



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Le emissioni di gas serra in Italia alla fine del secondo periodo del Protocollo di Kyoto: obiettivi di riduzione ed efficienza energetica

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 questo rapporto.

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

ISPRA, Rapporti 362/22
ISBN 978-88-448-1106-8

Riproduzione autorizzata citando la fonte

A cura dell'Area Comunicazione dell'ISPRA:

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Elena Porrazzo

Coordinamento pubblicazione on line

Daria Mazzella

Aprile 2022

Autori

Marina Vitullo, Antonio Caputo (§5), Daniela Romano, Antonella Bernetti (§3.3), Marco Cordella (§3.3), Riccardo De Lauretis, Eleonora Di Cristofaro (§3.5), Andrea Gagna (§3.4), Barbara Gonella (§3.4, §3.7), Federica Moricci (§3.4), Guido Pellis, Ernesto Taurino (§3.3, §3.7)

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

ISPRA- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale
Monitoraggio e prevenzione degli impatti sull'atmosfera
Via V. Brancati, 48
00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

Indice

1. Introduzione.....	5
2. Il contesto normativo internazionale ed europeo	6
2.1. Il Protocollo di Kyoto: il primo periodo d'impegno 2008-2012	8
2.2. Il Protocollo di Kyoto: il secondo periodo d'impegno 2013-2020	9
2.2.1. <i>La direttiva 2003/87/CE "EU Emissions Trading", come modificata dalla direttiva 2009/29/CE</i>	10
2.2.2. <i>La decisione "Effort Sharing"</i>	10
2.3. Il quadro clima-energia 2030	11
3. L'inventario nazionale dei gas serra.....	13
3.1. I settori e le metodologie di stima	13
3.2. L'andamento delle emissioni	14
3.3. Il settore Energia	22
3.4. Il settore Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU).....	27
3.5. Il settore Agricoltura	29
3.6. Il settore LULUCF	31
3.7. Il settore Rifiuti	33
4. Gli obiettivi di riduzione e la contabilizzazione.....	36
4.1. La situazione emissiva dei settori non ETS	36
4.2. La contabilizzazione delle attività LULUCF del Protocollo di Kyoto.....	37
5. Indicatori di efficienza e decarbonizzazione.....	40
5.1. Indicatori nazionali	40
5.2. Confronti internazionali	45
Riferimenti bibliografici	50

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 un anno importante di verifica, per l'Italia e l'Unione Europea, perché chiude 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 descrive la 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.

Il rapporto illustra inoltre i principali indicatori di decarbonizzazione, con informazioni sulla riduzione delle emissioni atmosferiche di gas climalteranti per unità di energia utilizzata o per unità di ricchezza prodotta, e gli indicatori di efficienza, fondamentali per comprendere quanto efficientemente viene utilizzata l'energia per produrre beni e servizi o per generare ricchezza economica.

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

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, 193 delle 197 Parti della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico (UNFCCC) hanno ratificato l'Accordo. L'Accordo di Parigi è entrato in vigore il 4 Novembre 2016 e 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 deve predisporre e comunicare 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.

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.

Alla COP24, nel 2018, 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:

- 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;

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

- 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.

Da sottolineare come con tali decisioni sia 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 di 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 finalmente 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, inoltre, 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), con avvio nel 2022.

2.1. Il Protocollo di Kyoto: 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 I*

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 I*

2.2. Il Protocollo di Kyoto: 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

⁶ Dichiarazione Europea [Agreement Notification_EU Joint fulfilment_E_.pdf \(unfccc.int\)](#)

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 aggiuntive 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 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.

2.2.1. La direttiva 2003/87/CE "EU Emissions Trading", come 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"

La [decisione 406/2009/UE Effort Sharing](#) ripartisce 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.

2.3. 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

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

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

i possibili percorsi che potrebbero consentire di raggiungere entro il 2050 una condizione di neutralità emissiva, ossia l'equilibrio tra le emissioni di gas serra e gli assorbimenti di 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 della Transizione Ecologica (già dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), dello Sviluppo Economico, delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili (già delle Infrastrutture e Trasporti), nonché di quello delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali.

