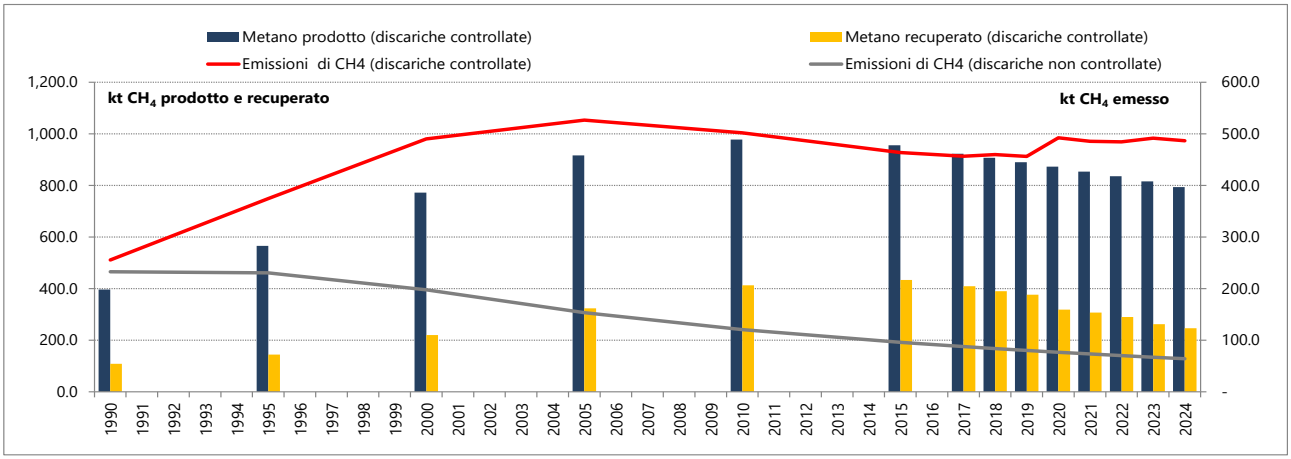
In tabella 3.8 sono riportati gli andamenti delle emissioni di gas serra in termini di CO_2 equivalente dal settore Rifiuti, che mostra un complessivo aumento dei livelli di emissione pari al 5.2% rispetto al 1990, con un aumento del 14.7% per quanto riguarda le emissioni dalle discariche e una riduzione del 17.9% relativamente al trattamento acque reflue.

Tabella 3.8 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore Rifiuti per il periodo 1990-2024

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
						Mt CO_2 equivalente					
Smaltimento dei rifiuti solidi	13.7	16.9	19.3	19.0	17.4	15.7	15.9	15.6	15.5	15.6	15.4
Trattamento biologico dei rifiuti solidi	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
Incenerimento dei rifiuti	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Trattamento delle acque reflue	4.7	4.5	4.3	4.2	4.2	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
Totale settore Rifiuti	**19.0**	**22.0**	**24.1**	**24.1**	**22.5**	**20.4**	**20.5**	**20.3**	**20.1**	**20.2**	**20.0**

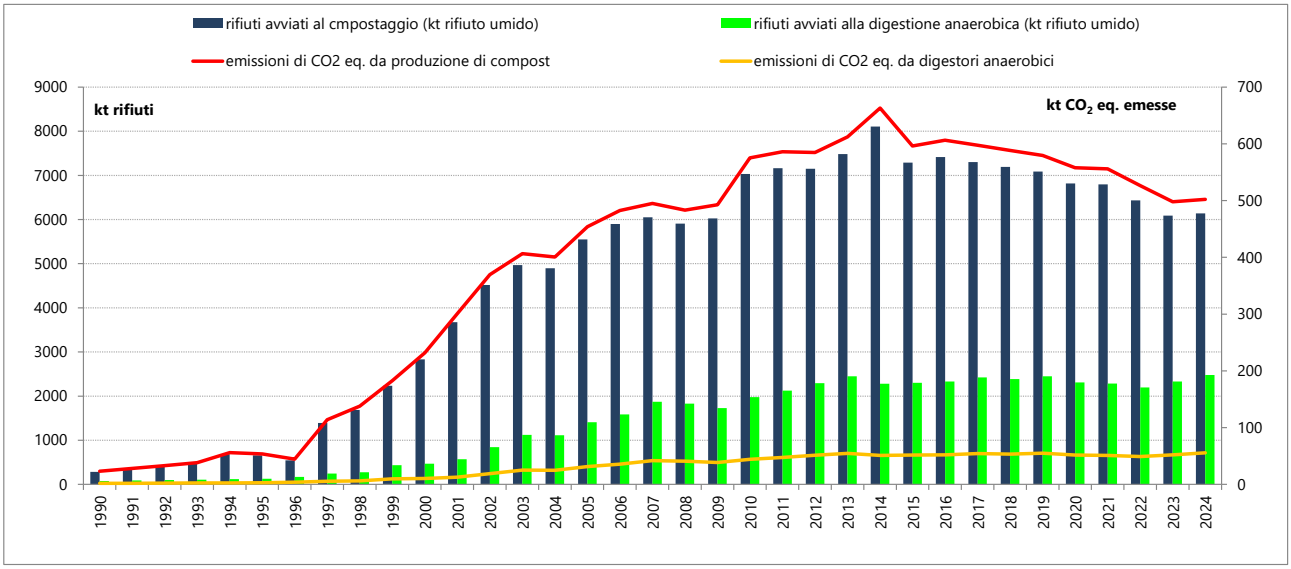
Ad oggi, il 22% circa dei rifiuti prodotti viene avviato a discarica (nel 2024 sono stati smaltiti in discarica 4,428,000 tonnellate di rifiuti solidi urbani, 2,116,000 tonnellate di rifiuti industriali assimilabili e circa 44,000 tonnellate di fanghi), mentre nel 1990 il 91% dei rifiuti veniva smaltito in discarica. L'attuazione negli anni di normative di riferimento nel campo della gestione dei rifiuti ha portato a nuove forme di smaltimento e alla riduzione del conferimento in discarica dei rifiuti biodegradabili. Conseguente è la riduzione sia del biogas prodotto, derivante dalla degradazione della componente organica, sia delle emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera dovuta all'aumento della captazione e trattamento di biogas, come mostrato dall'andamento del metano prodotto recuperato ed emesso in discarica, nel periodo 1990-2024, in figura 3.27.

Figura 3.27 – Metano prodotto, recuperato ed emesso dallo smaltimento dei rifiuti in discarica dal 1990 al 2024



Grazie all'evoluzione della normativa nel campo dei rifiuti e all'introduzione di nuove forme di gestione dei rifiuti, la quantità di rifiuti trattati in impianti meccanico-biologici e di compostaggio, nonché in digestori anaerobici è cresciuta sensibilmente. In figura 3.28 sono riportati le quantità di rifiuti e delle emissioni di metano e protossido di azoto, espresse in CO_2 equivalente, dal compostaggio e dalla digestione anaerobica, dal 1990 al 2024.

Figura 3.28 – Rifiuti trattati ed emissioni dagli impianti di compostaggio e digestione anaerobica



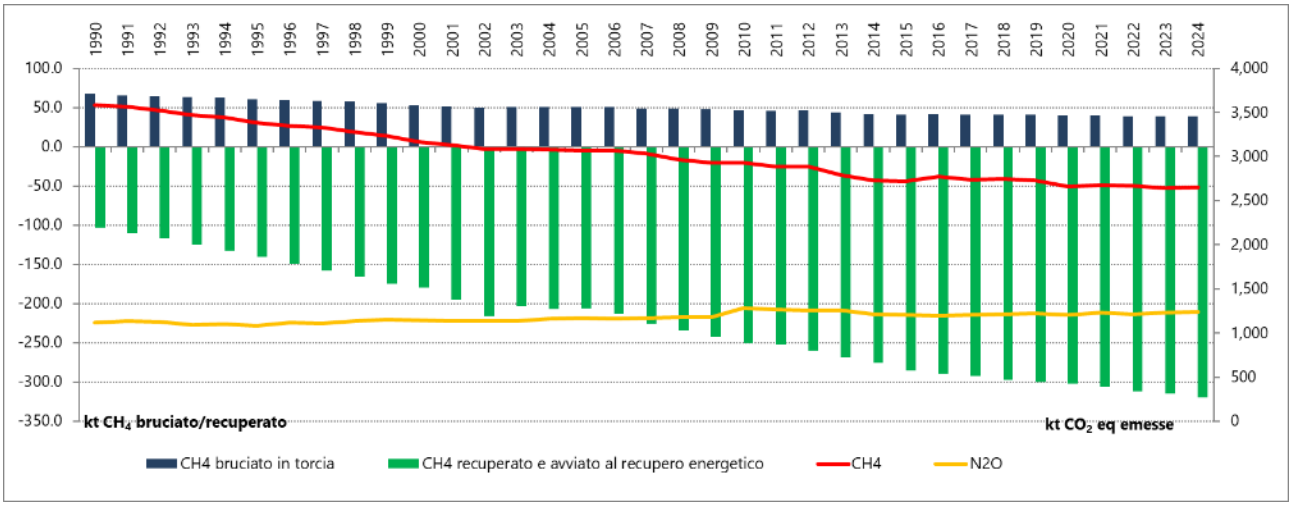
Le emissioni di gas serra derivanti dall'incenerimento dei rifiuti[26] sono diminuite del 72.7%, passando da 598 kt CO_2 eq. nel 1990, a 164 kt CO_2 eq. nel 2024. Queste emissioni includono il trattamento dei rifiuti urbani, industriali, sanitari, oli esausti e fanghi negli inceneritori senza recupero energetico; sono inoltre incluse le emissioni dal co-incenerimento dei rifiuti negli impianti industriali, dalla cremazione dei defunti, dalla combustione dei rifiuti agricoli e dai roghi dei rifiuti abbandonati.

Le emissioni di CH_4 e N_2O derivanti dal trattamento delle acque reflue urbane ed industriali (figura 3.29) mostrano una diminuzione nel periodo 1990-2024; in questi ultimi trent'anni si è assistito ad un progressivo aumento della copertura fognaria e di conseguenza della quota parte di refluo avviato alla depurazione, che al 2024 copre il 93% della popolazione: questo porta inevitabilmente, per quel che riguarda i reflui civili, ad un aumento della produzione di metano, compensata però da una maggior efficienza di captazione del biogas avviato al recupero energetico. Per i reflui industriali, invece, le

[26] Le corrispondenti emissioni dai termovalorizzatori sono riportate nel settore Energia (nel 2024 circa il 99% del totale dei rifiuti avviati all'incenerimento sono stati trattati in impianti dotati di recupero energetico).

emissioni sono legate chiaramente alla quantità di refluo prodotto, che dipende a sua volta dalla produzione industriale stessa: il progresso tecnologico e il crescente impegno dell'industria alle tematiche ambientali ha portato negli anni ad una riduzione, in taluni settori, della quantità di acqua di lavorazione, e quindi di refluo prodotto con una conseguente minore concentrazione di COD (domanda chimica di ossigeno) allo scarico e, quindi, una minore produzione di metano emesso.

Figura 3.29 – Emissioni di CH_4 e di N_2O dal trattamento delle acque reflue urbane ed industriali

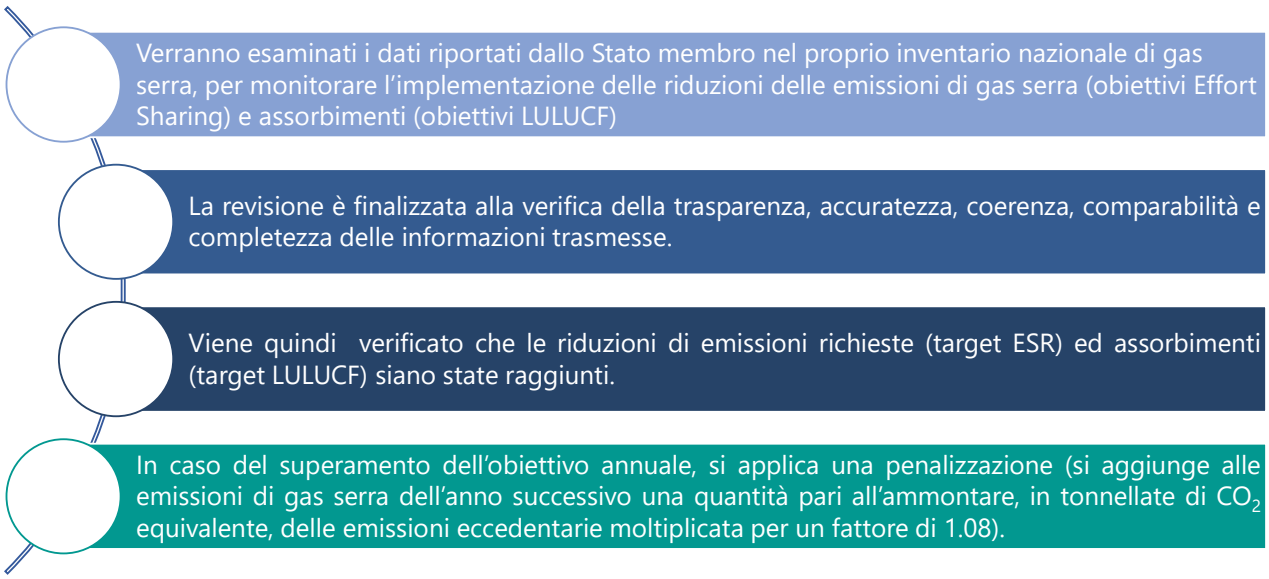


4 Gli obiettivi di riduzione

4.1 Gli obiettivi Effort Sharing e LULUCF per il periodo 2021-2030

Gli obiettivi di riduzione dei gas ad effetto serra in capo all'Italia sono quelli relativi alla riduzione delle emissioni dei settori inclusi nel Regolamento Effort Sharing e gli obiettivi per il settore LULUCF, derivanti rispettivamente dai Regolamenti (EU) 2023/857 e 2023/839. Per entrambi i Regolamenti, la verifica della conformità (compliance) delle emissioni e degli assorbimenti riportati avverrà nel 2027 e nel 2032, come illustrato in figura 4.1.

Figura 4.1 – Verifica della conformità (compliance) dei regolamenti Effort Sharing e LULUCF



Nel 2025 è stata condotta una revisione completa dell'UE degli inventari dei gas a effetto serra degli Stati Membri ai sensi del Regolamento Governance (UE) 2018/1999 e del Regolamento LULUCF (UE) 2018/841, con l'obiettivo di definire le assegnazioni annuali di emissioni (AEA) dell'Italia per gli anni dal 2026 al 2030, come richiesto dall'articolo 4.3 del Regolamento ESR, e i valori limite annuali dell'Italia per gli anni dal 2026 al 2030, come richiesto dall'articolo 4.4 del Regolamento LULUCF.

4.2 Effort Sharing

Per l'Italia, il Regolamento attualmente vigente prevede una riduzione delle emissioni ricadenti nel suo campo di applicazione pari al 43.7% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2005, con una traiettoria che impone obiettivi di riduzione annuali, con specifiche allocazioni di emissioni annuali (AEA) per tutto il periodo 2021-2030. L'aggiornamento degli obiettivi ESR avvenuto nel corso del 2023 ha comportato un significativo aumento del livello di ambizione per l'Italia, determinando una riduzione dei tetti di emissioni per tutto il periodo considerato e non per il solo 2030. I limiti alle emissioni nazionali di gas serra dei settori ESR sono infatti stati modificati nel giugno 2023 dalla Decisione di esecuzione (UE) 2023/1319, che ha fissato le AEA per gli anni 2023, 2024 e 2025. Le assegnazioni relative al periodo 2026-2030 verranno ufficializzate a breve, con l'adozione di atto delegato della Commissione europea sulla base dei dati consolidati risultanti dalla revisione completa dell'UE degli inventari dei gas a effetto serra degli Stati Membri ai sensi del Regolamento Governance (UE) 2018/1999.

Per il periodo precedente (2013–2020), l'Italia ha costantemente rispettato gli obiettivi di riduzione assegnati, grazie sia all'attuazione di politiche e misure di mitigazione, sia agli effetti dei cicli di crisi economica del 2008 e del 2013, legati alle dinamiche economiche globali. Le riduzioni di emissioni richieste per il periodo 2013–2020 non solo sono state conseguite, ma sono state anche ampiamente superate, con un *overachievement* complessivo stimato in 190 $MtCO_2$ eq.

La mancata riduzione delle emissioni dei trasporti e del residenziale ha portato a un progressivo avvicinamento dei livelli emissivi italiani ai tetti massimi consentiti, fino al superamento degli stessi registrato nel 2023 (0.6 Mt CO_2 eq) e nel 2024 (9.6 Mt CO_2 eq), come riportato in tabella 4.1.

Tabella 4.1 - Emissioni ESR ed obiettivi annuale di riduzione delle emissioni ESR (Mt CO2 eq.)

		2021	2022	2023	2024
		Mt CO_2 eq.			
A	Emissioni totali (escluso LULUCF)	406.3	405.5	377.1	363.5
B	Emissioni ETS	131.5	136.3	114.8	101.4
C	Emissioni di CO_2 dalla categoria 1.A.3.a (aviazione)	1.7	2.5	2.4	2.4
D	**Totale emissioni ESR (= A-B-C)**	273.1	266.7	260.0	259.7
E	Obiettivo annuale	273.5	268.8	259.4	250.1
F	Differenza tra obiettivo annuale e emissioni ESR (= E-D)	**0.4**	**2.1**	**-0.6**	**-9.6**

Da notare, infine, che il Regolamento Effort Sharing prevede, in caso del superamento dell'obiettivo annuale, che possa essere applicata una penalizzazione (si aggiunge alle emissioni di gas serra dell'anno successivo una quantità pari all'ammontare, in tonnellate di CO_2 equivalente, delle emissioni eccedentarie moltiplicata per un fattore di 1.08).

4.3 LULUCF

Per il settore LULUCF, la revisione del Regolamento LULUCF, nell'ambito del *Fit for 55*, ha stabilito gli obiettivi del settore:
- la neutralità emissiva (*no debit rule*), per il periodo 2021-2025
- obiettivo al 2030 di un assorbimento netto pari ad almeno -35.8 Mt CO_2 eq.

La revisione completa dell'UE degli inventari dei gas a effetto serra degli Stati Membri ai sensi del Regolamento Governance (UE) 2018/1999 e del Regolamento LULUCF (UE) 2018/841, condotta nel 2025, ha permesso di definire la traiettoria definitiva 2026-2029, e conseguentemente gli obiettivi LULUCF.

Per il periodo 2021-2025, il Regolamento LULUCF prevede il reporting degli assorbimenti e delle emissioni del settore LULUCF e la contabilizzazione delle categorie LULUCF riportate nella tabella 2.3 e le relative regole di contabilizzazione.

Da notare la possibilità, nell'ambito del Regolamento *Effort Sharing*, di utilizzo di una quantità limitata di crediti LULUCF per contribuire al raggiungimento degli obiettivi nazionali *Effort Sharing* (la cosiddetta flessibilità LULUCF): per l'Italia tale flessibilità è pari a un totale di 11.5 $MtCO_2$ eq., per l'intero periodo 2021-2030 (divisa in 5.75 $MtCO_2$ eq. per ciascun quinquennio 2021-2025 e 2026-2030).

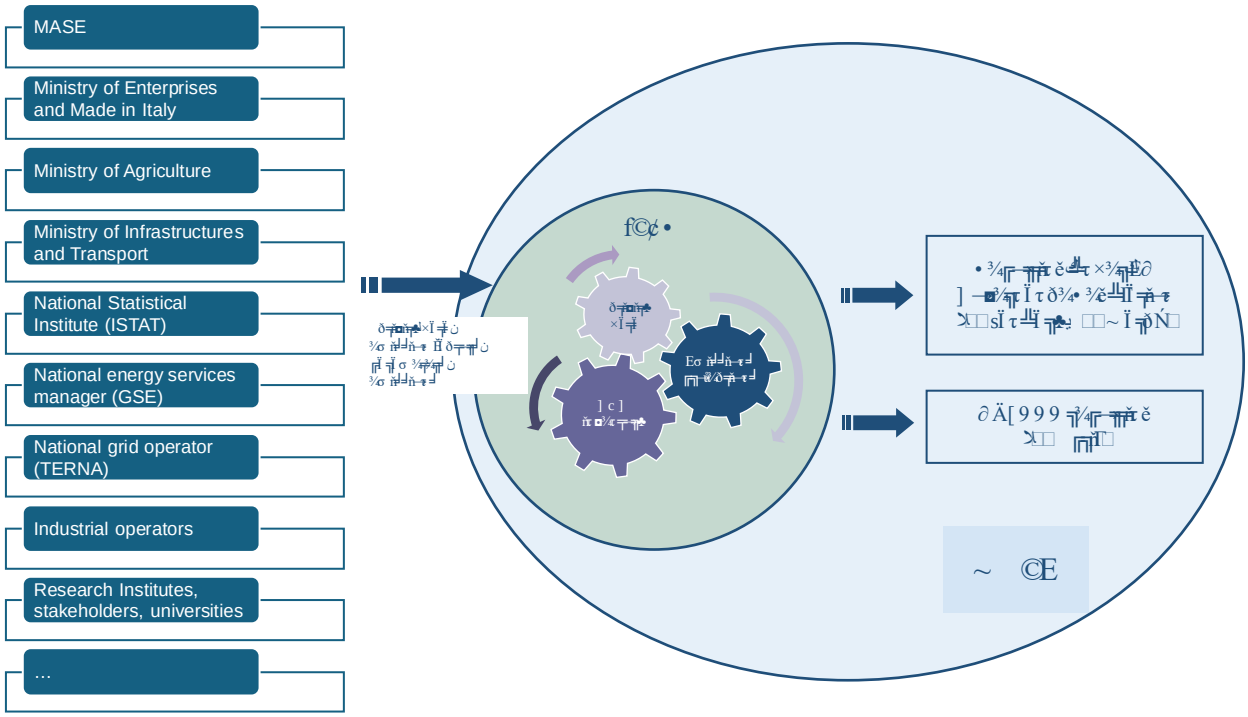
Anche il Regolamento LULUCF prevede, in caso del superamento dell'obiettivo annuale, che venga applicata una penalizzazione (si aggiunge agli assorbimenti netti di gas serra dell'anno successivo una quantità pari all'ammontare, in tonnellate di CO_2 equivalente, delle emissioni/assorbimenti eccedentarie moltiplicata per un fattore di 1.08).

