

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

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

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 384/2023
ISBN 978-88-448-1156-3

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Antonella Monterisi, - ISPRA – Area Comunicazione Ufficio Grafica

Foto di copertina: Hans da Pixabay

ISPRA – Area Comunicazione

Coordinamento pubblicazione online:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Aprile 2023

Autori

Marina Vitullo, Antonio Caputo (§3.3.5, §5.1.1), Daniela Romano, Antonella Bernetti (§3.3.3), Marina Colaiezzi (§5.1.3), Monica Pantaleoni (§5.1, §5.1.4), Marco Cordella (§3.3.3), Riccardo De Lauretis, Ilaria D'Elia (§5.2.1), Eleonora Di Cristofaro (§3.5, §5.2.1), Angela Fiore (§3.5), Andrea Gagna (§3.4, §5.2.3), Barbara Gonella (§3.4, §3.7, §5.2.3), Federica Moricci (§3.4, §5.2.3), Guido Pellis (§3.6), Emanuele Peschi (§4, §5), Ernesto Taurino (§3, §5.2.4)

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

INDICE

1 INTRODUZIONE	4
2 Il contesto normativo internazionale ed europeo	6
2.1 Il Protocollo di Kyoto	9
2.1.1 Il primo periodo d'impegno 2008-2012	9
2.1.2 Il secondo periodo d'impegno 2013-2020	10
2.2 Il quadro clima-energia 2030	11
2.2.1 La direttiva 2003/87/CE "EU Emissions Trading", modificata dalla direttiva 2009/29/CE	12
2.2.2 La decisione Effort Sharing (2013-2020) ed il regolamento Effort Sharing (2021-2030)	12
2.2.3 Il regolamento LULUCF	13
3 L'inventario nazionale dei gas serra	15
3.1 I settori e le metodologie di stima	16
3.2 L'andamento delle emissioni	17
3.3 Il settore Energia	24
3.3.1 Industrie energetiche	26
3.3.2 Industria manifatturiera	27
3.3.3 Trasporti	28
3.3.4 Residenziale e altri settori	33
3.3.5 Fugitive	34
3.4 Il settore Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU)	36
3.5 Il settore Agricoltura	39
3.6 Il settore LULUCF	41
3.7 Il settore Rifiuti	43
4 Gli obiettivi di riduzione	46
4.1 La situazione emissiva dei settori non ETS (periodo 2013-2020)	46
4.2 Gli obiettivi Effort Sharing e LULUCF per il periodo 2021-2030	47
5 Gli scenari emissivi	49
5.1 Settori energetici	49
5.1.1 Industrie energetiche	50
5.1.2 Industrie manifatturiere	51
5.1.3 Trasporti	52
5.1.4 Civile	55
5.2 Settori non energetici	58
5.2.1 Agricoltura	58
5.2.2 LULUCF	59
5.2.3 Processi industriali	61
5.2.4 Rifiuti	62
5.3 Lo scenario emissivo complessivo	64
5.4 La situazione emissiva dei settori non ETS e LULUCF per il periodo 2021-2030	64
Riferimenti bibliografici	67

1 INTRODUZIONE

Le politiche su clima ed energia stanno attraversando 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'obiettivo per l'Unione Europea](#) è la riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 40% rispetto all'anno 1990, entro il 2030. Tale obiettivo è ripartito tra i settori [Emissions Trading System \(ETS\)](#) e non-ETS¹ ed è pari, rispettivamente, ad una riduzione del 43% e del 30% rispetto ai livelli del 2005. Il [regolamento 842/2018 Effort Sharing](#) ha fissato gli obiettivi di riduzione per gli Stati Membri per i settori non-ETS, mentre il [regolamento 841/2018 LULUCF](#) definisce gli impegni per il settore LULUCF². In tale contesto è stato definito il [Piano Energia e Clima \(PNIEC\)](#), con il quale vengono stabiliti gli obiettivi nazionali al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di gas serra, nonché gli obiettivi in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell'energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile, delineando per ciascuno di essi le misure che saranno attuate per assicurarne il raggiungimento. Nel gennaio 2021, l'Italia ha pubblicato la [strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra](#), che individua i possibili percorsi per raggiungere, nel nostro Paese, al 2050, una condizione di "neutralità climatica", nella quale le residue emissioni di gas a effetto serra sono compensate dagli assorbimenti di CO₂ e dall'eventuale ricorso a forme di stoccaggio geologico e riutilizzo della CO₂.

Per valutare le politiche messe in atto a livello nazionale per fronteggiare i cambiamenti climatici e il rispetto degli impegni di riduzione delle emissioni previsti dagli accordi internazionali, è fondamentale monitorare l'andamento delle emissioni dei gas-serra. In Italia, è l'ISPRA³ a svolgere questa funzione, essendo responsabile della predisposizione e comunicazione dell'inventario nazionale delle emissioni di gas serra, nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), del [Protocollo di Kyoto](#) e del [Meccanismo di Monitoraggio](#) delle emissioni di gas serra dell'Unione Europea. ISPRA è responsabile inoltre del reporting delle emissioni nell'ambito della [Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero a Lungo Raggio \(CRLTAP/UNECE\)](#) e dalle direttive europee sulla limitazione delle emissioni. Infine, ISPRA⁴ è responsabile della trasmissione di proiezioni delle emissioni di gas serra all'[Unione Europea](#) e all'[UNFCCC](#) e della valutazione degli impatti emissivi di politiche e misure.

L'anno 2020 è stato un importante anno di verifica, per l'Italia e l'Unione Europea, in cui è stata chiusa la contabilizzazione per il secondo Periodo di Kyoto. 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. Il rapporto include le informazioni relative alla contabilizzazione e la verifica degli impegni del secondo periodo d'impegno del Protocollo di Kyoto, che gli Stati Membri dell'Unione Europea hanno deciso di voler rispettare congiuntamente.

Particolarmente significativo, per il reporting, è inoltre l'anno 2021: in tale anno entra in vigore il cosiddetto quadro clima-energia 2030, l'ambizioso pacchetto di provvedimenti dell'Unione Europea, attualmente in fase di revisione con il pacchetto *Fit for 55*. Gli impegni europei in tali ambiti sono descritti per l'Italia, contestualmente alla descrizione emissiva.

Il rapporto illustra inoltre l'analisi degli scenari emissivi dei principali settori emissivi, alla luce di quanto osservato lungo tutta la serie storica dei dati disponibili a partire dal 1990, mettendo in luce le tendenze già in atto e individuando i principali driver che guidano le emissioni. È inclusa nel rapporto anche la descrizione della situazione emissiva relativamente agli obiettivi italiani di riduzione dei gas ad effetto

¹ 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)

³ [Decreto Legislativo n. 51/2008](#), e [Decreto Legislativo n. 30/2013](#), inerenti l'istituzione di un Sistema Nazionale per l'inventario delle emissioni dei gas-serra

⁴ [Decreto 9 dicembre 2016](#) - Attuazione della legge 3 maggio 2016, n. 79, inerenti l'istituzione di un Sistema Nazionale per le politiche, le misure e le proiezioni di gas serra

serra, relativi alla riduzione delle emissioni dei settori inclusi nel Regolamento *Effort Sharing* e gli obiettivi per il settore LULUCF, derivanti dal Regolamento EU 841/2018 (LULUCF).

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 ed 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 al 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 (NF₃). 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 (UNFCCC) 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 (UNFCCC) [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 prevedono impegni di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra⁵ 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.

⁵ Anidride carbonica, protossido di azoto, metano, idrofluorocarburi, perfluorocarburi e esafluoruro di zolfo

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 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 (NDC) 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. Secondo le stime dell'OCSE, si potrebbe raggiungere quota 100 miliardi annui entro il 2023, con la prospettiva di aumentare l'impegno gli anni seguenti.

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 (NDC). 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).

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 la 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 ₂ O, 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 CO ₂ 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 informato⁶ 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 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 CO₂ 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 CO₂ 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) darà seguito ad un processo di verifica della conformità degli Stati rispetto agli obiettivi di riduzione ad opera di un gruppo di esperti UNFCCC. Questo periodo, limitato nel tempo, viene definito come "periodo di allineamento" (*true up period*) della durata di cento giorni. Durante questo periodo, le Parti potranno continuare a svolgere tutte le transazioni

⁶ Dichiarazione Europea [Agreement Notification EU Joint fulfilment E .pdf \(unfccc.int\)](#)

necessarie ai fini di conformità (ad esempio, trasferimenti ed acquisto dei crediti di emissione). Una volta terminato il periodo di allineamento, le Parti incluse nell'Allegato B del Protocollo di Kyoto dovranno provvedere alla trasmissione di un Report finale, definito "True up period Report". A questa fase seguirà la valutazione finale dello stato di congruenza fra obiettivi di riduzione ed emissioni rilasciate.

2.2 Il quadro clima-energia 2030

L'obiettivo di riduzione dell'Unione Europea successivo al 2020 e inviato all'UNFCCC come contributo dell'Unione (NDC)⁷ all'Accordo di Parigi prevede la riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 40% a livello europeo rispetto all'anno 1990, senza utilizzo di meccanismi di mercato internazionali.

Al fine di raggiungere tale obiettivo, l'UE ha quindi adottato un pacchetto di provvedimenti, il cosiddetto "Pacchetto clima-energia 2030", volto a ottenere, oltre alla riduzione di almeno il 40% delle emissioni, il raggiungimento di una quota di energie rinnovabili sui consumi complessivi al 2030 pari ad almeno il 32% e la riduzione dei consumi di energia primaria del 32,5% rispetto all'andamento tendenziale stabilito nello scenario PRIMES 2007⁸ da conseguire attraverso l'aumento dell'efficienza energetica. Una parte dell'obiettivo di riduzione delle emissioni è ripartito tra i settori soggetti all'Emissions Trading System (ETS), per i quali è richiesta a livello europeo una riduzione del 43% rispetto ai livelli del 2005. Per la quota rimanente, non soggetta ad ETS, è invece richiesta una riduzione complessiva del 30% rispetto ai livelli del 2005, ai sensi del [regolamento \(UE\) 2018/842](#) (noto come Effort Sharing) che ha stabilito specifici obiettivi di riduzione per ciascuno Stato Membro. In tale quadro va anche ricordato il [regolamento \(UE\) 2018/841](#) che definisce gli impegni per il settore *Land use, Land-Use Change, and Forestry* (LULUCF).

Per quanto riguarda, invece, gli obiettivi sulle rinnovabili e sull'efficienza energetica, sono state adottate le [direttive \(UE\) 2018/2002](#) sull'Efficienza energetica, che prevede un obiettivo di efficienza energetica al 2030 pari al 32.5%, e [\(UE\) 2018/2001](#) sulle fonti rinnovabili, che prevede che la quota di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale lordo di energia dell'Unione nel 2030 sia almeno pari al 32%.

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 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". In tale contesto, l'Italia ha definito il proprio Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) (MISE, 2020), con il quale vengono stabiliti gli obiettivi nazionali al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di gas serra. Nell'ambito del Green Deal europeo, nel settembre 2020 la Commissione ha proposto 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 recente 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. In tale contesto, 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 propria Strategia nazionale di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra (LTS) nel gennaio 2021 (AA.VV., 2021) individuando i possibili percorsi che potrebbero consentire di raggiungere entro il 2050 una condizione di neutralità

⁷ <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Latvia/1/LV-03-06-EU%20INDC.pdf>

⁸ lo scenario energetico adottato dalla Commissione europea come riferimento per la valutazione delle politiche di efficienza

emissiva, ossia l'equilibrio tra le emissioni di gas serra e gli assorbimenti di CO₂, con l'eventuale ricorso a sistemi di cattura e stoccaggio geologico o riutilizzo della stessa. Successivamente la Commissione europea, al fine di conseguire il nuovo NDC, ha presentato il pacchetto di proposte legislative noto come [Fit for 55](#), che si pone l'obiettivo di riformare profondamente l'insieme di direttive e regolamenti che a tutt'oggi stabiliscono gli obiettivi in materia di ETS, ESR, LULUCF, efficienza energetica e rinnovabili per gli Stati Membri. Sul piano operativo la Strategia italiana è stata elaborata in continuità con il PNIEC, sotto il coordinamento dei Ministeri dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (già della Transizione Ecologica), delle Imprese e del Made in Italy (già dello Sviluppo Economico, delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili), nonché di quello dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste (già delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali).

Al momento, l'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni di almeno il 55% entro in 2030, rispetto al rispetto ai livelli del 1990, non è ancora tradotto in normativa attuativa dal momento che l'insieme delle proposte legislative, incluse nel pacchetto Fit for 55, non sono state ancora formalmente adottate

2.2.1 La direttiva 2003/87/CE "EU Emissions Trading", modificata dalla direttiva 2009/29/CE

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 CO₂ 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 recente [direttiva 2018/410/UE](#) 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.

L'obiettivo delle più recenti politiche adottate a livello europeo è quello di conseguire entro il 2030 una riduzione delle emissioni soggette ad ETS pari al 43% rispetto ai livelli raggiunti nel 2005.

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/UE 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, 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/UE 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 \(UE\) 2018/842 Effort Sharing](#) definisce gli impegni degli Stati membri per il periodo 2021-2030; l'obiettivo europeo di riduzione delle emissioni del 30% è stato ripartito sulla base del PIL pro-capite del 2013 e definisce, 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 -33% rispetto al 2005, mentre le AEA sono state stabilite nella Decisione di esecuzione (UE) 2020/2126 della Commissione del 16 dicembre 2020. Il regolamento Effort Sharing affianca agli strumenti di flessibilità previsti dalla decisione 406/2009/UE due nuove flessibilità: la prima, limitata ad alcuni Stati membri tra i quali non è inclusa l'Italia, prevede un trasferimento limitato e pari a 100 milioni 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 (per l'Italia la quantità massima di crediti è pari a 11,5 milioni di tonnellate 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 30% rispetto ai livelli del 2005.

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 \(UE\) 2018/841 \(Regolamento LULUCF\)](#), adottato nel 2018 e riguarda le emissioni e gli assorbimenti di CO₂ e le emissioni di gas a effetto serra di CH₄ e N₂O 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 categorie⁹ LULUCF riportate nella tabella 2.2 e le relative regole di contabilizzazione.

Tabella 2.2 – Contabilizzazione del settore LULUCF per il periodo 2021-2025

Contabilizzazione	Regole di contabilizzazione 2021-2025
Afforested land	gross-net
Deforested land	gross-net

⁹ 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*)

Contabilizzazione	Regole di contabilizzazione 2021-2025
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 \(FRL\)](#) (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 $-19.66 \text{ Mt CO}_2 \text{ eq.}$, 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.

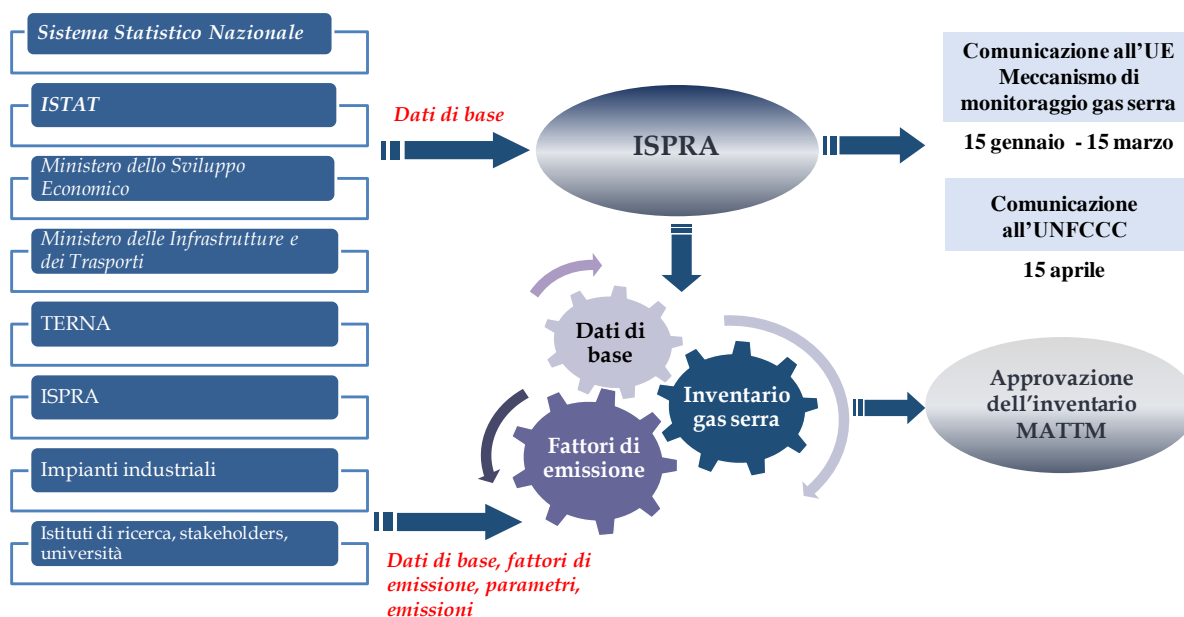
Per il periodo 2026-2030, per la contabilizzazione non si dovranno utilizzare le regole riportate in tabella 2.2.

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 $11.5 \text{ MtCO}_2 \text{ eq.}$, per il periodo 2021-2030. Infine, 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.

3 L'inventario nazionale dei gas serra

Come previsto dalla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) per tutti i Paesi industrializzati e in linea con gli impegni del Protocollo di Kyoto, l'Italia deve compilare, pubblicare e revisionare 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 Format \(CRF\)](#), tabelle dei gas serra con serie storica, dal 1990, dei dati di attività, dei fattori di emissione e emissioni/assorbimenti, per i settori produttivi¹⁰ e LULUCF, e documenta in uno specifico rapporto, il [National Inventory Report \(NIR\)](#), 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 Report* 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. Senza la conformità a tali requisiti, l'Italia sarebbe esclusa dalla partecipazione ai meccanismi flessibili previsti dallo stesso Protocollo di Kyoto, come il mercato delle quote di emissioni, l'implementazione di progetti con i Paesi in via di sviluppo (CDM) e l'implementazione di progetti congiunti con i Paesi a economia in transizione (JI).

I dati di emissione dei gas-serra, i rapporti *National Inventory Report*, così come i risultati dei processi di *review*, sono pubblicati sul [sito web del Segretariato della Convenzione sui Cambiamenti Climatici](#). L'ultima comunicazione ufficiale è quella inviata ad aprile 2023, in cui si riportano le serie storiche dei gas serra dal 1990 al 2021. È da sottolineare come, in tale comunicazione ufficiale, i dati di emissioni di gas

¹⁰ Energia, Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU), Agricoltura, Rifiuti

serra sono stati convertiti in CO₂ equivalente¹¹ considerando i Global Warming Potential¹² (GWP) riferiti ad un arco di tempo pari a 100 anni, così come definito dall'IPCC nel *Fifth Assessment Report* (AR5).

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 IPCC¹³. 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 carburante 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. Negli ultimi anni, i dati comunicati dai gestori nell'ambito dell'[European Emissions Trading Scheme \(ETS\)](#) 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 ([PRTR - Pollutant Release and Transfer Register](#)) 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 carburante. 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 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 [Meccanismo europeo di Monitoraggio dei gas serra](#).

Il *National Inventory Report* (NIR) e le tabelle dei gas serra (Common Reporting Formats - CRF), comunicate ufficialmente nell'ambito della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni

¹¹ La CO₂ 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.

¹² I GWP considerati sono i GWP 100yrs della tabella table 8.A.1 in appendix 8.A.1, *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](#)

¹³ [2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol](#)

Unite (UNFCCC), e del Meccanismo di Monitoraggio dei Gas Serra dell'Unione Europea 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 [NIR](#).

3.2 L'andamento delle emissioni

Le emissioni italiane totali di gas serra, espresse in CO₂ equivalente, sono diminuite del 19.9% tra il 1990 ed il 2021. Questa riduzione, riscontrata in particolare dal 2008, è conseguenza sia della riduzione dei consumi energetici e delle produzioni industriali a causa della crisi economica e della delocalizzazione di alcune produzioni industriali, ma anche della crescita della produzione di energia da fonti rinnovabili (idroelettrico ed eolico) e di un incremento dell'efficienza energetica. Ha pesato inoltre il calo delle emissioni registrato a seguito della pandemia; l'aumento delle emissioni riportato nel 2021, in conseguenza della ripresa della mobilità e delle attività economiche dopo il periodo pandemico, si stima continui anche per il 2022 (per il 2022¹⁴ le emissioni tendenziali di gas serra si stimano in linea con quanto emesso nel 2021).

Tra il 1990 e il 2021 le emissioni di tutti i gas serra sono passate da 521 a 418 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, variazione ottenuta principalmente grazie alla riduzione delle emissioni di CO₂, che contribuiscono per 80.8% del totale e risultano, nel 2021, inferiori del 23.2% rispetto al 1990. Una sintesi delle emissioni di GHG per settore/categoria/gas è riportata nelle tabelle 3.1 e 3.2.

Il settore energetico contribuisce in maniera maggioritaria alle emissioni nazionali di GHG con una quota, nel 2021, del 79.7%. Le emissioni di questo settore sono diminuite del 21.8% dal 1990 al 2021. Scendendo nei dettagli, la CO₂ mostra un decremento del 21.3% dal 1990 al 2021 e rappresenta il 96.6% del totale nel settore energetico; in termini di CO₂ equivalente totale, il settore dei trasporti (31.0% del totale delle emissioni di energia) ha registrato un aumento dell'1.1 dal 1990 al 2021; si è inoltre osservato un aumento (pari allo 6.4%) delle emissioni negli altri settori, incluso il residenziale, che nel 2021 rappresentano il 25.0% del totale delle emissioni settoriali.

Le emissioni relative al settore processi industriali hanno mostrato una diminuzione del 18.9% dal 1990 al 2021. La decrescita delle emissioni è dovuta principalmente alla riduzione nel settore della chimica (dovuta alla tecnologia di abbattimento resa pienamente operativa nell'industria dell'acido adipico) e delle emissioni della produzione di minerali e metalli. Un notevole aumento è stato osservato nelle emissioni di gas fluorurati¹⁵ (circa 372%), il cui livello sul totale delle emissioni settoriali è del 50.5%. Va notato che, salvo le motivazioni spiegate, la recessione economica ha avuto una notevole influenza sui livelli di produzione della maggior parte delle industrie e le conseguenti emissioni negli ultimi anni.

¹⁴ Ulteriori informazioni sono disponibile nelle comunicazioni trimestrali di andamento delle emissioni di gas serra: <http://emissioni.sina.isprambiente.it/inventario-nazionale/stima-trimestrale-delle-emissioni-in-atmosfera-di-gas-serra/>

¹⁵ Idrofluorocarburi (HFCs), Perfluorocarburi (PFCs), Esafluoruro di zolfo (SF₆), Trifluoruro di azoto (NF₃)

Tabella 3.1 - Emissioni di gas serra per il periodo 1990-2021, per gas e per settore (kt CO₂ eq.)

Emissioni GHG	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
<i>kt CO₂ equivalente</i>											
CO ₂ escluso LULUCF	438,904	449,430	470,524	502,347	436,534	361,936	353,419	349,827	340,403	303,281	337,230
CO ₂ incluso LULUCF	433,214	424,391	447,552	465,893	394,075	317,385	327,934	304,086	297,929	269,900	308,306
CH ₄ escluso LULUCF	54,975	57,034	57,706	54,703	52,690	49,316	48,784	47,972	46,762	47,513	47,087
CH ₄ incluso LULUCF	56,416	57,373	58,506	55,038	53,083	49,611	50,476	48,144	46,965	47,885	48,065
N ₂ O escluso LULUCF	24,193	26,177	26,923	26,048	18,090	16,788	16,958	16,893	16,691	17,346	17,193
N ₂ O incluso LULUCF	24,954	26,958	27,541	26,608	18,472	17,079	17,452	17,292	17,124	17,811	17,666
HFCs	372	861	2,803	8,718	14,325	15,630	16,514	16,928	17,019	16,035	15,388
PFCs	2,615	1,351	1,363	1,759	1,377	1,529	1,191	1,502	915	499	395
Mix di HFCs e PFCs	NO,NA	24	24	24	24	24	24	23	23	22	25
SF ₆	421	700	621	565	405	485	428	464	444	257	258
NF ₃	NA,NO	77	13	33	20	28	23	22	18	16	15
Totale (senza LULUCF)	521,480	535,654	559,978	594,197	523,466	445,736	437,341	433,631	422,276	384,970	417,591
Totale (con LULUCF)	517,992	511,734	538,424	558,640	481,781	401,772	414,043	388,460	380,439	352,425	390,118

Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
<i>kt CO₂ equivalente</i>											
1. Energia	425,548	438,293	460,326	488,285	429,904	359,966	350,969	346,504	336,391	300,048	332,832
2. Processi Industriali ed Uso dei Prodotti	39,257	37,271	38,368	47,226	38,960	33,328	33,881	34,927	34,038	31,040	31,852
3. Agricoltura	37,676	38,076	37,185	34,629	32,225	32,102	32,581	32,306	32,190	33,427	32,717
4. LULUCF	-3,489	-23,920	-21,554	-35,557	-41,685	-43,964	-23,298	-45,171	-41,837	-32,545	-27,473
5. Rifiuti	18,999	22,014	24,099	24,058	22,377	20,340	19,911	19,893	19,657	20,456	20,190
Totale (con LULUCF)	517,992	511,734	538,424	558,640	481,781	401,772	414,043	388,460	380,439	352,425	390,118

Per l'agricoltura le emissioni si riferiscono principalmente ai livelli di CH₄ e N₂O, che rappresentano rispettivamente il 64.9% e il 33.7% del totale settoriale. La diminuzione osservata delle emissioni osservata nel periodo 1990-2021 (-13.2%) è principalmente dovuta alla diminuzione delle emissioni di CH₄ da fermentazione enterica (-14.2%), che rappresentano il 44.7% delle emissioni settoriali, e alla diminuzione di N₂O dai suoli agricoli (-7.8%), che rappresenta il 28.2% delle emissioni settoriali.

Per quanto riguarda l'uso del suolo, il cambiamento di uso del suolo e la silvicoltura, dal 1990 al 2021 gli assorbimenti totali in CO₂ equivalente sono notevolmente aumentati; la CO₂ rappresenta la quasi totalità delle emissioni e degli assorbimenti del settore (95.2%).

Infine, le emissioni del settore rifiuti sono aumentate del 6.3% dal 1990 al 2021, principalmente a causa dell'aumento delle emissioni da smaltimento in discarica (14.7%), che rappresentano il 77.6% delle emissioni dei rifiuti. Il gas serra più importante in questo settore è il CH₄ che rappresenta il 91.9% delle emissioni settoriali e registra un aumento del 7.1% dal 1990 al 2021. I livelli di emissione di N₂O sono aumentati del 33.2%, mentre la CO₂ è diminuita dell'83.2%; questi gas rappresentano rispettivamente il 7.7% e lo 0.4% nel settore.