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 produttivi⁹ 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.

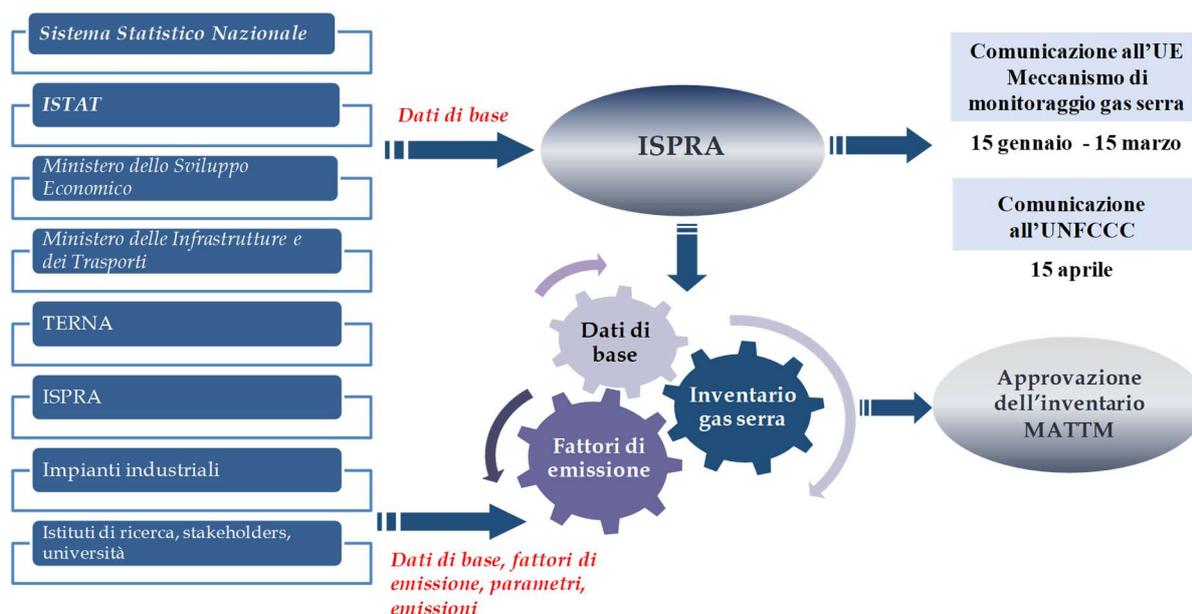


Figura 3.1- Il Sistema Nazionale per l'inventario delle emissioni di gas serra

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 2022, in cui si riportano le serie storiche dei gas serra dal 1990 al 2020.

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

⁹ Energia, Processi Industriali ed Uso dei Prodotti (IPPU), Agricoltura, Rifiuti

quanto richiesto dalle linee guida [IPCC](#)¹⁰. 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 Unite (UNFCCC), del protocollo di Kyoto 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 equivalente¹¹, sono diminuite del 26.7% tra il 1990 ed il 2020. 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; emissioni che si stimano in aumento nel 2021 come conseguenza della ripresa della mobilità e delle attività economiche (per il 2021¹² si stima un incremento del 6.8% delle emissioni tendenziali di gas serra, rispetto a quanto emesso nel 2020).

¹⁰ [2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol](#)

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. I GWP utilizzati a livello internazionale sono riferiti ad un arco di tempo pari a 100 anni, così come definito dall'IPCC nel Fourth Assessment Report (AR4).