5 Gli scenari emissivi

Il sistema Enhanced Transparency Framework (ETF) rappresenta uno strumento fondamentale per garantire la trasparenza e l'accuratezza nella comunicazione delle emissioni e degli assorbimenti di gas a effetto serra, oltre a monitorare i progressi verso gli obiettivi climatici stabiliti nell'Accordo di Parigi. Nell'ambito di questo accordo, l'Italia, insieme ad altri Paesi, ha potenziato il sistema di monitoraggio, comunicazione e verifica (MRV) delle emissioni di gas serra (GHG), precedentemente istituito per adempiere ai propri impegni in materia di mitigazione dei cambiamenti climatici. Con il Decreto 9/12/2016, attuativo della legge n. 79/2016, è stato definito un sistema nazionale di politiche, misure e proiezioni delle emissioni di GHG. La responsabilità generale di questo sistema è affidata all'Istituto Nazionale per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), che è anche incaricato dell'inventario nazionale delle emissioni. L'ISPRA collabora con il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), raccogliendo informazioni e dati dai Ministeri competenti. Il MASE fa parte del Sistema Nazionale e supervisiona il flusso di dati in conformità con il Decreto 9/12/2016.

È importante notare che ISPRA ha creato una rete più ampia con altri enti, università e istituti di ricerca, attraverso accordi e collaborazioni temporanee, attivabili quando necessario per raccogliere dati e informazioni utili alla valutazione delle politiche e al calcolo degli scenari di emissione riguardanti tutti i settori. Una sintesi del sistema nazionale è illustrata nella figura 5.1.

Figura 5.1 – Disposizioni istituzionali per il monitoraggio dei progressi



Ai sensi del Regolamento (UE) 2018/1999 del Parlamento europeo e del Consiglio sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima, nel 2020 l'Italia ha presentato alla Commissione europea il primo Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNEC). Nel luglio 2024, è stata presentata una versione completamente aggiornata del piano, che include nuove ipotesi di base. Questo piano aggiornato è il risultato di uno sforzo congiunto del governo centrale, coordinato dal Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), e si basa in gran parte su dati e informazioni forniti da ISPRA, GSE e RSE. Il processo è iniziato nel marzo 2023 e il piano è stato finalizzato nel giugno 2024.

Per affrontare gli effetti della pandemia di COVID-19 l'Italia nel luglio 2021 ha adottato Il "Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza" (PNRR), tale Piano comprende diverse misure per contrastare il cambiamento climatico e promuovere una crescita economica sostenibile, mirando a un futuro inclusivo, resiliente ai

cambiamenti climatici e a zero emissioni nette. Le politiche e le misure del PNRR sono state integrate nel PNIEC e considerate nella definizione dello scenario di riferimento, descritto di seguito.

Nel luglio 2024, ai sensi dell'articolo 17 del Regolamento (UE) 2018/1999, ISPRA ha calcolato e presentato le nuove proiezioni delle emissioni di gas serra (GHG), utilizzando dati storici aggiornati e driver macroeconomici e demografici raccomandati dalla Commissione Europea nel 2024. Tali proiezioni sono state successivamente aggiornate nel 2025 e nel 2026 per tenere conto dei dati resisi disponibili, nel frattempo, e per incorporare le necessarie modifiche metodologiche emerse a valle dei processi di revisione a cui sono periodicamente sottoposti gli inventari e gli scenari delle emissioni.

Quanto riportato nel presente rapporto si basa sui dati comunicati alla Commissione europea nell'ambito del meccanismo di monitoraggio previsto dal Regolamento (UE) 2018/1999, coerenti con il contenuto del PNIEC presentato nel 2024. Le emissioni per il periodo 2045-2055, pur essendo calcolate con la stessa metodologia e suite di modelli degli anni precedenti, devono essere interpretate come gli effetti inerziali della prosecuzione dell'attuazione delle politiche e misure definite nel PNIEC, che ha l'anno 2040 come orizzonte temporale.

Durante il processo di revisione dell'UE del 2025 sono state individuate diverse criticità, che hanno comportato la revisione delle stime in vari settori e, conseguentemente, l'aggiornamento delle proiezioni.

In particolare, per il settore IPPU sono state aggiornate le proiezioni relative alla categoria 2F3 *Fire Protection*, con riferimento alle emissioni di HFC.

Le proiezioni del settore Agricoltura sono state aggiornate tenendo conto dell'utilizzo, per la stima delle emissioni di N_2O, sia dirette che indirette, dai suoli agricoli, dei parametri e della metodologia previsti dalle linee guida IPCC 2019 (IPCC, 2019).

Le proiezioni del settore LULUCF sono state aggiornate alla luce delle revisioni introdotte nell'ambito del processo di revisione dell'UE; in particolare, gli interventi più significativi hanno interessato le stime relative alla categoria *Forest land*, con specifico riferimento alle variazioni degli stock di carbonio nella materia organica morta e nella lettiera ed alla categoria *Settlements*, per quanto riguarda il carbonio stoccato nei suoli minerali.

Lo scenario di riferimento (Con Misure - WM) considera le politiche e le misure attuate prima del 31 dicembre 2022, se non diversamente specificato. Lo scenario con misure aggiuntive (WAM), calcolato con la stessa metodologia dello scenario di riferimento, considera tutte le politiche e le misure incluse nel PNIEC non ancora implementate entro a fine del 2022. Non è stato calcolato uno scenario "senza misure" (WOM), poiché nel periodo 2000-2007 si sono verificati molti cambiamenti strutturali legati a cambiamenti economici e tecnologici e a shift nell'utilizzo dei combustibili fossili. Risulta quindi complicato ipotizzare un'evoluzione del sistema Italia in assenza dei cambiamenti strutturali sopra citati. A questo proposito, lo spostamento dei consumi in favore di combustibili a basse emissioni di carbonio per la produzione di energia elettrica, con un costante aumento della quota di gas naturale e una corrispondente diminuzione della quota di prodotti petroliferi dal 1990, così come l'introduzione di impianti a ciclo combinato dal 2000, sono tra i fattori più importanti che rendono impossibile valutare come si sarebbero evolute le emissioni nazionali senza alcuna misura.

Gli scenari per i settori dell'energia e dei trasporti sono stati calcolati utilizzando il modello di equilibrio parziale TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System / EFOM Energy Flow Optimization Model). Questo modello è un generatore di modelli per economie locali, nazionali o multi-regionali, finalizzato all'analisi di interi sistemi energetici, che comprendono la generazione e il consumo di energia elettrica, la distribuzione del calore, i trasporti, le industrie e il settore civile.

TIMES appartiene alla famiglia dei modelli MARKAL (Market Allocation), noti come "modelli 3e" (energia, economia, ambiente). È stato sviluppato dall'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) nell'ambito del programma Energy Technology Systems Analysis Program (ETSAP) ed è riconosciuto dall'IPCC.

Il sistema energetico simulato è composto da diversi settori e sottosettori, come la produzione di energia elettrica, le attività industriali e gli edifici residenziali e non. Ogni settore è costituito da un insieme di tecnologie collegate da relazioni lineari input-output. Gli input e gli output possono includere vettori energetici, materiali, emissioni o richieste di servizi.

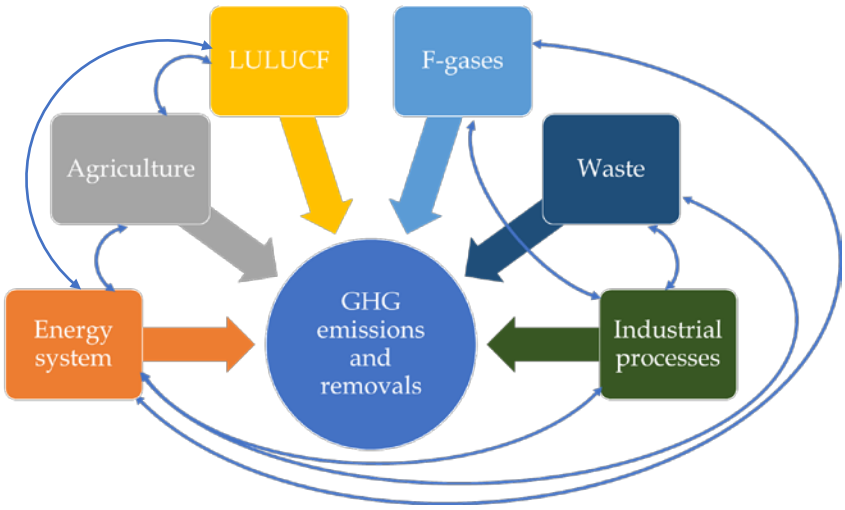
TIMES è un modello bottom-up, demand-driven, in cui ogni tecnologia è identificata da parametri tecnici ed economici. La produzione di un bene è condizionata dall'effettiva domanda da parte degli utenti finali. La struttura degli scenari energetici è definita da variabili ed equazioni determinate dai dati di input che costituiscono il database regionale, il quale contiene dati qualitativi e quantitativi che descrivono l'interazione tra i diversi componenti del sistema energetico.

Il modello TIMES identifica la soluzione ottimale per fornire servizi energetici al minor costo, producendo investimenti in nuove tecnologie o utilizzando in modo più intensivo le tecnologie disponibili in ogni regione definita dall'utente. Ad esempio, un aumento della domanda di energia elettrica per uso residenziale può essere soddisfatto attraverso un uso più intensivo delle centrali elettriche esistenti o mediante l'installazione di nuove centrali.

Le scelte dei modelli si basano sull'analisi delle caratteristiche tecnologiche delle alternative disponibili, del costo dell'approvvigionamento energetico e dei criteri e limiti ambientali. Le emissioni di CO_2, CH_4 e N_2O sono calcolate direttamente dal modello implementato da ISPRA, utilizzando la metodologia IPCC "*reference approach*" e i fattori di emissione nazionali. Questo approccio modellistico evita, in linea di principio, il cosiddetto "doppio conteggio" per l'attuazione delle politiche, valutando gli impatti e le interazioni tra le misure come un pacchetto. I risultati del modello indicano il mix di tecnologie e fonti di emissioni primarie che soddisfano la domanda di materie prime dello scenario di riferimento al minor costo possibile.

Le emissioni di gas serra (GHG) e gli assorbimenti di CO_2 da fonti non energetiche sono stati calcolati utilizzando una famiglia di modelli basati su fogli elettronici progettati e utilizzati da ISPRA, che utilizzano parametri tra loro coerenti. Le emissioni settoriali e complessive di gas serra, così come la suddivisione tra i settori ETS e ESR sono i risultati dei modelli citati (figura 5.2).

Figura 5.2– Il sistema modellistico implementato da ISPRA per le proiezioni emissive



5.1 Principali assunzioni

L'evoluzione prevista del PIL e del valore aggiunto settoriale, insieme alle tendenze demografiche, nonché alle proiezioni dei prezzi internazionali dei combustibili fossili e delle quote di emissione di CO_2 sul mercato ETS, rivestono un'importanza particolare per gli scenari di emissione di gas a effetto serra.

I parametri utilizzati per questo scenario sono quelli forniti dalla Commissione UE per l'Italia nel marzo 2024, integrati, se necessario, dai dettagli forniti dalla Commissione Europea nel corso del 2021 nell'ambito dell'aggiornamento dello Scenario di Riferimento Europeo.

La tabella 5.1 mostra le ipotesi per l'evoluzione della popolazione e del PIL tra il 2023 e il 2050. Nei prossimi anni, si prevede che il settore terziario continuerà a crescere a un tasso superiore a quello dell'industria, rafforzando ulteriormente il suo ruolo nell'economia italiana.

Tabella 5.1 – Principali parametri macroeconomici e demografici

			2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PIL		% di crescita nell'anno	0.70%	1.20%	0.60%	0.80%	1.40%	1.40%	1.40%
Popolazione		Milioni	58.997	58.925	58.761	58.645	58.497	58.128	57.432
		Milioni di famiglie	26.207*	25.294	25.347	25.364	25.380	25.396	25.358
GVA settoriale	Agricoltura	Tasso medio annuo a 5 anni (%)	-	2.20%	0.40%	-0.10%	0.00%	0.30%	0.30%
	Costruzioni	Tasso medio annuo a 5 anni (%)	-	2.9%	0.79%	0.04%	0.24%	0.94%	1.08%
	Servizi	Tasso medio annuo a 5 anni (%)	-	3.3%	0.8%	0.7%	1.3%	1.5%	1.5%
	Industria	Tasso medio annuo a 5 anni (%)	-	3.76%	0.53%	0.34%	0.71%	1.01%	0.97%

* Il valore non è coerente con quello utilizzato per lo scenario a causa di un'interruzione della serie temporale
Fonte: Commissione UE, ISTAT e approfondimenti ISPRA

La tabella 5.1 riporta, inoltre, i dati relativi alla popolazione e alle famiglie. Nei prossimi anni, si osserverà un calo della popolazione nazionale, accompagnato tuttavia da un incremento del numero di famiglie, dovuto alla progressiva riduzione della dimensione media dei nuclei. Il numero di famiglie costituisce il parametro di riferimento per la stima della superficie da destinare al riscaldamento e al raffrescamento negli edifici residenziali.

I prezzi internazionali dell'energia e del carbonio ETS sono riportati in tabella 5.2, secondo le proiezioni raccomandate dalla Commissione europea. I prezzi dell'energia mostrano un forte calo dopo i picchi del 2022, con andamenti leggermente diversi negli anni futuri per tutte le materie prime. L'aumento del prezzo del carbonio è piuttosto significativo se confrontato con il 2020, con un incremento del 210% dal 2020 al 2022. Non si prevede alcuna riduzione in futuro.

Tabella 5.2 – Prezzi internazionali dell'energia e del carbonio

		2020	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Olio	€2023/GJ	7.6	16.7	12.4	13.9	15.4	15.8	17.2	19.7
Gas naturale	€2023/GJ	3.7	35.1	9.4	9.0	8.2	10.1	9.9	9.6
Carbone	€2023/GJ	1.9	10.9	4.1	4.0	3.8	3.8	4.0	4.0
Prezzo del carbonio ETS1	2023 €/tCO2	29	90	95	95	100	100	160	190
Prezzo del carbonio ETS2*	2023 €/tCO2	-	-	-	55	58	58	93	110

*Utilizzato solo nello scenario con politiche aggiuntive
Fonte: Commissione UE e approfondimenti ISPRA

Lo scenario con politiche aggiuntive introduce anche il cosiddetto ETS2, il sistema che dal 2028 coprirà le emissioni di CO_2 derivanti dalla combustione nel trasporto su strada, nel civile e nell'industria energetica e manifatturiera che non sono coperte dall'attuale ETS1. Per gli anni successivi al 2030, in assenza di ipotesi più solide, si è ipotizzato che il prezzo crescesse a un tasso simile al prezzo delle quote ETS1.

Tabella 5.3 – Tasso medio annuo di VAL previsto (%) per i settori industriali

Settore industriale	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
Ferro e acciaio	8.1%	0.4%	-0.1%	0.0%	0.3%	0.1%
Metalli non ferrosi	8.3%	0.4%	-0.1%	0.0%	0.2%	0.0%
Prodotti chimici	*2.9%*	*0.6%*	*0.0%*	*0.2%*	*0.8%*	*0.8%*
Minerali non metallici	*4.4%*	*0.7%*	*0.0%*	*0.2%*	*0.7%*	*0.7%*
Pasta di legno, carta e stampa	*3.7%*	*0.5%*	*0.0%*	*0.1%*	*0.7%*	*0.8%*

Settore industriale	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
Cibo, bevande e tabacco	3.2%	0.7%	0.0%	0.2%	0.8%	0.9%
Prodotti tessili	4.6%	0.1%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.4%
Ingegneria	3.7%	0.6%	0.8%	1.4%	1.5%	1.4%
Altri settori	3.5%	0.5%	0.0%	0.1%	0.7%	0.6%

Fonte: elaborazione ISPRA su commissione UE

Per alcune produzioni industriali sono state effettuate analisi più dettagliate e sono state previste le produzioni fisiche dei materiali negli anni futuri, come riportato nella tabella 5.4.

Tabella 5.4 – Produzione fisica prevista (Mt) per settori industriali selezionati

	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Ferro e acciaio	21.1	27.8	28.3	28.2	28.1	28.5	28.7
Metalli non ferrosi		1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Cemento e prodotti derivati	18.8	19.9	20.5	20.6	20.9	21.9	23.2
Vetro	6.1	6.3	6.6	6.6	6.6	6.9	7.1
Carta	7.5	9.2	9.4	9.5	9.5	9.8	10.2

Fonte: elaborazioni ISPRA

La tabella 5.5 illustra l'andamento della domanda di trasporto, suddivisa in passeggeri, merci, navigazione nazionale e traffico aereo. Dopo il crollo registrato nel 2020 a causa della crisi pandemica, si osserva una ripresa costante. Nel periodo precedente, tra il 2015 e il 2020, la domanda di trasporto passeggeri ha registrato un declino annuo del 7.9%, mentre quella delle merci ha mostrato una modesta crescita dello 0.2%. Nel trentennio 2020-2050, invece, si prevedono tassi di crescita medi annui del 2.0% per i passeggeri e dell'1.4% per le merci. La ripartizione modale è rimasta sostanzialmente invariata fino al 2020 per i passeggeri. Tuttavia, per lo scenario con politiche aggiuntive, si prevede un significativo incremento del trasporto merci ferroviario e navale. Infine, dal 2020 al 2030, si prevede un aumento dei passeggeri-km nel trasporto ferroviario e pubblico su strada.

Tabella 5.5 – Domanda di trasporto di passeggeri e merci in scenari di riferimento (WM) e con politiche aggiuntive (WAM)

Scenario		Modalità di trasporto		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
WM	Passeggero	Strada	miliardi di pass-km	820.2	554.8	823.5	858.6	884.6	923.1	941.7	959.2
		Rotaia	miliardi di pass-km	59.5	27.1	68.6	79	87.4	91.0	94.8	98.7
		Aviazione nazionale	Numero di cicli di atterraggio e decollo (LTO)	280.7	151.2	361.6	409.3	455.2	506.1	545.6	573.5
		Aviazione internazionale	Numero di cicli di atterraggio e decollo (LTO)	425.4	172.8	560.2	635.4	713	793.6	849.7	908.0
		Totale (escluso il trasporto aereo)	**miliardi di pass-km**	**879.7**	**581.9**	**892.1**	**937.6**	**972.1**	**1014.1**	**1036.5**	**1057.9**
	Trasporto	Strada	miliardi di tonnellate-km	128.0	145.9	172	196.0	211.8	223.9	234.8	243.4
		Rotaia	miliardi di tonnellate-km	20.8	20.8	25.1	27.5	29.0	30.5	31.4	32.1
		Navigazione interna (vie navigabili interne e marittime nazionali)	miliardi di tonnellate-km	51.2	57.4	62.0	64.5	66.4	68.6	70.5	72.1
		Totale	**miliardi di tonnellate-km**	**200.0**	**224.1**	**259.0**	**288.0**	**307.2**	**323.0**	**336.7**	**347.7**
WAM	Passeggero	Strada	miliardi di pass-km	820.2	554.8	823.5	823.3	849.3	887.8	906.4	923.9
		Rotaia	miliardi di pass-km	59.5	27.1	68.6	90.7	99.2	102.8	106.5	110.4
		Aviazione nazionale	Numero di cicli di atterraggio e decollo (LTO)	280.7	151.2	361.6	409.3	455.2	506.1	545.6	573.5
		Aviazione internazionale	Numero di cicli di atterraggio e decollo (LTO)	425.4	172.8	560.2	635.4	713	793.6	849.7	908.0
		Totale (escluso il trasporto aereo)	**miliardi di pass-km**	**879.7**	**581.9**	**892.1**	**914.0**	**948.5**	**990.6**	**1012.9**	**1034.4**
	Trasporto	Strada	miliardi di tonnellate-km	128.0	145.9	172	146.4	156.6	166	175.2	182.4
		Rotaia	miliardi di tonnellate-km	20.8	20.8	25.1	77.1	84.2	88.4	91.1	93.1
		Navigazione interna (vie navigabili interne e marittime nazionali)	miliardi di tonnellate-km	51.2	57.4	62	64.5	66.4	68.6	70.5	72.1
		Totale	**miliardi di tonnellate-km**	**200.0**	**224.1**	**259.0**	**288.0**	**307.2**	**323.0**	**336.7**	**347.7**

Per quanto riguarda il settore agricoltura, per la definizione dello scenario emissivo è stato utilizzato lo stesso approccio metodologico utilizzato per la stima delle emissioni di gas serra nell'ambito dell'inventario[27]. Secondo tale approccio, le emissioni sono calcolate moltiplicando i dati di attività (per esempio, il numero di capi allevati o le quantità di fertilizzanti usati durante l'anno) per i fattori di emissione (espressi, per esempio, generalmente come chilogrammi di sostanza inquinante rispetto ad un capo allevato o ad un chilogrammo di fertilizzante utilizzato all'anno). Per la definizione dei dati di attività, il primo passo è stata la definizione della proiezione dei capi allevati dal 2025 al 2050.

Gli scenari delle consistenze animali sono stati stimati a partire da un modello elaborato dall'ENEA[28], basato su parametri quali l'evoluzione demografica, le produzioni e i consumi alimentari della popolazione. Sulla base di questi parametri, sono stati costruiti degli indicatori e attraverso l'evoluzione storica e l'utilizzo di modelli statistici[29], sono state stimate le evoluzioni future.