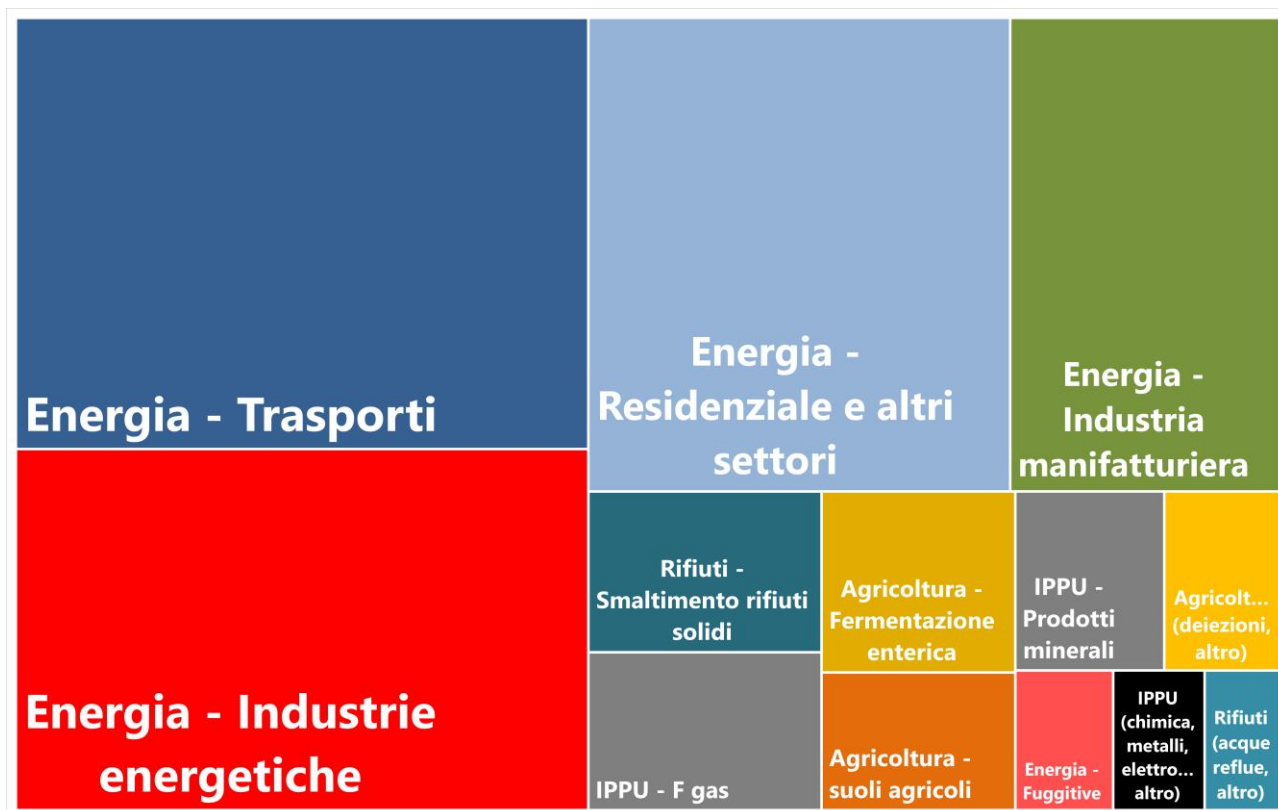
Tabella 3.2 - Emissioni di gas serra per il periodo 1990-2020, per gas e per settore (kt CO₂ eq.)

Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
<i>kt CO₂ equivalente</i>											
A. Energia: combustione	411,345	424,917	448,235	477,669	420,227	351,289	343,086	339,054	329,427	293,855	327,124
<i>CO₂: 1. Industrie energetiche</i>	136,941	139,941	144,273	159,227	136,885	105,486	104,287	95,335	91,235	81,212	86,009
<i>CO₂: 2. Industrie manifatturiere e costruzioni</i>	90,772	88,969	94,893	90,786	68,899	54,552	52,143	53,228	48,972	44,899	52,791
<i>CO₂: 3. Trasporti</i>	100,319	111,531	121,642	126,780	114,628	105,587	100,475	104,042	105,231	85,640	102,200
<i>CO₂: 4. Altri settori</i>	75,428	75,205	79,023	92,265	90,880	77,681	78,258	78,721	76,229	74,587	78,347
<i>CO₂: 5. Altro</i>	1,071	1,496	837	1,233	652	459	326	341	453	625	299
<i>CH₄</i>	2,735	3,024	2,764	2,577	3,539	3,367	3,479	3,274	3,294	3,143	3,386
<i>N₂O</i>	4,078	4,751	4,803	4,801	4,743	4,157	4,118	4,113	4,013	3,747	4,092
1B2. Energia: Fuggitive	14,203	13,376	12,090	10,616	9,676	8,677	7,883	7,449	6,964	6,193	5,708
<i>CO₂</i>	4,048	4,002	3,262	2,557	2,377	2,574	2,351	2,295	2,756	2,112	1,816
<i>CH₄</i>	10,145	9,363	8,818	8,047	7,289	6,094	5,523	5,146	4,200	4,074	3,885
<i>N₂O</i>	11	10	11	12	11	9	9	8	8	7	8
2. Processi Industriali ed Uso dei Prodotti	39,257	37,271	38,368	47,226	38,960	33,328	33,881	34,927	34,038	31,040	31,852
<i>CO₂</i>	29,303	27,260	25,815	28,704	21,654	15,039	15,031	15,331	15,001	13,613	15,221
<i>CH₄</i>	144	150	82	83	67	48	50	49	46	38	45
<i>N₂O</i>	6,402	6,848	7,646	7,338	1,088	545	620	608	570	559	505
<i>HFCs</i>	372	861	2,803	8,718	14,325	15,630	16,514	16,928	17,019	16,035	15,388
<i>PFCs</i>	2,615	1,351	1,363	1,759	1,377	1,529	1,191	1,502	915	499	395
<i>Mix di HFCs e PFCs</i>	NO,NA	24	24	24	24	24	24	23	23	22	25
<i>SF₆</i>	421	700	621	565	405	485	428	464	444	257	258
<i>NF₃</i>	NA,NO	77	13	33	20	28	23	22	18	16	15
3. Agricoltura	37,676	38,076	37,185	34,629	32,225	32,102	32,581	32,306	32,190	33,427	32,717
<i>CO₂: Calcitazione</i>	1	1	2	14	18	14	17	15	16	10	26
<i>CO₂: Applicazione di urea</i>	465	512	525	507	335	425	418	405	396	472	414
<i>CO₂: Altri fertilizzanti contenenti carbonio</i>	44	54	44	42	28	20	20	22	17	21	22
<i>CH₄: Fermentazione enterica</i>	17,093	16,697	16,509	14,484	14,100	14,272	14,698	14,612	14,584	14,771	14,671

Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
	<i>kt CO₂ equivalente</i>										
<i>CH₄: Gestione del letame</i>	5,424	5,161	5,122	5,248	5,088	5,011	4,960	4,879	4,868	4,875	4,782
<i>CH₄: Coltivazione di riso</i>	2,102	2,228	1,855	1,962	2,041	1,868	1,843	1,793	1,776	1,788	1,756
<i>CH₄: Combustione in campo dei residui agricoli</i>	16	16	16	17	16	17	16	16	16	16	16
<i>N₂O: Gestione delle deiezioni</i>	2,518	2,406	2,329	2,144	2,074	1,865	1,884	1,852	1,832	1,835	1,800
<i>N₂O: Suoli agricoli</i>	10,011	10,998	10,779	10,206	8,521	8,607	8,720	8,708	8,683	9,634	9,228
<i>N₂O: Combustione in campo dei residui agricoli</i>	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3
4. LULUCF	-3,489	-23,920	-21,554	-35,557	-41,685	-43,964	-23,298	-45,171	-41,837	-32,545	-27,473
CO ₂	-5,690	-25,039	-22,972	-36,453	-42,459	-44,551	-25,485	-45,741	-42,473	-33,381	-28,924
CH ₄	1,440	339	800	335	392	296	1,692	171	203	371	978
N ₂ O	761	781	618	561	382	291	495	399	433	465	472
6. Rifiuti	18,999	22,014	24,099	24,058	22,377	20,340	19,911	19,893	19,657	20,456	20,190
CO ₂	512	458	208	230	177	99	92	91	96	89	86
CH ₄	17,317	20,395	22,540	22,284	20,551	18,639	18,215	18,202	17,979	18,808	18,546
N ₂ O	1,170	1,160	1,351	1,544	1,649	1,602	1,604	1,600	1,582	1,559	1,558
Emissioni totali (con LULUCF)	517,992	511,734	538,424	558,640	481,781	401,772	414,043	388,460	380,439	352,425	390,118
Emissioni totali (senza LULUCF)	521,480	535,654	559,978	594,197	523,466	445,736	437,341	433,631	422,276	384,970	417,591

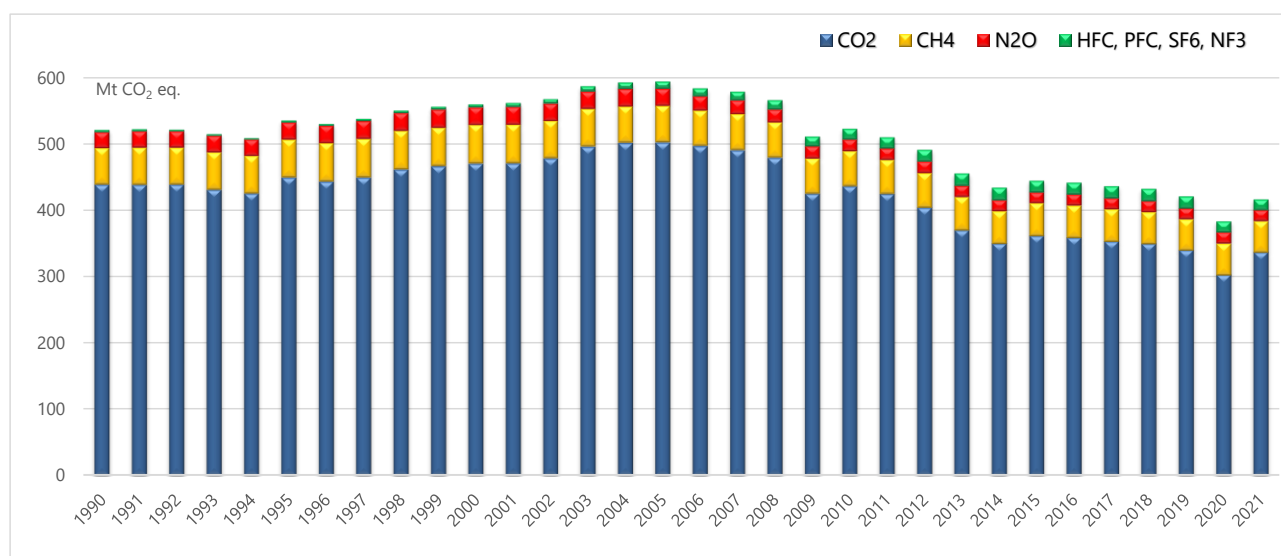
Le categorie emmissive che contribuiscono maggiormente alle emissioni totali di gas serra sono quelle del settore Energia, come mostrato in figura 3.2: industrie energetiche, manifatturiere, i trasporti ed il residenziale e altri settori responsabili, complessivamente, di quasi l'80% delle emissioni totali nazionali nel 2021. Il settore Agricoltura e le categorie emmissive dei Processi industriali ed uso di altri prodotti (IPPU) sono responsabili del 7.8% e 7.6%, rispettivamente, mentre il settore Rifiuti contribuisce al restante 4.8% alle emissioni totali.

Figura 3.2 - Emissioni nazionali di gas climalteranti nel 2021 per categorie settoriali (proporzione stimata in base al contributo in CO₂ equivalente)



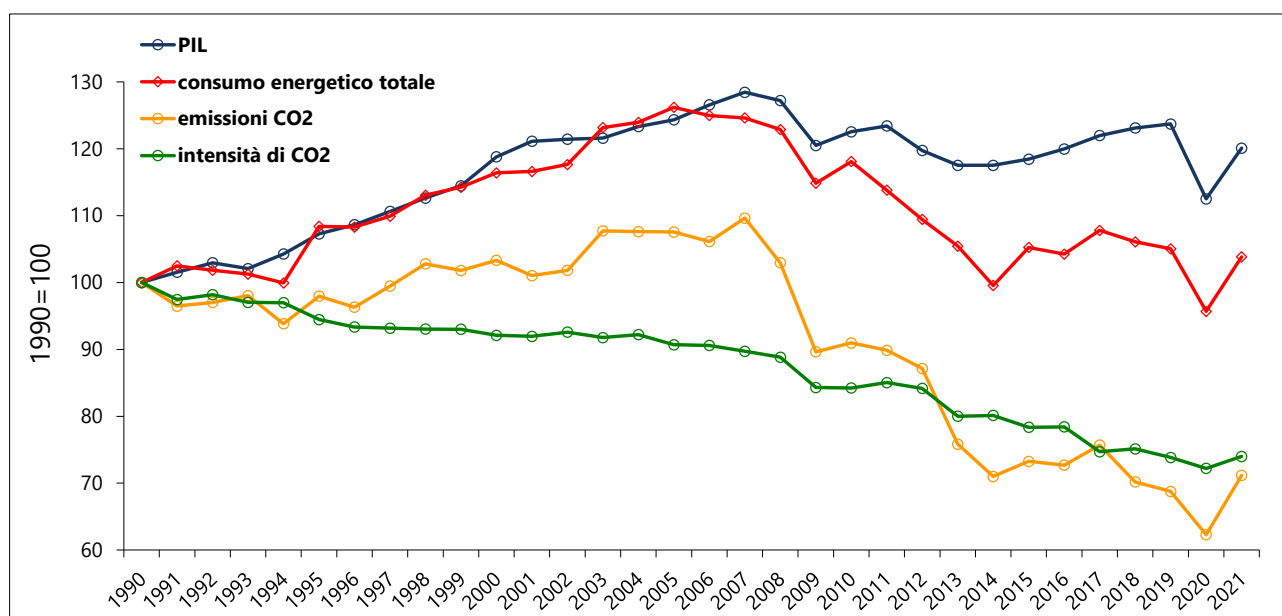
Il contributo maggiore nelle emissioni di gas serra è imputabile alla CO₂, seguita dal CH₄, dal N₂O e dagli F-gas. Il contributo di questi gas alle emissioni totali è variato nel periodo 1990-2021 (figura 3.3).

Figura 3.3 - Emissioni nazionali di gas climalteranti dal 1990 al 2021 per gas (escluso LULUCF)



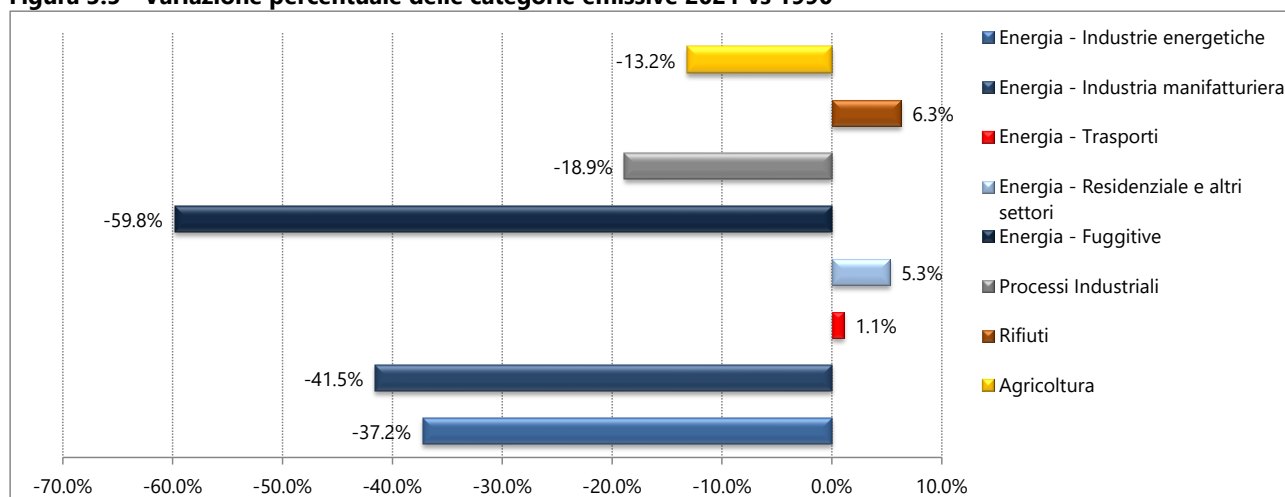
In figura 3.5 sono mostrate le variazioni percentuali delle diverse categorie emissive nel 2021 rispetto al 1990. La riduzione delle emissioni di CO₂ è dovuta principalmente alla riduzione delle emissioni osservata nelle industrie energetiche, manifatturiere e nelle costruzioni; nel periodo 1990-2021 le emissioni delle industrie energetiche sono diminuite del 37.2% mentre quelle delle industrie manifatturiere e delle costruzioni mostrano una diminuzione del 41.5%. 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 di 1.1% delle emissioni nel 2021. L'andamento delle emissioni da combustione non industriale è trainato dalla variazione climatica annua mentre le emissioni da processi industriali sono diminuite del 18.9% principalmente per la diminuzione della produzione di cemento. Le emissioni di CO₂ negli anni '90 rispecchiavano essenzialmente il consumo di energia. Solo negli ultimi anni si osserva un disaccoppiamento tra le curve dei consumi e delle emissioni, principalmente a seguito della sostituzione di combustibili ad alto contenuto di carbonio con gas metano nella produzione di energia elettrica e nell'industria; negli ultimi anni l'aumento dell'utilizzo delle fonti rinnovabili ha portato a una notevole riduzione dell'intensità di CO₂, come riportato in figura 3.4. Nel 2021, dopo il forte calo delle emissioni ed il rallentamento della crescita economica dovuti alla crisi pandemica, si registra una ripresa del PIL, a cui si accompagna una ripresa del consumo di energia e delle emissioni.

Figura 3.4 – Emissioni di CO₂ e indicatori energetici-economici



Le emissioni di CH₄, nel 2021, provengono principalmente dal settore agricolo che rappresenta il 45.1% delle emissioni totali di metano, oltre che dai settori dei rifiuti (39.4%) ed energia (15.4%). Nel settore energetico, la riduzione delle emissioni di CH₄ (-43.5%) 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.

Figura 3.5 - Variazione percentuale delle categorie emmissive 2021 vs 1990



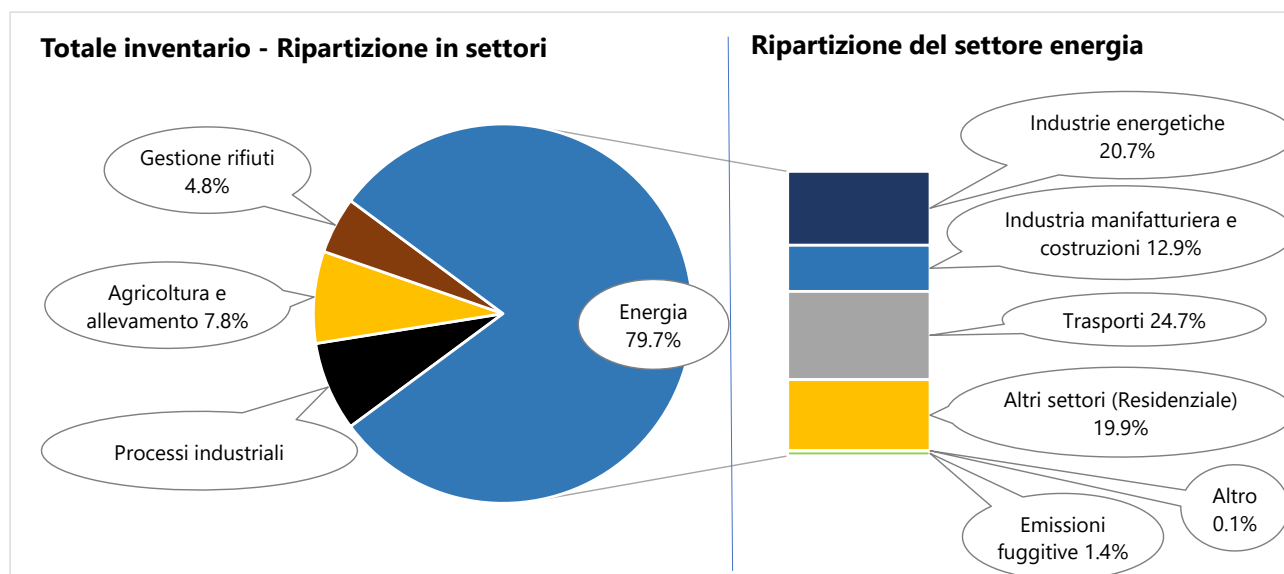
Nel 2021 le emissioni di protossido di azoto (escluso LULUCF) rappresentano il 4.2% del totale dei gas serra, con una diminuzione del 28.9% tra il 1990 e il 2021, da 24.2 a 17.2 Mt CO₂ equivalente. La principale fonte di emissioni di N₂O è il settore agricolo (64.2%), in particolare l'utilizzo di fertilizzanti sia chimici che organici in agricoltura, nonché la gestione delle deiezioni prodotte dal bestiame allevato. Le emissioni del settore agricolo mostrano una diminuzione dell'12.0% nel periodo 1990-2021, a causa della riduzione del numero di capi di bestiame. Le emissioni del settore energetico (23.8% del totale) registrano un aumento dell'0.3% dal 1990 al 2021; tale andamento è riconducibile principalmente alla riduzione del 47.6% nell'industria manifatturiera e nelle costruzioni (che rappresentano il 4.3% del totale delle emissioni di N₂O) dovuta principalmente alla riduzione negli ultimi anni della produzione di cemento; la tendenza al ribasso è stata controbilanciata dall'aumento delle emissioni del 41.7% nella categoria altri settori, che rappresenta il 12.7% del totale delle emissioni di N₂O, per effetto del maggiore utilizzo di biomasse negli impianti di riscaldamento. Per il settore industriale, le emissioni di N₂O mostrano una diminuzione del 92.1% dal 1990 al 2021. La diminuzione è 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, SF₆ e NF₃, sebbene essi abbiano un peso complessivo sul totale delle emissioni nazionali del 3.9%, è opportuno evidenziare la forte crescita degli HFC e la crescita di SF₆ e NF₃, in controtendenza rispetto alla riduzione delle emissioni dei PFC. 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 2021, come mostrato in figura 3.6, il settore Energia è responsabile, in Italia di circa il 79.7% delle emissioni nazionali di gas climalteranti; le emissioni in termini di CO₂ equivalente sono riportate in tabella 3.3. Considerando i singoli gas, tale settore conta per il 95.3% delle emissioni totali di CO₂, 15.4% di CH₄ e 23.8% di N₂O.

Figura 3.6 – Ripartizione percentuale delle emissioni di gas climalteranti dai diversi macrosettori e dettaglio del macrosettore 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 un ulteriore calo delle emissioni settoriali è dovuto alla recessione economica. In generale, dal 2005 si osserva una diminuzione delle emissioni totali di GHG e le variazioni annuali sono sempre negative ad eccezione del 2010 a causa di una ripresa dell'economia dopo la recessione economica e del 2015 dove le emissioni sono aumentate del 3.5% rispetto al 2014 a causa di una riduzione della produzione idroelettrica che ha comportato un aumento della produzione di energia da centrali termoelettriche per soddisfare il fabbisogno energetico. 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 e al conseguente regime di *lock-down* a cui è stato sottoposto il Paese. Nel 2021 la fine della pandemia e la ripresa dell'economia hanno comportato un aumento delle emissioni rispetto all'anno precedente. In definitiva, i consumi di energia da fonti primarie nel periodo 1990-2021 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 37% nel 2021, a fronte di un aumento della produzione di energia termoelettrica (da 178.6 Terawattora – TWh - a 189.7 TWh) e dei consumi di energia elettrica (da 218.7 TWh a 300.9 TWh). In tabella 3.3 è riportata la serie storica delle emissioni di gas climalteranti per settore dal 1990 al 2021.

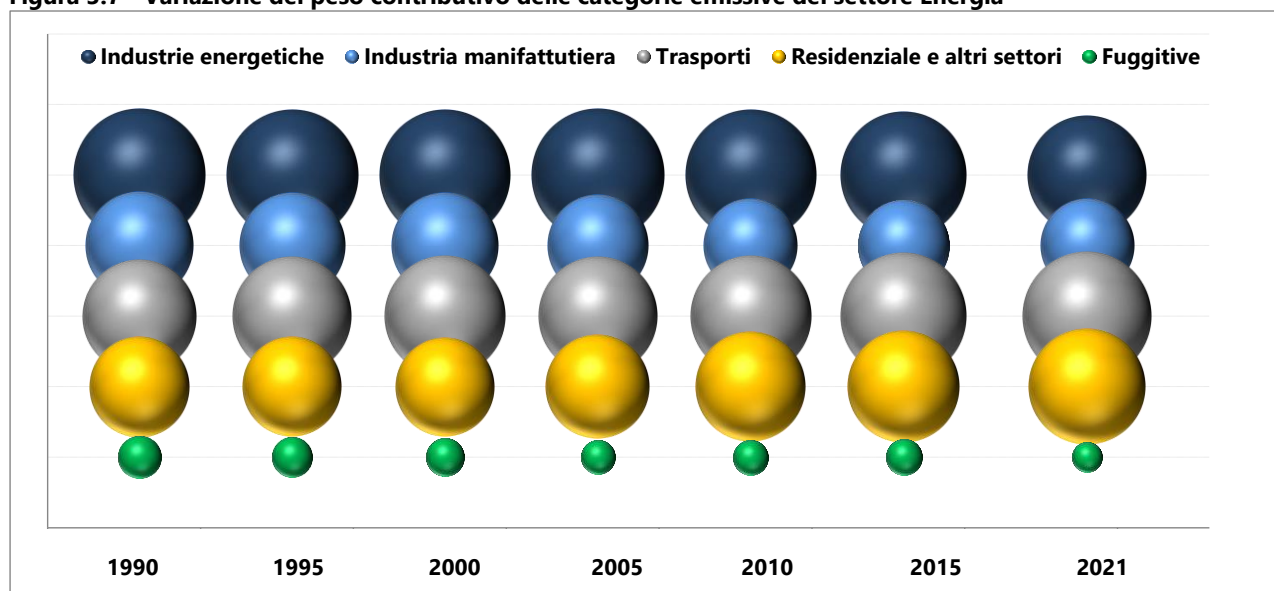
Tabella 3.3 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore Energia (Mt CO₂ eq.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Mt CO₂ equivalente</i>											
Industrie energetiche	137.6	140.6	144.9	159.9	137.5	106.1	104.8	95.8	91.7	81.6	86.4
Industria manifatturiera	92.1	90.2	96.2	92.3	70.1	55.6	53.1	54.2	50.0	45.8	53.9
Trasporti	102.2	114.2	123.9	128.4	115.9	106.7	101.5	105.1	106.3	86.6	103.3
Residenziale e altri settori	79.4	79.9	83.2	97.1	96.8	83.0	83.6	83.9	81.4	79.8	83.6
Fuggitive	14.2	13.4	12.1	10.6	9.7	8.7	7.9	7.4	7.0	6.2	5.7
Totale settore Energia	425.5	438.3	460.3	488.3	429.9	360.0	351.0	346.5	336.4	300.0	332.8

Le emissioni del settore energetico costituiscono, da sole, in media, oltre l'80% delle emissioni nazionali annuali tra il 1990 e il 2021. Considerando il totale delle emissioni del settore Energia, il contributo maggiore 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. Le emissioni attribuite al residenziale e servizi sono in netta crescita, in particolare dal 2006. Il settore dell'industria manifatturiera, viceversa, è in calo, con una forte diminuzione tra gli anni 2008/2009. Le emissioni fuggitive, infine, presentano una tendenza alla diminuzione, considerando l'intero periodo analizzato. In particolare, le emissioni provenienti dai trasporti dal 1990 al 2021 aumentano dell'1.1%, riflettendo l'andamento delle emissioni del trasporto su strada: 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 nel 2021 si assiste ad una ripresa.