¹² 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/>

Tra il 1990 e il 2020 le emissioni di tutti i gas serra sono passate da 520 a 381 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, variazione ottenuta principalmente grazie alla riduzione delle emissioni di CO₂, che contribuiscono per 79.3% del totale e risultano, nel 2020, inferiori del 31.2% 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 2020, del 78.4%. Le emissioni di questo settore sono diminuite del 20.7% dal 1990 al 2020. Scendendo nei dettagli, la CO₂ mostra un decremento del 29.6% dal 1990 al 2020 e rappresenta il 96.4% del totale nel settore energetico; in termini di CO₂ equivalente totale, il settore dei trasporti (28.6% del totale delle emissioni di energia) ha registrato una diminuzione del 16.4% dal 1990 al 2020 mentre si è osservato un aumento (pari allo 0.2%) delle emissioni solo negli altri settori, incluso il residenziale, che nel 2020 rappresentano il 26.5% del totale delle emissioni settoriali.

Le emissioni relative al settore processi industriali hanno mostrato una diminuzione del 35.3% dal 1990 al 2020. 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 fluorurati¹³ (circa 345%), il cui livello sul totale delle emissioni settoriali è del 53.8%. 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.

¹³ Idrofluorocarburi (HFCs), Perfluorocarburi (PFCs), Esafluoruro di zolfo (SF₆), Trifluoruro di azoto (NF₃)

Tabella 3.1 - Emissioni di gas serra per il periodo 1990-2020, per gas e per settore (kt CO₂ eq.)

Emissioni GHG	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>kt CO₂ equivalente</i>													
CO ₂ escluso LULUCF	439,550	449,826	470,487	502,255	436,117	369,680	349,390	361,163	358,183	352,735	349,005	339,233	302,279
CO ₂ incluso LULUCF	433,760	424,689	447,965	466,084	393,802	329,564	308,221	317,479	317,210	330,785	312,870	297,856	269,190
CH ₄ escluso LULUCF	49,390	51,417	51,913	49,205	47,341	45,009	44,051	44,112	43,681	43,672	42,982	41,982	42,780
CH ₄ incluso LULUCF	50,676	51,720	52,628	49,504	47,691	45,165	44,325	44,376	43,988	45,183	43,143	42,185	43,043
N ₂ O escluso LULUCF	27,209	29,433	30,270	29,281	20,331	19,297	19,004	18,867	19,308	19,059	18,987	18,757	19,471
N ₂ O incluso LULUCF	28,065	30,311	30,965	29,911	20,761	19,632	19,365	19,194	19,740	19,617	19,438	19,251	19,896
HFCs	444	927	2,489	7,619	12,055	14,271	14,919	15,403	16,030	16,235	16,496	16,871	15,876
PFCs	2,907	1,492	1,488	1,940	1,520	1,705	1,564	1,688	1,614	1,314	1,657	1,028	539
Mix di HFCs e PFCs	NO, NA	25	25	25	25	25	25	25	25	25	23	24	23
SF ₆	408	680	604	550	394	422	359	472	399	417	452	440	264
NF ₃	NA, NO	77	13	33	20	26	28	28	34	23	22	18	16
Totale (senza LULUCF)	519,908	533,876	557,291	590,908	517,804	450,434	429,341	441,759	439,274	433,482	429,624	418,352	381,248
Totale (con LULUCF)	516,260	509,920	536,177	555,667	476,268	410,809	388,806	398,666	399,039	413,600	394,102	377,672	348,847
<i>kt CO₂ equivalente</i>													
Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1. Energia	425,298	437,938	459,631	487,640	428,903	366,695	346,450	358,776	355,381	349,942	345,416	335,081	298,900
2. Processi Industriali ed Uso dei Prodotti	40,422	38,316	39,123	47,211	36,964	33,584	33,186	33,233	33,498	33,696	34,604	33,985	31,049
3. Agricoltura	36,900	37,649	36,682	34,192	31,555	31,515	31,268	31,207	32,141	31,684	31,460	31,354	32,685
4. LULUCF	-3,648	-23,956	-21,113	-35,241	-41,536	-39,625	-40,535	-43,093	-40,235	-19,882	-35,523	-40,680	-32,401
5. Rifiuti	17,289	19,974	21,854	21,864	20,382	18,641	18,436	18,544	18,255	18,161	18,145	17,932	18,614
Totale (con LULUCF)	516,260	509,920	536,177	555,667	476,268	410,809	388,806	398,666	399,039	413,600	394,102	377,672	348,847