Per quanto riguarda i parametri, in particolare, i dati relativi alla produzione di carne sono stati estratti dal database EUROSTAT[30], mentre i dati relativi ai consumi di carne sono stati stimati a partire dai dati della FAO relativi alla produzione, import, export e stock e verificati con i dati di consumo giornaliero pro-capite[31]. Il consumo di carne totale ha subito una leggera flessione dal 2010 in poi, legato soprattutto ad una riduzione del consumo di carne bovina e, in misura meno marcata, anche di quella suina, mentre è leggermente cresciuto il consumo di carne avicola. Per le vacche da latte, il rapporto della produzione di latte vaccino (pari a circa il 94% del totale di latte prodotto) rispetto alla produzione di latte totale è stato assunto sostanzialmente stabile fino al 2050; il rapporto tra la produzione annua di latte vaccino destinato all'industria lattiero-casearia e la popolazione è stato considerato, negli scenari, pari a circa 250 kg pro capite annuo, seguendo una tendenza in crescita osservata a partire dal 2016. Per le galline da covata, è stato assunto un leggero aumento del consumo di uova pro capite ed una sostanziale stabilità (intorno all'unità) del rapporto tra produzione e consumo di uova (secondo le statistiche di UNA e FAO).
In definitiva, ne deriva negli scenari al 2050 rispetto al 2030 una flessione intorno al 2-4% del numero di bovini, suini e avicoli, che rappresentano le categorie animali più importanti in termini di impatto emissivo.

Il consumo di fertilizzanti sintetici azotati incide significativamente sulle emissioni di gas serra del settore agricoltura. Tale parametro è stato stimato sulla base delle proiezioni dell'Associazione di categoria dei produttori europei di fertilizzanti sintetici (*Fertilizers Europe*)[32], assumendo una riduzione complessiva dei consumi di azoto dal 2020 al 2030 pari al 2%[33]. Dal 2030 il valore del consumo dei fertilizzanti sintetici azotati varia in funzione delle proiezioni delle produzioni agricole. Per la stima delle superfici e produzioni agricole, si rimanda al settore LULUCF. Nella tabella 5.6 sono riportate le ipotesi adottate per il consumo di fertilizzanti sintetici e lo spandimento di effluenti zootecnici sui suoli agricoli. Nel 2030 è stato stimato un aumento del 14% dei principali apporti di azoto ai suoli agricoli rispetto al 2024, dovuto a un aumento del 16% del consumo di fertilizzanti sintetici (che rappresentano il 30% degli apporti totali di azoto nel 2024) e a un aumento del 12% dell'applicazione di effluenti di allevamento ai terreni agricoli (che rappresentano il 24% degli apporti totali di azoto nel 2024). Le superfici e produzioni agricole sono complessivamente stabili negli scenari.

[27] Informazioni dettagliate sui metodi, parametri e fattori di emissioni utilizzati per il processo di stima del settore sono riportati nel capitolo 5 e annesso 7 del National Inventory Document (ISPRA, 2026).
[28] ENEA, 2006. Valutazione del potenziale di riduzione delle emissioni di ammoniaca. Rapporto Finale. ENEA UTS- PROT, Unità Inquinamento Atmosferico. Settembre 2006; D'Elia, I., Peschi, E., 2013. Lo scenario emissivo nazionale nella negoziazione internazionale. ENEA Technical Report, RT/2013/10/ENEA.
[29] L'evoluzione futura degli indicatori è stata stimata utilizzando il modello Exponential Smoothing with dumped trend con parametri stimati mediante massima verosimiglianza e il parametro di dumping posto uguale a 0.85.
[30] https://ec.europa.eu/eurostat/data/database.
[31] https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS.
[32] https://www.fertilizerseurope.com/wp-content/uploads/2024/01/Forecast-2023-33-Studio-web.pdf.
[33] La riduzione di consumo, stimata da Fertilizers Europe, era in realtà del 18% circa poiché probabilmente risentiva della forte riduzione del 2022 registrata sui prodotti distribuiti sul territorio nazionale dai venditori a strutture commerciali all'ingrosso e/o al minuto, ad agricoltori, cooperative, ecc., rilevato da ISTAT. Gli anni 2021 e il 2022 sono stati due anni anomali con delle riduzioni rispetto al 2020 dovute all'aumento dei prezzi del gas e alla chiusura temporanea degli impianti di produzione. Tali riduzioni, secondo l'Associazione nazionale produttori di fertilizzanti (Assofertilizzanti), sono dovute inoltre ad un posticipo degli acquisti di fertilizzanti, in attesa di una riduzione dei prezzi.

Tabella 5.6 – Ipotesi utilizzate per le proiezioni delle emissioni di gas serra derivanti dal consumo di fertilizzanti sintetici e l'apporto di N derivante dall'applicazione di effluenti di allevamento

Principali apporti di N ai suoli agricoli	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
			*Migliaia di tonnellate di azoto**				
N da fertilizzanti sintetici	486.4	571.7	565.9	566.1	566.8	566.6	565.2
N da spandimento effluenti zootecnici	391.4	430.0	437.2	441.9	441.8	440.7	437.6
Totale	877.8	1,001.7	1,003.1	1,008.0	1,008.6	1,007.3	1,002.8

*Contenuto di azoto nei fertilizzanti sintetici e organici

Nella tabella 5.7 sono riportate le ipotesi per le principali categorie di animali (bovini, suini, ovini e pollame).

Tabella 5.7 – Ipotesi utilizzate per le proiezioni delle emissioni di gas serra rispetto al numero di animali

Categorie animali	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Vacche da latte	1,521	1,570	1,528	1,507	1,495	1,482	1,463
Altri bovini	3,807	3,897	3,839	3,811	3,792	3,764	3,717
Suini	7,820	8,864	8,676	8,587	8,534	8,466	8,358
Ovini	5,390	6,503	6,376	6,316	6,278	6,229	6,151
Avicoli	174,003	183,123	184,202	184,514	184,341	183,305	181,168

Nella stima degli scenari è stata ipotizzata la diffusione di possibili misure di riduzione delle emissioni di ammoniaca e gas serra al 2030. Le misure considerate sono relative ad interventi sull'alimentazione degli animali, sulla tipologia dei ricoveri, sullo stoccaggio (incluso il trattamento degli effluenti zootecnici negli impianti di digestione anaerobica per la produzione di biogas) e sullo spandimento degli effluenti zootecnici di bovini, suini e avicoli, secondo lo studio del Centro Ricerche Produzioni Animali effettuato per conto di ISPRA nel 2018[34]. Le misure considerate sono state valutate prendendo in considerazione quanto previsto dalla Direttiva sulle emissioni industriali, dalla Direttiva nitrati, dai programmi di azione nitrati, dai piani regionali per la qualità dell'aria e nei programmi di sviluppo rurale delle regioni padane. Tali misure sono anche contenute nelle "Linee guida per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività agricole e zootecniche", elaborate dal Ministero dell'agricoltura nel 2016. Analoghe misure di riduzione sono anche state incluse nel codice nazionale indicativo delle buone pratiche agricole per il controllo delle emissioni di ammoniaca, predisposto dal Ministero dell'agricoltura in allegato al Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico redatto nell'ambito della direttiva 2016/2284/UE sui tetti nazionali di emissione.

Per l'elaborazione degli scenari del settore agricoltura, il Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) ha fornito i dati relativi alle variazioni delle temperature medie[35] e alle variazioni delle rese (di mais, riso, soia, frumento)[36] nello scenario climatico RCP4.5 del Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC per tre periodi (2016-2045, 2026-2055, 2036-2065), rispetto al periodo 1981-2010 per le temperature e 1985-2015 per le rese. Sulla base di tali dati, sono state calcolate le emissioni derivanti dalla gestione degli effluenti zootecnici, influenzate dalla variazione delle temperature, e le emissioni derivanti dalla gestione delle produzioni agricole, che dipendono dalle variazioni delle rese.

In merito alla produzione di biogas, sono state fatte delle assunzioni sulla percentuale di effluenti zootecnici avviati a digestione anaerobica per la produzione di biogas/biometano. Sulla base dello studio del CRPA del 2018, al 2030 il 60% degli effluenti zootecnici di bovini e avicoli e il 10% degli effluenti zootecnici dei suini sarà avviato a digestione anaerobica. Date le percentuali stimate per il 2024 (che sono

[34] CRPA, 2018. Studio per la valutazione degli effetti sulle emissioni delle trasformazioni in corso nel settore degli allevamenti. Report. Reggio Emilia – Italy.
[35] Il CMCC ha fornito le variazioni di temperatura media (annuale e mensile, espresse come differenza in gradi Celsius) sia a livello provinciale che nazionale derivate dal database VHRPRO_IT (Raffa, M., Adinolfi, M., Reder, A. et al. Very High-Resolution Projections over Italy under different CMIP5 IPCC scenarios. Sci Data 10, 238 (2023). https://doi.org/10.1038/s41597-023-02144-9), con una risoluzione di 2 km, considerando il territorio nazionale sotto i 1000 metri.
[36] I valori fornito dal CMCC sono ottenuti dalla media di quattro modelli di processo per la simulazione della resa colturale globale ottenuti dalla piattaforma ISIMIP (The Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project). I modelli di simulazione colturale scelti appartengono al gruppo di simulazioni più recente (ISIMIP3b) e sono CROVER, EPIC-IIASA, PEPIC e LPJm. Questi modelli sono parametrizzati utilizzando dati sperimentali disponibili a livello globale e forzati con dati di proiezione climatica globale. Per ogni modello colturale, i dati climatici sono ottenuti da quattro modelli di simulazione climatica globale (0.5°x 0.5°) di ultima generazione (CMIP6): UKESM-01 LL, GFDL-ESM4, IPSL-CM6A LR e MRI ESM2-0. Le simulazioni dei modelli climatici selezionate seguono lo scenario di sviluppo socioeconomico ssp126 (+2°C GSAT nel 2100).

pari a 24% per i bovini, 3% per i suini e 18% per gli avicoli), è stato ipotizzato un aumento di tali percentuali più contenuto rispetto a quanto ipotizzato dal CRPA. Tali valori sono stati stimati pari a 50%, 6% e 38% per bovini, suini e avicoli rispettivamente, in tal modo la percentuale media complessiva di effluenti zootecnici avviata a digestione anaerobica passa dal 18% del 2024 al 37% del 2030. Al 2030, inoltre, si assume un maggior uso degli effluenti zootecnici rispetto al totale dei substrati usati nelle matrici di origine agricola avviate a digestione anaerobica, che oltre agli effluenti zootecnici includono le colture energetiche e gli scarti agro-industriali. Rispetto a questi altri substrati organici, gli effluenti zootecnici hanno meno solidi volatili e producono meno biogas. Il biogas prodotto da matrici agricole complessivamente sale del 40% dal 2024 al 2030, passando da 4.0 a 5.5 miliardi di metri cubi di biogas.

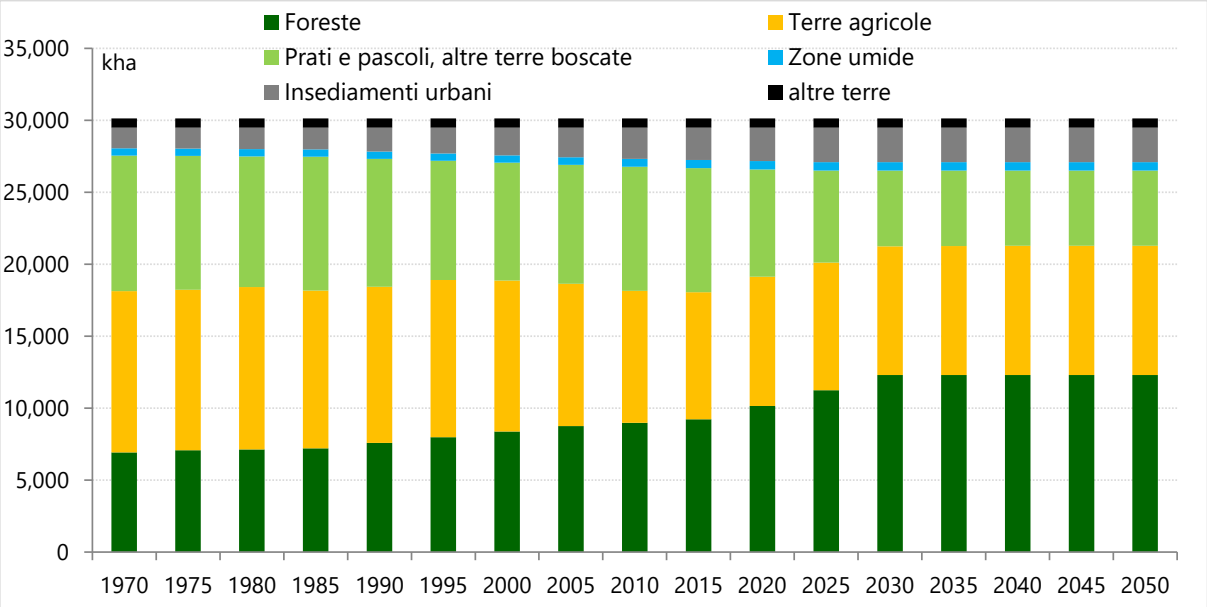
Per il settore LULUCF l'elaborazione degli scenari è stata condotta sulla base dei dati e delle metodologie attualmente utilizzate per l'inventario delle emissioni (ISPRA, 2026). Le proiezioni del settore LULUCF sono guidate principalmente dai dati relativi all'uso del suolo e i cambiamenti di uso del suolo.

La definizione degli scenari emissivi per il settore prende avvio dalla caratterizzazione delle proiezioni di uso del suolo e cambiamento di uso del suolo in relazione alle rispettive categorie. L'uso del suolo e i cambiamenti di uso del suolo sono stati proiettati al 2050, come mostrato nella figura 5.3, sulla base delle tendenze storiche e considerando:

- per le superfici agricole gli scenari FAO elaborati per l'Italia con il modello Global Agriculture Perspectives System. Si evidenzia una crescita di tali superfici fino al 2040 e, successivamente, una stabilizzazione. Tale profilo è determinato dall'incremento delle aree cerealicole e dalla decrescita delle coltivazioni legnose e industriali.
- Per le superfici foraggere (temporanee e permanenti) sono state invece stimate sulla base del rapporto capi/ettaro (consistenza capi su superficie totale foraggere), evidenziando una decrescita delle superfici, conseguente alla previsione di riduzione dei capi.
- per la superficie forestale, in continuo aumento in Italia dal 1990, si è assunto che rimanga costante a partire dal 2030
- per gli insediamenti urbani è stato ipotizzato che non si espandano rispetto ai livelli attuali, in linea con l'obiettivo di limitare il consumo di suolo.

Una volta definite le proiezioni delle categorie al 2050, sono state definite le variazioni annuali di uso del suolo e sono state realizzate le matrici di conversione tenendo conto del periodo di transizione di 20 anni, secondo la metodologia dell'IPCC. Sulla base delle superfici così calcolate, sono state effettuate le stime degli assorbimenti ed emissioni di gas serra per ogni categoria di uso del suolo.

Figura 5.3 - Proiezione delle superfici delle categorie di uso del suolo LULUCF



Coerentemente con il Piano Nazionale di Contabilità Forestale, si prevede un aumento delle attività di raccolta, fino a un massimo del 40-45% dell'incremento annuale, partendo dall'attuale utilizzo stimato del 33% (RAF, 2019). Inoltre, le proiezioni dei dati sull'attività per le categorie di terreni coltivati e pascoli tengono conto delle diverse pratiche di gestione; ulteriori informazioni sulle pratiche di gestione e sul processo di stima sono disponibili nel National Inventory Document (NID) 2026.

La revisione delle metodologie di stime per la categoria *Forest land*, con specifico riferimento alle variazioni degli stock di carbonio nella materia organica morta e nella lettiera ed alla categoria *Settlements*, per quanto riguarda il carbonio stoccato nei suoli minerali ha portato ad un aggiornamento significativo delle proiezioni LULUCF rispetto a quanto stimato precedentemente.

Il settore dei rifiuti è influenzato da diversi fattori, tra cui la popolazione, che è uno dei principali driver della produzione di rifiuti. La riduzione delle emissioni nel settore è principalmente correlata all'aumento della raccolta differenziata e al successivo riciclo delle frazioni raccolte in modo differenziato con conseguente riduzione degli apporti in discarica. In particolar modo, la riduzione della componente organica dei rifiuti urbani in discarica concorre alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti poiché limita il processo di biodegradazione e quindi la formazione del biogas. La riduzione progressiva dello smaltimento in discarica dei Rifiuti Urbani Biodegradabili (RUB) è una delle priorità della gestione dei rifiuti indicata dalla normativa europea ed è stata confermata anche dal così detto "pacchetto rifiuti". Il D.lgs. 36/2003 e successive modificazioni, nel recepire la direttiva 1999/31/CE, ha modificato l'obiettivo di riduzione dello smaltimento in discarica della frazione biodegradabile dei rifiuti urbani. La direttiva stabiliva un target a livello nazionale basato sulla riduzione percentuale dello smaltimento rispetto ai rifiuti biodegradabili prodotti nell'anno 1995, fissato come anno di riferimento, mentre la norma nazionale, prevede un obiettivo di riduzione calcolato attraverso il pro capite. Applicando le disposizioni della direttiva 1999/31/CE, il target di riduzione per il 2016 stabilisce che i RUB smaltiti in discarica siano inferiori a 5.864.950 tonnellate (pari al 35% dei RUB prodotti nel 1995). La normativa italiana risulta, invece, più restrittiva, non solo in termini quantitativi, ma soprattutto perché impone il raggiungimento degli obiettivi a livello di ambito territoriale ottimale. Nel 2024, il totale dei rifiuti urbani biodegradabili smaltiti in discarica in Italia è pari a 2.657.187 tonnellate, corrispondente al 15,9% dei RUB prodotti nel 1995, quindi ben al disotto dell'obiettivo del 35% fissato dalla normativa europea. Il pro capite nazionale di frazione biodegradabile in discarica risulta, nel 2024, pari a 45 kg per abitante, al di sotto dell'obiettivo stabilito dalla normativa italiana per il 2018 (81 kg/anno per abitante).

Di conseguenza, lo scenario attuale è stato costruito analizzando l'andamento delle tecnologie per la gestione dei rifiuti negli anni immediatamente successivi al 2005 (anno di entrata in vigore del D.Lgs. 36/2003), in relazione alle tendenze degli anni precedenti. È evidente che la riduzione della componente organica dei rifiuti destinati in discarica è strettamente legata all'aumento delle attività di compostaggio e digestione anaerobica, che hanno registrato una crescita notevole dal 2005.

Tabella 5.8 - Fattori determinanti per le emissioni derivanti dalla gestione dei rifiuti

	2005	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
				Kt				
Produzione di rifiuti solidi urbani e assimilabili (RSU)	31,664	29,933	29,807	29,735	29,620	29,755	29,571	29,252
Rifiuti solidi urbani e assimilabili (RSU) conferiti in discarica	20,684	6,589	5,624	3,399	3,403	3,334	3,334	3,334

5.2 Scenario di riferimento (WM)

Le emissioni di gas serra sono calcolate sulla base dei parametri e dell'approccio di modellizzazione precedentemente menzionati. Fino al 2024, i dati sulle emissioni provengono dall'inventario delle emissioni (ISPRA, 2026), mentre i dati 2025 si basano su dei preconsuntivi. Come evidenziato nella figura

5.4, dal 2005 al 2020 si sono già registrate notevoli riduzioni delle emissioni. Questa diminuzione è attribuibile a diversi fattori, alcuni dei quali sono strutturali, mentre altri sono contingenti.

I fattori strutturali più significativi per i dati storici includono:

- L'aumento della quota di fonti rinnovabili nel mix energetico, grazie allo sviluppo della produzione fotovoltaica e alla diffusione delle biomasse per il riscaldamento.
- L'efficientamento della produzione elettrica, con l'entrata in esercizio di numerosi impianti a ciclo combinato e il conseguente passaggio al gas naturale nel settore elettrico.
- L'aumento dell'efficienza del settore industriale, caratterizzato da una rilevante elettrificazione dei consumi finali e da cambiamenti strutturali nella produzione, con un orientamento verso un'industria più "leggera".
- L'incremento dell'efficienza dei dispositivi di uso finale.

Per quanto riguarda i fattori contingenti, è importante menzionare la crisi economica iniziata nel 2008 e lo scoppio della pandemia da SARS-Cov2 nel 2020. La crisi economica ha comportato una forte riduzione delle attività industriali nel 2008, con effetti che si sono protratti fino al 2014. Il significativo calo delle emissioni registrato nel 2020 è stato causato dagli effetti del lockdown imposto per contrastare la pandemia da SARS-Cov2. Dal 2021 si è osservato un effetto rimbalzo fino al 2022, seguito da un nuovo calo nel 2023 e nel 2024. Le proiezioni indicano poi che al 2025 è atteso un lieve incremento delle emissioni che riprenderanno a diminuire a partire dal 2026 fino al 2055. Il tasso medio di riduzione calcolato sull'intero periodo 2024-2055 è paria a circa -1.3% all'anno. Nel 2055, i gas a effetto serra totali, inclusi i cambiamenti d'uso del suolo e della silvicoltura (LULUCF), sarà inferiore del 33% rispetto ai livelli del 2024. È importante notare che le emissioni nette rappresentano le emissioni fisiche presenti nel territorio italiano, escludendo le riduzioni dovute ai meccanismi flessibili.