In figura 3.7 viene descritta la variazione nel tempo del peso delle diverse categorie emissive relative al settore Energia.

Figura 3.7 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore Energia

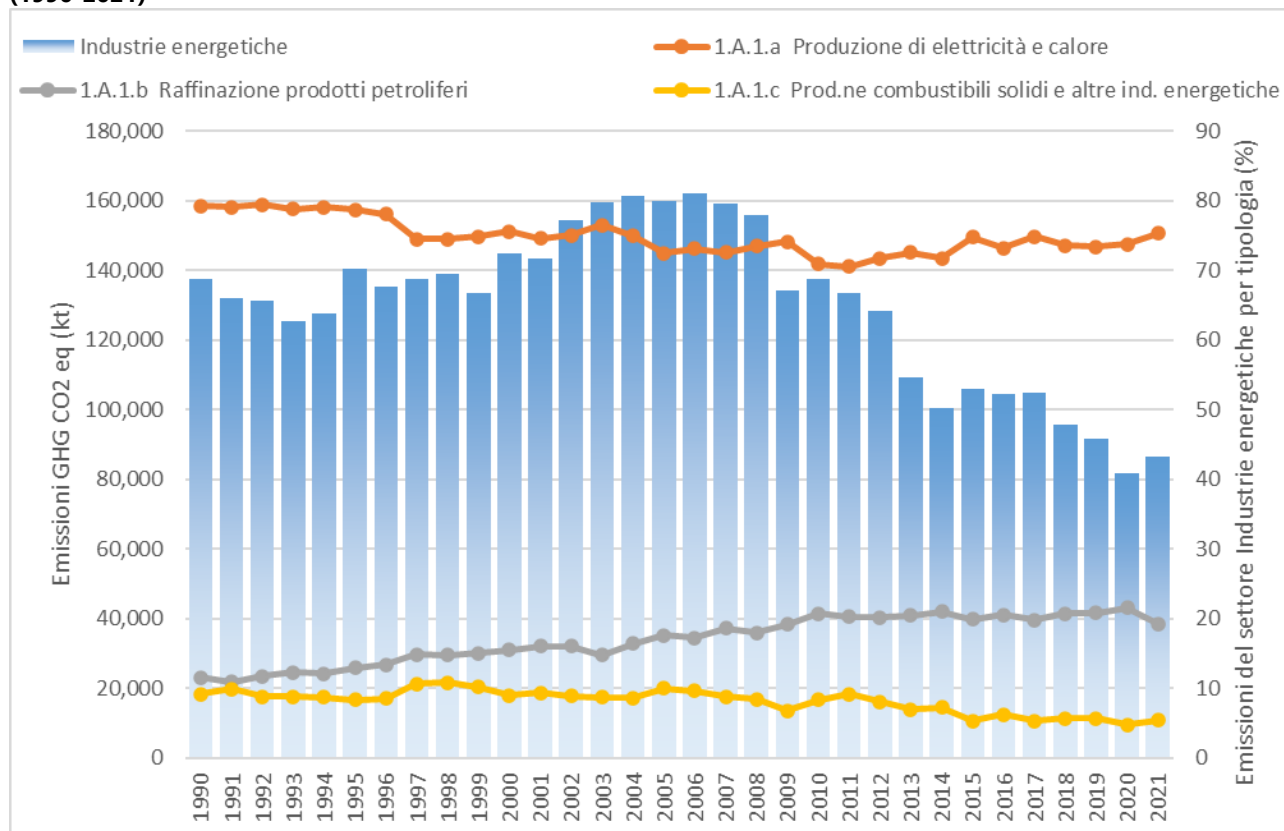


3.3.1 Industrie energetiche

Le emissioni del settore Industrie energetiche costituiscono, in media, circa il 30% del settore Energia. Tuttavia, dopo aver raggiunto il picco di emissioni nell'anno 2006, è in forte calo e le sue emissioni assolute sono diminuite di circa il 50% rispetto al 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 3.8 - Emissioni di gas serra CO₂ eq. del settore industrie energetiche e ripartizione percentuale per tipologia (1990-2021)



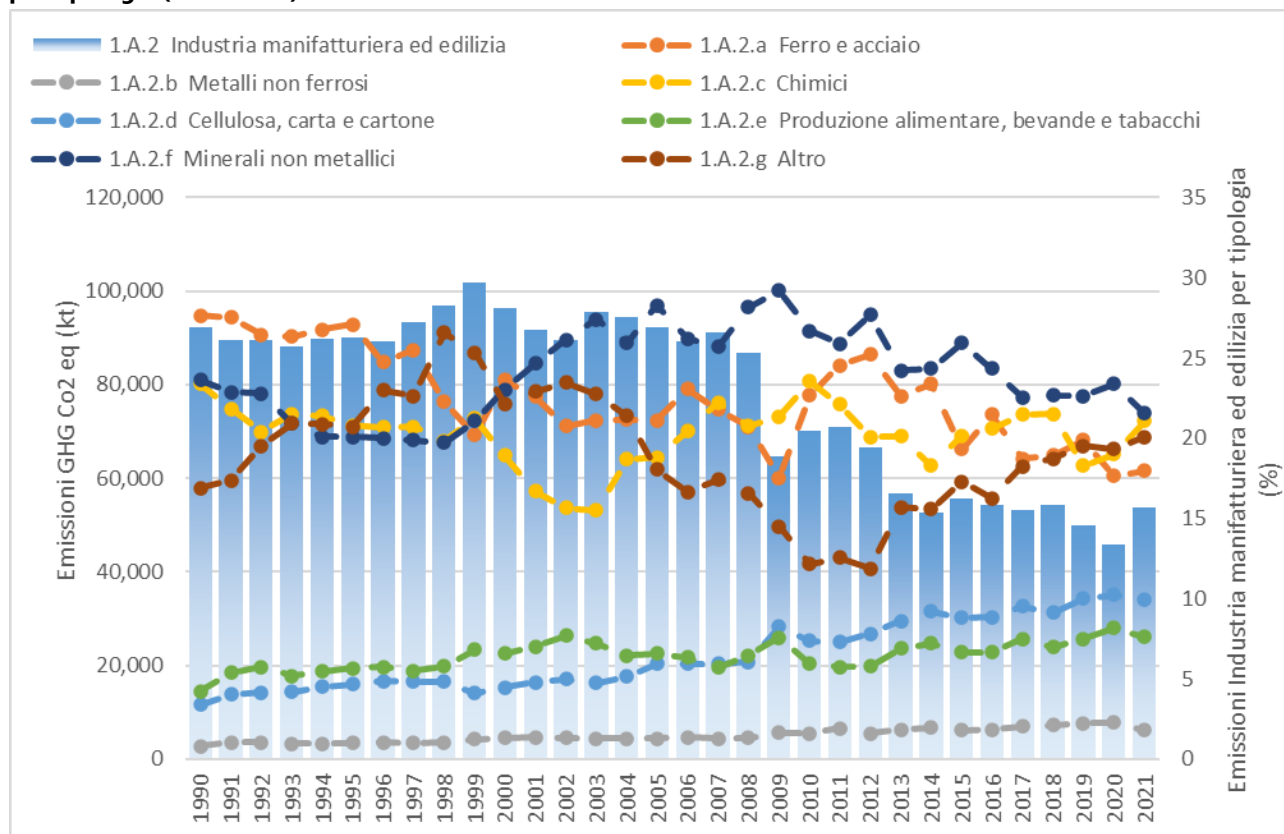
Il trend complessivo è guidato dalla produzione di energia elettrica che decresce a partire dal 2007 grazie a un aumento della produzione di energia da fonti rinnovabili, unito ad un'ulteriore riduzione dell'utilizzo di prodotti petroliferi per la produzione di energia elettrica. Per quanto riguarda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

3.3.2 Industria manifatturiera

Le emissioni dell'Industria manifatturiera costituiscono, in media, circa il 18% del settore Energia. Il settore ha raggiunto il picco di emissioni nell'anno 1999, per poi cominciare a diminuire gradualmente sino al 2008. Conseguentemente alla crisi economica del 2008, il settore ha diminuito significativamente le proprie emissioni. Nel 2021, rappresentano poco più della metà rispetto al picco.

Il settore si suddivide in diversi sotto-settori, tra cui i più rilevanti sono il settore dei minerali (prevalentemente produzione di cemento e calce), il settore della chimica, altro (prevalentemente edilizia e meccanica) e i processi di produzione dei metalli così come descritti in figura 3.9.

Figura 3.9 - Emissioni di gas serra CO₂ eq. del settore industrie manifatturiere ed edilizia e ripartizione percentuale per tipologia (1990-2021)

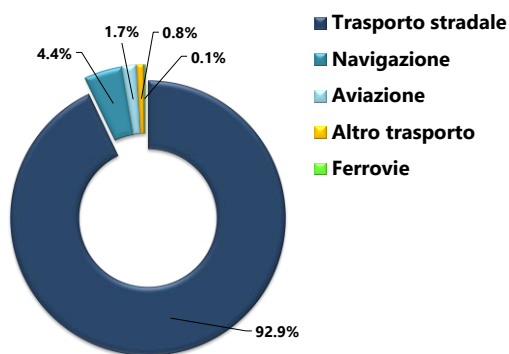


Si osserva una tendenza generale di riduzione delle emissioni dal 1990 al 2021; alcuni sottosectori hanno subito una forte riduzione (ferro e acciaio, minerali) guidando l'andamento dell'intero settore, anche se altri sottosectori (produzione alimentare, cellulosa e carta) hanno aumentato le proprie 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 CH₄ negli ultimi anni soprattutto per l'industria alimentare è guidata dall'aumento della biomassa utilizzata come combustibile.

3.3.3 Trasporti

I trasporti in Italia, nonostante alcuni progressi conseguiti negli anni più recenti, risultano ad oggi ancora caratterizzati da criticità in termini di intermodalità, sostenibilità, efficienza, carenze infrastrutturali, sicurezza, aspetti socioculturali. Nel 2021, il 24.7% delle emissioni di gas ad effetto serra totali è dovuto ai trasporti, di cui la modalità stradale è la principale componente (circa il 92.9%), come mostrato in figura 3.10.

Figura 3.10 - Le emissioni dai trasporti in Italia nel 2021

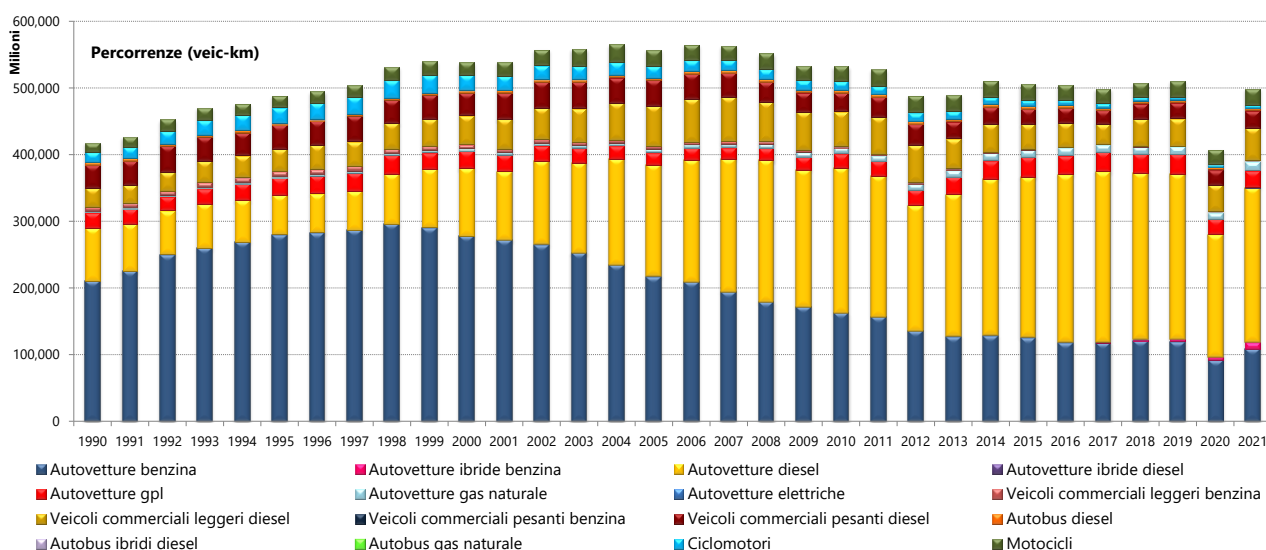


Coerentemente con la classificazione IPCC, in "Ferrovie" sono considerate le tratte non elettrificate e in "Altro trasporto" le pipelines per il trasporto gas

L'impatto emissivo è legato alla composizione del parco veicolare stradale italiano, che oltre ad aver registrato negli anni una notevole espansione, è tuttora caratterizzato da veicoli ad alimentazione tradizionale, fundamentalmente 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. Nel 2021 si stima per le autovetture che circa l'86.8% delle percorrenze totali sia effettuato da veicoli ad alimentazione tradizionale (27.9% benzina e 58.9% gasolio), il 6.3% da quelli ad alimentazione gpl, il 3.5% da autovetture alimentate a gas naturale, il 2.7% delle percorrenze da autovetture ad alimentazione ibrida benzina-elettrico e lo 0.5% da alimentazione ibrida gasolio-elettrico, infine lo 0.3% da autovetture elettriche¹⁶ (figura 3.11). Nel 1990 il peso delle percorrenze dei veicoli commerciali diesel sul totale veicoli merci è pari al 91.4%, nel 2021 è pari al 98.5%. Riguardo al trasporto passeggeri, si stima che il peso delle percorrenze relativo all'alimentazione a gasolio sia pari a 23.8% e 55.2% rispettivamente nel 1990 e 2021. Infine, si assiste negli anni ad una decisiva espansione della flotta dei motocicli, nel 2021 il parco dei veicoli a due ruote (ciclomotori e motocicli) consiste di circa dieci milioni di veicoli circolanti.

Figura 3.11 - Evoluzione delle percorrenze su strada in Italia dal 1990 al 2021¹⁷

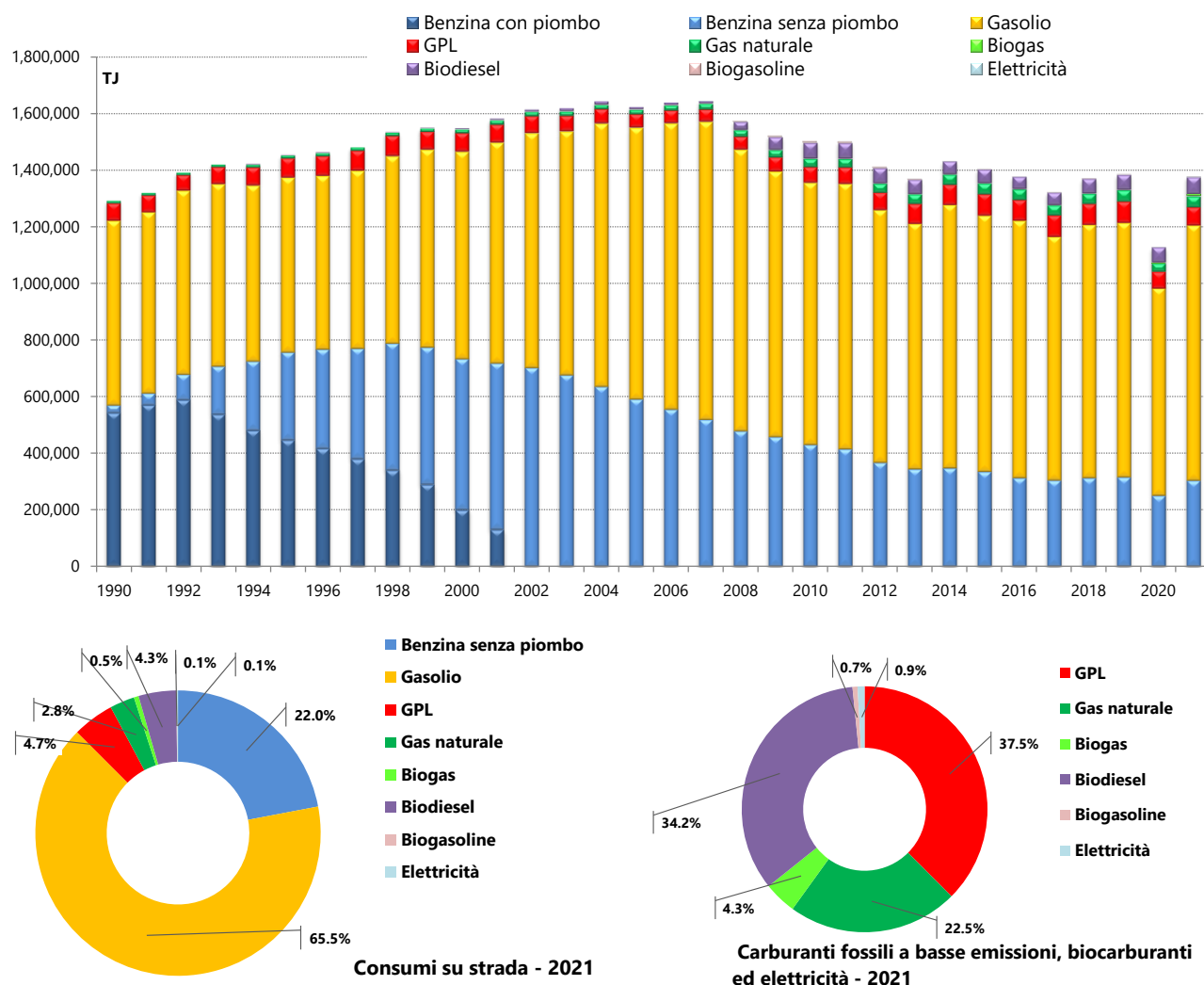


¹⁶ Stime aggiornate al 2021 tramite il modello COPERT (EMISIA SA, 2022), sulla base dei dati sul parco circolante di fonte Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2022.

¹⁷ la classificazione veicolare fa riferimento al modello COPERT (EMISIA SA, 2022), sulla base dei dati sul parco circolante relativi alla serie storica 1990 - 2021, di fonte ACI, ANCM, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Nonostante i progressi conseguiti negli anni, nel trasporto le alimentazioni tradizionali risultano ancora preponderanti¹⁸; negli anni più recenti 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 3.12).

Figura 3.12 - Evoluzione dei consumi su strada in Italia dal 1990 al 2021



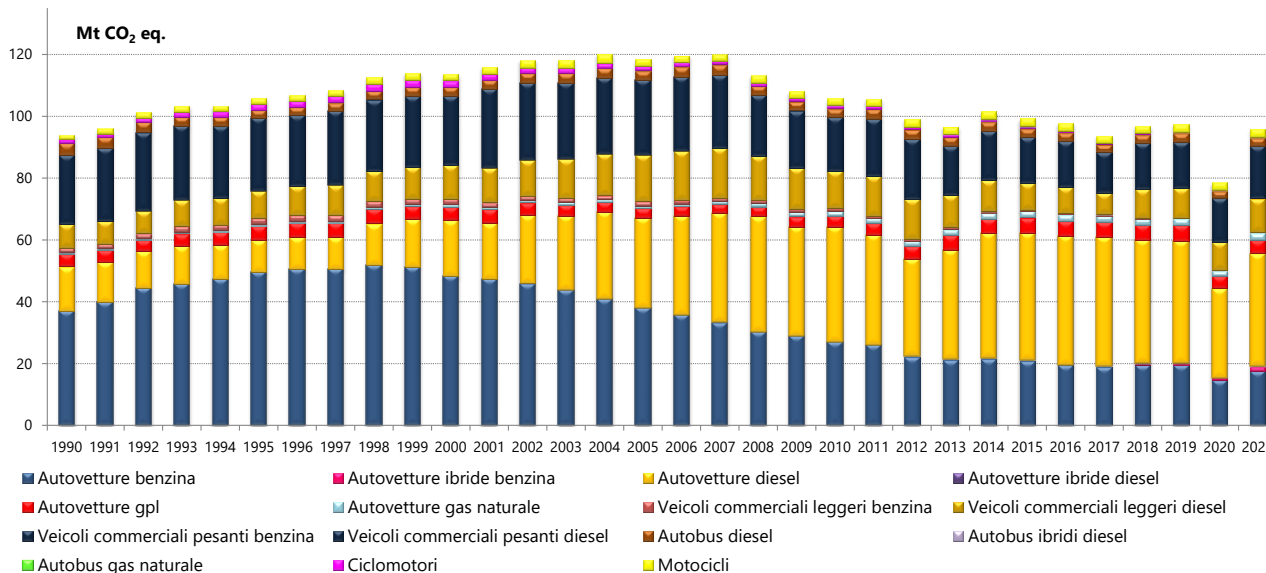
Dal 1990 al 2021, le emissioni di gas serra dal trasporto su strada aumentano del 2.1%. Il trend è spiegato da molteplici fattori:

- 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 (-18.7%), 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;
- una ricrescita della mobilità e delle emissioni, dovuta alla graduale ripresa dalla pandemia, pari al 22.0% nell'ultimo anno di studio.

¹⁸ 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.

Le emissioni consistono fondamentalmente di anidride carbonica (99.0% nel 2021), 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 0.2% e 0.8% del totale dei gas serra emessi da trasporto stradale nel 2021.

Figura 3.13 - Emissioni di gas serra dal trasporto su strada in Italia dal 1990 al 2021 distinte per categoria veicolare e combustibile

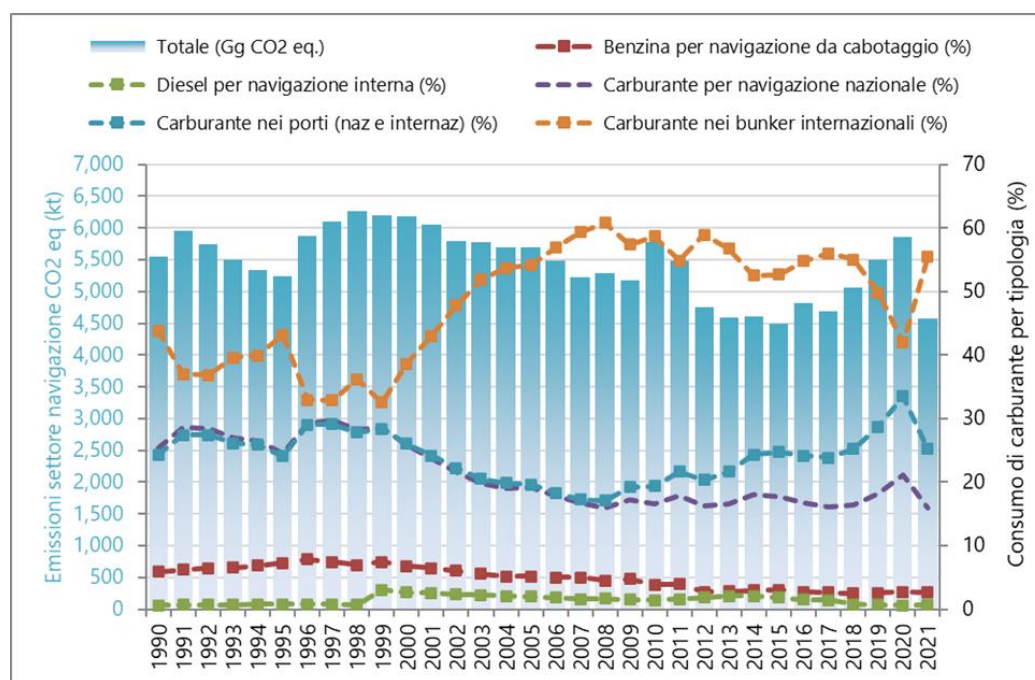


Dal 2007 in poi, la riduzione delle emissioni è più marcata per i veicoli merci che per i veicoli passeggeri, nel 2020 è quest'ultima categoria a risentire maggiormente della crisi pandemica, nel 2021 il peso delle emissioni dei veicoli passeggeri e merci sul totale è rispettivamente pari a 70.6% e 29.4%.

Nel 2021 la categoria che, nel complesso, pesa maggiormente sul totale dei gas serra emessi su strada, è quella dei veicoli diesel (69.7%), tra i quali il peso determinante, pari al 38.0% del totale nazionale, è assunto dalle autovetture diesel (figura 3.13). I veicoli alimentati a benzina emettono nel 2021 il 21.7% dei gas serra totali (dalle autovetture a benzina deriva il 18.4% del totale emesso su strada). Infine, dai veicoli alimentati a gpl, gas naturale, ibridi benzina ed ibridi diesel si origina rispettivamente il 4.5%, 2.4%, 1.5% e lo 0.3% del totale emesso su strada.

Le emissioni relative alla navigazione marittima, responsabile del 4.4% del totale dei gas serra emessi dal settore dei trasporti nell'anno 2021 e circa l'1.1% del totale nazionale, sono diminuite del 17.4% dal 1990 al 2021, per la riduzione dei consumi nelle aree portuali e nella navigazione. Il numero dei movimenti dimostra un incremento dal 1990, inverte l'andamento negli anni recenti fino a diventare stabile tra il 2015 e il 2017, con un andamento crescente tra il 2018 e il 2020. Il 2021 è in netta riduzione rispetto l'anno precedente e rappresenta il minimo della serie (figura 3.14).

Figura 3.14 - 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 CO₂; le emissioni di CH₄ e N₂O vengono stimate ma il loro contributo è trascurabile. Nel 2021 le emissioni totali di gas serra da questo settore sono state circa l'1.7% del totale delle emissioni dal settore dei trasporti e circa lo 0.4% del totale dei gas serra nazionali.

Dal 1990 al 2019, le emissioni di gas serra dal settore dell'aviazione sono aumentate del 59.3%, per l'espansione di questa modalità di trasporto. Considerando la brusca diminuzione dei movimenti negli anni 2020-2021, dovuta alla pandemia, il settore è diminuito nel 2020 del 20% rispetto al 1990, mentre il 2021 mostra una ripresa del 37% rispetto l'anno precedente. L'effetto della pandemia è notevole in entrambi gli anni e lo si nota osservando la quota del traffico domestico, che copre il 46% del totale dei movimenti nel 2021: negli anni precedenti la pandemia era rappresentativo di poco più di un terzo dei movimenti totali (figura 3.15). Dal 2010 al 2019 si osserva una diminuzione pari al 19.6% delle emissioni di gas serra, dovuta sia alla riduzione dei voli nazionali che ad un aumento dell'efficienze energetica dei velivoli di recente costruzione. Considerando l'anno 2020, la riduzione complessiva ammonta al 59.6% rispetto alle emissioni del 2010, anche se va notata l'assoluta eccezionalità per la situazione pandemica globale. Concentrandosi sul periodo 2010-2020, dopo il minimo delle emissioni raggiunto negli anni 2015-2016, c'è un nuovo aumento nel corso degli anni 2017-2019 (figura 3.16). L'anno 2021 registra un aumento del 43% delle emissioni del settore aviazione, rispetto l'anno 2020.