Per l'agricoltura le emissioni si riferiscono principalmente ai livelli di CH₄ e N₂O, che rappresentano rispettivamente il 59.0% e il 39.5% del totale settoriale. La diminuzione osservata nel livello totale delle emissioni (-11.4%) è principalmente dovuta alla diminuzione delle emissioni di CH₄ da fermentazione enterica (-13.0%), che rappresentano il 41.4% delle emissioni settoriali e alla diminuzione di N₂O dai suoli agricoli (-3.9%), che rappresenta il 33.1% delle emissioni settoriali.

Per quanto riguarda l'uso del suolo, il cambiamento di uso del suolo e la silvicoltura, dal 1990 al 2020 gli assorbimenti totali in CO₂ equivalente sono notevolmente aumentati; la CO₂ rappresenta la quasi totalità delle emissioni e degli assorbimenti del settore (98.0%).

Infine, le emissioni del settore rifiuti sono aumentate del 7.7% dal 1990 al 2020, principalmente a causa dell'aumento delle emissioni da smaltimento in discarica (16.8%), che rappresentano il 76.6% delle emissioni dei rifiuti. Il gas serra più importante in questo settore è il CH₄ che rappresenta il 90.2% delle emissioni settoriali e registra un aumento dell'8.6% dal 1990 al 2020. I livelli di emissione di N₂O sono aumentati del 31.0%, mentre la CO₂ è diminuita dell'81.9%; questi gas rappresentano rispettivamente il 9.3% e lo 0.5% 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	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>kt CO₂ equivalente</i>													
A. Energia: combustione	412,180	425,564	448,484	477,885	420,007	357,847	338,054	350,745	348,087	342,627	338,491	328,469	292,909
<i>CO₂: 1. Industrie energetiche</i>	136,941	139,941	144,273	159,227	136,885	108,538	99,916	105,486	104,395	104,529	95,545	91,410	81,353
<i>CO₂: 2. Industrie manifatturiere e costruzioni</i>	90,772	88,969	94,893	90,786	68,900	55,702	51,524	54,552	53,365	52,143	53,228	48,957	44,879
<i>CO₂: 3. Trasporti</i>	100,319	111,531	121,443	126,616	114,172	102,698	107,464	104,890	103,706	99,635	103,109	104,139	84,462
<i>CO₂: 4. Altri settori</i>	76,042	75,580	79,169	92,324	90,908	82,439	71,240	77,684	78,595	78,264	78,727	76,069	74,583
<i>CO₂: 5. Altro</i>	1,071	1,496	837	1,233	652	585	573	459	515	326	341	453	625
<i>CH₄</i>	2,444	2,701	2,468	2,301	3,159	3,111	2,802	3,004	2,929	3,104	2,921	2,938	2,799
<i>N₂O</i>	4,591	5,345	5,402	5,398	5,331	4,774	4,535	4,669	4,581	4,627	4,620	4,503	4,208
1B2. Energia: Fuggitive	13,117	12,374	11,147	9,755	8,897	8,848	8,396	8,031	7,294	7,315	6,925	6,612	5,991
<i>CO₂</i>	4,048	4,002	3,262	2,557	2,377	2,702	2,501	2,574	2,189	2,351	2,295	2,756	2,113
<i>CH₄</i>	9,058	8,360	7,873	7,185	6,508	6,137	5,886	5,447	5,096	4,954	4,620	3,847	3,871
<i>N₂O</i>	12	12	12	13	12	10	9	10	9	10	9	9	8
2. Processi Industriali ed Uso dei Prodotti	40,422	38,316	39,123	47,211	36,964	33,584	33,186	33,233	33,498	33,696	34,604	33,985	31,049
<i>CO₂</i>	29,335	27,281	25,832	28,718	21,666	16,311	15,612	14,960	14,719	14,939	15,226	14,924	13,668
<i>CH₄</i>	129	134	73	74	60	51	48	42	48	44	44	41	34
<i>N₂O</i>	7,199	7,701	8,599	8,251	1,224	773	631	613	629	697	684	641	629
<i>HFCs</i>	444	927	2,489	7,619	12,055	14,271	14,919	15,403	16,030	16,235	16,496	16,871	15,876
<i>PFCs</i>	2,907	1,492	1,488	1,940	1,520	1,705	1,564	1,688	1,614	1,314	1,657	1,028	539
<i>Mix di HFCs e PFCs</i>	NO, NA	25	25	25	25	25	25	25	25	25	23	24	23
<i>SF₆</i>	408	680	604	550	394	422	359	472	399	417	452	440	264
<i>NF₃</i>	NA, NO	77	13	33	20	26	28	28	34	23	22	18	16
3. Agricoltura	36,900	37,649	36,682	34,192	31,555	31,515	31,268	31,207	32,141	31,684	31,460	31,354	32,685
<i>CO₂: Calcitazione</i>	1	1	2	14	18	14	12	14	12	17	15	16	10
<i>CO₂: Applicazione di urea</i>	465	512	525	507	335	450	411	425	561	418	405	396	472
<i>CO₂: Altri fertilizzanti contenenti carbonio</i>	44	54	44	42	28	17	21	20	21	20	22	17	21
<i>CH₄: Fermentazione enterica</i>	15,564	15,399	15,128	13,293	12,884	13,085	12,932	13,035	13,315	13,429	13,381	13,364	13,535