Figura 5.4 – Andamento storico e atteso nello scenario di riferimento (WM) delle emissioni di gas serra (totali incluso LULUCF)

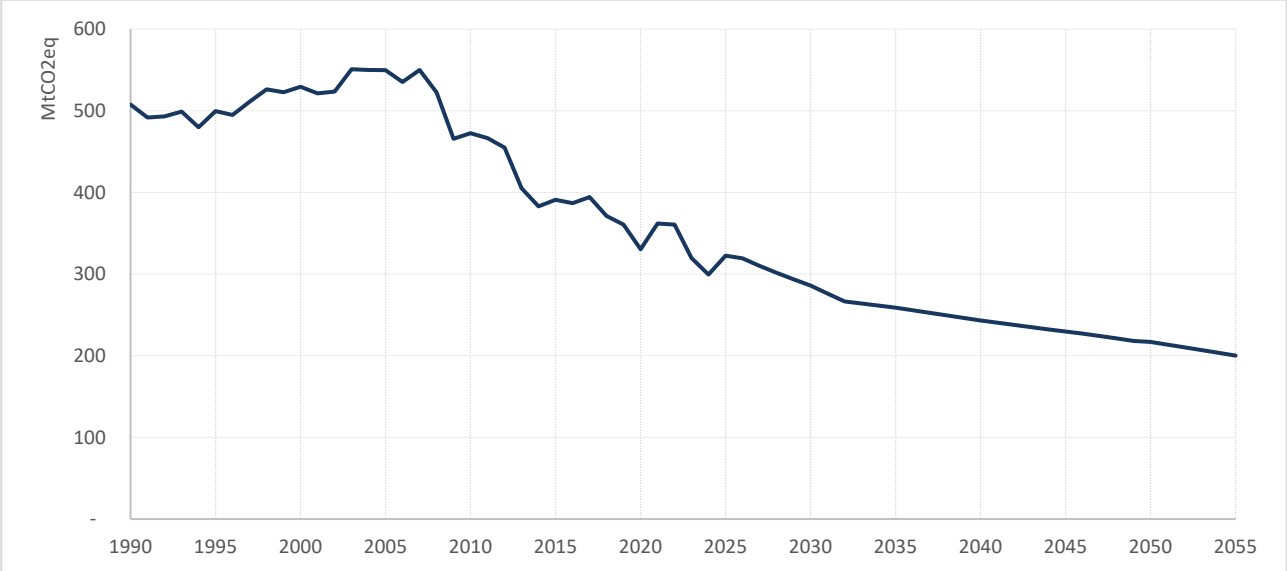
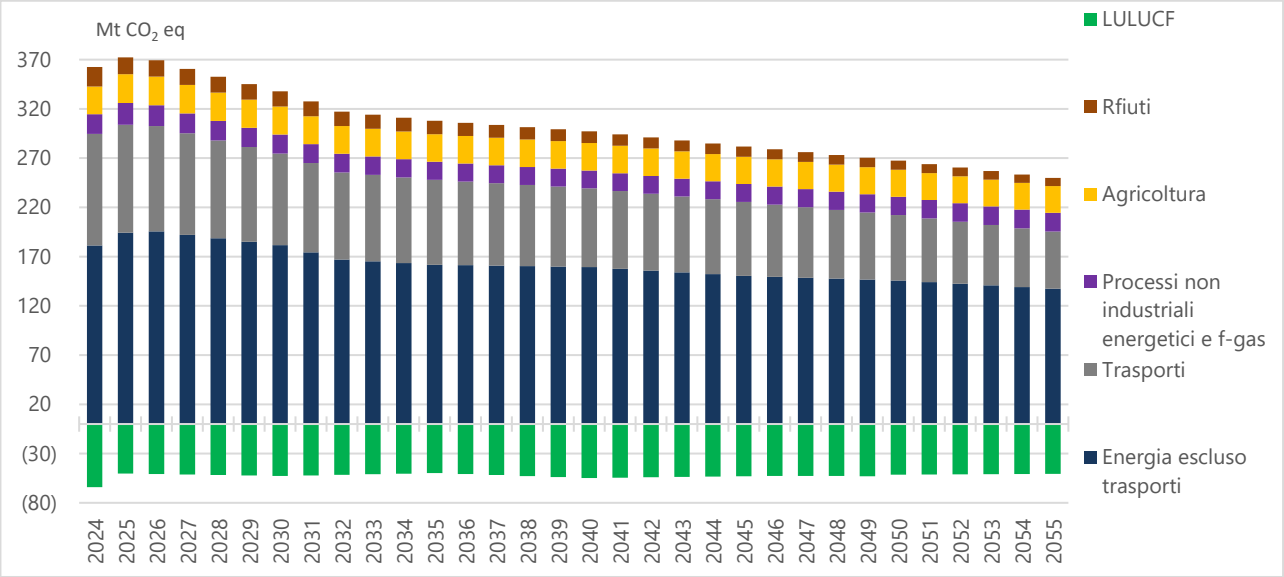


Figura 5.5 – Emissioni di gas serra per settore nello scenario di riferimento - WM



La tabella 5.9 presenta le proiezioni dello scenario di riferimento (WM) fino al 2055, evidenziando le emissioni disaggregate per settore.

Il calo più significativo delle emissioni in termini relativi, dal 2024 al 2055, si registra nel settore dei rifiuti, con una riduzione del 58%, seguito dai trasporti con un decremento del 49%. Anche il settore delle industrie energetiche mostra una notevole diminuzione, seppur più contenuta, pari al 44%. In contrasto, l'agricoltura evidenzia il tasso di riduzione più basso, con una variazione del –3% nello stesso periodo.

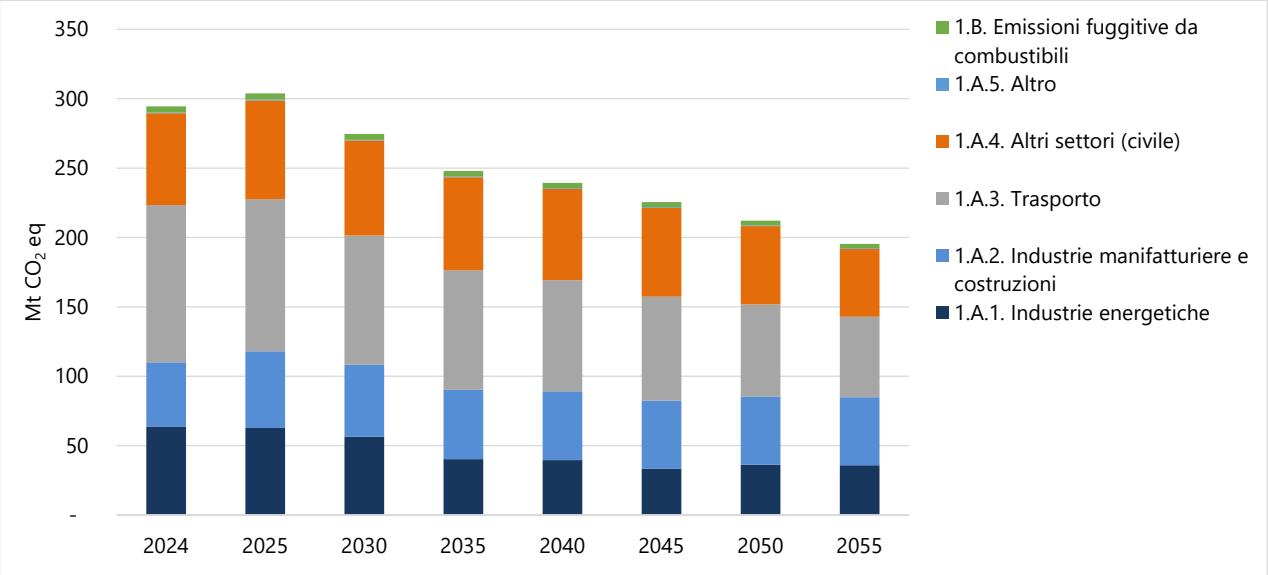
Tabella 5.9 - Emissioni di gas serra dello scenario di riferimento - WM, disaggregate per settore

	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
				Mt CO_2 eq.				
Totale escluso LULUCF	363.49	373.00	338.62	308.70	297.90	282.62	268.31	250.72
Totale incluso LULUCF	299.42	322.66	285.86	258.87	243.10	229.60	216.88	200.17
1.A.1. Industrie energetiche	63.86	62.77	56.47	40.32	39.64	33.48	36.22	35.92
1.A.2. Industrie manifatturiere e costruzioni	46.16	55.23	51.89	49.87	49.61	48.92	49.19	49.05
1.A.3. Trasporto	113.28	109.56	93.01	86.17	79.94	75.01	66.45	57.92
1.A.4. Altri settori (civile)	66.16	71.19	68.54	67.07	65.81	63.86	56.34	48.81
1.A.5. Altro	0.62	0.72	0.46	0.49	0.52	0.54	0.53	0.54
1.B. Emissioni fuggitive da combustibili	4.45	4.35	4.29	3.96	3.83	3.67	3.42	3.17
2. Processi industriali	20.11	22.17	19.34	18.44	18.06	18.23	18.63	19.04
3. Agricoltura	28.01	29.30	28.37	28.00	27.90	27.71	27.40	27.09
4. LULUCF	-64.07	-50.35	-52.76	-49.83	-54.80	-53.02	-51.43	-50.56
5. Rifiuti	19.98	16.97	15.48	13.62	11.80	10.41	9.31	8.30
CO_2 indiretta	0.87	0.75	0.76	0.76	0.77	0.80	0.83	0.87

In termini assoluti, invece, la riduzione più significativa è attesa per il settore dei trasporti con oltre 55 $MtCO_2eq$ nel periodo 2024-2055. È importante notare che, per quanto riguarda le emissioni di questo settore, dopo la pandemia si è osservato un notevole incremento della mobilità privata. In assenza di politiche adeguate, è probabile che l'auto privata continui a mantenere un ruolo predominante negli anni a venire.

Nelle Figura 5.6 e 5.7 sono riportati i gas serra dei settori energetici e non energetici, rispettivamente.

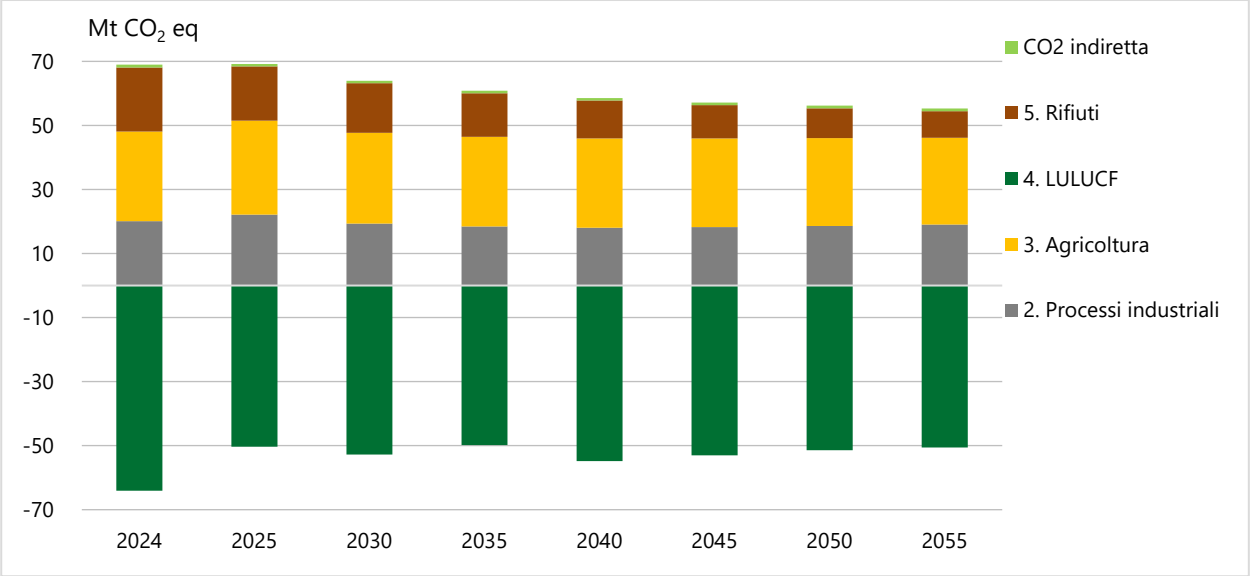
Figura 5.6 – Emissioni di gas serra per i settori energetici



L'analisi dello scenario per i settori energetici per il periodo 2024 – 2055 permette di evidenziare:

- una notevole riduzione delle emissioni nelle industrie energetiche principalmente grazie al settore della produzione elettrica; in questa sottocategoria, le emissioni sono direttamente collegate alla produzione di energia elettrica da combustibili fossili; la rilevante espansione della produzione rinnovabile dopo il 2008 ha contribuito alla riduzione delle emissioni con un ritmo medio del -4.3% all'anno dal 2005 al 2024. Negli anni di proiezione, il tasso annuo è -1.3% dal 2024 al 2055. L'andamento delle emissioni osservato negli anni previsti è il risultato combinato dell'aumento della produzione compensato da un ulteriore aumento dell'efficienza termoelettrica, della quota di energie rinnovabili e dello spostamento verso combustibili a basse emissioni di carbonio come il gas naturale, anche se la quota crescente di energie rinnovabili è di gran lunga il fattore più importante;
- una diminuzione del settore dei trasporti, conseguente alle misure attuate e all'innovazione tecnologica, nonostante l'aumento della domanda di trasporto;
- una significativa diminuzione delle emissioni nel settore civile, principalmente in virtù dell'aumento dell'efficienza degli edifici; l'aumento delle emissioni in passato è stato legato principalmente allo sviluppo del settore terziario soprattutto dei servizi e del patrimonio edilizio residenziale (seconda e terza casa);
- una forte diminuzione nel passo delle emissioni industriali (sia per le emissioni energetiche che per i processi industriali e l'utilizzo dei prodotti), dovuta in parte alla contrazione delle attività economiche e in parte al cambiamento strutturale e all'aumento dell'efficienza, i cui effetti sono visibili anche nelle emissioni previste. Infatti, in proiezione le emissioni dell'industria mostrano un andamento decrescente piuttosto più lento a fronte di un valore aggiunto lordo (GVA) atteso comunque in aumento sul lungo periodo.

Figura 5.7 – Emissioni di gas serra per i settori non energetici



Per quanto riguarda i settori non energetici, le emissioni risultano complessivamente abbastanza stabili data anche l'assenza di politiche specificatamente mirate alla riduzione dei gas serra prodotti da questi settori.

5.2.1 Energia (esclusi i trasporti)

La quota delle emissioni energetiche rispetto alle emissioni totali di gas a effetto serra senza LULUCF mostra un calo deciso, dal 62% nel 1990 al 50% nel 2024. Le proiezioni mostrano che la quota dovrebbe aumentare fino al 54.8% nel 2055. Il consumo interno lordo di energia (GIC) dovrebbe essere di circa 139.1 Mtep nel 2030, con un tasso medio annuo di diminuzione del -0.18% dal 2020. Negli anni successivi si prevede una diminuzione con tasso analogo.

5.2.1.1 Industrie energetiche

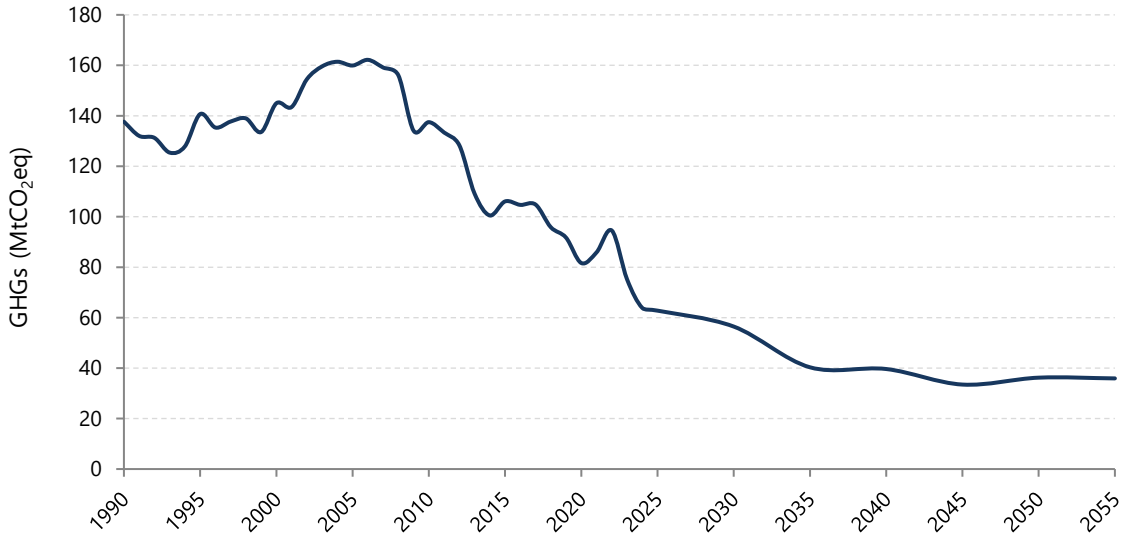
Secondo le linee guida dell'IPCC, la categoria dei prodotti di consumo di energia include la produzione di energia elettrica da combustibili fossili, le raffinerie, e la produzione di coke e di energia elettrica da gas di carbone nelle acciaierie integrate. Le emissioni generate dall'elettricità autoprodotta e autoconsumata non rientrano nelle industrie energetiche, poiché sono considerate parte delle emissioni dell'industria manifatturiera. Sebbene le emissioni derivanti dall'energia elettrica autoprodotta e autoconsumata fossero significative in passato, negli ultimi anni rappresentano meno del 10% delle emissioni totali derivanti dalla produzione di elettricità.

Le emissioni delle raffinerie sono rilevanti, ma il previsto calo del consumo di combustibili fossili da parte dei trasporti nei prossimi anni porterà a una diminuzione dell'attività delle raffinerie. Inoltre, la produzione di coke contribuisce solo a piccole quantità di emissioni, per cui le emissioni previste nel settore dell'industria energetica sono principalmente legate alla produzione di energia elettrica.

Come illustrato nella figura 5.10, tra il 1990 e il 2005, le industrie energetiche hanno registrato un notevole aumento delle emissioni del 16.2%, circa l'1% all'anno. L'andamento storico al ribasso (dal 2005 al 2020, le emissioni sono diminuite drasticamente a un tasso medio annuo del -4.4%) è influenzato dalla riduzione dell'attività durante gli anni della crisi economica, dalla crescente quota di fonti rinnovabili nel settore energetico e dal passaggio a combustibili a basso contenuto di carbonio, come il gas naturale. Un ruolo significativo è svolto anche dall'aumento dell'efficienza dei combustibili fossili nella produzione di energia elettrica e, nel 2020, dal lockdown delle attività economiche a causa della pandemia da SARS-Cov2. Si prevede l'ulteriore diminuzione delle emissioni fino al 2055, con un tasso medio annuo di circa -1.8% dal 2024. La maggior parte della riduzione dovrebbe avvenire nel 2035, con un tasso medio annuo intorno al

-4.1% dal 2024, seguito da una lieve tendenza al ribasso (-0.6% all'anno dal 2035 al 2055). Il fattore più rilevante che determina la riduzione delle emissioni è la diffusione delle energie rinnovabili nel settore elettrico. Si prevede un contributo minore per quanto riguarda il fattore di efficienza, a causa del limitato margine di manovra rimasto per le tecnologie destinate ad aumentare l'efficienza della produzione di energia e per il passaggio dai combustibili fossili al gas.

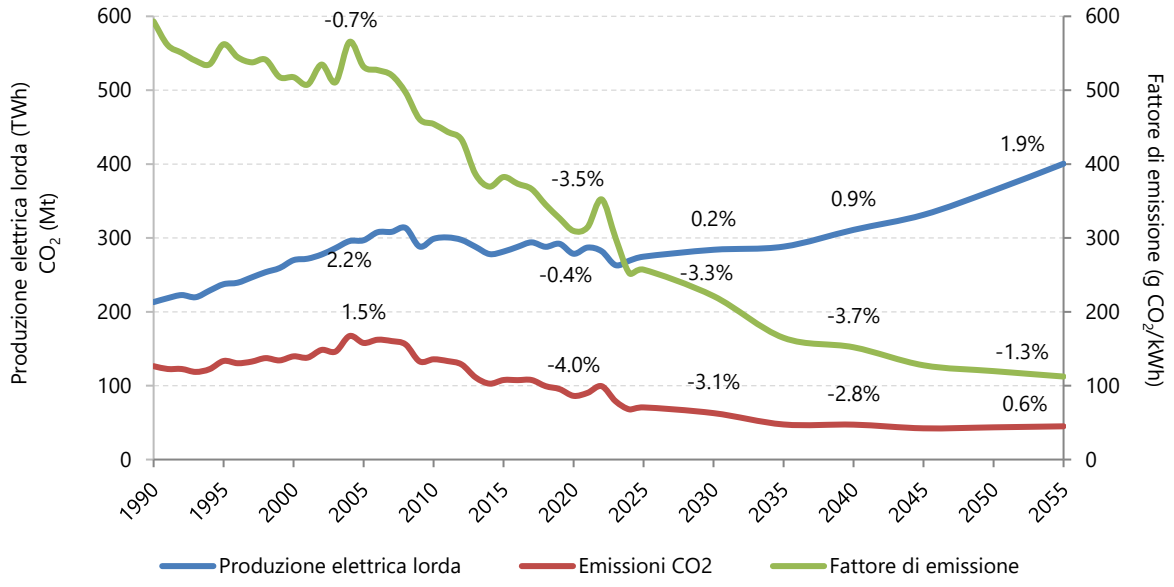
Figura 5.10 – Emissioni di gas serra effettive e previste per le industrie energetiche



Focus sulla produzione di energia elettrica

I dati analizzati in questo paragrafo riguardano tutti gli impianti di produzione di energia elettrica, inclusi quelli normalmente dedicati alla fornitura di energia elettrica e termica a settori diversi da 1.A.1.a (Produzione pubblica di energia elettrica e termica). Le informazioni storiche evidenziano un disaccoppiamento tra le emissioni di CO_2 delle centrali elettriche e la produzione di energia elettrica (figura 5.11 e figura 5.12).