Figura 3.15 – Numero di movimenti aerei annuali e quota percentuale del traffico domestico

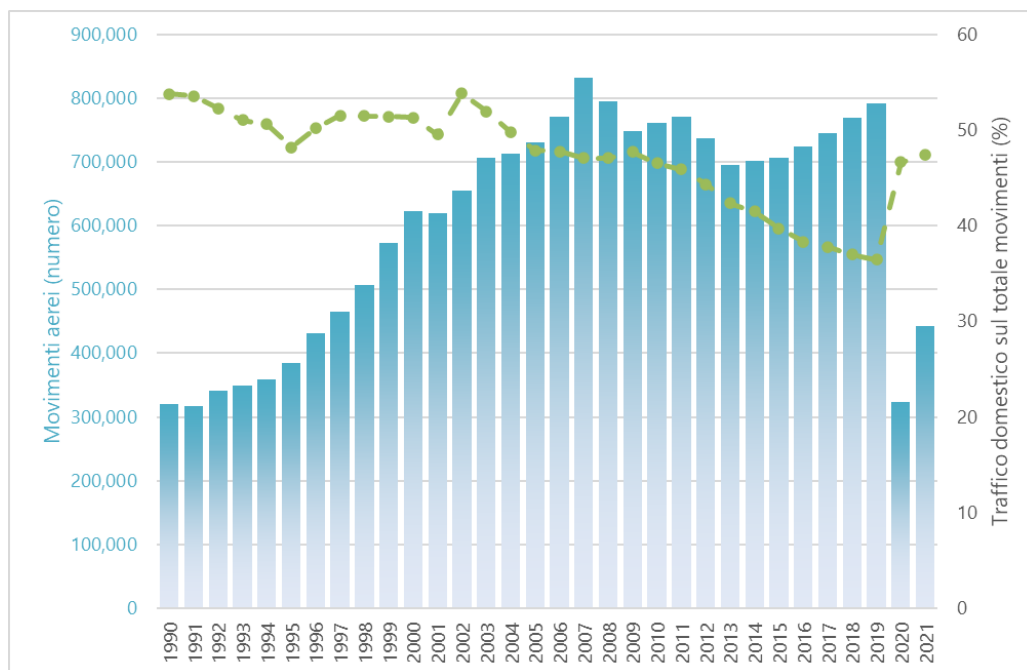
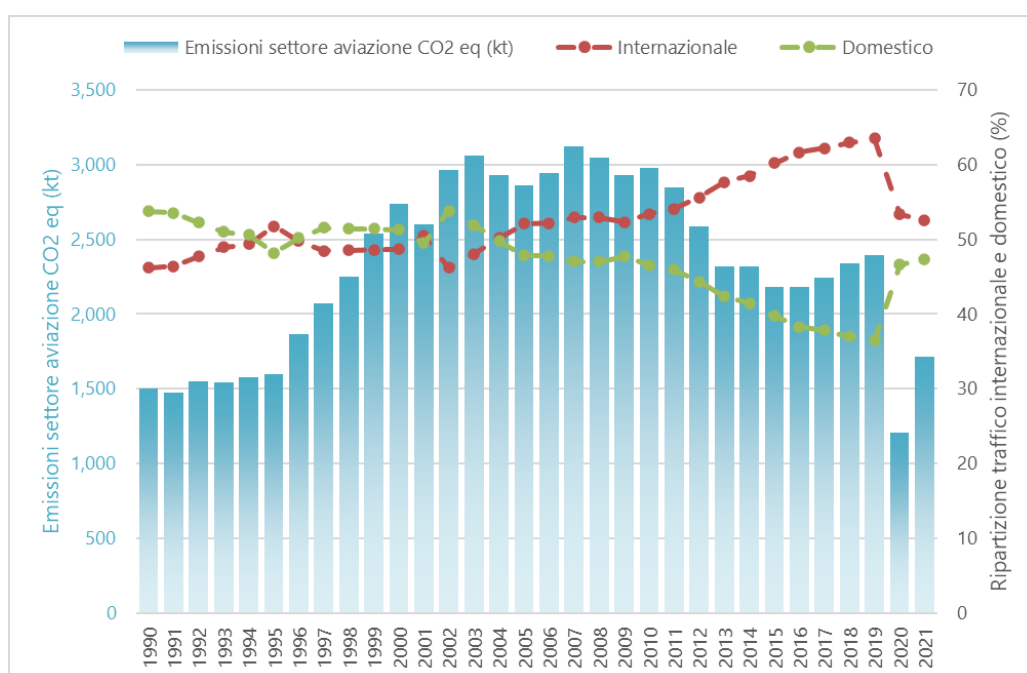


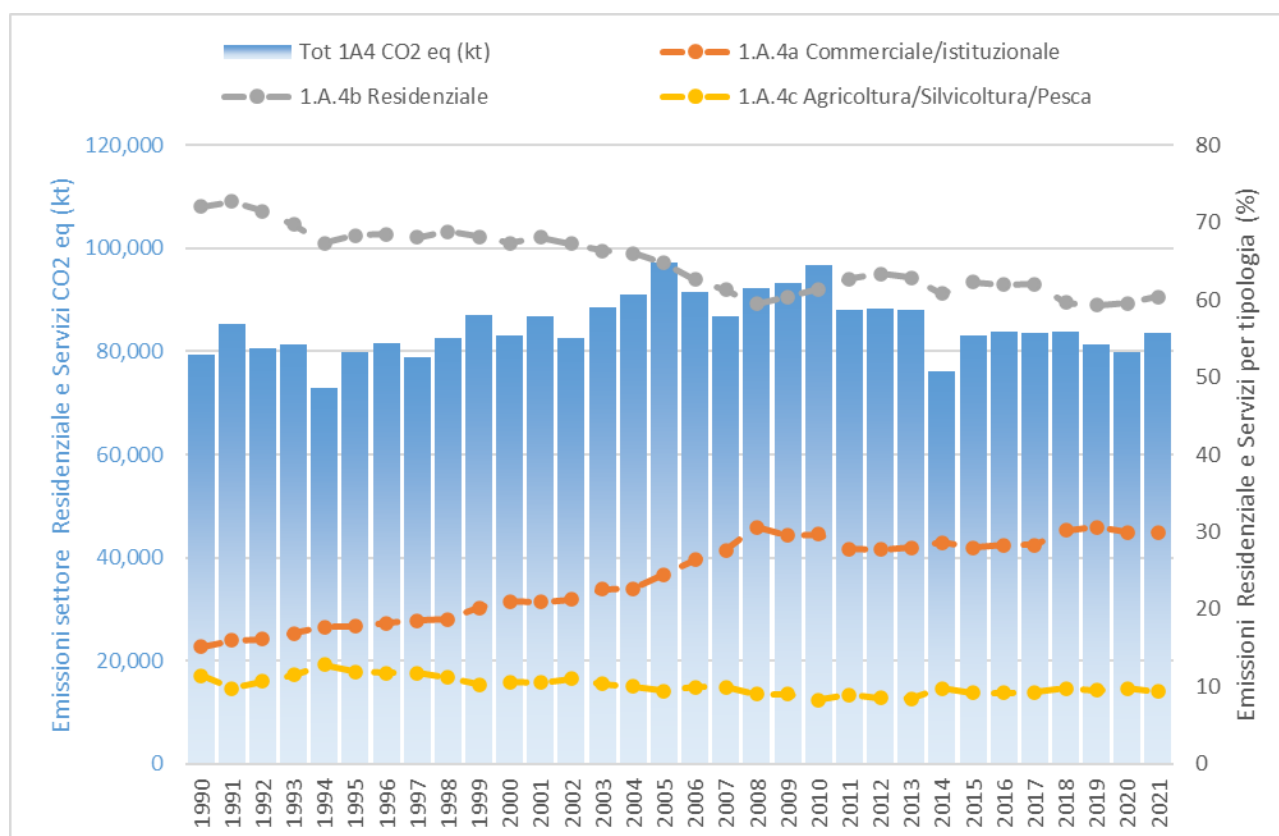
Figura 3.16 - Emissioni di gas serra e ripartizione del traffico aereo



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 del settore costituiscono, in media, il 20% delle emissioni del settore Energia, considerando l'intero periodo 1990-2021. Dal 2009-2010 tale contributo è salito fino al 25% circa. In figura 3.17 sono riportate le emissioni del settore e la ripartizione percentuale tra le categorie.

Figura 3.17 - Emissioni di gas serra CO₂ eq (kt) del settore residenziale e servizi e ripartizione percentuale per tipologia (1990-2021)



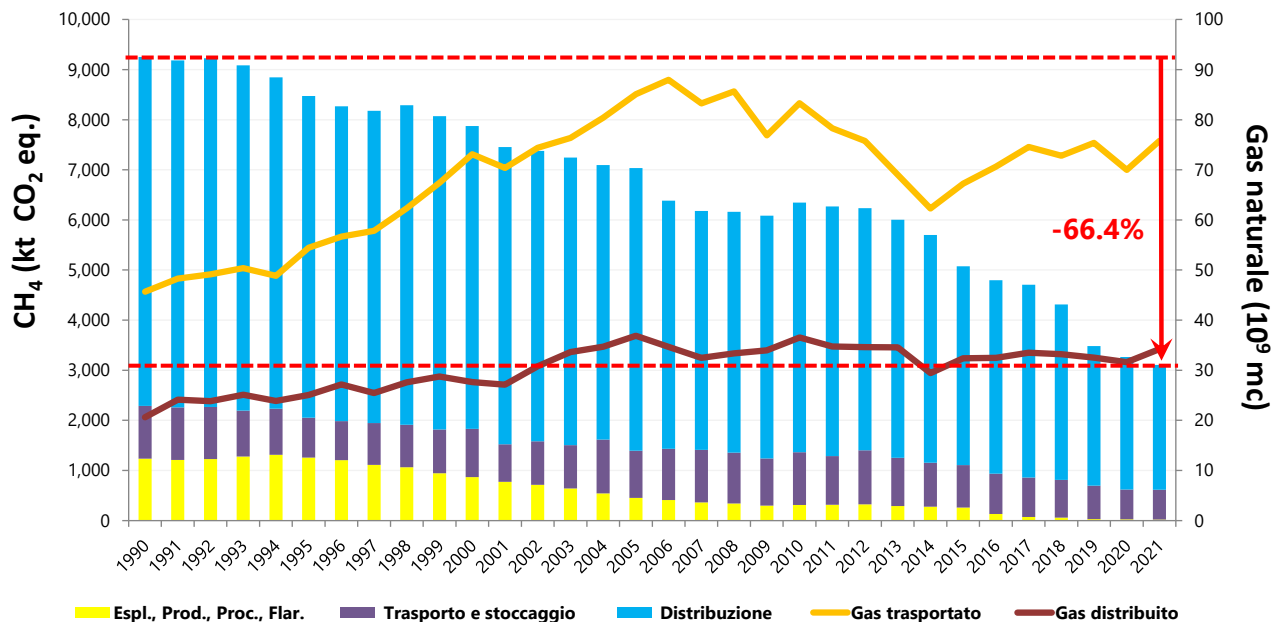
A livello assoluto, si nota una tendenziale complessiva stabilità del settore, che ha registrato il picco di emissioni nel 2005, di poco superiore all'anno 2010. Negli ultimi anni le emissioni assolute risultano stabili, con una lieve diminuzione nel 2020. A livello percentuale, il settore residenziale è maggioritario, essendo sopra il 60% in tutto il periodo. Segue il settore Commerciale/Istituzionale, cresciuto in maniera significativa negli anni, fino a costituire circa il 30% delle emissioni del settore. 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'1.4% delle emissioni nazionali e sono rappresentate per il 68% da metano. Il metano ha un impatto climaterante 85 volte quello della CO₂ 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 2021 il 6.6% delle emissioni nazionali di metano e l'80% delle emissioni fuggitive, che complessivamente registrano una notevole riduzione dal 1990 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 del 66.4% dal 1990 al 2021 a fronte di un incremento del gas

trasportato e distribuito di quasi il 66% 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 CH₄ (kt CO₂ eq.) 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 2021 rispettivamente del 43.4% e 64.2%. Nella sorgente trasporto-stoccaggio sono considerate le perdite per trasporto, stoccaggio e rigassificazione del gas naturale liquefatto. I fattori di emissione mostrano una continua diminuzione (-76.8% dal 1990 al 2021) 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, 80.3% 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)

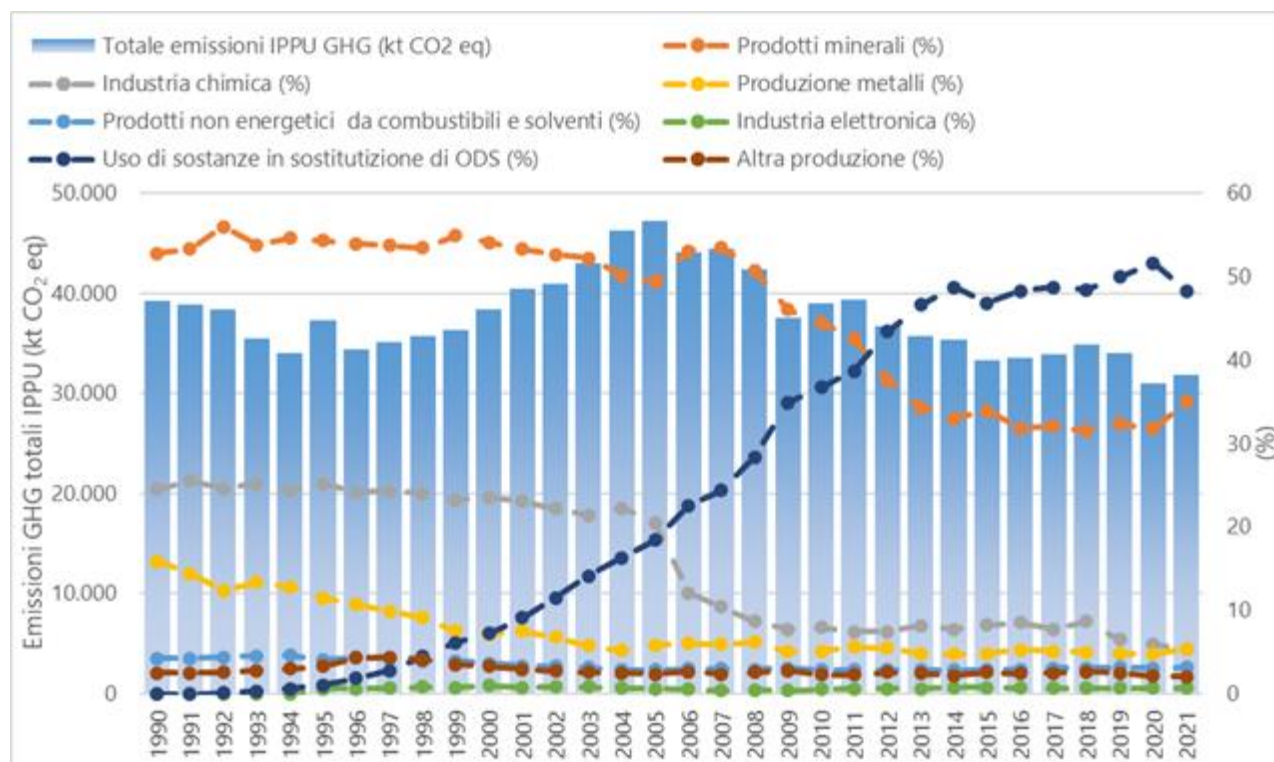
Le emissioni complessive del settore dei processi industriali, nel 2021 sono scese del 18.9% rispetto al 1990. L'andamento è determinato prevalentemente dalla forte riduzione delle emissioni di protossido di azoto, N₂O, nell'industria chimica, grazie all'adozione di tecnologie di abbattimento delle emissioni nella produzione dell'acido nitrico e acido adipico ma anche dalla riduzione delle principali produzioni nell'industria dei prodotti minerali e dei metalli. 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 (Mt CO₂ eq.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Mt CO₂ equivalente</i>											
Prodotti minerali	20.7	20.2	20.7	23.3	17.3	11.3	10.9	11.0	11.0	9.9	11.1
Industria chimica	9.6	9.4	9.0	9.7	3.1	2.7	2.6	3.0	2.2	1.8	1.7
Produzione metalli	6.2	4.3	2.8	2.8	2.0	1.6	1.7	1.7	1.6	1.5	1.7
Prodotti non energetici da combustibili e solventi	1.7	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0
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	0.4	2.8	8.7	14.3	15.6	16.5	16.9	17.0	16.0	15.4
Altra produzione	1.0	1.2	1.3	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7
Totale settore IPPU	39.3	37.3	38.4	47.2	39.0	33.3	33.9	34.9	34.0	31.0	31.9

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

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



Un contributo alla riduzione di emissioni di gas serra dall'industria chimica è dato anche dalla sensibile diminuzione delle emissioni di gas fluorurati dal 1990 al 2021 dal loro stesso processo produttivo a causa

della cessazione della produzione o per l'introduzione di importanti sistemi di abbattimento delle emissioni (tabella 3.4). Ad esempio, dal 2007 è cessata la produzione a Porto Marghera di sostanze fluorurate che davano origine a emissioni fuggitive o di sottoprodotto, e nell'impianto di Spinetta Marengo, che continua a produrre fluoropolimeri, sono stati fatti importanti investimenti sulla termossidazione dei reflui gassosi di processo, portando così ad una sensibile riduzione delle emissioni di gas fluorurati.

Anche nella produzione di metalli c'è stata una riduzione delle emissioni di gas serra (tabella 3.4) alla quale ha contribuito anche la produzione di alluminio primario: le emissioni di PFC da questa sorgente si sono ridotte negli anni grazie alla dismissione di vecchi impianti, sostituiti da impianti di nuova generazione. Dal 2013 la chiusura dell'impianto Alcoa di Portovesme ha comportato l'azzeramento della produzione e delle emissioni di CF₄ e C₂F₆.

L'unica categoria del settore IPPU che registra un incremento delle emissioni di gas serra nel periodo 1990-2021 è quella relativa all'uso di sostanze in sostituzione di ODS¹⁹ (da 0.4 Mt di CO₂ eq. nel 1995 a 15.4 Mt di CO₂ eq. nel 2021) nei settori della refrigerazione, del condizionamento, dell'antincendio, degli aerosol e delle schiume (tabella 3.4). 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 842/2006²⁰, quindi con il più recente regolamento CE 517/2014 (regolamento F-gas). Quest'ultimo, tra le significative misure che veicola, ha imposto il *phase-down* della quantità di HFC in tonnellate di CO₂ equivalente, immessa in commercio a partire dal 2015 per arrivare ad una riduzione del 79% al 2030. 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 CO₂) 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 ai trend dei settori sopra menzionati è possibile notare che le emissioni:

- dal settore della refrigerazione (commerciale, industriale e domestica), passano da 0.06 Mt di CO₂ eq. nel 1995, a 7.5 Mt nel 2021, rappresentando il 48.7% delle emissioni complessive della categoria (*uso di sostanze in sostituzione di ODS*).
- dal settore del condizionamento passano dal valore nullo nel 1995 a 2.5 Mt di CO₂ eq. nel 2021, con un contributo del 16.0% alle emissioni complessive.

¹⁹ 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 (SF₆) e trifluoruro di azoto (NF₃).

²⁰ Il Regolamento CE 842/2006 è il primo provvedimento comunitario finalizzato a contenere, prevenire e ridurre le emissioni di gas fluorurati ad effetto serra

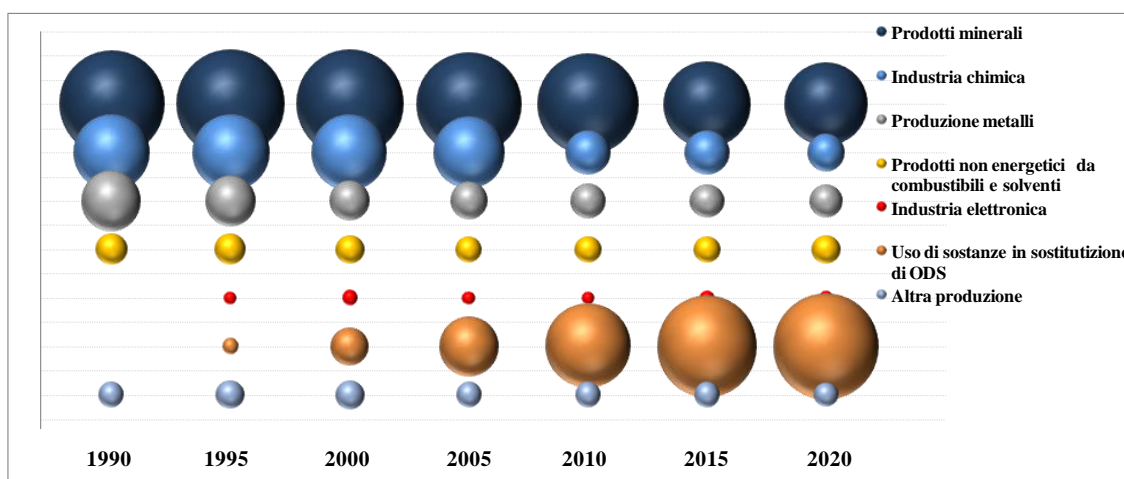
-dal settore antincendio passano da 0.02 Mt CO₂ eq. nel 1995 a 1.7 Mt di CO₂ eq. nel 2021, rappresentando il 10.8% delle emissioni complessive.

-dai settori del *mobile air conditioning* (MAC), le schiume e infine gli aerosol nel 2021 sono pari rispettivamente a 3.16, 0.43, 0.19 Mt di CO₂ eq.

L'incremento delle emissioni degli HFC ad alto GWP per tutti i settori che li usano, nonostante le misure che hanno portato a una riduzione dei consumi di tali gas, dipende dal fatto che le emissioni per ciascun anno sono legate alla quantità di refrigerante cumulata nell'anno considerato e non ai consumi nell'anno considerato. La quantità cumulata considera lo *stock* di refrigerante presente in quel determinato anno nel mercato, cioè tiene conto non solo del refrigerante contenuto nelle apparecchiature immesse annualmente nel mercato nell'anno e di quello usato per i rabbocchi conseguenti le perdite di gas nell'anno, ma anche del refrigerante contenuto nel resto del parco macchine (che non ha subito interventi nell'anno). Poiché la riduzione delle emissioni non segue la riduzione dei consumi annuali, ma è ritardata rispetto a quest'ultima, il calo complessivo delle emissioni di HFC per questi settori sarà osservabile nella serie storica delle emissioni di questi gas nei prossimi anni.

Nella figura 3.20 il grafico a bolle rappresenta la variazione nel tempo del peso percentuale di ciascuna delle categorie emissive del settore IPPU e rende più facilmente apprezzabile il peso relativo delle diverse categorie per ciascuno degli anni considerati oltre che nel periodo osservato.

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



3.5 Il settore Agricoltura

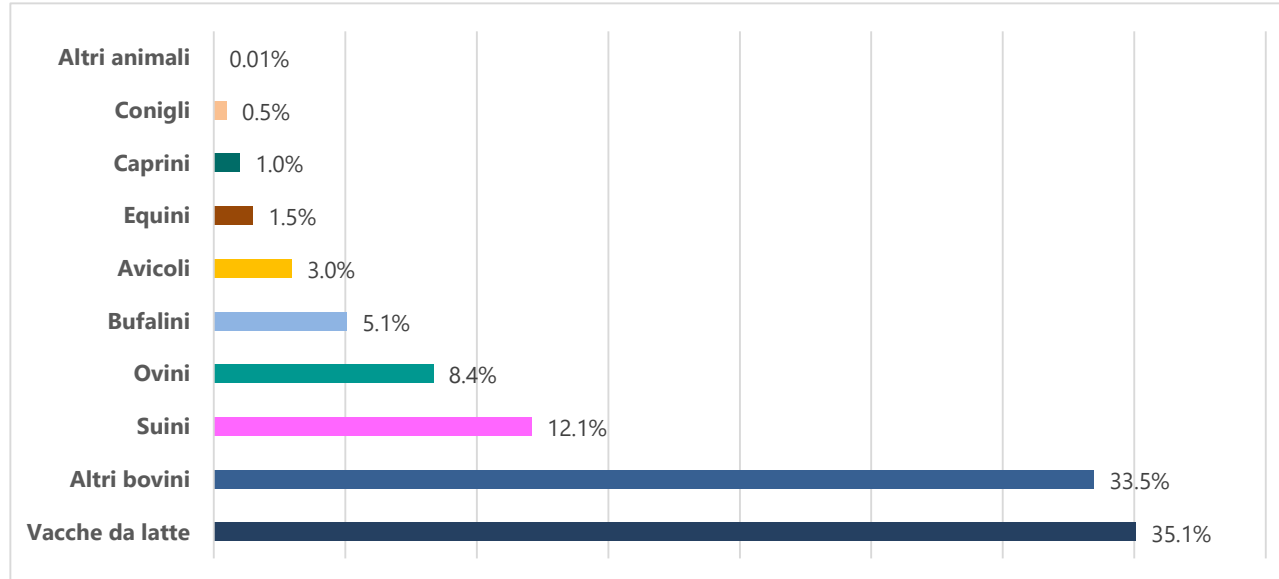
Il settore agricoltura che contribuisce a circa il 7,8% delle emissioni totali nel 2021 registra un calo delle emissioni di gas serra pari a -13.2% dal 1990 (tabella 3.5), principalmente a causa della riduzione del numero dei capi, delle superfici e produzioni agricole, della riduzione dell'uso dei fertilizzanti sintetici e dei cambiamenti nei metodi di gestione delle deiezioni.

Tabella 3.5 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore Agricoltura (Mt CO₂ eq.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Mt CO₂ equivalente</i>											
Fermentazione enterica	17.1	16.7	16.5	14.5	14.1	14.3	14.7	14.6	14.6	14.8	14.7
Gestione delle deiezioni	7.9	7.6	7.5	7.4	7.2	6.9	6.8	6.7	6.7	6.7	6.6
Coltivazione di riso	2.1	2.2	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Suoli agricoli	10.0	11.0	10.8	10.2	8.5	8.6	8.7	8.7	8.7	9.6	9.2
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	0.4	0.5	0.5
Totale settore Agricoltura	37.7	38.1	37.2	34.6	32.2	32.1	32.6	32.3	32.2	33.4	32.7

La gestione degli allevamenti rappresenta il peso maggiore in termini emissivi del settore agricoltura, contribuendo con circa il 75% di emissioni, generate 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 diverse categorie animali rispetto alle emissioni derivanti dagli allevamenti.