Settori	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	<i>kt CO₂ equivalente</i>												
<i>CH₄: Gestione del letame</i>	4,843	4,608	4,573	4,686	4,542	4,395	4,309	4,256	4,212	4,214	4,145	4,138	4,147
<i>CH₄: Coltivazione di riso</i>	1,876	1,989	1,656	1,752	1,822	1,661	1,613	1,668	1,715	1,646	1,601	1,583	1,582
<i>CH₄: Combustione in campo dei residui agricoli</i>	15	15	15	16	15	15	15	16	17	15	15	15	15
<i>N₂O: Gestione delle deiezioni</i>	2,833	2,706	2,619	2,410	2,331	2,137	2,083	2,098	2,123	2,121	2,088	2,068	2,078
<i>N₂O: Suoli agricoli</i>	11,254	12,361	12,116	11,468	9,575	9,736	9,868	9,672	10,161	9,799	9,784	9,752	10,820
<i>N₂O: Combustione in campo dei residui agricoli</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4. LULUCF	-3,648	-23,956	-21,113	-35,241	-41,536	-39,625	-40,535	-43,093	-40,235	-19,882	-35,523	-40,680	-32,401
<i>CO₂</i>	-5,790	-25,137	-22,522	-36,171	-42,316	-40,116	-41,170	-43,684	-40,973	-21,951	-36,135	-41,377	-33,089
<i>CH₄</i>	1,286	303	714	299	350	156	274	264	306	1,511	161	203	263
<i>N₂O</i>	856	878	695	630	430	335	360	328	432	557	451	494	425
6. Rifiuti	17,289	19,974	21,854	21,864	20,382	18,641	18,436	18,544	18,255	18,161	18,145	17,932	18,614
<i>CO₂</i>	512	458	208	230	177	224	117	99	103	92	91	96	93
<i>CH₄</i>	15,461	18,212	20,126	19,898	18,350	16,553	16,446	16,644	16,350	16,266	16,254	16,056	16,797
<i>N₂O</i>	1,316	1,305	1,519	1,736	1,855	1,864	1,874	1,801	1,802	1,803	1,800	1,780	1,724
Emissioni totali (con LULUCF)	516,260	509,920	536,177	555,667	476,268	410,809	388,806	398,666	399,039	413,600	394,102	377,672	348,847
Emissioni totali (senza LULUCF)	519,908	533,876	557,291	590,908	517,804	450,434	429,341	441,759	439,274	433,482	429,624	418,352	381,248