Figura 5.11 – Produzione di energia elettrica ed emissioni di CO_2 delle centrali elettriche

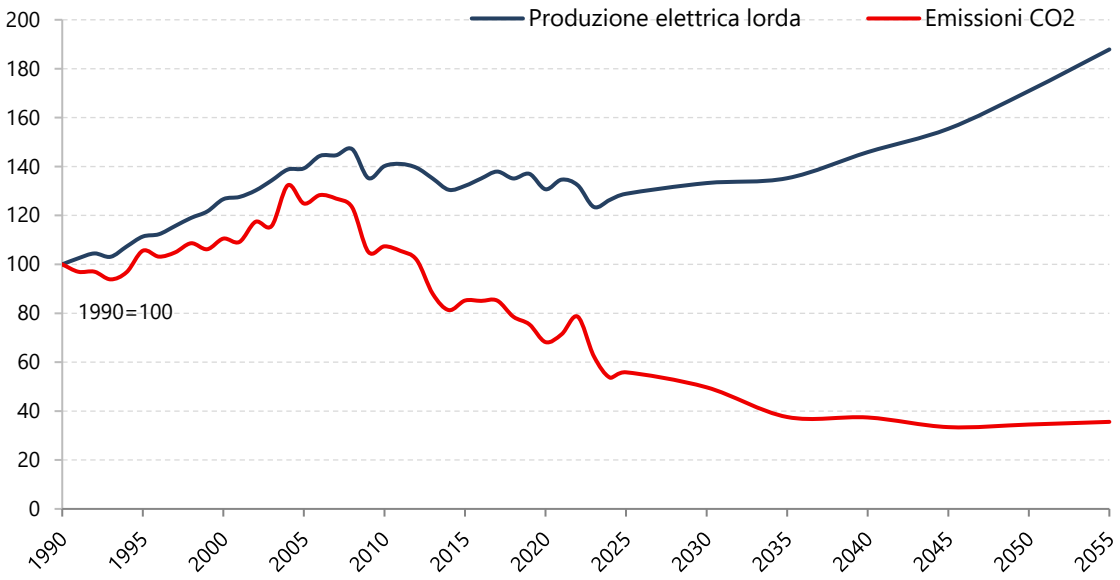


I tassi medi annui sono riportati per i periodi 1990-2005, 2005-2020, 2020-2030 e 2030-2040

Dal 1990, la produzione di energia elettrica è aumentata costantemente fino al 2008, con un tasso medio annuo superiore a quello delle emissioni di CO_2. Il tasso medio di crescita della produzione lorda di energia elettrica è stato del 2.2% all'anno dal 1990 al 2008, quasi raddoppiando il tasso di crescita delle

emissioni di CO_2, che si attesta all'1.2% all'anno, mostrando così un relativo disaccoppiamento tra i due parametri. Dal 2008 al 2024 la produzione di energia elettrica è diminuita con un tasso medio annuo di-0.9%, mentre il tasso annuo di riduzione delle emissioni di CO_2 è -5.1%. Dal 1990 e il 2024, il fattore di emissione è diminuito con un tasso medio annuo del 2.5%. Questo risultato è principalmente attribuibile al forte sviluppo delle fonti rinnovabili, seguito dall'aumento dell'efficienza degli impianti termoelettrici e dalla transizione energetica verso combustibili a minore contenuto di carbonio, come il gas naturale, in sostituzione dei prodotti petroliferi e dei combustibili solidi. Gli ultimi due fattori sono stati determinanti per la diminuzione del fattore di emissione fino al 2007. Le proiezioni indicano un'ulteriore diminuzione delle emissioni di CO_2, con un tasso medio annuo dell'1.3% dal 2024 al 2055 a fronte di un incremento della produzione di energia elettrica con tasso medio annuo dell'1.3%, portando alla diminuzione del fattore di emissione con un tasso annuo del -2.6%.

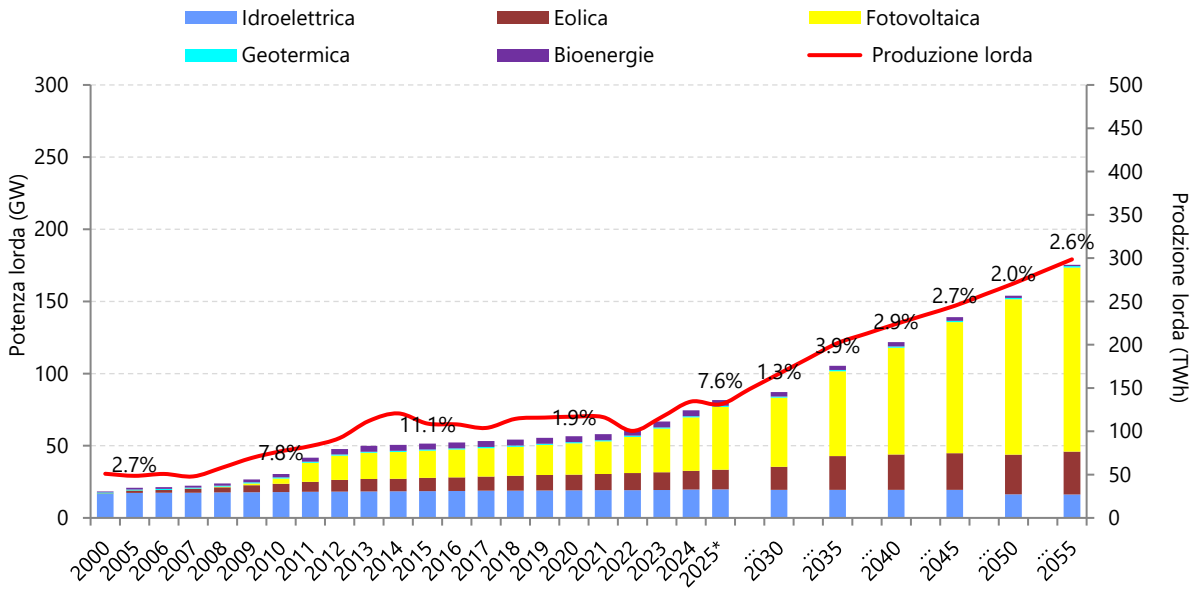
Figura 5.12 – Andamento relativo della produzione di elettricità e delle emissioni di CO_2 delle centrali elettriche



Dal 2008 il costante aumento delle fonti rinnovabili è stato il fattore trainante più rilevante per il disaccoppiamento tra produzione di energia elettrica ed emissioni di GHG.

L'aumento previsto della domanda di energia elettrica nello scenario di riferimento sarà soddisfatto da un significativo incremento della capacità installata di energia da fonti rinnovabili. Nel 2024, la capacità installata ha raggiunto i 74.5 GW, con un tasso di crescita medio di circa il 2% all'anno dal 1990 al 2007, e 4.6% all'anno negli anni successivi fino al 2024, con una accelerazione dal 2020 (+7.1% annuo). Dal 1990 al 2007, l'energia idroelettrica ha rappresentato la fonte rinnovabile predominante; tuttavia, dal 2008, altre fonti, come fotovoltaico ed eolico, hanno guadagnato sempre più importanza (figura 5.13). Le previsioni indicano che la capacità rinnovabile installata per il 2030 e il 2055 sarà rispettivamente di circa 87 GW e 175 GW, grazie all'incremento di fotovoltaico ed eolico.

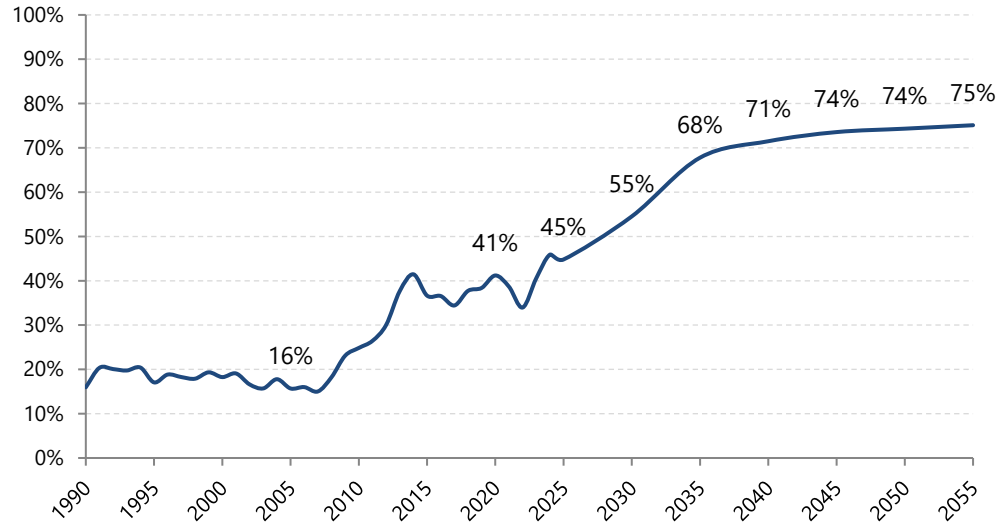
Figura 5.13 - Potenza rinnovabile e produzione lorda di energia elettrica. La percentuale indica il tasso medio annuo di crescita della potenza



La capacità efficiente lorda totale, comprese le energie rinnovabili, è aumentata da 102.3 GW nel 2008 a 128.6 GW nel 2013, con una quota di energie rinnovabili che è passata dal 23.3% al 36.8%. Tra il 2008 e il 2013, l'energia rinnovabile ha costituito la componente principale delle nuove installazioni, con 26 GW su un totale di 26.3 GW. Dal 2012 si è registrato un crescente decommissioning della capacità termoelettrica, che ha raggiunto circa 19 GW fino al 2021. Nel 2024, la capacità efficiente lorda è stata di 137.6 GW, di cui il 54.1% da impianti alimentati da fonti rinnovabili.

La percentuale di energia elettrica rinnovabile sul consumo lordo di energia elettrica, riportata in figura 5.14, è aumentata dal 16% a oltre il 45% dal 1990 al 2024, includendo l'energia elettrica importata e le perdite di rete. Il calo del 2022 è attribuibile a una forte contrazione dell'energia idroelettrica, causata da un anno particolarmente secco. Le proiezioni indicano un ulteriore aumento della quota di energie rinnovabili, intorno al 75% nel 2055. La produzione di energia elettrica rinnovabile è stimata in circa 166 TWh nel 2030 e 299 TWh nel 2055, su una produzione totale rispettivamente di 284 TWh e 400 TWh, mentre il consumo di energia elettrica sarà rispettivamente di 305 TWh e 398 TWh.

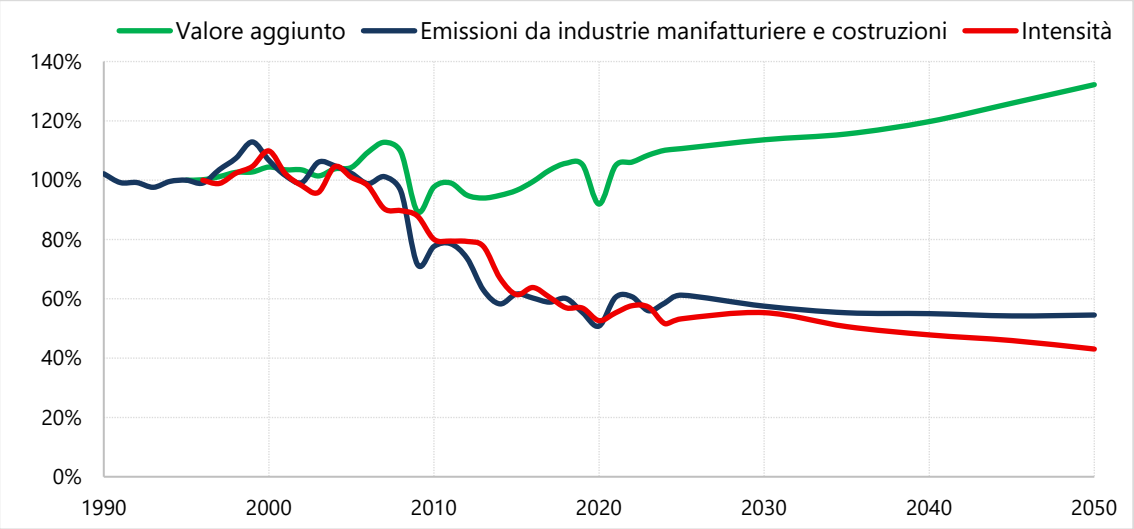
Figura 5.14 - Quota delle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) nel consumo di energia elettrica



5.2.1.2 *Industrie manifatturiere e costruzioni*

La categoria del settore energia considerata in questo paragrafo comprende le industrie manifatturiere e le costruzioni. Come illustrato nella figura 5.15, le emissioni derivanti dal consumo di energia nelle industrie manifatturiere e nel settore delle costruzioni hanno mostrato una diminuzione dal 1999, nonostante una tendenza generale all'aumento del Valore Aggiunto Lordo (VAL). Questo fenomeno è ben evidenziato dalla diminuzione dell'intensità dei gas serra, la quale si prevede continuerà anche nei prossimi anni. Negli ultimi anni, la riduzione delle emissioni nelle industrie manifatturiere e nelle costruzioni è stata principalmente influenzata dalla diminuzione della produzione nei sottosettori a più alta intensità energetica, come i minerali non metalliferi e l'acciaio, che contribuiscono in misura minore al VAL settoriale. Inoltre, si è registrato un aumento dell'efficienza energetica e un cambiamento nel mix energetico. Nei prossimi anni, non si prevedono significativi cambiamenti nella struttura del settore, ma piuttosto una continuazione delle tendenze attualmente osservate.

Figura 5.15 - Emissioni di gas serra, VAL e intensità delle emissioni delle industrie manifatturiere e delle costruzioni



(1995=100%)
Fonte: ISPRA, ISTAT e Commissione Europea

5.2.1.3 *Residenziale ed altri settori*

La tabella 5.10 riporta i dati storici e le proiezioni delle emissioni di gas serra nei servizi, nel residenziale e nell'agricoltura.

Tabella 5.10 - Emissioni di gas serra dello scenario di riferimento – WM nel settore civile

	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
				Mt CO_2 eq				
Servizi	19.7	19.3	18.9	18.4	18.0	17.7	16.3	15.0
Residenziale	39.5	44.7	42.4	41.3	40.7	39.0	32.7	26.5
Agricoltura	6.9	7.2	7.2	7.4	7.1	7.2	7.3	7.3

Fonte: ISPRA

Per il residenziale ed i servizi l'aumento della domanda di riscaldamento, legato all'aumento del numero delle famiglie e del VA, sarà in parte bilanciato dalla previsione di una penetrazione del vettore elettrico per la climatizzazione invernale ed estiva, e dagli attesi incrementi di efficienza. Un ulteriore parametro preso in considerazione per elaborare la domanda energetica per il riscaldamento e il raffrescamento è l'indice di anomalia climatica. Le proiezioni di tale indice sono sviluppate da ISPRA, utilizzando i dati forniti dal Centro Euromediterraneo sui Cambiamenti Climatici nell'ambito del progetto EURO-Cordex. La previsione di inverni più caldi e quindi con minore domanda di riscaldamento contribuisce alla riduzione delle emissioni, di contro estati più calde favoriranno un aumento della domanda di raffrescamento che

verrà soddisfatta da apparecchi elettrici. Le emissioni per la produzione di energia elettrica non ricadono nel settore civile ma nelle industrie energetiche.

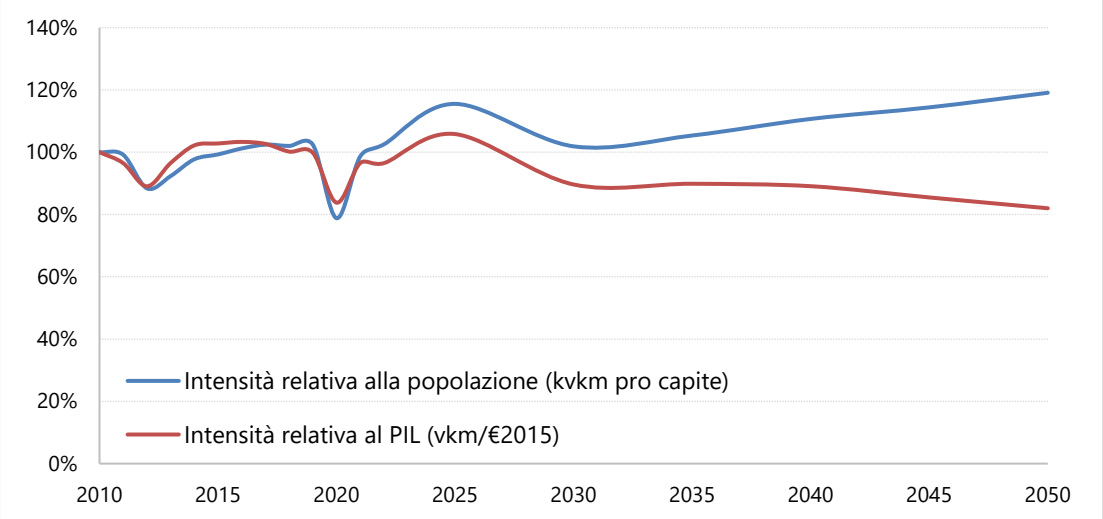
Per l'agricoltura le emissioni contabilizzate in questo settore sono quelle legate al riscaldamento delle serre e delle stalle; in generale si assiste ad una moderata penetrazione di biocarburanti che si traduce in una lieve diminuzione delle emissioni di CO_2eq.

5.2.2 Trasporti

La categoria dei trasporti include il trasporto stradale e ferroviario, il traffico aereo nazionale, i voli aerei internazionali (atterraggio e decollo) e la navigazione costiera, oltre ai consumi portuali delle navi che effettuano viaggi internazionali. Le emissioni di gas serra nel settore dei trasporti hanno mostrato una significativa crescita storica dal 1990 al 2007, con un incremento del 26.8%. Tuttavia, a seguito della crisi economica, questa tendenza ha subito un'inversione, registrando una riduzione del 18% nel periodo 2007-2015. La tendenza discendente è visibile fino al 2017, con una diminuzione del 5% rispetto al 2015. Gli anni 2018 e 2019 hanno evidenziato un nuovo aumento delle emissioni, con un incremento del 4.7% nel 2019 rispetto al 2017, seguito da un calo nel 2020 del 18.6% rispetto al 2019, dovuto alle misure di lockdown per contrastare la pandemia da SARS-CoV-2. Si prevede che le emissioni aumenteranno fino al 2025, come effetto rimbalzo della fine della pandemia, influenzando in particolare l'uso delle auto private. Dopo il 2025 e fino al 2040, si stima una riduzione delle emissioni del 27.0%.

Per quanto riguarda il trasporto su strada, nel 2024 le emissioni totali di gas serra (GHG) di questa categoria rappresentavano circa il 92.7% delle emissioni nazionali totali dei trasporti, il 35.7% del settore energia e circa il 28.9% del totale nazionale dei gas serra. Il trasporto passeggeri è responsabile di circa il 68% delle emissioni del trasporto su strada, mentre il trasporto merci e altri usi di carburante costituiscono la quota rimanente. L'applicazione del Regolamento (UE) 2019/631, che stabilisce livelli di prestazione in materia di emissioni di CO_2 per le autovetture nuove e i veicoli commerciali leggeri nuovi, contribuirà a compensare in modo significativo la crescente domanda di trasporto, determinando una tendenza al ribasso delle emissioni previste. L'analisi dell'evoluzione nel tempo dei veicoli-chilometro (v-km) pro capite per le autovetture (figura 5.18) rivela una tendenza in costante aumento, ad eccezione dei periodi di crisi economica (2011-2012) e della crisi pandemica del 2020. Negli anni di proiezione, fino al 2030, gli effetti delle misure del PNRR sono chiaramente visibili. Tuttavia, negli anni successivi, fino al 2050, si osserva nuovamente un incremento, in assenza di ulteriori politiche destinate a limitare la mobilità privata.

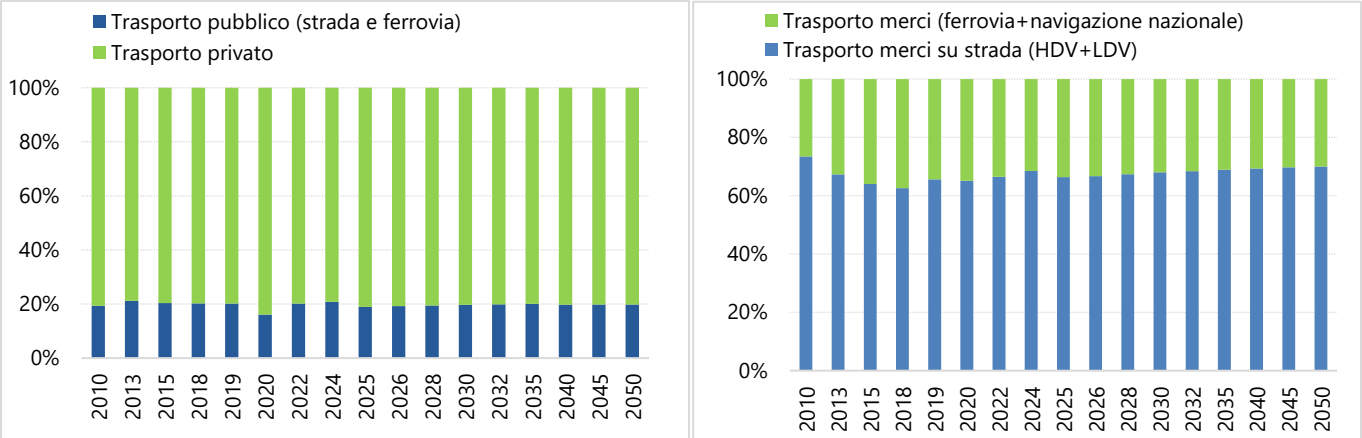
Figura 5.18 - Andamento dell'intensità relativa alla popolazione (kv-km pro capite) e al PIL (v-km/k€ 2015)



Nello scenario di riferimento è evidente che nel trasporto passeggeri la quota di mobilità privata continua a dominare, a scapito del trasporto pubblico su strada e su rotaia. Analogamente, per il trasporto merci,

la quota di merci su strada rimane la modalità predominante rispetto al trasporto ferroviario o marittimo (Figura 5.19).

Figura 5.19 - Tendenze del trasferimento modale del trasporto (%)



Fonte: ISPRA – elaborazione su dati Ministero dei Trasporti

Le emissioni relative al trasporto internazionale aereo e marittimo sono riportate nella tabella 5.10. Per l'aviazione internazionale, dopo il calo registrato nel 2020 le emissioni sono attese in aumento (+274% nel periodo 2020-2055). La stessa tendenza è prevista per il trasporto marittimo internazionale, le emissioni previste mostrano un aumento costante fino al 2055 (+21% dal 2020).