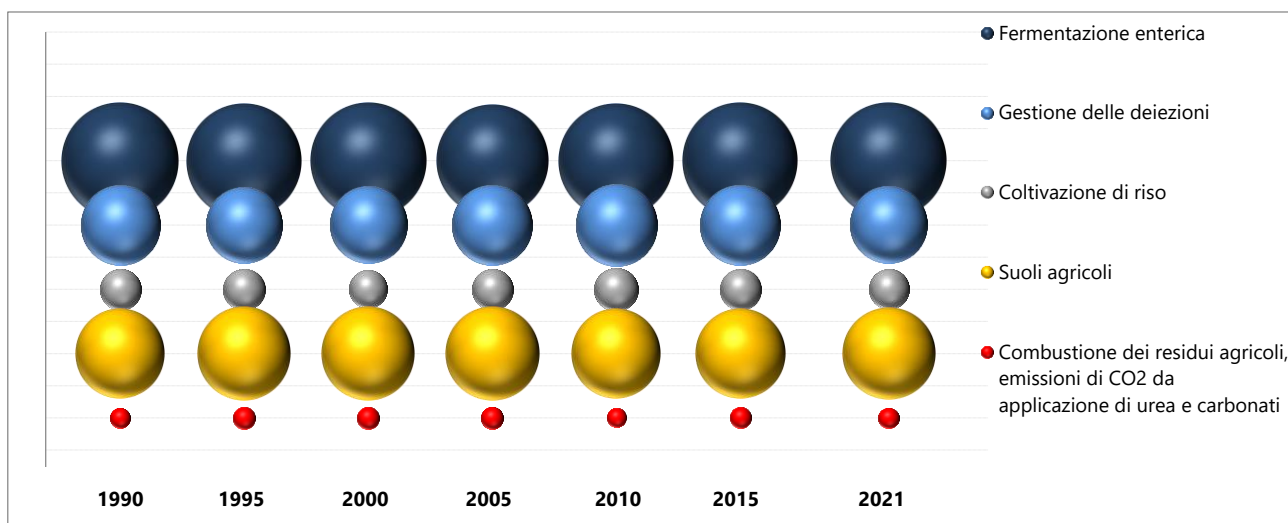
Figura 3.21 - Peso emissioni gas serra allevamenti (75% del settore agricoltura) - contributo per categoria animale



Uno dei principali driver di riduzione delle emissioni dovute agli allevamenti (scese del 15% rispetto al 1990) è la riduzione del numero dei capi e in particolare dei bovini: tra il 1990 e il 2021 le consistenze si sono ridotte del 24% (passando da 7.8 a 5.9 milioni di capi), in particolare le vacche da latte sono diminuite del 39% e gli altri bovini sono scesi del 17%. Considerando la categoria dei suini, che insieme ai bovini rappresenta circa l'80% delle emissioni di gas serra dovute agli allevamenti, i capi sono invece tornati complessivamente ai livelli del 1990, aumentando dello 0.02% (determinato da una riduzione delle scrofe del 15% e un aumento degli altri suini dell'1.3%, considerando anche i suinetti minori di 20kg), per

raggiungere nel 2021 circa 8.4 milioni di capi. 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



Per quanto riguarda il metano derivante dalla fermentazione enterica (che rappresenta circa il 45% delle emissioni totali del settore agricoltura), le emissioni delle vacche da latte (che contribuiscono maggiormente in termini emissivi) dipendono anche 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'AIA²¹, è passata dal 45% al 77% tra il 2004 e il 2021.

Nel 2021, la gestione delle deiezioni è responsabile del 20% delle emissioni totali del settore agricoltura. Dal 1990 al 2021, si è registrata una riduzione del 17% anche dipesa 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 2021, secondo i dati TERNA, sono quasi 1800 gli impianti alimentati con matrici organiche, costituite anche da reflui zootecnici, per un ammontare stimato pari a circa 16 milioni di tonnellate (che rappresentano il 16% della produzione totale annua di deiezioni di bovini, suini e avicoli). Tramite la digestione anaerobica si evita la dispersione del metano in atmosfera, prodotto dalla decomposizione dei reflui zootecnici durante lo stoccaggio, che invece viene recuperato per produrre energia, ed inoltre si riducono 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 NH₃) nelle stalle, negli stoccaggi e nella fase di spandimento ha contribuito anche alla riduzione delle emissioni indirette di N₂O derivanti dalla gestione delle deiezioni e dai suoli agricoli.

Continuando ad analizzare l'impatto emissivo delle categorie del settore, nel 2021, l'applicazione dei fertilizzanti sintetici contribuisce all'8.7% delle emissioni del settore; un altro 9.1% deriva dall'apporto di azoto dei residui colturali interrati nei suoli agricoli e da altre fonti azotate ai suoli (apporti di altri fertilizzanti organici, suoli organici, applicazione sui suoli dei fanghi di depurazione delle acque reflue); un ulteriore 5% è determinato dalla coltivazione del riso; il restante 1.5% deriva dalle emissioni di CO₂

²¹ Associazione Italiana Allevatori <http://bollettino.aia.it/>

dovute all'applicazione di urea e carbonati ai suoli e dalla combustione dei residui agricoli.

Le emissioni dovute all'applicazione dei fertilizzanti sintetici (che rappresenta la categoria più emissiva dei suoli agricoli) si sono ridotte del 29% rispetto al 1990 (considerando le emissioni dirette e indirette di N₂O) e ciò è dovuto al minore utilizzo di questi prodotti (-34%) anche a fronte di un maggior impiego di fertilizzanti organici e ammendanti. Il consumo di urea, che rappresenta il concime sintetico più utilizzato, è diminuito nel 2021 dell'11% rispetto al 1990 e del 12% rispetto al 2020: la riduzione dell'ultimo anno è dovuta principalmente 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 approfondimenti sui dati e sulle metodologie utilizzate per la stima delle emissioni del settore agricoltura si rimanda al capitolo 5 del National Inventory Report (NIR) (ISPRA, 2023).

3.6 Il settore LULUCF

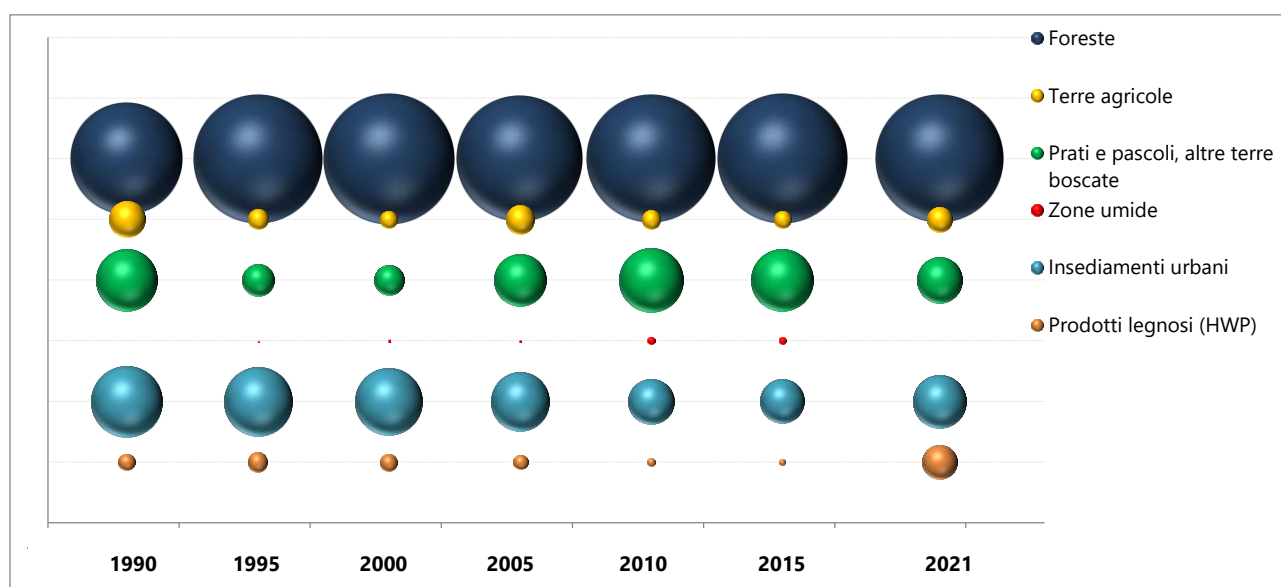
Il settore LULUCF (uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e selvicoltura) ha la capacità di generare degli assorbimenti di carbonio, contribuendo alla mitigazione dei cambiamenti climatici. Nel 2021 il settore è responsabile di assorbimenti netti pari a 27.5 Mt CO₂ eq. (tabella 3.6), principalmente 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 (Mt CO₂ eq.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
	<i>Mt CO₂ equivalente</i>										
Foreste	-17.2	-31.0	-26.2	-34.9	-36.4	-40.2	-23.0	-40.6	-35.4	-29.8	-27.8
Terre agricole	1.8	0.8	-0.5	-1.8	-0.8	0.7	-0.9	-0.5	-0.5	1.1	1.1
Prati e pascoli, altre terre boscate	5.2	-1.9	-1.4	-6.1	-9.2	-9.3	-4.0	-8.9	-8.1	-7.3	-3.6
Zone umide	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	NO,NE
Insedimenti urbani	7.1	8.9	6.9	7.7	4.7	4.7	5.5	5.5	5.5	5.5	4.7
Prodotti legnosi (HWP)	-0.4	-0.7	-0.5	-0.5	-0.1	0.1	-1.0	-0.8	-3.5	-2.2	-2.0
Totale settore LULUCF	-3.5	-23.9	-21.6	-35.6	-41.7	-44.0	-23.3	-45.2	-41.8	-32.5	-27.5

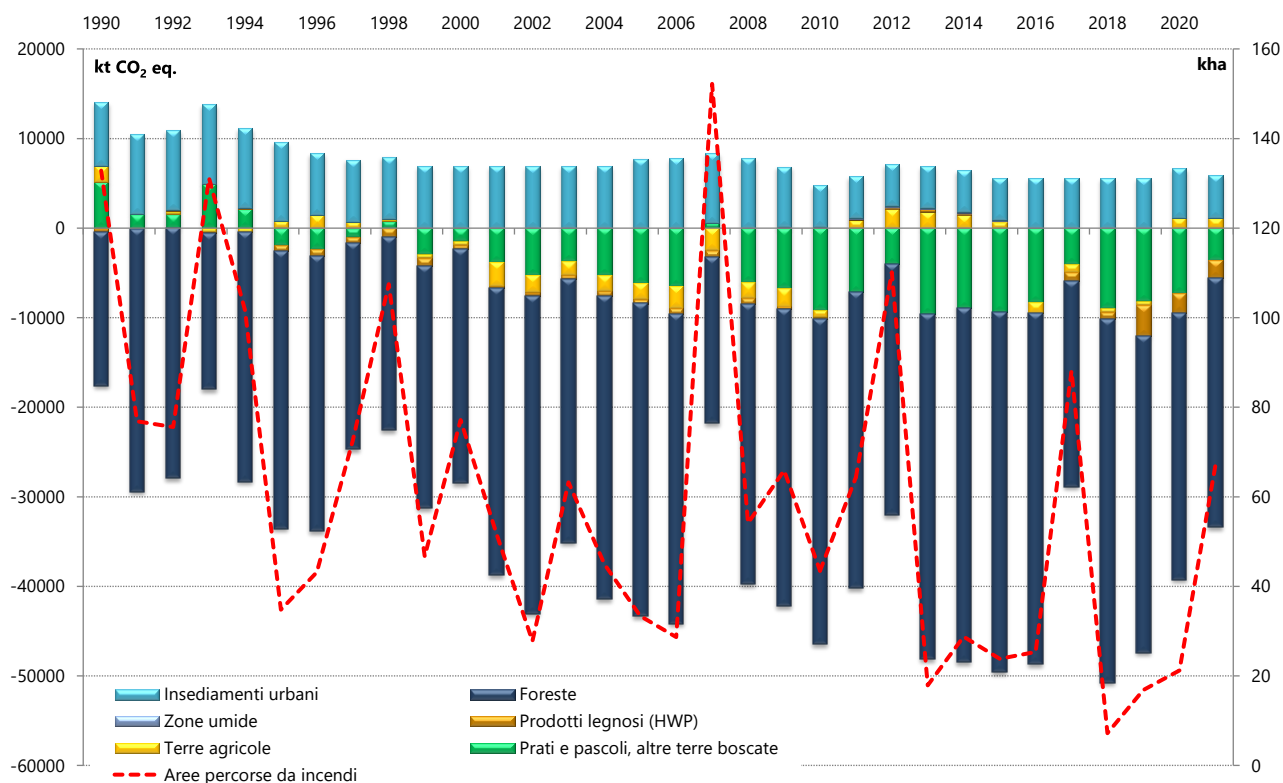
* Gli assorbimenti sono riportati con il segno (-) mentre le emissioni sono riportate con il segno (+)

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



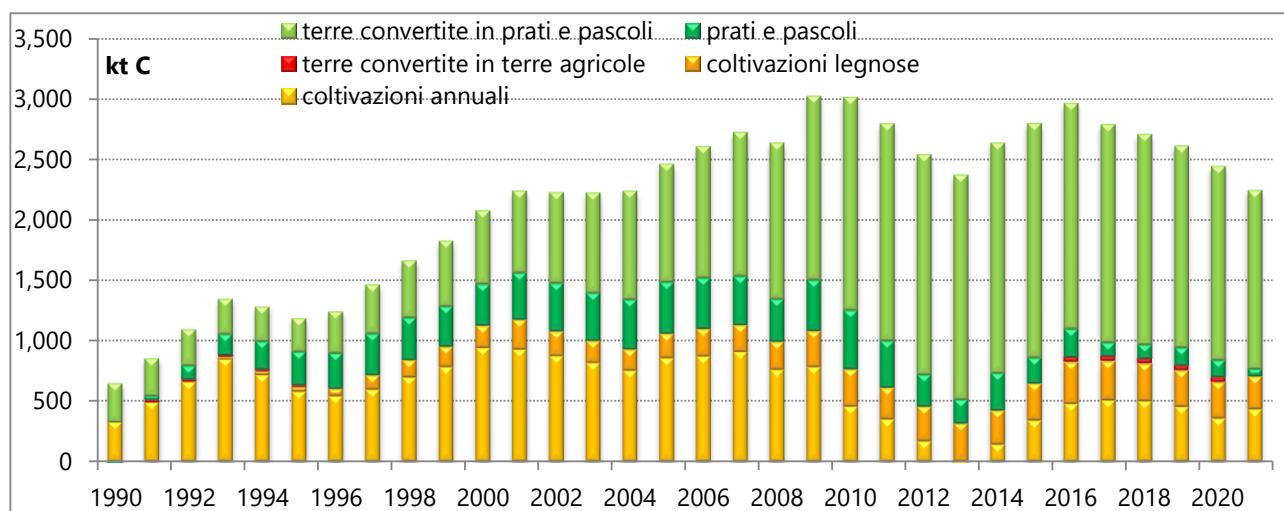
Gli assorbimenti totali del settore LULUCF mostrano un'elevata variabilità influenzata soprattutto dalle superfici percorse annualmente da incendi e dalle relative emissioni di gas serra, come è possibile notare in figura 3.24.

Figura 3.24 – Assorbimenti ed emissioni di gas serra del settore LULUCF (kt CO₂ eq.) ed aree percorse da incendi in migliaia di ettari (kha)



Il consistente aumento degli assorbimenti di CO₂ è dovuto, essenzialmente, all'aumento della superficie forestale (+24% dal 1990) e dal conseguente aumento di sequestro di carbonio nella biomassa forestale. L'adozione di pratiche gestionali ambientalmente più favorevoli²² 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 (kt C)



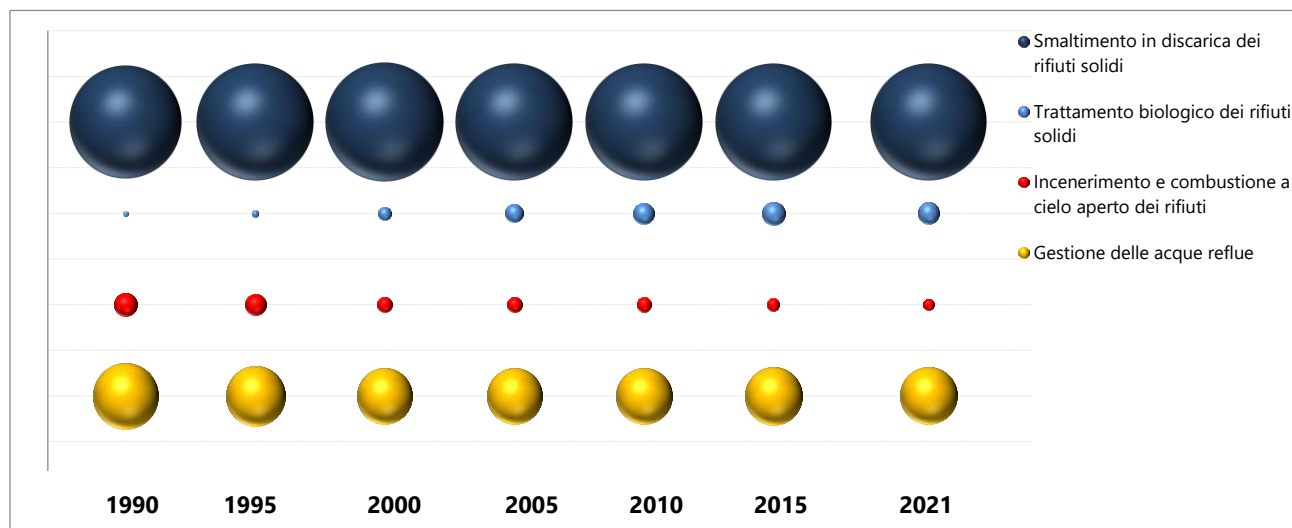
Informazioni dettagliate sono riportate nel National Inventory Report (NIR) (ISPRA, 2023, cap. 6).

²² gestione integrata, pratiche conservative, biologico, set-aside

3.7 Il settore Rifiuti

Il settore Rifiuti, che contribuisce con il 4.8% alle emissioni totali dei gas serra in Italia è responsabile di 20.2 MtCO₂ eq. nel 2021, dovute principalmente alla gestione delle discariche (77%) ed al trattamento delle acque reflue (quasi il 19%). In figura 3.26 è rappresentata la variazione, negli anni, del peso contributivo delle categorie emittive del settore Rifiuti.

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



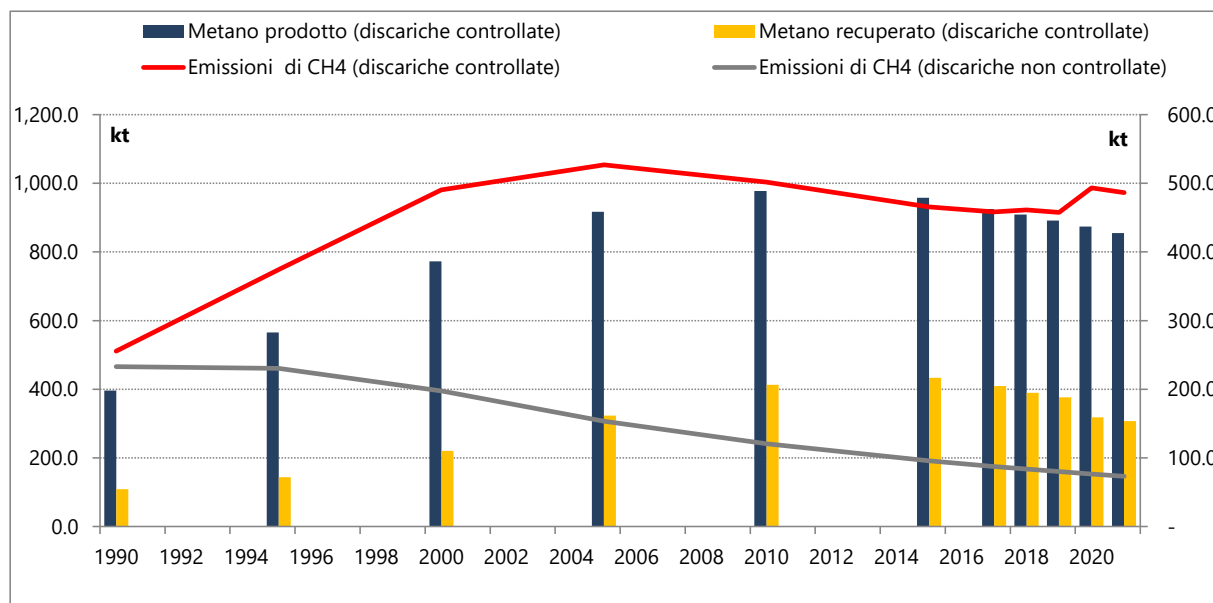
In tabella 3.8 sono riportati gli andamenti delle emissioni di gas serra in termini di CO₂ equivalente dal settore Rifiuti, che mostra un complessivo aumento dei livelli di emissione pari al 6.3% rispetto al 1990, con un aumento del 14.7% per quanto riguarda le emissioni dalle discariche e una riduzione del 19.3% relativamente al trattamento acque reflue.

Tabella 3.8 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore Rifiuti per il periodo 1990-2021

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
	Mt CO ₂ equivalente										
Smaltimento in discarica dei rifiuti solidi	13.7	16.9	19.3	19.0	17.4	15.7	15.3	15.3	15.1	16.0	15.7
Trattamento biologico dei rifiuti	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Incenerimento dei rifiuti	0.6	0.6	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	4.1	3.8	3.9	3.9	3.8	3.8	3.8
Totale settore Rifiuti	19.0	22.0	24.1	24.1	22.4	20.3	19.9	19.9	19.7	20.5	20.2

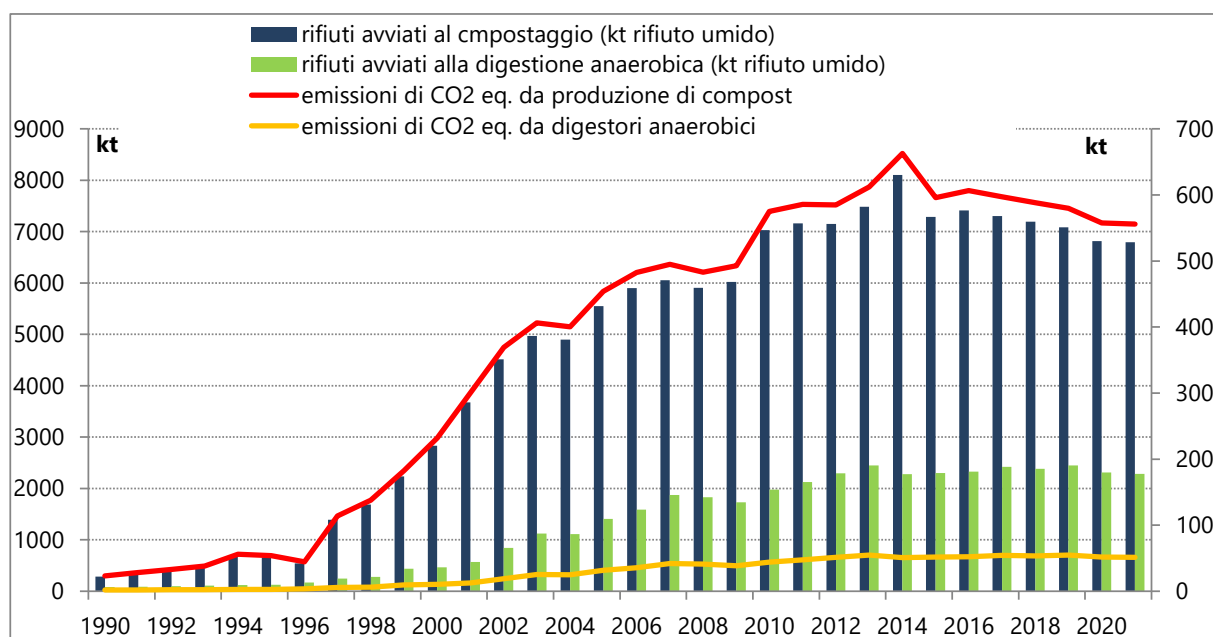
Ad oggi, ancora il 29% circa dei rifiuti prodotti viene avviato a discarica (nel 2021 sono stati smaltiti in discarica 5,619,000 tonnellate di rifiuti solidi urbani, 2,963,000 tonnellate di rifiuti industriali assimilabili e circa 250,000 tonnellate di fanghi), mentre nel 1990 il 91% dei rifiuti veniva 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 1990-2021, in figura 3.27.

Figura 3.27 – Metano prodotto, recuperato ed emesso dallo smaltimento dei rifiuti in discarica dal 1990 al 2021



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 enormemente. In figura 3.28 sono riportati le quantità di rifiuti e delle emissioni di metano e protossido di azoto, espresse in CO₂ equivalente, dal compostaggio e dalla digestione anaerobica, dal 1990 al 2021.

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

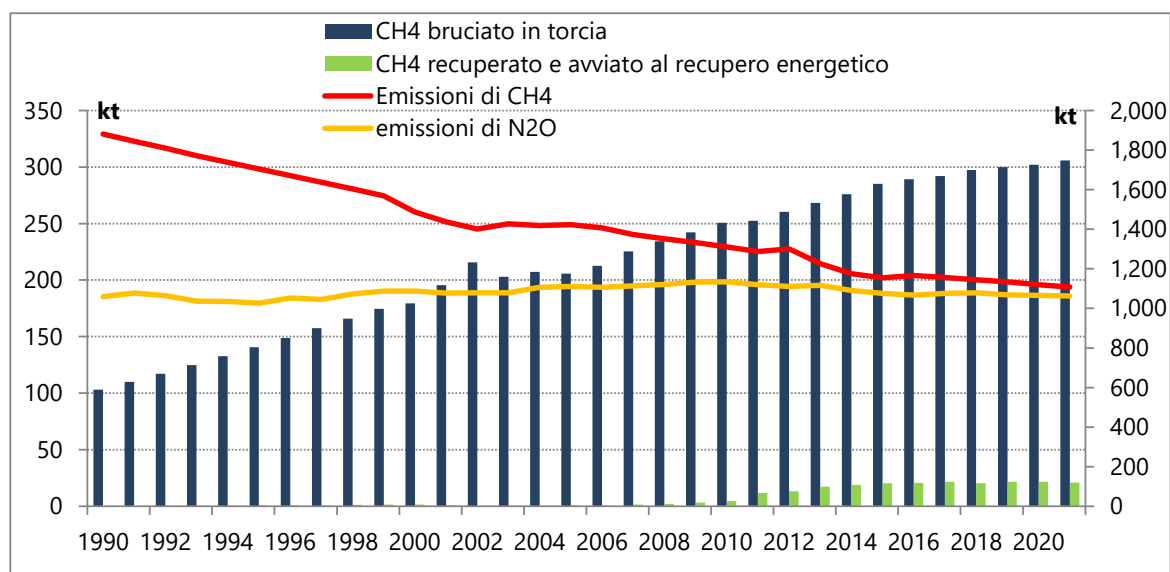


Le emissioni di gas serra derivanti dall'incenerimento dei rifiuti²³ sono diminuite dell'84%, passando da 531 kt CO₂ eq. nel 1990, a 85 kt CO₂ eq. nel 2021. Queste emissioni includono il trattamento dei rifiuti urbani, industriali, sanitari, oli esausti e fanghi negli inceneritori senza recupero energetico; 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.

²³ Le corrispondenti emissioni dai termovalorizzatori sono riportate nel settore Energia (nel 2021 circa il 99% del totale dei rifiuti avviati all'incenerimento sono stati trattati in impianti dotati di recupero energetico).

Le emissioni di CH₄ e N₂O derivanti dal trattamento delle acque reflue urbane ed industriali (figura 3.29) mostrano una diminuzione nel periodo 1990-2021; 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 2021 copre l'89% 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 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 CH₄ e di N₂O dal trattamento delle acque reflue urbane ed industriali



4 Gli obiettivi di riduzione

4.1 La situazione emissiva dei settori non ETS (periodo 2013-2020)

Gli impegni per il periodo 2013-2020 per i settori non-ETS ovvero trasporti, civile (riscaldamento degli edifici ed altri usi energetici in agricoltura), agricoltura, rifiuti e industria non-ETS, come già detto nei paragrafi precedenti, sono definiti dalla [decisione 406/2009/UE Effort Sharing](#).

Il calcolo delle emissioni di gas serra da considerare per la verifica degli obiettivi di riduzioni annuali previsti dalla Decisione Effort Sharing (ESD) è riportato nella tabella 4.1; le emissioni totali ESD sono calcolate come differenza tra le emissioni totali di gas serra, senza il contributo del settore LULUCF e senza le emissioni di NF₃, e le emissioni totali verificate dagli impianti inclusi nella Direttiva ETS e le emissioni di CO₂ prodotte dall'aviazione civile, per ogni anno del periodo 2013-2020.