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 servizi responsabili, complessivamente, di oltre il 78% delle emissioni totali nazionali nel 2020. Il settore Agricoltura e le categorie emmissive dei Processi industriali ed uso di altri prodotti (IPPU) sono responsabili dell'8.6% e 8.1%, rispettivamente, mentre il settore Rifiuti contribuisce al restante 4.9% alle emissioni totali.

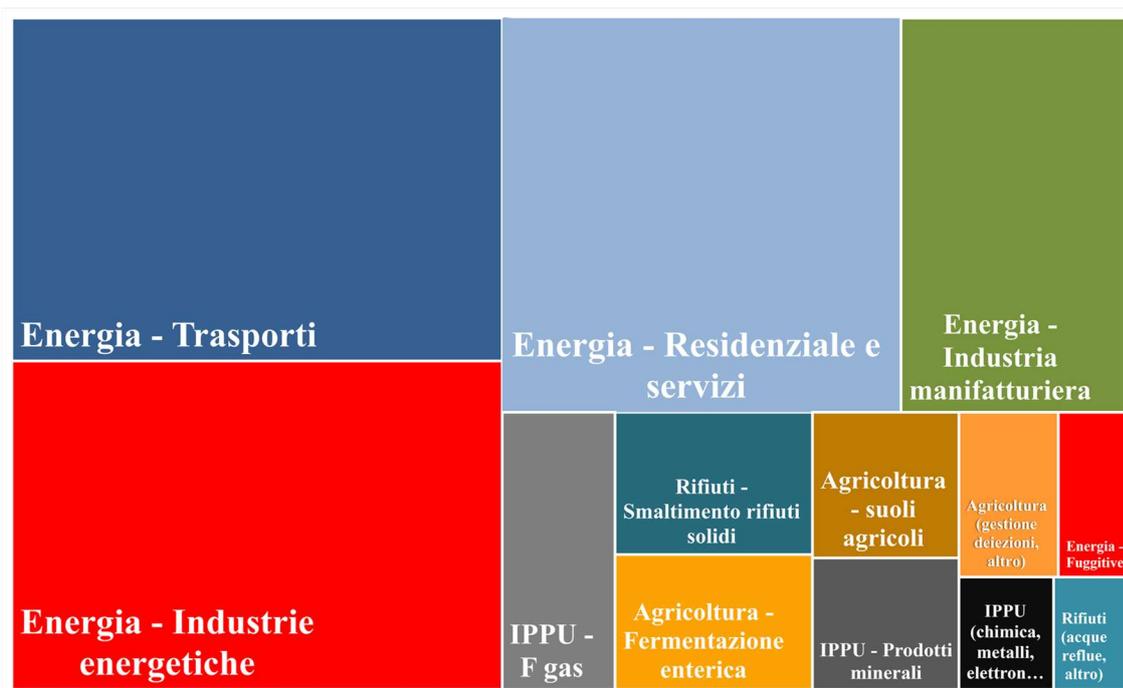


Figura 3.2 - Emissioni nazionali di gas climalteranti nel 2020 per categorie settoriali (proporzione stimata in base al contributo in CO₂ equivalente)