Tabella 5.10 - Emissioni da aviazione e trasporto marittimo internazionali

	2005	2010	2015	2020	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
	Mt CO_2 eq											
Aviazione	8.5	8.9	9.6	3.8	12.9	11.7	12.0	12.8	13.8	14.0	14.1	14.3
Trasporto marittimo	6.7	8.2	5.0	4.2	4.2	5.8	6.1	6.2	6.4	6.3	5.7	5.1

5.2.3 Processi industriali

Le proiezioni delle emissioni per i processi industriali si fondano sulle stesse ipotesi principali riguardanti il valore aggiunto e la produzione fisica, utilizzate per calcolare il consumo di energia finale nel settore industriale. I fattori di emissione per i processi sono stati considerati costanti per l'intera serie storica, assumendo che non vengano implementati nuovi processi o misure aggiuntive.

Per quanto concerne le proiezioni dei gas fluorurati, la riduzione delle emissioni attesa deriva dall'attuazione del successivo Regolamento, culminato con l'adozione del nuovo Regolamento (UE) 573/2024. Le proiezioni per la produzione di alluminio e la produzione fluorochimica sono state elaborate sulla base delle informazioni fornite direttamente dall'industria, in relazione alla situazione attuale. Riguardo alla produzione di alluminio, non ci sono prospettive di riapertura dello stabilimento di Portovesme, che ha interrotto la produzione nel 2012. Per quanto riguarda la produzione di HCFC22, utilizzato come input per il TFM (tetrafluoroetilene monomero), poi impiegato nella produzione di vari fluoropolimeri e fluoroelastomeri, l'azienda Solvay ha comunicato che la produzione di HCFC22 rimarrà pressoché costante.

In merito alla produzione di semiconduttori, le proiezioni sono state ricavate dagli accordi sottoscritti dalla *European Semiconductor Industry Association*. L'industria italiana dei semiconduttori prevede una riduzione del 30% delle emissioni di PFC entro il 2025 rispetto ai livelli del 2010, con un'ulteriore diminuzione del 5% prevista per il 2040. Le tecnologie di riduzione delle emissioni di PFC applicate nelle operazioni di fabbrica includono l'ottimizzazione del processo produttivo (riduzione della quantità di PFC utilizzati ed emessi), l'uso di sostanze chimiche alternative ai PFC con un potenziale di riscaldamento globale inferiore, ove possibile, e l'installazione di sistemi di abbattimento.

Per quanto riguarda l'SF_6, utilizzato nelle fonderie di magnesio e alluminio, e per i solventi e i gas fluorurati che sostituiscono le sostanze che riducono lo strato di ozono, le proiezioni si basano sul raggiungimento degli obiettivi stabiliti dal Regolamento sui gas fluorurati (UE) n. 573/2024. È importante notare che il nuovo regolamento, rispetto al Regolamento (UE) n. 517/2014 introduce un nuovo sistema di quote, che comporta una riduzione più drastica delle quantità che gli importatori e i produttori possono immettere nel mercato dell'UE. Entro il 2050, gli HFC saranno gradualmente eliminati dall'UE. Un'altra significativa novità introdotta dal nuovo Regolamento F-Gas è che, a partire dal 1° gennaio 2025, gli aerosol farmaceutici contenenti idrofluorocarburi dovranno essere contabilizzati nel sistema di quote, da cui erano precedentemente esclusi. Nella tabella 5.11 sono riportate le proiezioni dei gas fluorurati fino al 2055, suddivise per settore.

Tabella 5.11 - Scenario di emissione di gas fluorurati per categorie

	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
	Mt CO_2 eq							
2.B Industria chimica	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.C Industria metallurgica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.E Industria Elettronica	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.F Usi del prodotto come sostituti di ODS	6.7	6.4	3.5	2.1	1.2	0.8	0.6	0.6
2.G Produzione e utilizzo di altri prodotti	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Totale	7.3	7.0	4.0	2.6	1.7	1.2	1.0	1.0

Come riportato nella tabella 5.12, nonostante il loro ruolo rilevante negli ultimi anni, il contributo dei gas fluorurati al totale del settore dovrebbe diminuire dal 33% registrato nel 2024 al 2% nel 2055. D'altro canto, si prevede che le emissioni dei processi industriali aumenteranno nei prossimi anni, sia a causa della prevista crescita del valore aggiunto lordo (GVA) nelle industrie minerarie sia dell'assenza di tecniche di produzione alternative praticabili.

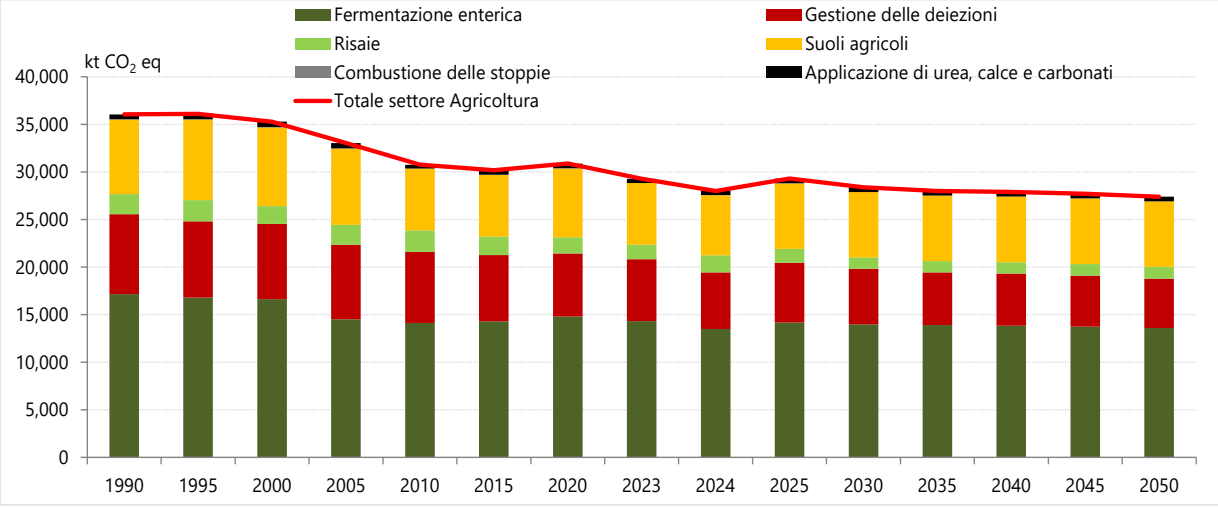
Tabella 5.12 - Scenario di emissione da processi industriali

	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
				Mt CO_2 eq				
Processi industriali (totale)	**20.1**	**22.2**	**19.3**	**18.4**	**18.1**	**18.2**	**18.6**	**19.0**
Industria mineraria	9.4	10.5	10.6	11.1	11.7	12.2	12.8	13.4
Industria chimica	1.4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Industria metallurgica	1.4	2.1	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2
Prodotti non energetici derivati da combustibili e uso di solventi	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Industria elettronica	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Usi del prodotto come sostituti di ODS	6.7	6.4	3.5	2.1	1.3	0.8	0.6	0.4
Fabbricazione e utilizzo di altri prodotti	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5

5.2.4 Agricoltura

Le emissioni dello scenario di riferimento per il settore sono pari a circa 28.4 $MtCO_2$ eq e 27.4 $MtCO_2$ eq al 2030 e al 2050 rispettivamente, senza considerare ulteriori misure per gli anni successivi al 2030 fino al 2050. Nella figura 5.20, sono riportate le proiezioni delle emissioni di gas serra dello scenario di riferimento. A partire dal 2025 si osserva una tendenza leggermente al ribasso. Nel 2030, le emissioni del settore si riducono del 14% e dell'8% rispetto al 2005 e al 2020 rispettivamente. Nel 2030, le riduzioni delle emissioni delle categorie di gestione degli effluenti zootecnici e dei suoli agricoli, che rappresentano rispettivamente il 21% e il 24% delle emissioni del 2030[37], sono pari al 25% e al 15% rispetto al 2005 e al 12% e al 5% nel 2030 rispetto al 2020, rispettivamente. Le riduzioni sono determinate dal calo del numero di capi, dall'aumento della quota di effluenti zootecnici avviati a digestione anaerobica e dall'applicazione delle misure di riduzione delle emissioni di ammoniaca. Negli scenari il totale delle emissioni di gas serra del settore agricoltura è di circa 28 milioni di tonnellate di CO_2eq.

Figura 5.20 – Scenario emissivo del settore Agricoltura



[37] Inoltre, il 49% delle emissioni del settore agricoltura nel 2030 deriva dalle emissioni di metano dovute alla fermentazione enterica. Tali emissioni, che si riducono di circa il 5% rispetto al 2005 e al 2020, scendono negli scenari per via della riduzione del numero di capi.

5.2.5 LULUCF

Gli assorbimenti netti di gas a effetto serra del settore LULUCF, come riportato nella tabella 5.13, si attestano a -52.8 $MtCO_2$ eq nel 2030 e a -51.4 $MtCO_2$ eq nel 2055. Gli assorbimenti forestali sono stati stimati tramite il modello For-est[38]. Le proiezioni di emissioni ed assorbimenti al 2055 sono state effettuate, per ogni categoria di uso del suolo, suddivisa in "*land remaining land*" e "*land converted to other land*", utilizzando un fattore di carbon stock change derivato dal rapporto tra la media degli assorbimenti e delle emissioni di gas serra e la media delle superfici nel periodo 2012-2024.

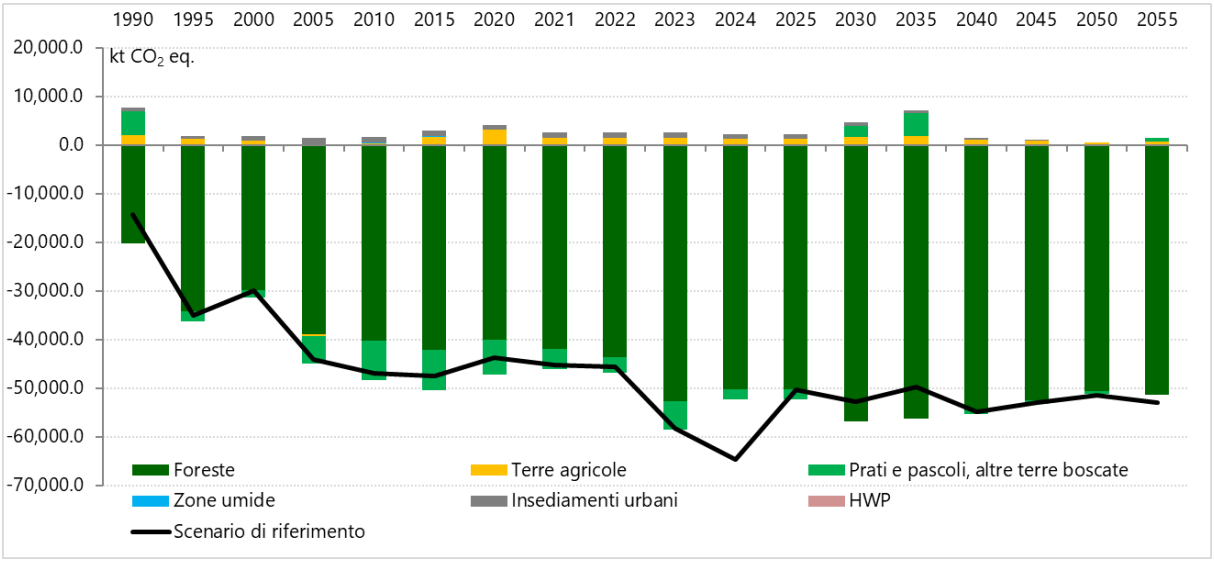
Tenendo conto di queste proiezioni di uso e variazioni di uso del suolo e, soprattutto, dei modelli climatici, nello scenario di riferimento, è stato incluso anche un aumento significativo di frequenza/intensità degli incendi con la superficie interessata che potrebbe quasi raddoppiare rispetto alla media di lungo periodo. Gli effetti sul piano emissivo risultano significativi, con sensibili incrementi delle emissioni.

Tabella 5.13 - Scenario emissivo per il settore LULUCF

	2005	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
					Mt CO_2 eq					
LULUCF	**-44.1**	**-47.4**	**-51.1**	**-50.3**	**-52.8**	**-49.8**	**-54.8**	**-53.0**	**-51.4**	**-51.4**
Foreste	-38.9	-42.2	-43.0	-50.2	-56.8	-56.2	-54.5	-52.5	-50.6	-50.6
Terre agricole	-0.5	1.7	0.2	1.2	1.7	1.9	1.0	0.8	0.6	0.6
Prati e pascoli, altre terre boscate	-5.6	-8.3	-7.8	-2.0	2.3	4.7	-0.9	-0.7	-0.5	-0.5
Zone umide	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Insediamenti urbani	1.4	1.1	1.0	1.0	0.7	0.5	0.3	0.3	0.0	0.0
Prodotti legnosi (HWP)	-0.5	0.1	-1.5	-0.3	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9

Lo scenario di riferimento restituisce un quadro con assorbimenti netti con una tendenza al mantenimento dei livelli attuali (figura 5.21), frutto di un sostanziale mantenimento della capacità di assorbimento forestale e dall'arresto dell'espansione urbana, anche a fronte di un incremento emissivo dovuto all'incremento delle superfici interessate da incendi.

Figura 5.21 – Scenario emissivo per il settore LULUCF



[38] Informazioni dettagliate sui metodi, parametri e fattori di emissioni utilizzati per il processo di stima del settore LULUCF sono riportati nel National Inventory Document (NID) pubblicato annualmente da ISPRA (ISPRA, 2026).

5.2.6 Rifiuti

Le emissioni di gas serra derivanti dai rifiuti mostrano una discreta riduzione al 2030 principalmente grazie alla diminuzione dei rifiuti conferiti in discarica. Questo progresso è attribuibile all'evoluzione della normativa sui rifiuti e all'introduzione di nuove forme di gestione, che hanno portato a un significativo aumento della quantità di rifiuti trattati negli impianti meccanico-biologici e di compostaggio, nonché nei digestori anaerobici affiancandosi alle filiere del riciclo di particolari frazioni merceologiche come la carta, il vetro, gli olii usati e le plastiche.

I dati dell'inventario nazionale evidenziano una riduzione delle emissioni di gas serra associate all'incenerimento dei rifiuti senza recupero energetico, che sono diminuite del 86% in circa tre decenni, passando da 512 $ktCO_2$ nel 1990 a 76 $ktCO_2$ nel 2024. Queste emissioni includono il trattamento di rifiuti urbani, industriali, sanitari, oli e fanghi esausti in inceneritori privi di recupero energetico. Sono comprese anche le emissioni derivanti dal coincenerimento di rifiuti in impianti industriali, dalla cremazione dei defunti, dalla combustione di rifiuti agricoli e dalla combustione di rifiuti abbandonati. Le emissioni di CH_4 e N_2O, provenienti dal trattamento delle acque reflue urbane e industriali, mostrano una diminuzione nel periodo 1990-2024, grazie a un progressivo aumento della copertura fognaria e, di conseguenza, della quota di acque reflue avviate a depurazione, che nel 2024 copre il 93% della popolazione. Questo porta, per quanto riguarda le acque reflue civili, a un incremento della produzione di metano, compensato però da una maggiore efficienza nella cattura del biogas destinato al recupero energetico. Per le acque reflue industriali, invece, le emissioni sono correlate alla quantità di acque reflue prodotte, che dipende dalla produzione industriale stessa: il progresso tecnologico e la crescente attenzione verso le tematiche ambientali hanno portato, in alcuni settori, a una riduzione della quantità di acqua di processo e, quindi, delle acque reflue prodotte, con conseguente minore concentrazione di COD (domanda chimica di ossigeno) nello scarico e, di conseguenza, una minore produzione di metano emesso. Come detto in precedenza, la riduzione delle emissioni nel settore dei rifiuti è principalmente legata all'aumento della raccolta differenziata e al successivo riciclo delle frazioni raccolte in modo differenziato. Infatti, i materiali ottenuti dalla raccolta e dalla trasformazione dei rifiuti in nuove risorse consentono un notevole risparmio di emissioni rispetto all'utilizzo di materie prime vergini. Per quanto riguarda la frazione organica biodegradabile della raccolta differenziata, il successivo trattamento aerobico/anaerobico per la produzione di compost consente di trasformare i rifiuti, che altrimenti verrebbero smaltiti in discarica, in un ammendante ricco di sostanza organica con emissioni specifiche di metano più contenute rispetto allo smaltimento in discarica.

Supponendo un andamento delle quantità di rifiuti in ingresso ai trattamenti di gestione in linea con l'andamento sopra descritto e con quanto riportato nel paragrafo 3.7, vengono prodotti gli scenari, illustrati nella tabella 5.14, utilizzando tali quantità come input in ingresso ai modelli per la stima delle emissioni da discarica e dagli altri trattamenti. Al momento non è previsto uno scenario WAM per quanto riguarda il settore di gestione di rifiuti e acque reflue.

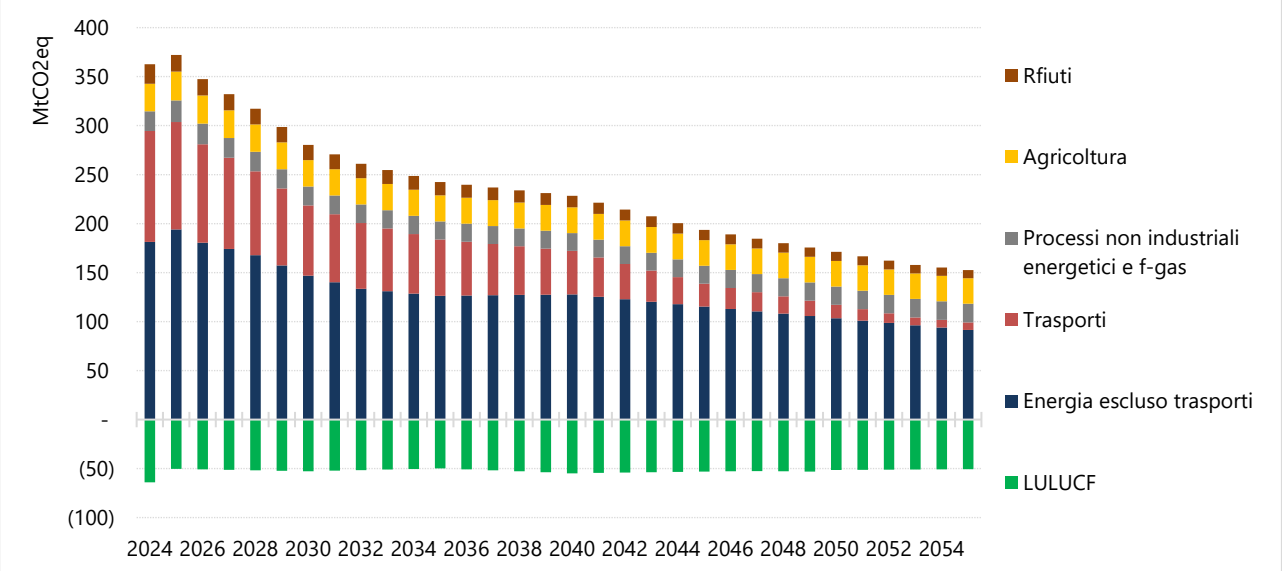
Tabella 5.14 - Scenario emissivo per il settore Rifiuti

	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
	Mt CO_2 eq							
Gestione dei rifiuti	20.0	17.0	15.5	13.6	11.8	10.4	9.3	8.3
Discariche	15.4	12.4	10.7	8.9	7.1	5.7	4.6	3.6
Trattamento biologico	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Incenerimento	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Gestione acque reflue	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

5.3 Lo scenario con politiche aggiuntive (WAM)

Lo scenario con politiche aggiuntive (o with additional measures -WAM) è stato calcolato in base ai parametri e all'approccio di modellazione usati per lo scenario di riferimento e descritti nei paragrafi precedenti. La differenza riguarda l'inclusione dell'effetto delle politiche aggiuntive individuate nel PNIEC comunicato alla Commissione europea nel luglio 2024. Come illustrato nella figura 5.22, le emissioni diminuiranno significativamente dal 2025 fino al 2055, grazie alle politiche e alle misure descritte nel PNIEC. Nel 2055, il totale dei gas a effetto serra, incluso il settore LULUCF, sarà inferiore del 66% rispetto ai livelli del 2024 e del 80% rispetto ai livelli del 1990.

Figura 5.22 – Emissioni di gas serra per settore nello scenario con politiche aggiuntive - WAM



La tabella 5.15 mostra le proiezioni dello scenario con politiche aggiuntive fino al 2055, disaggregate per settore. Il calo più elevato dal 2024 al 2055 si registra per la categoria dei trasporti, che, insieme al settore energia, mostra la riduzione delle emissioni più significativa rispetto allo scenario di riferimento.