Tabella 4.1 - Emissioni totali da considerare per la verifica degli obiettivi di riduzione previsti dalla Decisione Effort Sharing (ESD) (kt CO₂ eq.)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	kt CO ₂ eq.							
A Emissioni di gas serra	410,809	388,806	398,666	399,039	413,600	394,102	377,672	348,847
B Emissioni totali di gas serra senza LULUCF ¹	450,434	429,341	441,759	439,274	433,482	429,624	418,352	381,248
C Emissioni di NF ₃	26	28	28	34	23	22	18	16
D Emissioni totali di gas serra senza LULUCF e senza emissioni di NF ₃	450,409	429,313	441,731	439,240	433,459	429,602	418,334	381,232
E Emissioni totali verificate dagli impianti inclusi nella Direttiva 2003/87/EC ²	164,504	152,582	156,206	154,956	155,332	146,482	140,943	126,035
F Emissioni di CO ₂ dall'aviazione civile (1.A.3.A)	2,299	2,301	2,167	2,164	2,226	2,321	2,379	1,195
G Emissioni totali ESD (=D-E-F)	283,605	274,430	283,358	282,120	275,900	280,799	275,012	254,001

Gli obiettivi di riduzione annuale sono stati definiti per l'Italia, così come gli altri Stati Membri dell'Unione Europea, con le decisioni 2013/162/EU16 e 2013/634/EU17 e successivamente rivisti, per quanto riguarda i target dal 2017 al 2020, con la [decisione \(UE\) 2017/1471](#) del 10 agosto 2017. Quest'ultimo adeguamento è stato necessario al fine di tenere conto degli effetti del ricorso ai fattori di emissione del quarto rapporto IPCC e del cambiamento delle metodologie UNFCCC usate dagli Stati membri. Gli obiettivi sono definiti come Allocazioni di Emissioni Annuali (AEA) che non possono essere superate.

Le emissioni totali soggette ad Effort Sharing, da considerare per la verifica degli obiettivi annuali vincolanti per l'Italia, e la distanza annuale da tali obiettivi sono riportate nella tabella 4.2.

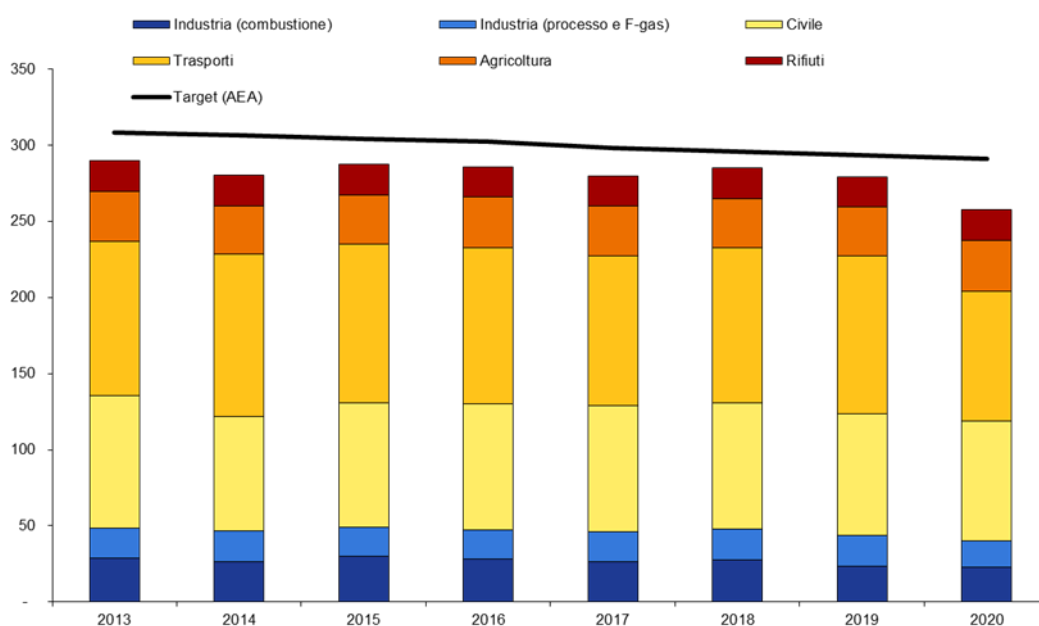
Tabella 4.2 - Obiettivi di riduzione annuale dell'Italia (Mt CO₂ eq.)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Mt CO ₂ eq.							
Emissioni Effort Sharing	283.6	274.4	283.4	282.1	275.9	280.8	275.0	254.0
Obiettivi (AEA)	308.2	306.2	304.2	302.3	298.3	295.8	293.4	291
Distanza dagli obiettivi	-24.6	-31.8	-20.8	-20.2	-22.4	-15.0	-18.4	-37.0

Come evidenziato nella tabella 4.2 e nel grafico 4.1, il Paese è riuscito ottenere riduzioni di emissione superiori a quelle necessarie per mantenersi al di sotto delle AEA sia grazie all'attuazione impegni

assunti in materia di efficienza energetica e fonti rinnovabili di cui alle Conclusioni del Consiglio Europeo dell'8-9 marzo 2007, sia ai cicli di crisi economica che si sono succeduti a partire dal 2008.

Figura 4.1 - Emissioni ESD ed obiettivo annuale di riduzione delle emissioni ESD (Mt CO₂ eq.)



Sebbene le riduzioni richieste dal rispetto delle AEA, per il periodo 2013 – 2020 siano state non solo raggiunte ma ampiamente superate (si calcola un "overachievement" totale per il periodo in termini di riduzione delle emissioni di 190 Mt CO₂eq.), la mancata riduzione delle emissioni di trasporti e civile, settori meno direttamente influenzati dall'andamento economico, ha portato a un progressivo avvicinamento dei livelli emissivi italiani alle AEA, fino al superamento delle stesse registrato per l'anno 2021. Tale superamento risulta essere di 10.9 Mt CO₂eq.

4.2 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) 2018/842 (ESR) e 2018/841 (LULUCF).

Per quanto riguarda l'Effort Sharing, il campo di applicazione rimane sostanzialmente invariato rispetto al periodo precedente, con la sola aggiunta delle emissioni di NF₃ precedentemente escluse. Per l'Italia, il regolamento attualmente vigente prevede una riduzione di tali emissioni del 33% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2005, con una traiettoria di riduzione stabilita da specifiche AEA per tutto il periodo. Il Regolamento Effort Sharing è attualmente oggetto di revisione nell'ambito del pacchetto "Fit for 55"; secondo l'accordo provvisorio raggiunto col Parlamento Europeo l'obiettivo di riduzione delle emissioni al 2030 passerebbe dal 33% al 43.7%, con una conseguente traiettoria di riduzione che lascia inalterate le AEA per il 2021 e il 2022, ma che dal 2023 in avanti diventa sempre più stringente.

Per il settore LULUCF, il relativo Regolamento prevede un obiettivo di neutralità emissiva (cosiddetta no-debit rule)²⁴. Così come il Regolamento Effort Sharing, anche il Regolamento LULUCF è in fase di revisione

²⁴ Le categorie da contabilizzare ai fini della verifica del raggiungimento dell'obiettivo sono: *Afforested land, deforested land e managed forest land (foreste gestite), Managed cropland, managed grassland, Harvest wood products*; a queste categorie, si aggiunge, per il periodo 2026-2030, la categoria *Managed wetland*

nell'ambito del "Fit for 55"; secondo l'accordo provvisorio raggiunto col Parlamento Europeo gli obiettivi del settore sarebbero la neutralità emissiva, per il periodo 2021-2025, mentre, per il 2030, l'obiettivo è stato fissato in un assorbimento netto pari ad almeno -35.8 Mt CO₂ eq.

5 Gli scenari emissivi

Uno scenario è una descrizione internamente coerente e plausibile della possibile evoluzione di un insieme di parametri, date le condizioni iniziali e una serie di ipotesi. Uno scenario non va quindi inteso come una previsione certa di ciò che accadrà, ma come uno strumento utile a fornire una risposta ragionevole e coerente alla domanda "cosa succede se...?".

I principali parametri che determinano l'andamento atteso nel futuro delle emissioni sono quelli macroeconomici e demografici, quelli tecnologici legati ai costi e alle efficienze delle tecnologie, nonché l'azione su di essi dell'insieme delle politiche e misure.

Lo scenario di seguito presentato è stato inviato alla Commissione Europea lo scorso 15 marzo 2023 ai sensi dell'articolo 18 del Regolamento (UE) 2018/1999 sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima. Si tratta di uno scenario di riferimento, ovvero con politiche implementate e adottate al 31 dicembre 2021. Per l'elaborazione dello scenario sono stati utilizzate le proiezioni dei principali parametri macroeconomici, in coerenza coi dati resi disponibili per ciascun Paese dalla Commissione europea nel 2022 nell'ambito del meccanismo di monitoraggio delle emissioni di gas serra in attuazione del Regolamento sopra citato. Tali dati sono stati integrati con le statistiche nazionali sugli anni storici fino al 2021. Si sottolinea come in linea con le metodologie di rendicontazione delle emissioni definite in ambito europeo ed internazionale per la costruzione degli scenari emissivi, dal momento che il PNRR è stato adottato nel corso del 2021 ed è in fase di attuazione, si è ritenuto di includere gli effetti delle misure ivi comprese nello scenario di riferimento.

Tale scenario è altresì stato utilizzato per la Relazione del Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica sullo stato di attuazione degli impegni per la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra ai sensi della Legge 39/2011, art. 2, comma 9, allegata al Documento di Economia e Finanza (DEF 2023)²⁵.

5.1 Settori energetici

L'analisi degli scenari del sistema energetico nazionale è stata condotta con il modello TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM1 System / EFOM Energy Flow Optimization Model) sviluppato dalla IEA (*International Energy Agency*) nell'ambito del programma ETSAP (*Energy Technology Systems Analysis Program*) e riconosciuto dalla IPCC (*International Panel on Climate Change*). TIMES è un generatore di modelli ad equilibrio parziale per sistemi economici locali, nazionali o multiregionali finalizzato all'analisi di interi sistemi energetici o di singoli settori (elettrico, distribuzione di calore, trasporti, etc.). Il modello appartiene alla famiglia dei modelli MARKAL (*MARKet ALlocation*) e dei cosiddetti *3e models* (*energy, economy, environment*). Il modello TIMES adotta un approccio *bottom-up* in cui ogni tecnologia è identificata da parametri di input, output, costi unitari e altri parametri tecnici ed economici. Ogni settore è costituito da una serie di tecnologie legate dai rispettivi input e output (*commodities*) che possono essere vettori energetici, materiali, emissioni o domande finali di beni e servizi. I dati di input al modello devono quindi fornire un quadro rappresentativo del sistema energetico studiato e riguardano sia i parametri tecnologici legati alle tecnologie disponibili, sia i parametri esogeni al modello (come il PIL, i valori aggiunti settoriali, la popolazione, il numero degli edifici, i costi dei combustibili, ecc.) provenienti da altri modelli o altre fonti accreditate. Partendo da questi parametri esogeni si definiscono le domande finali di beni e servizi e TIMES individua la soluzione ottimale per soddisfare tali domande al minor costo, realizzando simultaneamente investimenti in nuove tecnologie o utilizzando in maniera più intensiva le tecnologie disponibili. TIMES è quindi definito come modello *demand driven*. L'insieme di questi elementi costituisce il sistema energetico di riferimento, ovvero la rappresentazione schematica dei flussi di energia

²⁵ <https://www.mef.gov.it/documenti-pubblicazioni/doc-finanza-pubblica/index.html>

e materiali che dalle materie prime raggiungono la domanda di usi finali attraverso le varie fasi di trasformazione.

5.1.1 Industrie energetiche

Nell'ambito delle industrie energetiche, il settore della generazione elettrica ha un ruolo preponderante. Negli ultimi venti anni tale settore ha assorbito in media circa un terzo del consumo interno lordo di energia. Nel 2021 le emissioni di gas serra del settore elettrico ammontano al 22.1% delle emissioni nazionali. Le emissioni per la produzione di energia elettrica e calore sono state 89 MtCO₂eq. In base alla classificazione IPCC, anche la raffinazione di petrolio e la produzione di coke di carbone rientrano tra le industrie energetiche. Le emissioni della raffinazione incidono, nel 2021, per il 19.3% del totale settoriale, mentre le emissioni dalle cokerie incidono per circa il 5.4%.

Le principali assunzioni per la realizzazione dello scenario di riferimento del settore elettrico derivano dal raggiungimento degli obiettivi stabiliti nel PNIEC e dalla realizzazione delle misure previste nel PNRR. Tali assunzioni per il sistema elettrico si traducono nel mantenimento dei tassi medi annui di nuova potenza installata intorno al 4.9% fino dal 2021 al 2030 e del 2.2% dal 2030 al 2050. Tali tassi sono inferiori a quelli registrati dal 2005 al 2021, pari a 6.6% annuo. Altre assunzioni riguardano la riduzione della quota dell'importazione netta e delle perdite di rete in continuità con le dinamiche registrate finora.

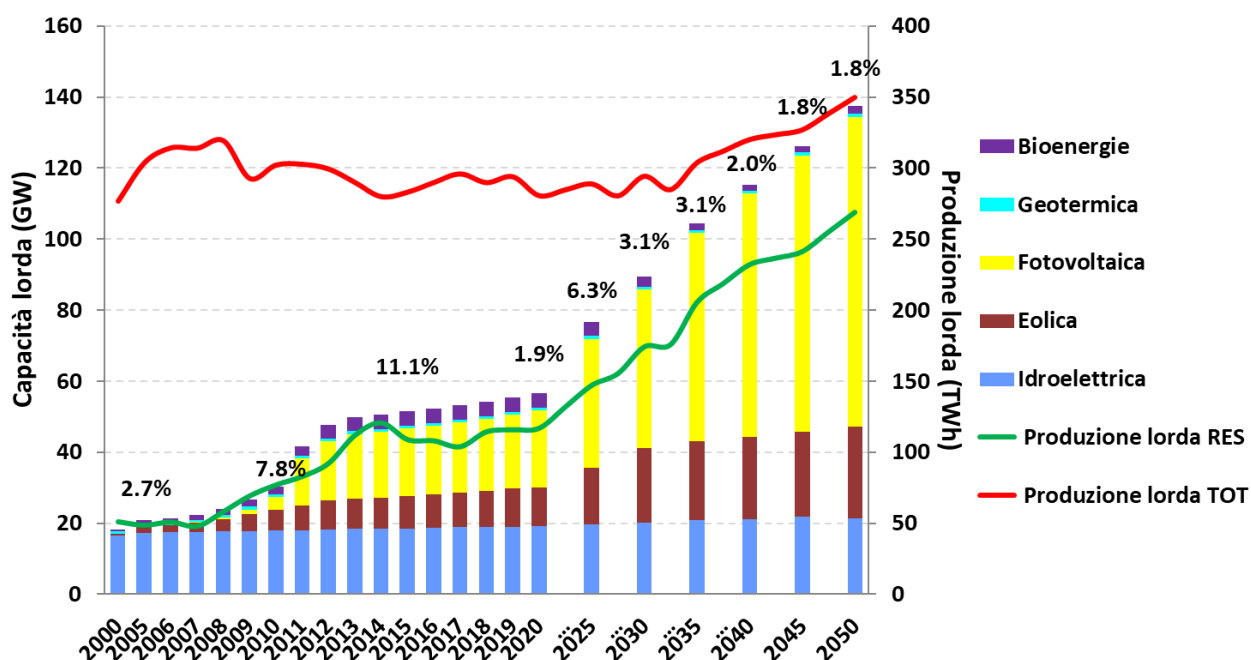
La generazione di energia elettrica e calore, che in termini emissivi costituisce la quota più rilevante delle industrie energetiche, nello scenario considerato è caratterizzata nel 2030 da circa il 60% di produzione elettrica da fonti rinnovabili a fronte dell'attuale 40%. Nel 2050 la quota di elettricità rinnovabile sale al 70%. In merito alla produzione totale di energia elettrica il tasso medio annuo di incremento dal 2021 al 2030 è 0.2%, con una accelerazione nel periodo successivo fino al 2050 del 0.9% annuo, poco inferiore al tasso medio annuo osservato dal 1990 al 2021. La ridotta crescita della produzione elettrica fino al 2030 è indice di un sistema produttivo ed economico con un assetto abbastanza simile a quello attuale. Le emissioni da generazione elettrica e calore nel 2030 ammontano a circa 58 MtCO₂eq che scendono a circa 39 nel 2050, comprensive della quota dovuta all'autoproduzione nelle industrie manifatturiere.

Le emissioni complessive del settore energetico si assestano intorno a 59 MtCO₂eq nel 2030 e 48 MtCO₂eq nel 2050. La quota emissiva dovuta alla produzione di energia elettrica e calore rispetto alle emissioni totali diminuisce costantemente passando dall'attuale 22.1% a circa 17% nel 2030 e 13% nel 2050. La diminuzione delle emissioni è dovuta essenzialmente all'incremento del contributo delle fonti rinnovabili. A partire dal 2030, il biometano contribuisce alla generazione elettrica, sebbene in quantità ancora piuttosto limitate.

In merito a tale risorsa, secondo quanto previsto dal PNRR, si dovrebbe raggiungere una produzione di circa 2.3 miliardi di metri cubi all'anno dal 2026 con un incremento fino al 2030 di circa 3.8 miliardi di metri cubi. Al momento non è possibile definire in modo univoco quale sarà l'utilizzo preponderante di tale risorsa, che dipenderà dalle infrastrutture di distribuzione e dalle politiche che si deciderà di adottare in questo ambito. Secondo le ipotesi formulate nell'elaborazione di questo scenario, il settore elettrico utilizzerebbe una quota minoritaria del biometano prodotto dal 2032 fino al 2035 (circa 2%-5%), mentre negli anni successivi la quota aumenta sensibilmente fino a circa il 25% nel 2050. La quantità rimanente verrebbe utilizzata dai settori di uso finale dell'energia.

Il seguente grafico (figura 5.1) illustra l'andamento dei principali parametri del settore elettrico: la capacità lorda degli impianti da fonti rinnovabili e la produzione di energia elettrica totale e rinnovabile.

Figura 5.1 – Scenario emissivo del settore elettrico. È riportato l'andamento della capacità lorda degli impianti da fonti rinnovabili (asse a sinistra) e la produzione totale e da fonti rinnovabili di energia elettrica (asse a destra). Le percentuali sono i tassi medi annuali per quinquennio.



5.1.2 Industrie manifatturiere

Analizzando i bilanci energetici nazionali disponibili nelle banche dati EUROSTAT, la contrazione dei consumi del settore industriale è ben visibile a partire dal 2008, quando la crisi economica ha provocato un drammatico ridimensionamento del settore. Questo calo significativo dei consumi, che si inserisce comunque in un trend discendente di più lungo termine, ha interessato praticamente tutte le fonti energetiche sebbene in modalità diverse, determinando un cambiamento molto rilevante nel mix energetico settoriale. Va notato in particolare che, secondo EUROSTAT, nel 2019, ultimo anno prima della pandemia, i consumi di elettricità e calore costituiscono oltre il 53% dei consumi finali settoriali, mentre nel 2004, primo anno in cui è stato contabilizzato l'uso del calore derivato, rappresentavano circa il 40%.

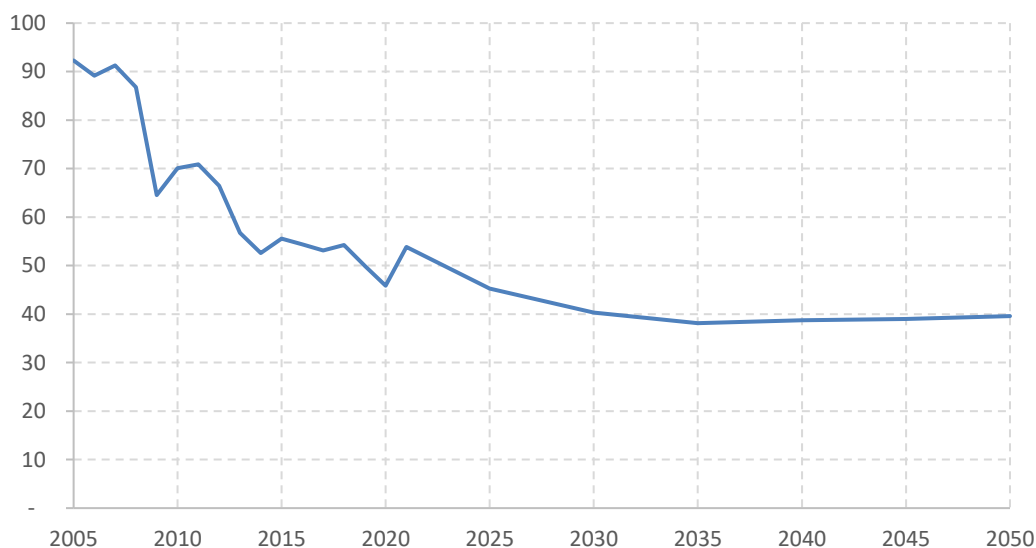
Anche nell'industria quindi, in analogia a quanto successo per la generazione elettrica, i consumi energetici si sono spostati verso vettori a minor contenuto di carbonio, mentre i miglioramenti sul fronte dei processi sono stati molto più contenuti.

L'International Energy Efficiency Scorecard 2018, pubblicato dall'American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE), ha assegnato la prima posizione all'Italia, insieme alla Germania tra 25 nazioni a livello globale, con punteggi assegnati in base a parametri quantitativi e qualitativi, tra cui indicatori di efficienza e politiche volte alla riduzione dei consumi. L'ultima edizione dell'International Energy Efficiency Scorecard, pubblicata dall'ACEEE il 1° aprile 2022, riportava per l'Italia un calo di quattro posizioni dovuto principalmente alla sezione edifici, ma il nostro Paese è riuscito a classificarsi tra i primi cinque, dopo Francia, Regno Unito, Germania e Paesi Bassi. Secondo i dati Eurostat, l'Italia si colloca ben al di sotto dell'intensità energetica media tra i Paesi dell'UE-27 (-15.6%) e dell'area euro (-24.9%).

Nello scenario di riferimento del settore industriale risultano confermate le tendenze in atto ed osservabili nella serie storica. Le emissioni dovute ai consumi energetici continuano a ridursi, grazie ad un aumento dell'efficienza, alla progressiva elettrificazione e all'abbandono, ove possibile, dei combustibili a maggiore contenuto di carbonio. Dato però il calo deciso dell'intensità emissiva già registratosi negli anni storici, non sono attese riduzioni particolarmente rilevanti.

Nel grafico seguente (figura 5.2) è riportato l'andamento delle emissioni settoriali dal 2005 al 2050, dove risultano ben evidenti i cali connessi alle crisi economiche del 2008 e del 2013, nonché la contrazione del 2020 e il successivo rimbalzo del 2021 dovuti alla pandemia.

Figura 5.2 – Scenario emissivo del settore delle industrie manifatturiere e costruzioni (Mt CO₂ eq.)



5.1.3 Trasporti

Nello scenario di riferimento, per il settore dei trasporti la domanda passeggeri e merci suddivisa per ciascuna tipologia di trasporto²⁶ è stata utilizzata come driver principale. Le stime riguardanti il traffico interno di merci per l'anno 2021 evidenziano poco più di 206 miliardi di tonnellate-km, con un aumento del 3.5% rispetto all'anno precedente; la serie di dati, mette ancora in rilievo l'assoluta prevalenza del trasporto su strada, che nello stesso anno 2021 assorbe il 55.1% delle tonnellate-km di merce complessivamente trasportate.

Il trasporto interno di passeggeri mostra, per l'anno 2021, più di 684 miliardi di passeggeri-km (+11.4% rispetto al 2020). La modalità stradale, in misura ancor più rilevante rispetto al trasporto merci, prevale sulle altre in maniera netta, con il 92.6% del traffico rilevato. Le percentuali delle altre modalità di trasporto rimangono pressoché costanti, con i trasporti passeggeri tramite impianti fissi al secondo posto con il 4.8%.

La proiezione della domanda è stata elaborata a partire dai tassi di crescita dei parametri suggeriti dalla Commissione europea nell'ambito del meccanismo di monitoraggio del Regolamento 2018/1999. A partire dal 2026 sono state considerate le opere incluse negli investimenti del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)²⁷, relative alla mobilità sostenibile, al rinnovo delle flotte di autobus e treni con veicoli ad emissioni zero e al potenziamento della rete di infrastruttura di ricarica elettrica. Per quanto riguarda la mobilità di persone, la maggior parte delle misure del PNRR si concentra nella ciclo-pedonalità e nel trasporto ferroviario, con incrementi in termini di chilometri di piste ciclabili e di infrastruttura ferroviaria.

Al 2026, l'effetto delle misure del PNRR si traduce in un modesto aumento sia della domanda di trasporto ferroviario che di quella ciclopedonale con una conseguente riduzione della mobilità privata (espressa in termini di passeggeri-km), pari a circa il 5% rispetto al 2019, ultimo anno prima della pandemia.

²⁶ Conto nazionale delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili, anni 2020-2021, <https://www.mit.gov.it/node/17497>

²⁷ Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, <https://italiadomani.gov.it/it/home.html>

Complessivamente, dall'andamento della domanda passeggeri nelle modalità stradale e ferroviaria, rispetto al 2019, che è un anno non ancora influenzato dalle limitazioni alla mobilità per il contenimento della crisi pandemica, emerge al 2030 un aumento del 47.6% per il trasporto pubblico su strada e dell'11.5% per il trasporto ferroviario con un contenimento della mobilità privata che diminuisce di circa il 10% ma che, in assenza di ulteriori misure, dal 2030 al 2050 aumenta invece di circa il 37% a discapito del trasporto pubblico su strada, come riportato in tabella 5.1. In assenza di ulteriori misure, l'insieme delle politiche vigenti non sarebbe ancora sufficiente a garantire adeguati livelli di intermodalità.

Tabella 5.1 – Traffico interno di passeggeri per il trasporto su strada e ferroviario

	2019	2020	2021	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Miliardi di passeggeri-km									
Trasporto su strada	875.92	582.31	633.68	883.47	887.53	911.33	945.64	961.50	977.22
Pubblico su strada	104.30	58.63	80.31	143.15	153.96	156.41	159.29	160.66	160.87
Autovetture	732.43	488.30	518.28	704.28	696.27	715.85	743.85	756.02	769.27
Motocicli	39.19	35.38	35.10	36.03	37.30	39.08	42.50	44.82	47.08
Trasporto ferroviario	64.97	26.02	32.58	67.87	72.47	82.03	85.87	89.95	94.32

Fonte: Elaborazione Ispra a partire da dati del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti

Il PNRR prevede anche l'installazione di 21,355 nuove infrastrutture di ricarica al 2026. Tale numero risulta molto importante, se confrontato alle attuali dotazioni di infrastrutture di ricarica e all'attuale numero di auto elettriche in circolazione. Per quanto riguarda il rinnovo della flotta di mezzi di trasporto pubblici, le misure convergono nell'entrata in servizio entro il 2026 di circa 3.000 autobus ad emissioni zero e di 150 treni alimentati a idrogeno in sostituzione di quelli alimentati a gasolio con effetti piuttosto contenuti in termini di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra.

Per la domanda di trasporto merci si ottiene un trend crescente dal 2021 al 2030 con tassi medi annui pari a circa il 3.5% per quello su strada, al 2.9% per il ferroviario ed all'0.3% per quello navale. Tale andamento si mantiene fino al 2045 anche se con incrementi percentuali più contenuti, seguito da una lieve flessione al 2050. Nella tabella 5.2 è riportato l'andamento del traffico di merci dal 2019 al 2050.