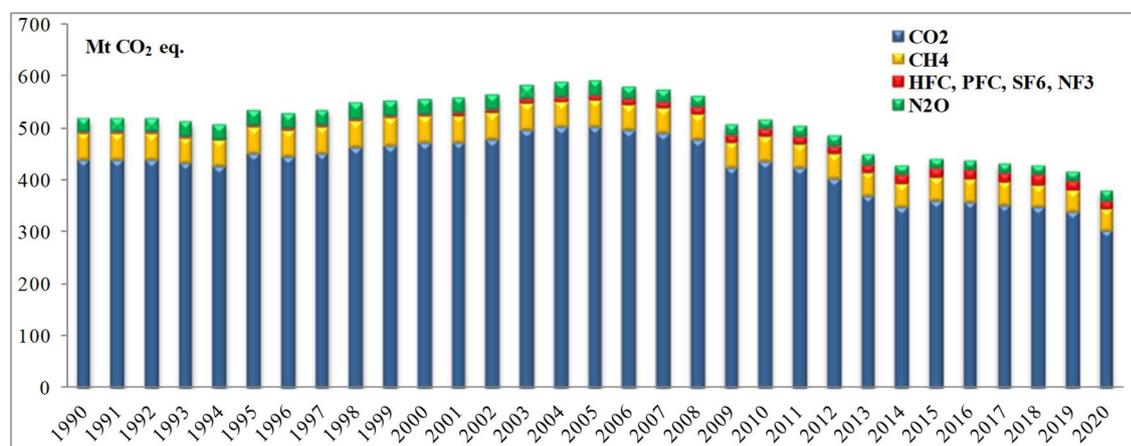


Figura 3.3 - Emissioni nazionali di gas climalteranti dal 1990 al 2020 per gas

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 1990-2020 (figura 3.3).

In figura 3.4 sono mostrate le variazioni percentuali delle diverse categorie emmissive nel 2020 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 1990-2020 le emissioni delle industrie energetiche sono diminuite del 40.6% mentre quelle delle industrie manifatturiere e delle costruzioni mostrano una diminuzione del 50.6%. Il settore dei trasporti ha mostrato un aumento delle emissioni fino al 2007 e poi una diminuzione sia per la recessione economica che per la penetrazione di veicoli a basso consumo di carburante. L'andamento delle

emissioni da combustione non industriale è trainato dalla variazione climatica annua mentre le emissioni da processi industriali sono diminuite del 53.4% 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. L'ultimo anno della serie storica è un anno speciale, la situazione pandemica dovuta al Covid-19 ha comportato un forte calo delle emissioni ma anche un rallentamento della crescita economica.

Le emissioni di CH₄, nel 2020, provengono principalmente dal settore agricolo che rappresenta il 45.1% delle emissioni totali di metano, oltre che dai settori dei rifiuti (39.3%) ed energia (15.6%). Nel settore energetico, la riduzione delle emissioni di CH₄ (-42.0%) 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.