Tabella 5.15 – Emissioni di gas serra dello scenario con politiche aggiuntive, disaggregate per settore

	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
				Mt CO_2 eq				
Totale escluso LULUCF	363.49	372.81	281.00	243.21	229.10	194.35	171.95	153.40
Totale incluso LULUCF	299.42	322.47	228.24	193.38	174.31	141.33	120.52	102.84
1.A.1. Industrie energetiche	63.86	62.77	37.79	26.50	33.49	25.53	23.58	21.63
1.A.2. Industrie manifatturiere e costruzioni	46.16	55.23	46.97	46.24	46.45	45.12	41.20	37.28
1.A.3. Trasporto	113.28	109.56	71.58	57.53	44.39	23.43	13.72	7.74
1.A.4. Altri settori (Civile)	66.16	71.19	57.88	49.71	44.19	41.25	35.56	29.87
1.A.5. Altro	0.62	0.72	0.46	0.49	0.52	0.54	0.53	0.54
1.B. Emissioni fuggitive	4.45	4.16	3.84	3.32	3.16	2.82	2.50	2.18
2. Processi industriali	20.11	22.17	19.34	18.44	18.06	18.23	18.63	19.04
3. Agricoltura	28.01	29.30	26.90	26.60	26.27	26.23	26.09	25.95
4. LULUCF	-64.07	-50.35	-52.76	-49.83	-54.80	-53.02	-51.43	-50.56
5. Rifiuti	19.98	16.97	15.48	13.62	11.80	10.41	9.31	8.30
CO_2 indiretta	0.87	0.75	0.76	0.76	0.77	0.80	0.83	0.87

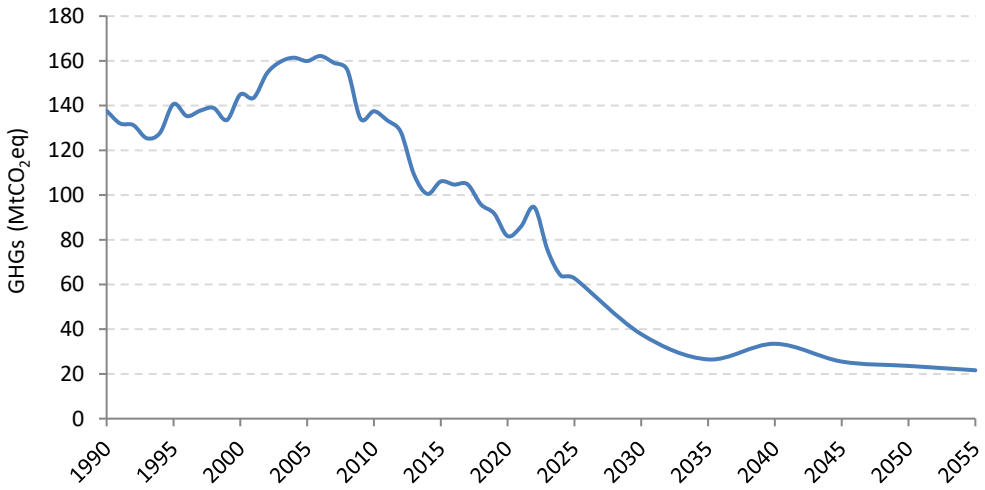
Nei paragrafi successivi vengono descritti solo i settori che presentano differenze significative con lo scenario di riferimento.

5.3.1 Energia

5.3.1.1 Industrie energetiche

Le emissioni dovrebbero diminuire entro il 2035 con un tasso medio annuo intorno al 7.7% dal 2024, seguito da un rimbalzo con un aumento delle emissioni del 4.8% all'anno nei successivi cinque anni. Dopo il 2040 si stima una riduzione annua del 2.9% fino al 2055 (figura 5.23). Il fattore trainante di gran lunga più rilevante per la riduzione delle emissioni è l'ulteriore sviluppo delle energie rinnovabili nel settore energetico.

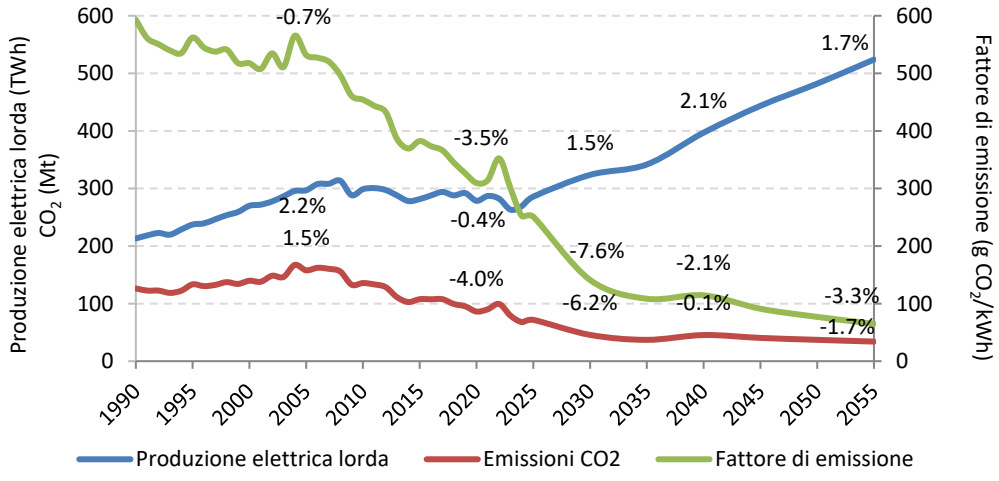
Figura 5.23 – Emissioni di gas serra per settore nello scenario a politiche aggiuntive



Focus sulla produzione di energia elettrica

Per gli anni futuri è attesa una diminuzione delle emissioni di CO_2 con un tasso medio annuo del -2.2% dal 2024 al 2055 (figura 5.24). Il tasso annuo di riduzione delle emissioni di CO_2 con l'adozione di politiche aggiuntive è -6.4% contro -1.3% per lo scenario di riferimento. Le misure aggiuntive per l'elettrificazione dei consumi finali accelerano la crescita della produzione di energia elettrica, che aumenterà del 2.2% all'anno dal 2024 al 2055. Di conseguenza, il fattore di emissione diminuirà a un ritmo annuo del -4.3% nello stesso periodo.

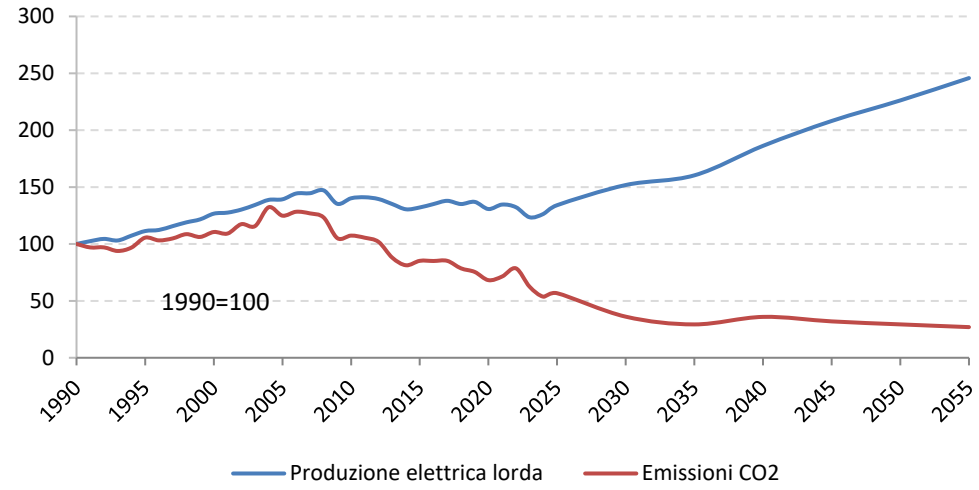
Figura 5.24 – Produzione di energia elettrica ed emissioni di CO_2 dalle centrali elettriche



I tassi medi annui sono riportati per i periodi 1990-2005, 2005-2020, 2020-2030, 2030-2040 e 2040-2055.

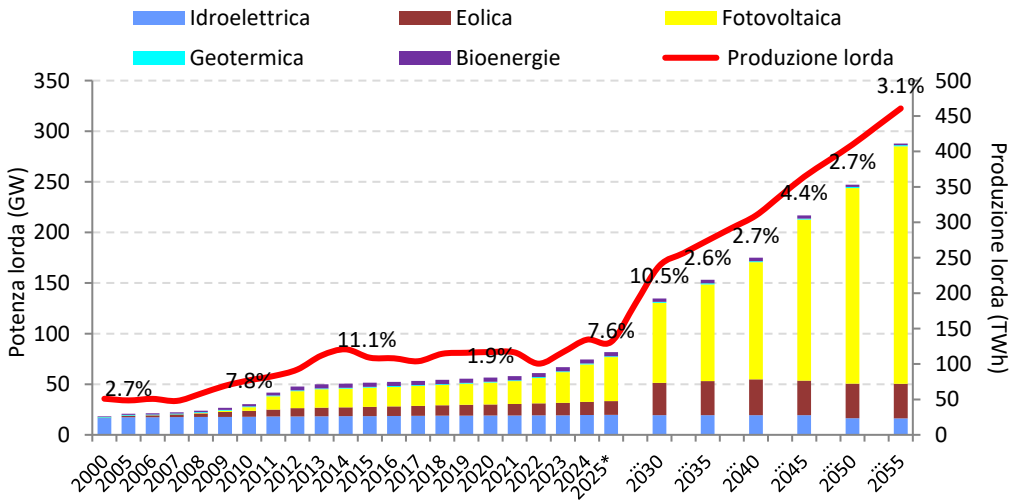
Come illustrato nella figura 5.25, il disaccoppiamento tra la produzione di energia elettrica e le emissioni di gas serra nel settore energetico diventerà più marcato rispetto allo scenario di riferimento.

Figura 5.25 – Andamento relativo della produzione di energia elettrica e delle emissioni di CO_2 delle centrali elettriche



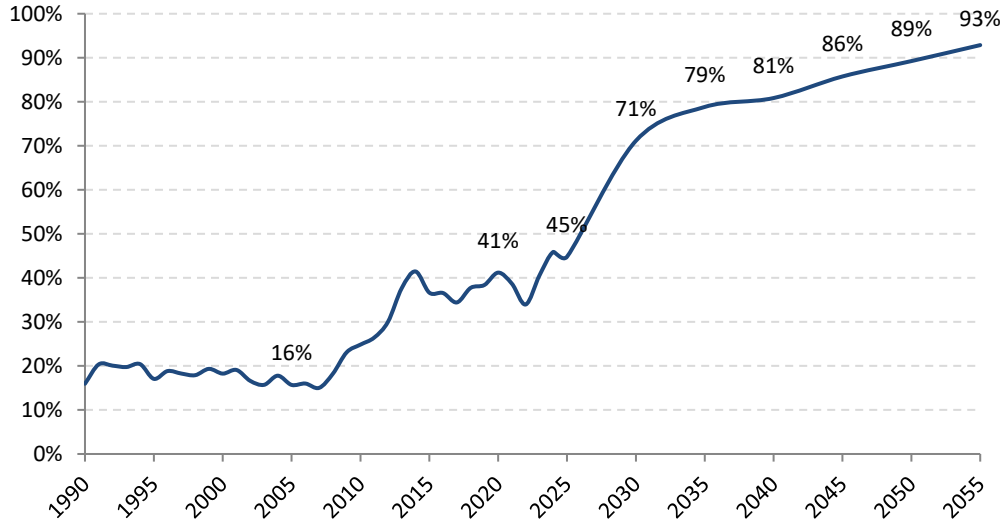
Ulteriori misure sono rivolte principalmente a potenziare gli impianti fotovoltaici ed eolici che, insieme, rappresenteranno oltre il 93% della capacità installata di energia rinnovabile nel 2055. La capacità rinnovabile prevista per il 2030 e il 2055 è rispettivamente di circa 135 GW e 288 GW, come illustrato in figura 5.26.

Figura 5.26 – Potenza rinnovabile e produzione lorda di energia elettrica. La percentuale indica il tasso medio annuo di crescita della potenza



La proiezione evidenzia un significativo aumento della quota di energie rinnovabili, che raggiungerà il 93% entro il 2055. Nel 2030, si prevede di raggiungere il 71%, anticipando così l'obiettivo dello scenario di riferimento, fissato per il 2040 (figura 5.27). La produzione di energia elettrica rinnovabile è stimata a circa 238 TWh nel 2030 e a 461 TWh nel 2055, su una produzione totale di 324 TWh e 524 TWh rispettivamente. Il consumo di energia elettrica è previsto essere di 335 TWh nel 2030 e di 496 TWh nel 2055.

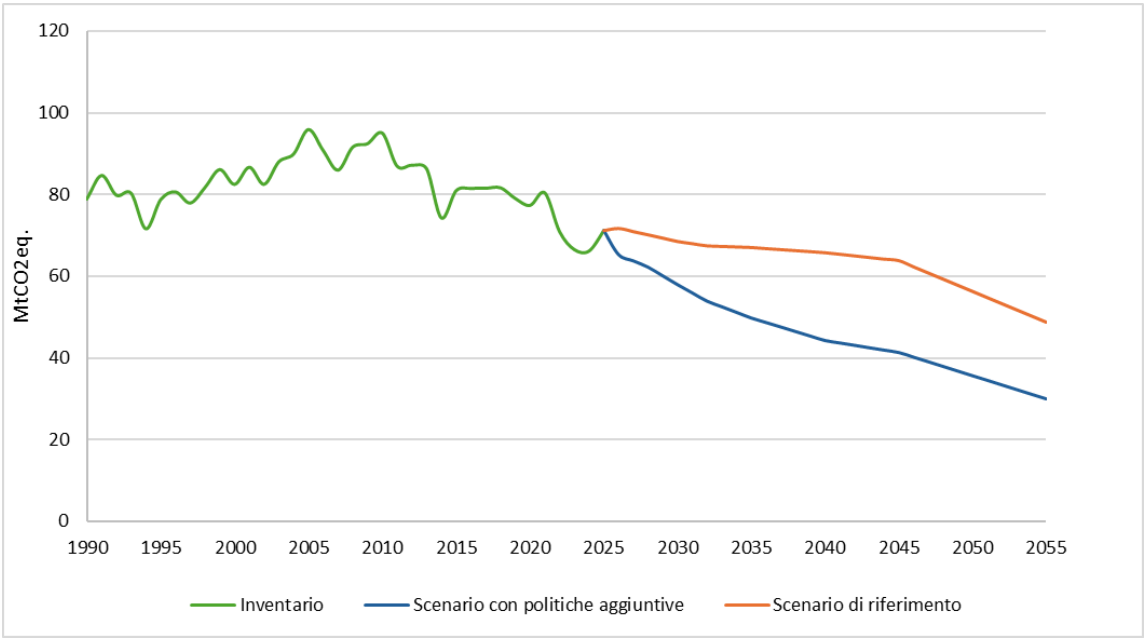
Figura 5.27 – Quota di FER nel consumo di energia elettrica nello scenario con politiche aggiuntive



5.3.1.2 Residenziale ed altri settori

Si prevede che le emissioni del settore civile nello scenario con politiche aggiuntive raggiungano i 57.9 $MtCO_2eq$ entro il 2030 e i 29.9 $MtCO_2eq$ entro il 2055, con una riduzione delle emissioni del 27% e del 62% rispetto ai livelli del 1990. In confronto allo scenario di riferimento, si osserva una significativa diminuzione delle emissioni di gas serra, pari al 16% entro il 2030 e al 39% entro il 2055 (figura 5.28).

Figura 5.28 – Scenari emissivi di riferimento e con politiche aggiuntive del Residenziale ed altri settori



La differenza emissiva tra lo scenario di riferimento e quello con politiche aggiuntive è dovuta all'impatto delle misure pianificate per ridurre le emissioni di gas serra. Nello scenario con politiche si prevede il rafforzamento delle politiche e delle azioni esistenti, mirate a ridurre la domanda di energia attraverso l'efficienza energetica e a incrementare l'uso di fonti rinnovabili per la generazione di calore. Sul fronte dell'efficienza energetica un ruolo importante sarà svolto anche dall'evoluzione tecnologica e

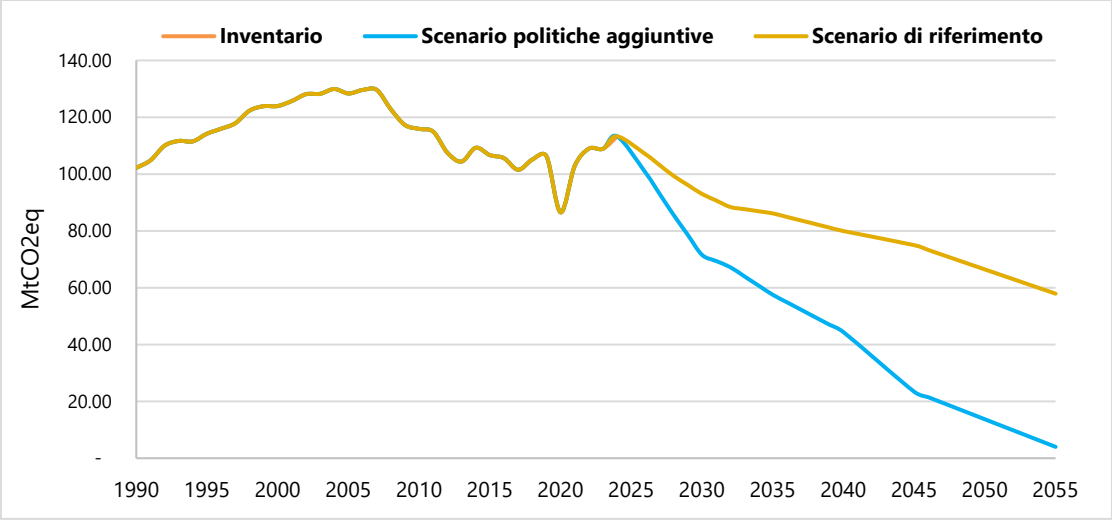
comportamentale. Sarà inoltre importante rivedere le politiche esistenti in un'ottica costi-benefici attuando una riforma degli incentivi fiscali per identificare le priorità di intervento e differenziare il livello di incentivo in base all'efficacia sia in termini di riduzione dei consumi che di aumento dell'utilizzo di fonti rinnovabili. Anche la Pubblica Amministrazione avrà un ruolo importante, richiedendo l'avvio di un piano significativo per l'efficientamento del patrimonio immobiliare e la riduzione dei consumi energetici, anche attraverso la condivisione degli obiettivi con le Regioni e gli Enti locali. Sarà altresì importante aggiornare le misure esistenti per includere la promozione dell'efficienza energetica negli edifici del settore privato non residenziale, che presenta ancora un potenziale di risparmio non sfruttato.

Per quanto riguarda il settore delle rinnovabili termiche, gli strumenti di promozione continueranno a essere coordinati con le diverse misure previste per l'efficienza energetica. Tali misure comprenderanno, ad esempio, l'obbligo di integrare le fonti di energia termica rinnovabile (FER) negli edifici, la promozione del teleriscaldamento e l'obbligo di fornire calore rinnovabile. Da un punto di vista tecnologico, sarà fondamentale accelerare la decarbonizzazione dei consumi residenziali attraverso la diffusione delle pompe di calore, consentendo al mercato di selezionare l'opzione più efficiente, valorizzando al contempo il loro contributo anche in modalità di raffrescamento.

5.3.2 Trasporti

Nello scenario con politiche aggiuntive, si prevede che le emissioni di gas serra nel settore dei trasporti raggiungano i 71.6 $MtCO_2eq$ entro il 2030, con una riduzione del 30% rispetto ai livelli del 1990. In confronto allo scenario di riferimento, con una significativa diminuzione delle emissioni di gas serra del 23% entro il 2030 (figura 5.29). Tra il 2030 e il 2055, si stima che le emissioni di gas serra generate dal settore dei trasporti continueranno a diminuire, grazie a una maggiore diffusione dei veicoli a zero emissioni, come stabilito dal Regolamento (UE) 2023/851, che fissa un obiettivo di riduzione delle emissioni del 100% sia per le autovetture che per i furgoni a partire dal 2035. Inoltre, il supporto per l'inserimento dell'idrogeno nel trasporto stradale e ferroviario attraverso iniziative come il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e REPowerEU, contribuirà a questa riduzione.

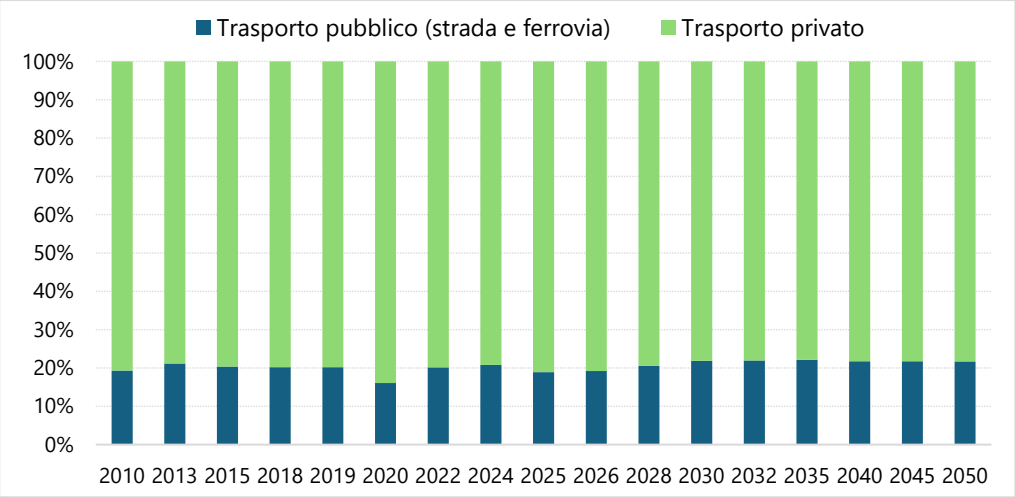
Figura 5.29 – Scenari emissivi di riferimento e con politiche aggiuntive del settore trasporti



Per quanto riguarda il trasporto passeggeri, la diminuzione è principalmente attribuibile all'aumento della quota di veicoli a zero emissioni, con l'obiettivo di raggiungere 6.6 milioni di auto elettrificate entro il 2030. Questo è accompagnato dal rinnovamento del parco mezzi di trasporto pubblico locale, dall'incremento nell'uso di combustibili rinnovabili e da ulteriori misure per spostare la domanda di mobilità, come delineato nel Piano Nazionale per l'Energia e il Clima. Inoltre, si prevede una riduzione ulteriore della mobilità privata, dovuta alla diffusione dello smart working e alla promozione della

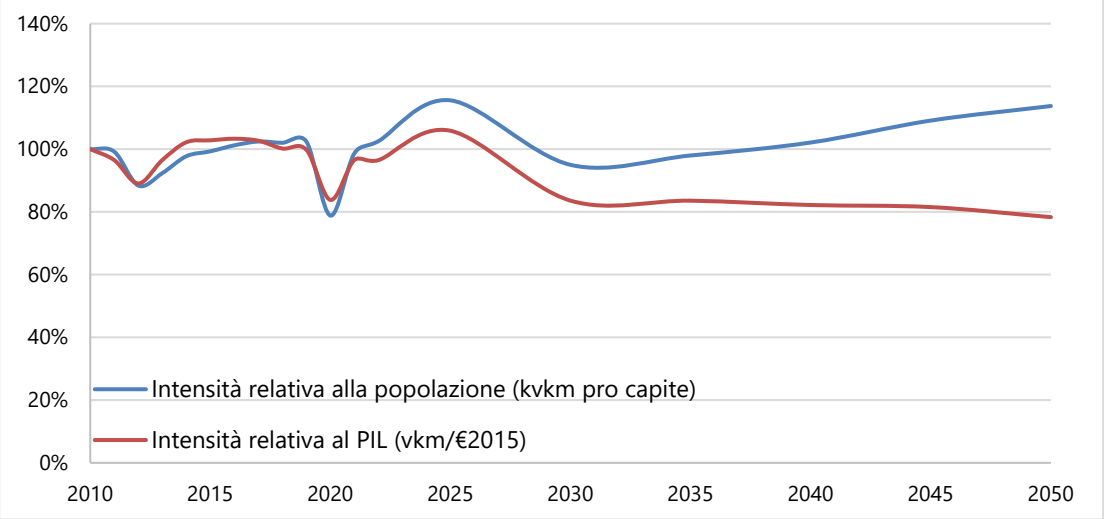
ciclabilità e degli spostamenti a piedi. Tra il 2030 e il 2050, la quota modale annua per il trasporto pubblico stradale e ferroviario dovrebbe aumentare di 2 punti percentuali rispetto allo scenario con politiche aggiuntive (figura 5.30).