Tabella 5.2 – Traffico di merci complessivo per il trasporto stradale, ferroviario e navale

	2019	2020	2021	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Miliardi di tonnellate-km									
Trasporto merci su strada (interni+internazionali)	137.99	133.22	138.26	168.79	188.29	204.20	215.88	241.28	220.12
Trasporto merci ferroviario	21.31	20.57	22.16	24.55	26.39	27.95	29.34	32.20	28.99
Trasporto merci navale nazionale	58.03	58.49	60.25	60.70	61.83	63.93	65.98	72.26	65.08

Fonte: Elaborazione Ispra a partire da dati del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti

Similmente anche per il trasporto aereo nello scenario di riferimento si ottiene, negli anni di proiezione, un trend crescente nel numero di cicli decollo/atterraggio (tabella 5.3), con un tasso medio annuo tra il 2021 ed il 2030 pari a circa l'6% per quello nazionale e di circa il 14% per quello internazionale dovuto alla ripresa degli spostamenti post-pandemia. Tra il 2030 ed il 2050 si assestano entrambi su un tasso medio annuo di circa il 2%.

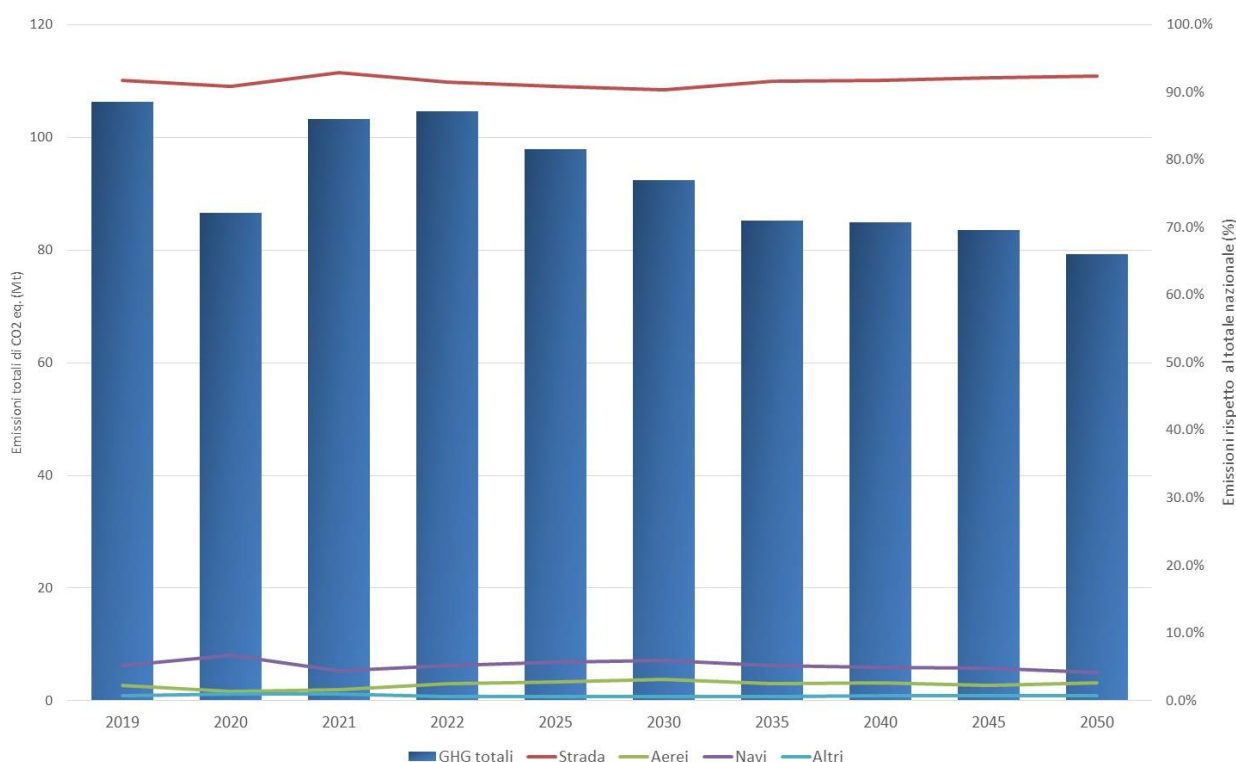
Tabella 5.3 – Numero di cicli decollo/atterraggio (Landing Take Off - LTO)

	2019	2020	2021	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Numero di cicli LTO (migliaia)									
Trasporto aereo nazionale	288.47	151.16	209.72	288.47	326.62	362.55	401.82	432.23	454.02
Trasporto aereo internazionale	502.76	172.84	232.75	651.58	739.77	831.01	922.43	983.24	1055.61

Fonte: Elaborazione Ispra a partire da dati Eurocontrol

In figura 5.3, è riportata una sintesi delle emissioni di gas ad effetto serra distinte per modalità di trasporto, sia per quanto riguarda gli anni 2019, 2020, 2021 (emissioni storiche), sia per quanto riguarda i livelli di emissione attesi negli anni di proiezione secondo lo scenario emissivo di riferimento a politiche correnti (ovvero considerando l'effetto delle politiche adottate a tutto il 2021, incluse quelle definite dal PNRR).

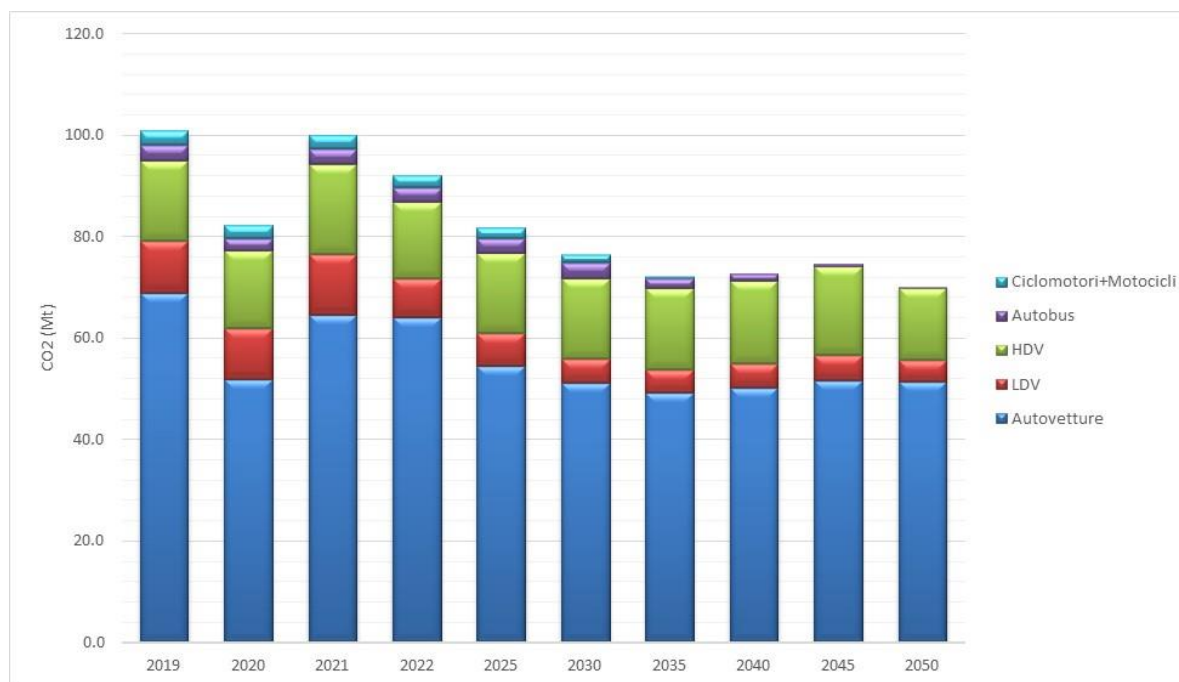
Figura 5.3 - Emissioni di gas serra distinte per modalità di trasporto (Mt CO₂ eq.)



Al 2030, nello scenario di riferimento, la composizione percentuale delle emissioni di gas serra per il settore dei trasporti, sostanzialmente non cambia molto rispetto al 2020. Il trasporto su strada rimane la fonte prevalente con un peso percentuale pari a circa il 90.4%, seguito dalla navigazione nazionale (5.9%) e dal trasporto aereo (3.1%). Al 2050, aumenta ulteriormente il trasporto su strada fino al 92.4% che continua a rimanere preponderante, in termini emissivi, rispetto alle altre modalità.

In particolare, andando ad analizzare le sole emissioni di anidride carbonica (contributo maggiore nelle emissioni di gas serra) per il trasporto su strada distinte per categoria veicolare (figura 5.4), emerge una diminuzione al 2030 rispetto al 2019, anno pre-pandemia, del 24% dovuta essenzialmente alla penetrazione elettrica per le autovetture, motocicli ed autobus.

Figura 5.4- Emissioni di anidride carbonica per il trasporto su strada distinte per categoria veicolare (Mt CO₂)



Al 2030, come negli anni storici, la categoria che pesa maggiormente sul totale delle emissioni di CO₂ del trasporto su strada è quella delle autovetture con un peso pari a circa il 67% al 2030 seguita dalla categoria dei veicoli merci, pesanti e leggeri, con una quota percentuale pari rispettivamente a circa il 21% e 6%.

In definitiva, per quanto riguarda il settore dei trasporti, emerge che le misure del PNRR contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi vigenti al 2030 ma ulteriori misure sono necessarie per il rispetto degli obiettivi relativi al periodo 2021-2030 che per altro diventeranno ancor più stringenti e per una completa decarbonizzazione del settore al 2050.

5.1.4 Civile

Per l'elaborazione dello scenario di riferimento per il settore civile, che include principalmente le emissioni del settore residenziale e servizi e quelle connesse ai consumi energetici dell'agricoltura, le principali assunzioni riguardano gli andamenti demografici ed economici, dato che questi sono i principali driver delle domande finali di beni e servizi. Nella tabella 5.4 sono riportati i valori dei parametri utilizzati con orizzonte 2050.

Tabella 5.4 – Parametri utilizzati per l'elaborazione dello scenario di riferimento

	Unità di Misura	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Popolazione	Milioni	60,088,529	59,942,512	59,709,982	59,375,006	58,870,898	58,125,032
Componenti medio famiglie	Abitanti /Abitazione	2.43	2.42	2.42	2.41	2.39	2.36
Numero famiglie	Milioni	24,707,615	24,741,152	24,710,270	24,665,158	24,639,342	24,86,683
Valore Aggiunto Servizi	EUR 2015	1,212,569.89	1,236,365.09	1,284,620.71	1,369,951.85	1,464,405.37	1,583,991.17

Per quanto riguarda la popolazione italiana, sulla base dei parametri suggeriti dalla Commissione Europea nell'ambito del meccanismo di monitoraggio del Regolamento (UE) 2018/1999 è stata assunta una graduale riduzione che dal 2030 porterebbe il totale degli abitanti sotto quota 60 milioni. Il numero delle

famiglie, riducendosi il numero di componenti per nucleo, registrerebbe un lieve aumento nel periodo di proiezione 2025-30 per proseguire poi con una graduale riduzione. In particolare, è stato assunto che la tendenza alla riduzione delle dimensioni delle famiglie continui, raggiungendo una media di 2.36 abitanti per famiglia nel 2050 così come riportato nei parametri utilizzati per l'elaborazione dello scenario 2020 dell'EU PRIMES REFERENCE²⁸. Ai fini dell'elaborazione degli scenari è stato ipotizzato che ad ogni famiglia corrisponda una abitazione, si è così proceduto a calcolare i milioni di metri quadri da riscaldare per le tre zone climatiche presenti nel modello TIMES suddivise in abitazioni singole e multifamiliari. Per il valore aggiunto settoriale al dato riferito al consuntivo 2021 è stato applicato il tasso di crescita del PIL suggerito anch'esso dalla Commissione Europea sempre nell'ambito del meccanismo di monitoraggio su citato.

È importante sottolineare come la domanda di riscaldamento sia legata all'andamento delle temperature. Questa correlazione assume un peso rilevante soprattutto nel futuro, per questo motivo nel modello TIMES si è tenuto conto delle proiezioni delle anomalie climatiche elaborate dal Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) sulla base dello scenario RCP4.5 del Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (IPCC, 2014), che ipotizza un aumento delle temperature in linea con l'obiettivo dell'Accordo di Parigi.

Considerato quanto sopra, il settore civile nello scenario di riferimento dovrebbe emettere al 2030 e al 2050 rispettivamente circa 70.3 e 59.5 MtCO₂ eq., mantenendo praticamente invariato il proprio peso sulle emissioni complessive di gas serra nazionale, contribuendo per circa il 20% al 2030 e 19.5% al 2050.

Nello scenario di riferimento il gas naturale, anche a fronte della progressiva elettrificazione dei consumi finali, riduce il proprio peso passando da un 25% al 2021 ad un 22% al 2030 e 20% al 2050 ma rimane la principale fonte tra i vettori energetici utilizzati nel settore.

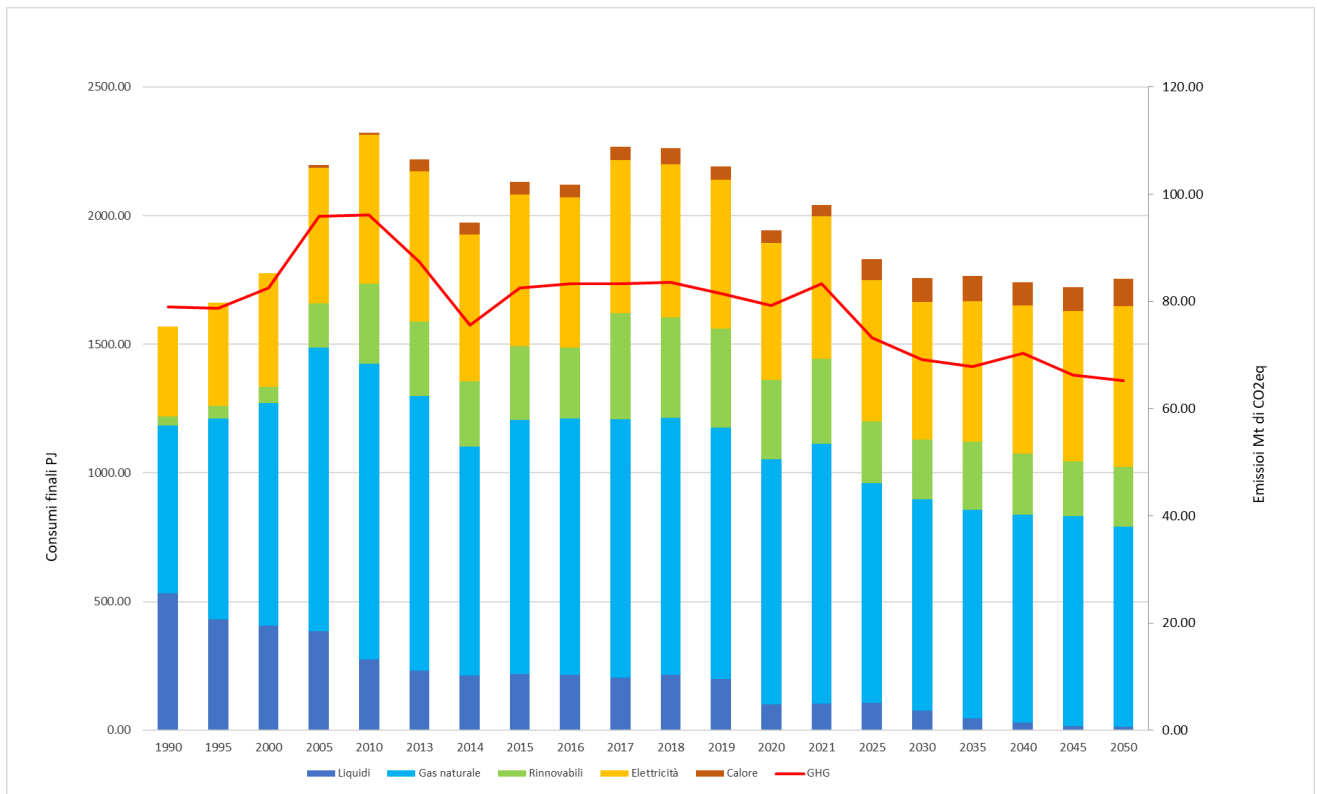
Per quanto riguarda le misure individuate dal PNRR gli interventi vertono principalmente sull'efficientamento degli edifici, sia nel settore residenziale che nel settore terziario. La misura più importante in termini di risorse economiche è rappresentata dal cosiddetto Superbonus 110% attualmente in fase di rimodulazione. Per completezza di valutazione nello scenario sono contenuti anche gli effetti delle misure relative alla riqualificazione di cinema, teatri, musei, scuole e degli edifici afferenti al Ministero della Giustizia.

L'effetto dell'insieme di queste misure può essere quantificato in una riduzione di circa 1% delle emissioni del settore, rispetto a quanto si avrebbe in assenza di tali interventi. Considerati gli attuali livelli di emissione, nonché l'inerzia storicamente rilevata in questo settore, il trend di riduzione delle emissioni non risulta essere ancora sufficiente al raggiungimento degli obiettivi 2030.

Nella figura 5.5 viene riportato il risultato dello scenario emissivo per il settore civile sia a livello di consumi finali che di emissioni di gas serra.

²⁸ https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/eu-reference-scenario-2020_en

Figura 5.5 – Scenario emissivo del settore Civile



5.2 Settori non energetici

5.2.1 Agricoltura

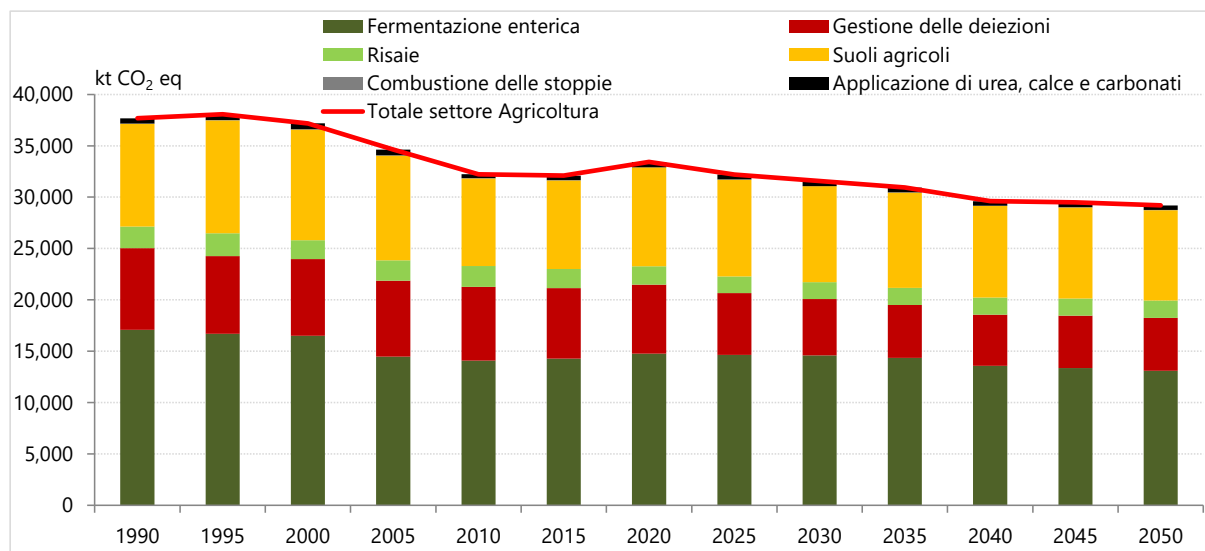
Per la definizione dello scenario emissivo è stato utilizzato lo stesso approccio metodologico utilizzato per la stima delle emissioni di gas serra nell'ambito dell'inventario²⁹. Secondo tale approccio, le emissioni sono calcolate moltiplicando i dati di attività (per esempio, il numero di capi allevati 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 vengono predisposti dall'ENEA nell'ambito della preparazione degli scenari emissivi in collaborazione con ISPRA, tramite l'applicazione di un modello basato su parametri quali l'evoluzione demografica, le produzioni e i consumi alimentari della popolazione. Su tali parametri, sono stati costruiti degli indicatori, osservandone gli andamenti storici per definirne le evoluzioni future. In particolare, i dati relativi alla produzione di carne sono stati estratti dal database EUROSTAT (<https://ec.europa.eu/eurostat>), mentre i dati relativi ai consumi di carne dal database della FAO (<https://www.fao.org/faostat/en/#home>). Il consumo di carne totale ha subito una leggera flessione dal 2010 in poi, legato soprattutto ad una riduzione del consumo di carne bovina, mentre è leggermente cresciuto il consumo di carne suina e 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 220 kg pro capite annuo, secondo quanto osservato per l'anno 2021 sulla base dei dati EUROSTAT. 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 EUROSTAT e FAO). In definitiva, ne deriva negli scenari al 2050 una flessione del numero di bovini e suini e un incremento di 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 stimato da ENEA sulla base delle proiezioni dell'Associazione di categoria dei produttori europei di fertilizzanti sintetici (Fertilizers Europe, <https://www.fertilizerseurope.com/wp-content/uploads/2023/01/Forecast-2022-32.pdf>), assumendo una riduzione complessiva dei consumi di azoto dal 2020 al 2030 pari al 2%. Dal 2030 il valore del consumo dei fertilizzanti sintetici azotati varia in funzione delle proiezioni delle superfici agricole. Per la stima delle superfici e produzioni agricole, si rimanda al settore LULUCF.

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 reflui zootecnici negli impianti di digestione anaerobica per la produzione di biogas) e sullo spandimento delle deiezioni zootecniche di bovini, suini e avicoli, secondo lo studio del Centro Ricerche Produzioni Animali effettuato per conto di ISPRA nel 2018. 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 (allora MIPAAF). Analoghe misure di riduzione sono anche state incluse nel "Codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole per il controllo delle emissioni di ammoniaca", predisposto dal MIPAAF 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 e alle variazioni delle rese cerealicole (di frumento tenero/duro e mais) nello scenario climatico

²⁹ 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 Report (ISPRA, 2023)

RCP4.5 del Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC per il trentennio 2036-2065, rispetto al periodo 1976-2005 per le temperature e 1981-2010 per le rese cerealicole. Sulla base di tali dati, sono state calcolate le emissioni derivanti dalla gestione dei reflui zootecnici, influenzate dalla variazione delle temperature, e le emissioni derivanti dalla gestione delle produzioni agricole, che dipendono dalle variazioni delle rese. Senza considerare ulteriori misure per gli anni successivi al 2030 fino al 2050, le emissioni dello scenario di riferimento per il settore sono pari a circa 29.2 MtCO₂ eq. al 2050 (figura 5.6).

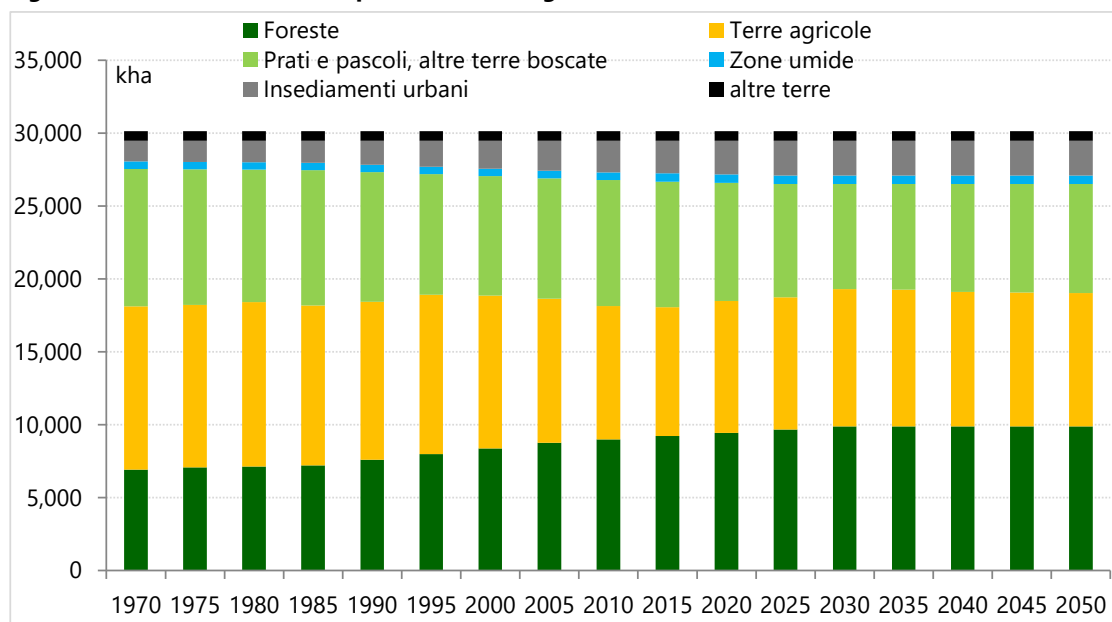
Figura 5.6 – Scenario emissivo del settore Agricoltura



5.2.2 LULUCF

L'elaborazione degli scenari è stata condotta sulla base dei dati e delle metodologie attualmente utilizzate per l'inventario delle emissioni (ISPRA, 2023). Per la definizione degli scenari emissivi del settore, il punto di partenza è la definizione delle proiezioni di uso e cambiamento di uso del suolo in relazione alle rispettive categorie (figura 5.7).

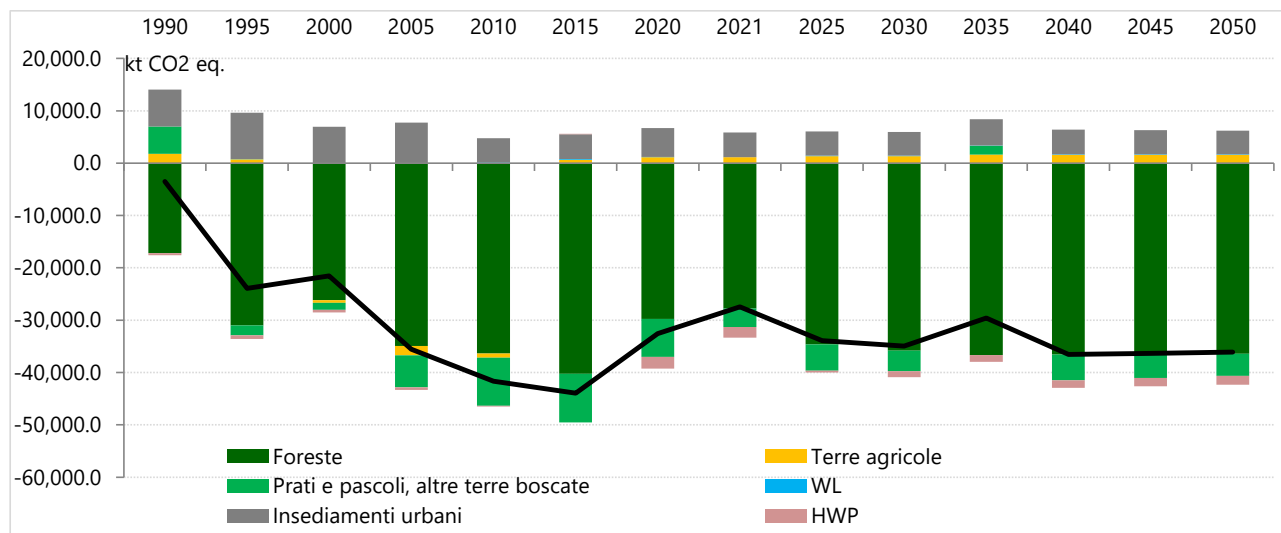
Figura 5.7 - Proiezione delle superfici delle categorie di uso del suolo LULUCF



Le proiezioni delle superfici agricole sono state sviluppate a partire dagli 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. 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 quanto riguarda la superficie forestale, in continuo aumento in Italia dal 1990, si è assunto che rimanga costante a partire dal 2030, mentre 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.

Gli assorbimenti forestali sono stati stimati tramite il modello For-est³⁰. Le proiezioni di emissioni ed assorbimenti al 2050 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 2012-2021. 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. Su queste basi, lo scenario di riferimento restituisce un quadro con assorbimenti netti poco superiori a 36 MtCO₂ eq., in riduzione rispetto al livello attuale (figura 5.8). Questo risultato riflette un sostanziale mantenimento della capacità di assorbimento forestale e dall'arresto dell'espansione urbana, anche a fronte di un incremento emissivo nelle superfici agricole e foraggere (in particolare, per effetto degli incendi).

Figura 5.8 - Proiezione delle superfici delle categorie di uso del suolo LULUCF



³⁰ Informazioni dettagliate sui metodi, parametri e fattori di emissioni utilizzati per il processo di stima del settore LULUCF sono riportati nel National Inventory Report (NIR) pubblicato annualmente da ISPRA (ISPRA, 2023).

5.2.3 Processi industriali

Le emissioni del settore industriale non dipendono solo dai consumi energetici. Analizzando la serie storica è evidente che col passare degli anni le emissioni prodotte dai processi produttivi, quali ad esempio quelle legate ai processi di decarbonatazione dei minerali nella produzione di cemento, e dall'utilizzo di gas fluorurati stanno assumendo un peso relativo crescente.

Mentre per il calcolo dei consumi energetici e delle emissioni ad essi associate si è utilizzato il modello TIMES, per le emissioni da processi sono stati calcolati gli andamenti per ogni tipo di gas emesso, a partire dall'evoluzione attesa delle produzioni, attraverso i fattori di emissione utilizzati nell'inventario nazionale delle emissioni.

Questo tipo di emissioni risulta difficilmente contenibile, poiché richiede un ripensamento dei processi produttivi e la sostituzione dei materiali e delle sostanze attualmente utilizzati. L'andamento atteso di tali emissioni dipende quindi sostanzialmente dai livelli di produzione futuri in alcuni settori chiave, quali ad esempio la produzione di cemento, la cui proiezione discende direttamente dai parametri macroeconomici fornite dalla Commissione europea.

Anche per quanto riguarda i gas fluorurati, 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.

Relativamente al settore "Produzione di sostanze fluorurate" (2B9) lo scenario emissivo riguarda solo le emissioni dello stabilimento di Spinetta Marengo dove una delle principali linee di produzione è quella dei monomeri, elementi base che vengono impiegati per la realizzazione dei polimeri speciali. Per produrre i fluoro polimeri si parte dal Clorodifluorometano (HCFC 22), che pertanto viene prodotto con questo unico scopo: le emissioni di HFC 23 sono un sottoprodotto obbligato che però vengono trattate nel termossidatore di ultima generazione avente un'efficienza di abbattimento del 99.99%. La produzione dell'HCFC 22 si è sempre mantenuta più o meno costante, con una media, dal 1990 al 2021 di poco più di 24,000 tonnellate all'anno. Negli ultimi anni la produzione è scesa a 20,000 tonnellate/anno e questo valore è stato mantenuto costante fino al 2050, non essendo previste radicali modifiche in questa produzione. Di conseguenza, anche le emissioni di CF₄ che, inevitabilmente per cause termodinamiche, sono un sottoprodotto della produzione dei monomeri e dei fluidi fluorurati, sono state mantenute costanti per il futuro.

Nel settore della "Produzione dei metalli" (2C) ci sarà la ripresa della produzione di Alluminio primario nello stabilimento di Portovesme. Dopo un'attesa durata 11 anni lo stabilimento ex Alcoa, oggi Sider Alloys, che smise di produrre nel 2012 riprende l'attività. Per il 2024 è prevista la ripresa della produzione dell'alluminio primario, una volta terminata la ristrutturazione della sala elettrolisi, con una capacità produttiva a regime di 160,000 tonnellate/anno, mantenuta costante fino al 2050. Le emissioni sono state stimate in base alla produzione, secondo la stessa metodologia utilizzata per la serie storica.

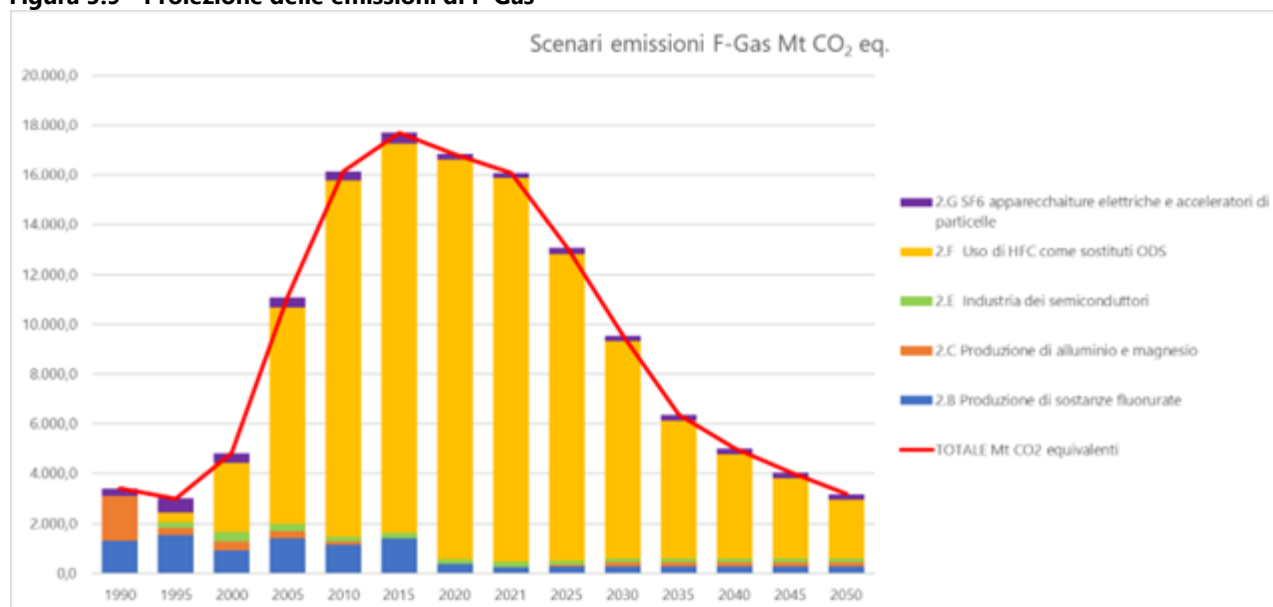
Per quanto riguarda l'*industria dei semiconduttori* (2E) le emissioni di PFC negli anni futuri sono state stimate sulla base dell'Accordo del *World Semiconductor Council* con le aziende dei semiconduttori secondo cui già nel 2020 ci sarebbe dovuta essere una riduzione del 30% delle emissioni di PFC rispetto a quelle del 2010. Questo target non è stato raggiunto dall'industria italiana dei semiconduttori, che nel 2020 ha emesso 124,065 tonnellate di CO₂ equivalenti di PFC rispetto alle 120,567 t CO₂ eq. del 2010. Si è quindi deciso di traslare questo obiettivo al 2025, per poi raggiungere nel 2040 un'ulteriore riduzione del 5% rispetto al 2025 e poi mantenersi costante fino 2050. Per quanto riguarda le emissioni di HFC, SF₆ e NF₃ dall'industria dei semiconduttori, si è ipotizzata una tendenza sulla base anche dei vincoli sulle quote degli HFC imposte dal Regolamento europeo 517/2014.

Per il settore 2F che comprende l'"*Uso degli idrofluorocarburi come sostituti delle sostanze lesive dello strato di ozono*", gli scenari emissivi sono stati predisposti in collaborazione con Assogastecnici, partendo dalle previsioni dei consumi degli HFC nei settori di refrigerazione e condizionamento, antincendio, aerosols e schiume. Le previsioni dei consumi sono state elaborate sulla base del trend dei consumi degli ultimi anni forniti da Assogastecnici, del *phase-out* e *phase-down* delle sostanze stabiliti dalla normativa

esistente (Regolamento europeo 517/2014) e dei cambiamenti del mercato dei refrigeranti degli ultimi anni in seguito all'introduzione di sostanze alternative a basso GWP.

Infine, per quanto riguarda gli scenari delle emissioni di SF₆ dal settore 2G, l'uso di tale gas nelle apparecchiature elettriche e negli acceleratori è stato ipotizzato rimanere ai livelli attuali in quanto, in questi settori, non sono state ancora sviluppate sostanze alternative. Tuttavia, con l'inserimento nella banca dati F-gas anche delle apparecchiature elettriche si auspica una maggiore attenzione nell'uso del gas, e l'adozione di buone pratiche durante la manutenzione e lo smaltimento di tali apparecchiature con l'obiettivo di contenere al massimo la dispersione di SF₆ in atmosfera.

Figura 5.9 - Proiezione delle emissioni di F-Gas



5.2.4 Rifiuti

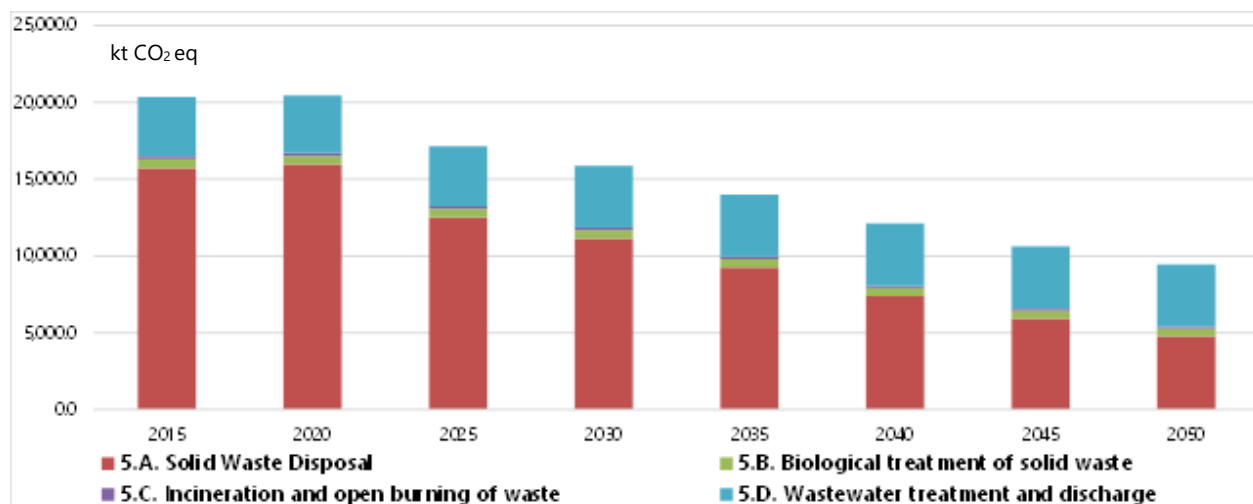
Gli scenari relativi alla gestione dei rifiuti sono stati preparati in conformità con gli inventari e le valutazioni più recenti sull'attuazione delle misure di mitigazione. I drivers per le stime delle proiezioni sono costituiti dai dati di attività legati alla produzione e alla gestione dei rifiuti. L'importo totale della produzione annua di rifiuti è stato stimato sulla base delle previsioni demografiche. A partire dalla produzione, i flussi di rifiuti sono stati analizzati sulla base delle seguenti opzioni di gestione dei rifiuti: raccolta differenziata, riciclaggio, discarica, incenerimento, trattamenti meccanici biologici, digestione anaerobica e compostaggio.

Analizzando le modalità di gestione, le circostanze nazionali sono abbastanza in linea con la media europea, sia la produzione che la gestione pro-capite di rifiuti nel 2020 (ultimo dato disponibile) sono leggermente inferiori alla media europea (487 contro 517 kg/ab*anno per la produzione e 443 contro 509 kg/ab*anno); tra le tecnologie per la gestione dei rifiuti, il recupero energetico è inferiore alla media europea mentre il compostaggio è superiore alla media anche perché il settore industriale in Italia è ben sviluppato. Per quanto riguarda la raccolta differenziata, il divario estremamente accentuato tra le diverse aree del Paese si sta lentamente appianando; nel Nord, la raccolta complessiva si attesta a 10.1 milioni di tonnellate, nel Centro a circa 3.8 milioni di tonnellate e nel Sud a quasi 5.1 milioni di tonnellate. Tali valori corrispondono a percentuali, calcolate rispetto alla produzione totale dei rifiuti urbani di ciascuna macroarea, pari al 71.0% per le regioni settentrionali, al 60.4% per quelle del Centro e al 55.7% per le regioni del Mezzogiorno. Rispetto al 2020, tutte le macroaree geografiche mostrano incrementi più o meno consistenti della percentuale di raccolta differenziata: nelle regioni del Sud la crescita è di 2.1 punti, in quelle centrali di 1.2 punti e nelle regioni del Nord di 0.2 punti (ISPRA, 2022). Gli sforzi volti al miglioramento della gestione dei rifiuti fanno intravedere con ottimismo il rispetto, entro le scadenze, degli impegni di riuso e riciclo previsti dalla normativa vigente (50% in peso entro il 2020 - Direttiva

2008/98/CE) pari al 54.4% nel 2020 e per i target futuri fissati dalla più recente direttiva 2018/851/UE (55% entro il 2025, 60% entro il 2030 e 65% entro il 2035).

Grazie agli sforzi compiuti dal governo in collaborazione con le autorità locali, la quantità di rifiuti biodegradabili conferiti in discarica è diminuita drasticamente negli ultimi anni risultando pienamente conforme all'obiettivo della direttiva sulle discariche (D.lgs. 36/2003) con 59 kg rifiuti/ab.*anno nel 2020, ben al di sotto del target fissato dalla normativa per il 2018 (81 kg rifiuti/ab.*anno). Dai dati storici (vedi figura 3.23) si può notare come le emissioni dai rifiuti in discarica hanno iniziato la fase discendente propria del processo biologico di produzione del metano e, se non saranno allocati in discarica ulteriori rifiuti organici, le emissioni andranno a estinguersi nel tempo. In figura 5.10 sono riportate le emissioni dello scenario appena descritto.

Figura 5.10 - Proiezione delle emissioni per il settore della gestione dei rifiuti



5.3 Lo scenario emissivo complessivo

Una sintesi delle emissioni di gas ad effetto serra dell'Italia, sia per quanto riguarda gli anni 2005, 2015, 2020 e 2021 (emissioni storiche), sia per quanto riguarda i livelli di emissione attesi al 2025, al 2030 e al 2050, secondo lo scenario emissivo di riferimento a politiche correnti (ovvero considerando l'effetto delle politiche adottate a tutto il 2021, incluse quelle definite dal PNRR), è riportata in tabella 5.5. Sono inoltre riportati i confronti con gli obiettivi di riduzione al 2030 rispetto al 2005 attualmente vigenti, nonché con quelli contenuti nelle proposte di modifica del Regolamento Effort Sharing e nel Regolamento LULUCF presentate dalla Commissione europea nell'ambito del pacchetto di misure noto come *Fit for 55*.

Tabella 5.5 – Emissioni settoriali di gas ad effetto serra: dati storici e scenario di riferimento (Mt CO₂eq)

	2005	2015	2020	2021	2025	2030	2050
DA USI ENERGETICI, di cui:	488.3	360.0	300.0	332.8	287.7	269.4	232.6
Industrie energetiche	159.9	106.1	81.6	86.4	63.5	59.3	47.5
Industria manifatturiera e costruzioni	92.3	55.6	45.8	53.9	45.3	40.3	39.6
Trasporti	128.4	106.7	86.6	103.3	97.9	92.4	79.2
Civile	95.8	82.5	79.2	83.2	73.2	70.3	59.5
Altri usi energetici e fuggitive	11.9	9.2	6.8	6.0	7.8	7.0	6.8
DA ALTRE FONTI, di cui:	105.9	85.8	84.9	84.8	86.0	80.3	72.2
Processi industriali e gas fluorurati	47.2	33.3	31.0	31.9	36.7	32.9	33.5
Agricoltura (coltivazioni e allevamenti)	34.6	32.1	33.4	32.7	32.2	31.6	29.2
Rifiuti	24.1	20.3	20.5	20.2	17.1	15.9	9.5
TOTALE (escluso LULUCF), di cui:	594.2	445.7	385.0	417.6	373.7	349.7	304.8
Soggetto ad ESD/ESR	343.8	287.3	257.7	284.4	260.1	246.0	209.7
Assorbimenti settore LULUCF	-35.6	-44.0	-32.5	-27.5	-33.9	-34.9	-36.1
Proposta nuovo obiettivo reg. LULUCF						-35.8	
<i>Riduzione attesa settori ESR</i>						-28.4%	
Obiettivo di riduzione ESR vigente						-33%	
Proposta nuovo obiettivo ESR						-43.7%	

5.4 La situazione emissiva dei settori non ETS 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 derivanti dal Regolamento (UE) 2018/841 per il settore LULUCF

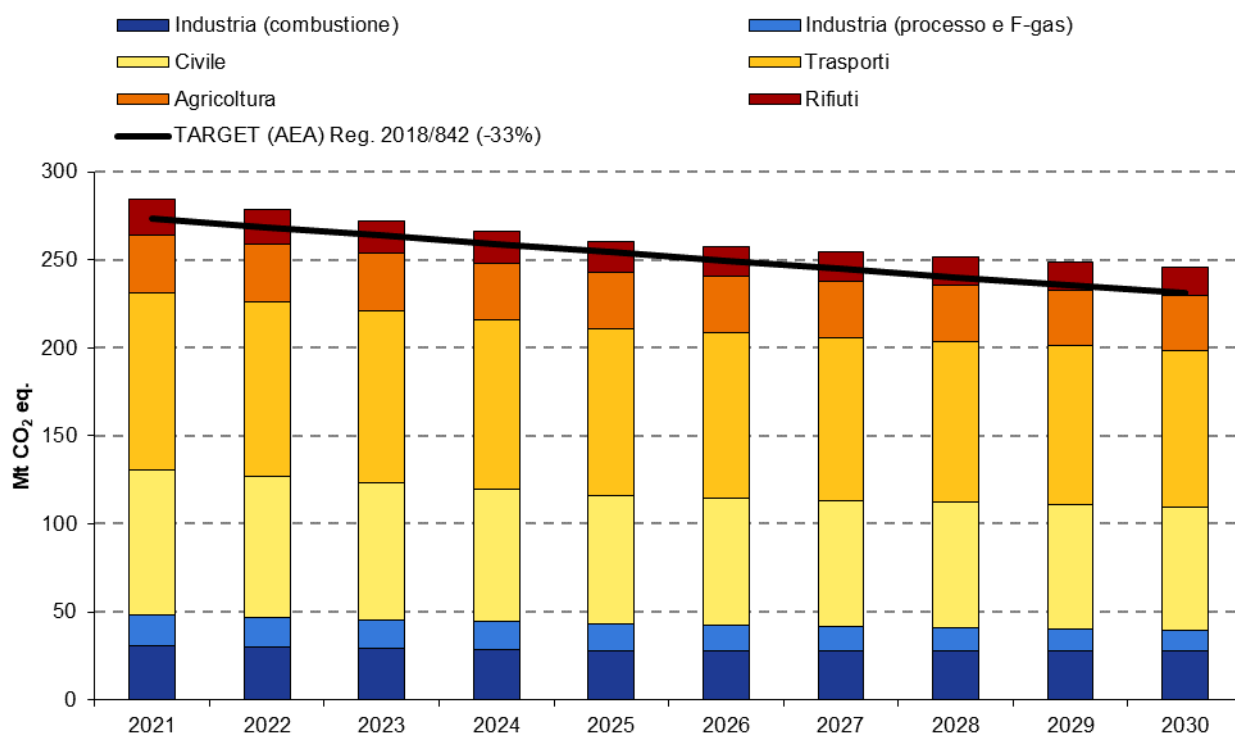
Per i settori inclusi nel Regolamento Effort sharing, lo scenario di riferimento, sia grazie alla mutata situazione economica che all'adozione delle misure previste nel PNRR, pur avvicinandosi all'attuale obiettivo di riduzione del -33% al 2030 rispetto ai livelli del 2005 e alla traiettoria disegnata dalle Allocazioni di Emissione Annuali (AEA), mostra che è necessario adottare politiche e misure aggiuntive, in particolare nei settori civile e dei trasporti. Infatti, già dal 2021, le emissioni italiane sono superiori alle AEA definite ai sensi del Regolamento (figura 5.11).

Inoltre, a fronte di una riduzione attesa delle emissioni totali dal 2005 al 2030 di oltre il 41%, ci si aspetta che le emissioni soggette ad ETS si riducano del 59%, mentre quelle ESR di circa il 28.5%. In termini assoluti, a fronte di una riduzione attesa delle emissioni complessive pari a circa 244 MtCO₂eq., la

riduzione delle emissioni ETS sarebbe di 147 MtCO₂eq, mentre quella delle emissioni ESR sarebbe di 98 MtCO₂eq.

Le misure attualmente vigenti appaiono, quindi, efficaci soprattutto in termini di incremento di rinnovabili nel mix di generazione elettrica, che determina una maggiore riduzione delle emissioni ETS; tuttavia, la modifica della sola generazione e non anche dei consumi determinerebbe vantaggi contenuti in termini di riduzioni che devono avvenire nei settori Effort sharing.

Figura 5.11 - Proiezione delle emissioni dei settori inclusi nel Regolamento Effort Sharing



In figura 5.11, 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 attualmente vigente, mentre in figura 5.12 è riportato il confronto tra il totale delle emissioni Effort Sharing, le allocazioni di emissioni annuali attualmente vigenti, nonché quelle che verosimilmente deriveranno dalla proposta di modifica del Regolamento. Al riguardo si precisa che l'esatta quantificazione di tali allocazioni potrà essere effettuata solo quando il nuovo Regolamento sarà stato adottato.

Per essere in linea con i nuovi obiettivi proposti, le emissioni Effort Sharing dovrebbero ridursi dal 2021 al 2030 di oltre il 30%. Data la rigidità strutturale e il minor potenziale di alcuni settori, il contributo più significativo alla riduzione delle emissioni dovrà verosimilmente venire dai settori Civile e Trasporti.

Figura 5.12 – Proiezione delle emissioni dei settori inclusi nel Regolamento Effort Sharing e traiettorie AEA attuali e proposti (per il 2022 si tratta di dati preliminari)

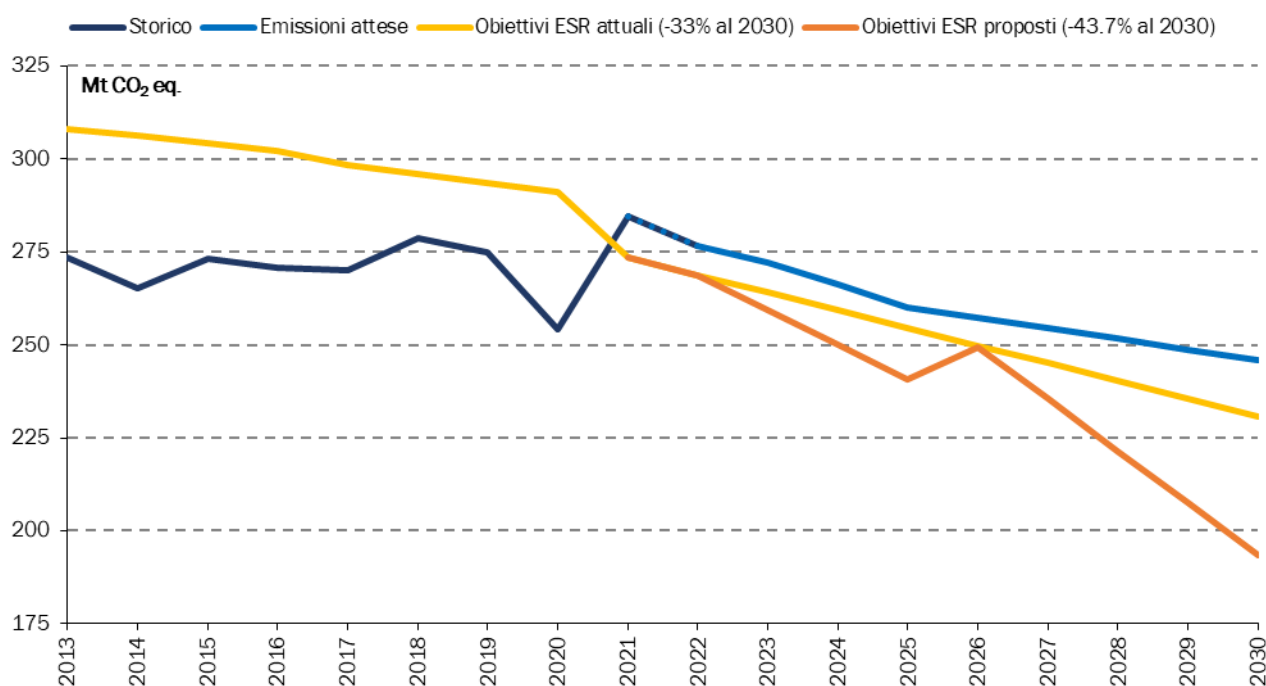


Tabella 5.6 - La situazione emissiva dei settori non ETS per il 2021-2030 (Mt CO₂ eq.)

	2005	2021	2025	2030
	<i>Mt CO₂ eq</i>			
Emissioni di gas serra (escluso LULUCF)	594.2	417.6	373.7	349.7
Emissioni ETS*	247.5	131.4	110.9	100.9
Emissioni "Effort Sharing"	343.8	284.4	260	246
Obiettivi "Effort Sharing" (AEA)	n.a.	273.5	254.5	230.9
Distanza dagli obiettivi "Effort Sharing"		+10.9	+5.5	+15.1

* Per ragioni metodologiche, il dato ETS ed "Effort Sharing" non comprende le emissioni del settore aviazione nazionale che, invece, è compreso nel totale

Per il settore LULUCF, lo scenario di riferimento prevede che sia raggiunto l'obiettivo di neutralità climatica al 2025, così come previsto dal Regolamento UE 2018/841; gli assorbimenti del settore al 2030, secondo lo scenario di riferimento pari a -34.9 MtCO₂eq, si avvicinano alla proposta di obiettivo per il settore LULUCF pari a -35.8 MtCO₂ eq. contenuta nel pacchetto "Fit for 55".

Tabella 5.7 - La situazione emissiva del settore LULUCF per il 2021-2030 (Mt CO₂ eq.)

	2005	2021	2021-2025	2026-2030
	<i>Mt CO₂ eq</i>			
Emissioni-Assorbimenti LULUCF	-35.6	-27.5	-33.9	-34.9
Contabilizzazione LULUCF	n.a.	n.a.	-97.6	-34.9
Obiettivi LULUCF	n.a.	n.a.	0	0
Obiettivi LULUCF revisionati			0	-35.8
Distanza dagli obiettivi LULUCF			-97.6	+0.9

Riferimenti bibliografici

AA.VV., 2021. Strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra. www.minambiente.it/sites/default/files/lts_gennaio_2021.pdf

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.pdf

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, 2022. Rapporto Rifiuti. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

ISPRA, 2023 National Inventory Report 2023 – Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2021. ISPRA Rapporti 383/2023.

Ministry for the Environment, Land and Sea, 2019. National Forestry Accounting Plan, December 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