Figura 5.30 – Tendenze del trasferimento modale del trasporto passeggeri



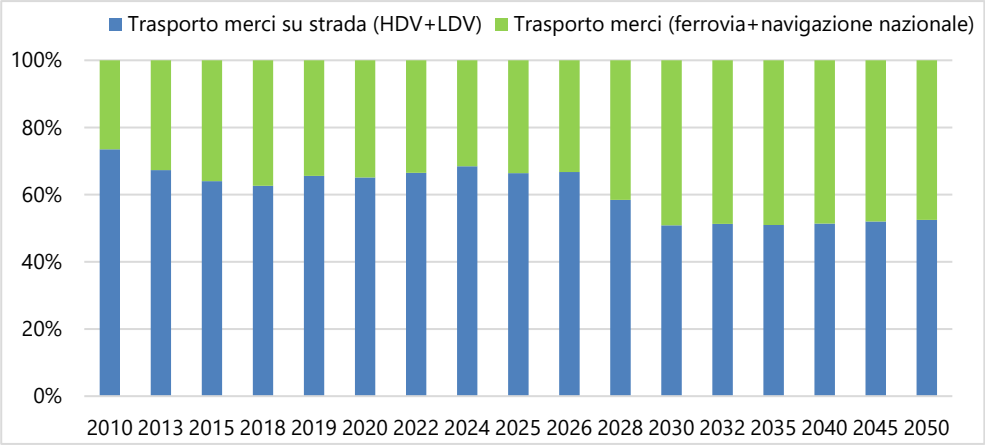
L'impatto delle misure previste si manifesta anche attraverso l'andamento temporale dei veicoli-chilometro (vkm) per le autovetture, in relazione alla popolazione e al PIL (figura 5.31). Entro il 2030, utilizzando il 2010 come anno di riferimento, nello scenario a politiche aggiuntive l'intensità relativa alla popolazione dovrebbe attestarsi al 95%, rispetto al 102% nello scenario di riferimento. Analogamente, l'intensità relativa al PIL dovrebbe raggiungere l'84% nello scenario a politiche aggiuntive, rispetto al 90% nello scenario di riferimento.

Figura 5.31 – Tendenze dell'intensità relativa alla popolazione (kvkm pro capite) e al PIL (vkm/k€ 2015)



Per il trasporto delle merci, la diminuzione è principalmente attribuibile all'incremento della quota modale per il trasporto ferroviario, che si prevede raggiunga il 30% entro il 2030, secondo il Piano Industriale del Gruppo FS. Inoltre, si evidenziano gli incentivi per l'acquisto di veicoli leggeri a basse emissioni di carbonio, la riduzione dei viaggi a vuoto sui camion, stimata in un -5%, e lo sviluppo ulteriore dell'uso di biocarburanti, come biodiesel e bio GNL. Si prevede un incremento della quota modale annua per il trasporto ferroviario e marittimo di merci, compreso tra il 17% e il 18%, dal 2030 al 2050, rispetto allo scenario di riferimento (figura 5.32).

Figura 5.32 – Tendenze del trasferimento modale del trasporto merci



5.3.3 Agricoltura

È stato ipotizzato anche uno scenario con misure aggiuntive del settore agricoltura considerando unicamente un incremento di produzione di biogas. È stata ipotizzata una percentuale di uso di effluenti zootecnici avviati a digestione anaerobica (pari a 60% per i bovini, 50% per i suini e 60% per gli avicoli), che contribuirà, insieme ad altri substrati agricoli e agro-industriali, alla produzione di circa 9.6 miliardi di biogas al 2030. Le emissioni dello scenario con misure aggiuntive per il settore agricoltura sono pari a circa 26.9 $MtCO_2$ eq e 26.1 $MtCO_2$ eq al 2030 e al 2050 rispettivamente, che rispetto allo scenario di riferimento, rappresentano una riduzione complessiva delle emissioni di gas serra del 5% sia al 2030 che al 2050.

5.4 La situazione emissiva dei settori Effort Sharing e LULUCF per il periodo 2021-2030

Gli obiettivi di riduzione dei gas ad effetto serra in capo all'Italia sono quelli relativi alla riduzione delle emissioni dei settori inclusi nel Regolamento Effort Sharing e gli obiettivi per il settore LULUCF, derivanti rispettivamente dai Regolamenti (EU) 2023/857 (Effort Sharing) e 2023/839 LULUCF.

5.4.1 Effort Sharing

Storicamente le emissioni ricadenti nell'ambito di applicazione della disciplina dell'Effort sharing[39] hanno sempre rappresentato la quota maggioritaria delle emissioni italiane. Nel 2024 sono state circa il 70% delle emissioni totali.

Il Regolamento prevede per l'Italia una riduzione di tali emissioni del 43.7% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2005, con una traiettoria che impone delle quote massime di emissioni (Allocazioni di Emissioni Annuali, AEA) per tutto il periodo 2021-2030. L'aggiornamento degli obiettivi avvenuto nel corso del 2023 ha quindi incrementato in modo significativo il livello di ambizione per l'Italia, non solo per l'obiettivo finale al 2030 ma per tutto il periodo 2021-2030.

Per le emissioni incluse nel Regolamento Effort sharing, lo scenario di riferimento rimane molto distante dall'obiettivo di riduzione finale e dalla traiettoria annuale dalle AEA, ma anche lo scenario con politiche aggiuntive, sebbene si avvicini molto agli obiettivi non è in grado di garantirne il rispetto.

In figura 5.33, è riportato un confronto specifico tra le emissioni relative ai settori Effort Sharing per il periodo 2021-2030 e le allocazioni annuali di emissioni stabilite dal Regolamento, mentre in figura 5.34 è riportato il confronto tra il totale delle emissioni Effort Sharing, secondo i due scenari (di riferimento e con politiche aggiuntive), e le allocazioni di emissioni annuali.

[39] Articolo 2 - Ambito di applicazione: 1. Il presente regolamento si applica alle emissioni di gas a effetto serra delle categorie di fonti IPCC «energia», «processi industriali e uso dei prodotti», «agricoltura» e «rifiuti» determinate ai sensi del regolamento (UE) n. 525/2013, escluse le emissioni di gas a effetto serra risultanti dalle attività di cui all'allegato I della direttiva 2003/87/CE. 2. Fatti salvi l'articolo 7 e l'articolo 9, paragrafo 2, del presente regolamento, quest'ultimo non si applica alle emissioni e agli assorbimenti di gas a effetto serra disciplinati dal regolamento (UE) 2018/841. 3. Ai fini del presente regolamento, le emissioni di CO_2 risultanti dalla categoria di fonti IPCC «1.A.3.A trasporto aereo» sono considerate pari a zero.

Figura 5.33 - Proiezione delle emissioni dei settori inclusi nel Regolamento Effort Sharing

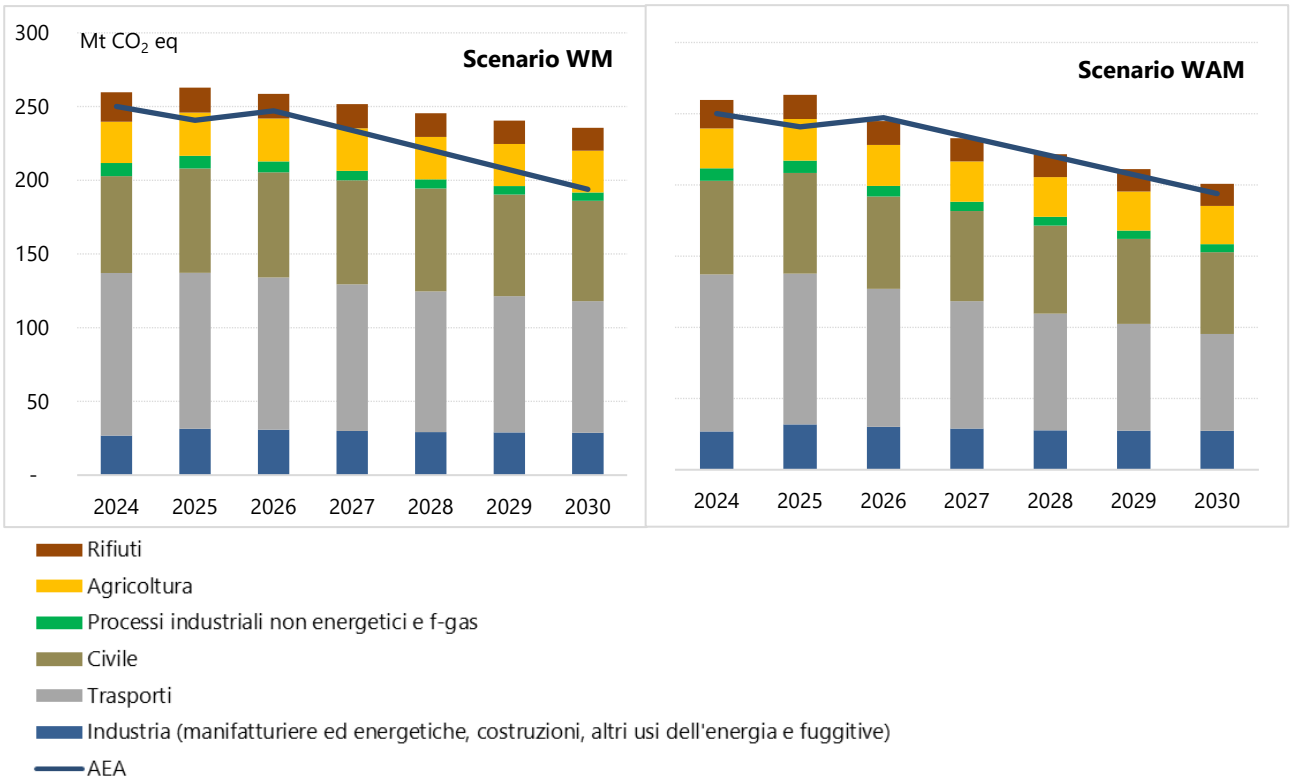
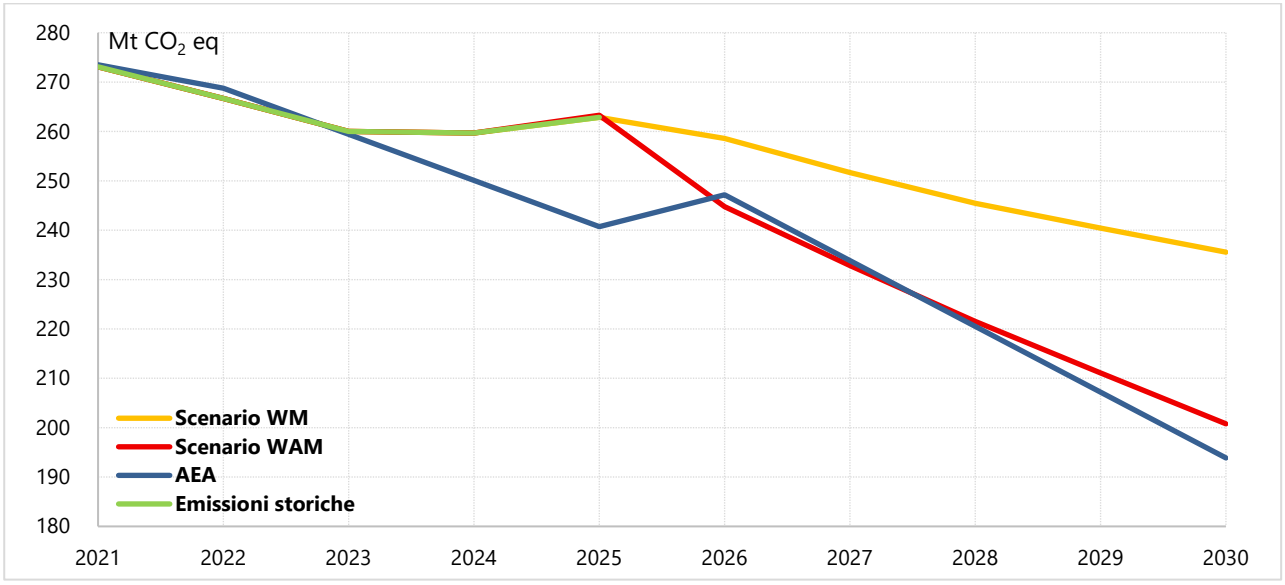


Figura 5.34 – Proiezione delle emissioni Effort Sharing secondo i due scenari e traiettorie AEA



Nelle tabelle 5.16 e 5.17, rispettivamente per lo scenario di riferimento (WM) e per lo scenario con politiche aggiuntive (WAM), sono riportate le stime per l'anno 2005 e per il periodo 2021-2030 delle emissioni totali di gas serra, ripartite in ETS e ESR, secondo la modalità definita dal Regolamento Effort Sharing. Come si può rilevare dall'analisi dei dati riportati nelle due tabelle, la riduzione attesa al 2030 delle emissioni soggette ad ETS risulta in entrambi gli scenari sensibilmente maggiore di quella attesa per le emissioni soggette ad Effort Sharing. Infatti, mentre la riduzione delle emissioni ETS risulta essere compresa tra il 60% e il 69%, nei due scenari considerati, quella delle emissioni ESR è compresa tra il 31% e il 41%.

Tabella 5.16 - La situazione emissiva dei settori Effort Sharing per il 2021-2030 (scenario WM)

		2005	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
							Mt CO_2 eq					
A	Emissioni totali (escluso LULUCF)	595.6	406.3	405.5	377.1	363.5	373.0	370.2	361.4	353.4	345.9	338.6
B	Emissioni ETS	247.5	131.5	136.3	114.8	101.4	107.3	108.7	106.8	105.0	102.5	100.1
C	Emissioni di CO_2 dalla categoria 1.A.3.a (aviazione)		1.7	2.5	2.4	2.4	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0
D	**Totale emissioni ESR (= A-B-C)**	343.1*	273.1	266.7	260.0	259.7	262.9	258.6	251.7	245.5	240.4	235.6
E	Obiettivo annuale	n.a.	273.5	268.8	259.4	250.1	240.7	247.2	233.8	220.5	207.2	193.9
F	Differenza tra obiettivo annuale e emissioni ESR (= E-D)	**n.a.**	**0.4**	**2.1**	**-0.6**	**-9.6**	**-22.1**	**-11.4**	**-17.8**	**-24.9**	**-33.2**	**-41.7**

** Il dato ESR 2005 è quello riportato nella Decisione della Commissione (UE) 2023/1319 del 28 giugno 2023*

Tabella 5.17 - La situazione emissiva dei settori Effort Sharing per il 2021-2030 (scenario WAM)

		2005	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
							Mt CO_2 eq					
A	Emissioni totali (escluso LULUCF)	595.6	406.3	405.5	377.1	363.5	372.8	348.3	332.8	318.0	299.4	281.0
B	Emissioni ETS	247.5	131.5	136.3	114.8	101.4	106.7	100.6	97.0	93.5	85.4	77.3
C	Emissioni di CO_2 dalla categoria 1.A.3.a (aviazione)		1.7	2.5	2.4	2.4	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0
D	**Totale emissioni ESR (= A-B-C)**	343.1*	273.1	266.7	260.0	259.7	263.3	244.8	232.8	221.5	211.1	200.8
E	Obiettivo annuale*	n.a.	273.5	268.8	259.4	250.1	240.7	247.2	233.8	220.5	207.2	193.9
F	Differenza tra obiettivo annuale e emissioni ESR (= E-D)	**n.a.**	**0.4**	**2.1**	**-0.6**	**-9.6**	**-22.6**	**2.4**	**1.0**	**-1.0**	**-3.9**	**-6.9**

**Il dato ESR 2005 è quello riportato nella Decisione della Commissione (UE) 2023/1319 del 28 giugno 2023*

Appare evidente quindi che sia le misure attualmente vigenti che quelle aggiuntive risultano essere efficaci soprattutto nella riduzione delle emissioni ETS (come, ad esempio, le politiche volte a sostenere l'incremento di rinnovabili nel mix di generazione elettrica). Altamente problematico risulta il settore dei trasporti che fornisce il contributo maggiore sia al totale delle emissioni nazionali che al totale delle emissioni ricadenti nell'ambito di applicazione dell'Effort Sharing.

Da notare, infine, che il Regolamento Effort Sharing prevede che, nel caso in cui pur utilizzando tutte le flessibilità fornite dal Regolamento permanga il superamento dell'obiettivo annuale, venga applicata una penalizzazione all'anno successivo (si aggiunge alle emissioni di gas serra dell'anno successivo una quantità pari all'ammontare, in tonnellate di CO_2 equivalente, delle emissioni eccedentarie moltiplicata per un fattore di 1.08).

5.4.2 LULUCF

Per il settore LULUCF, i dati relativi al periodo 2021-2024 mostrano che la neutralità emissiva per il periodo 2021-2025, come riportato nella tabella 5.18, dovrebbe essere raggiunta senza difficoltà, permettendo quindi, nell'ambito del Regolamento Effort Sharing, l'utilizzo di una quantità limitata di crediti LULUCF per contribuire al raggiungimento degli obiettivi nazionali Effort Sharing (la cosiddetta flessibilità LULUCF) pari a 5.75 $MtCO_2$ eq. per il periodo 2021-2025.

Tabella 5.18 - La situazione emissiva del settore LULUCF per il 2021-2025 (Mt CO_2 eq.)

	2021	2022	2023	2024	2025	2021-2025
			Mt CO_2 eq			
Emissioni-Assorbimenti LULUCF	-44.3	-44.8	-57.6	-64.1	-50.3	
Contabilizzazione LULUCF	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-136.2
Obiettivi LULUCF						0
Distanza dagli obiettivi LULUCF						**136.2**

Nel 2025 è stata condotta una revisione completa dell'UE degli inventari dei gas a effetto serra degli Stati Membri ai sensi del Regolamento Governance (UE) 2018/1999 e del Regolamento LULUCF (UE) 2018/841, con l'obiettivo di definire le assegnazioni annuali di emissioni (AEA) dell'Italia per gli anni dal 2026 al 2030, come richiesto dall'articolo 4.3 del Regolamento ESR), e i valori limite annuali dell'Italia per gli anni dal 2026 al 2030, come richiesto dall'articolo 4.4 del Regolamento LULUCF.

Nel settore LULUCF, gli scenari emissivi sono stati significativamente rivisti, sulla base delle modifiche effettuate relativamente alla serie storica 1990-2024, nell'ambito del processo di revisione dell'UE; in particolare, gli interventi più significativi hanno interessato le stime relative alla categoria *Forest land*, con specifico riferimento alle variazioni degli stock di carbonio nella materia organica morta e nella lettiera ed alla categoria *Settlements*, per quanto riguarda il carbonio stoccato nei suoli minerali.

Lo scenario di riferimento, comunicato alla Commissione Europea nell'ambito del Regolamento Governance, mostra come si dovrebbero raggiungere gli obiettivi annuali, così come l'obiettivo fissato al 2030, come riportato in tabella 5.19.

Tabella 5.19 - La situazione emissiva del settore LULUCF per il 2026-2030 (Mt CO_2 eq.)

	2026	2027	2028	2029	2030
			Mt CO_2 eq		
Emissioni-Assorbimenti LULUCF	-50.8	-51.3	-51.8	-52.3	-52.8
Obiettivi LULUCF*	-48.2	-48.2	-48.1	-48.1	-48.1
Distanza dagli obiettivi LULUCF	**2.6**	**3.1**	**3.6**	**4.2**	**4.7**

* La traiettoria definitiva 2026-2029, e conseguentemente gli obiettivi LULUCF, sono stati definiti con il processo di revisione europea 2025; i dati verranno ufficializzati con un apposito Atto Delegato della Commissione Europea.

Dovrebbe essere quindi possibile, anche per il periodo 2026-2030, l'utilizzo della flessibilità LULUCF, 5.75 $MtCO_2$ eq, per contribuire al raggiungimento degli obiettivi nazionali Effort Sharing.

Da notare, infine, che anche il Regolamento LULUCF prevede, in caso del superamento dell'obiettivo annuale, che venga applicata una penalizzazione (si aggiunge alle emissioni di gas serra dell'anno successivo una quantità pari all'ammontare, in tonnellate di CO_2 equivalente, delle emissioni eccedentarie moltiplicata per un fattore di 1.08).

Riferimenti bibliografici

Commissione Europea, 2018a. A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. COM (2018) 773

Commissione Europea, 2018b. In-depth analysis in support of the commission communication COM (2018) 773. A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy

IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC Technical Support Unit, Kanagawa, Japan

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. Disponibile su: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pd

IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland

ISPRA, 2026 National Inventory Document 2026 – Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2024. ISPRA Rapporti 428/2026

Ministry for the Environment, Land and Sea, 2019. National Forestry Accounting Plan, Dicember 2019. https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/nfap_final_resubmission_2019_clean.pdf

MISE, 2020. Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima. Ministero dello Sviluppo Economico. Disponibile su: *www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf*

RAPPORTI
429/2026