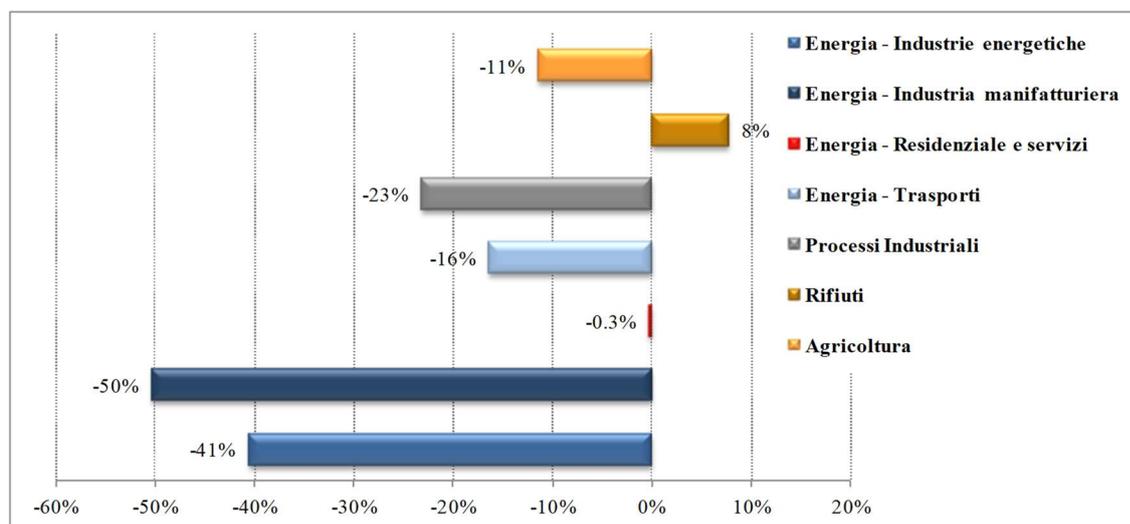


Figura 3.4 - Variazione percentuale delle categorie emissive 2020 vs 1990

Nel 2020 le emissioni di protossido di azoto (escluso LULUCF) rappresentano il 5.1% del totale dei gas serra, con una diminuzione del 28.4% tra il 1990 e il 2020, da 27.2 a 19.5 Mt CO₂ equivalente. La principale fonte di emissioni di N₂O è il settore agricolo (66.3%), in particolare l'utilizzo di fertilizzanti sia chimici che organici in agricoltura, nonché la gestione delle deiezioni prodotte dal bestiame allevato. Le emissioni del settore agricolo mostrano una diminuzione dell'8.4% nel periodo 1990-2020, a causa della riduzione del numero di capi di bestiame. Le emissioni del settore energetico (21.7% del totale) registrano una diminuzione dell'8.4% dal 1990 al 2020; tale andamento è riconducibile principalmente alla riduzione del 47.6% nell'industria manifatturiera e nelle costruzioni (che rappresentano il 3.6% 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 35.4% nella categoria altri settori, che rappresenta il 12.1% 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 91.3% dal 1990 al 2020. 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 che varia tra lo 0.01% e il 4.0%, 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 2020, il settore Energia è responsabile, in Italia di circa il 78.4% 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 di CO₂, 15.6% di CH₄ e 21.7% di N₂O.

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

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Mt CO₂ equivalente</i>													
Industrie energetiche	137.6	140.6	144.9	159.9	137.5	109.2	100.5	106.1	105.0	105.1	96.1	91.9	81.8
Industria manifatturiera	92.3	90.3	96.4	92.4	70.2	56.8	52.6	55.6	54.4	53.2	54.3	50.0	45.9
Trasporti	102.2	114.3	123.8	128.3	115.5	103.9	108.7	106.1	104.9	100.8	104.3	105.3	85.4
Residenziale e servizi	80.1	80.3	83.4	97.2	96.8	88.0	76.2	83.0	83.8	83.6	83.9	81.3	79.8
Fuggitive	13.1	12.4	11.1	9.8	8.9	8.8	8.4	8.0	7.3	7.3	6.9	6.6	6.0
Totale settore Energia	425.3	437.9	459.6	487.6	428.9	366.7	346.5	358.8	355.4	349.9	345.4	335.1	298.9

Dal 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. Dal 2008 al 2009 la diminuzione osservata delle emissioni complessive di GHG è infatti pari al -10.6%, seguita da un leggero aumento, pari al +2.7% dal 2009 al 2010; da allora le variazioni annue sono sempre negative fino al 2015 anno in cui le emissioni sono aumentate del 3.6% rispetto al 2014 a causa di una riduzione della produzione di energia da idroelettrico che ha comportato un aumento della produzione di energia da impianti termoelettrici per soddisfare il fabbisogno energetico. Dal 2016 al 2019 le emissioni del settore diminuiscono del 6.6% rispetto al 2015 a seguito del passaggio dal carbone al gas naturale per la produzione di energia. Nel 2020 si registra un'ulteriore significativa diminuzione delle emissioni a causa della pandemia e del conseguente regime di *lock-down* a cui è stato sottoposto il Paese. In definitiva, i consumi di energia da fonti primarie nel periodo 1990-2020 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. È importante sottolineare anche la diminuzione delle emissioni provenienti dal settore delle industrie energetiche che, sempre rispetto al 1990, scendono nel 2020 del 40.6%, a fronte di un aumento della produzione di energia termoelettrica da 178.6 Terawattora (TWh) a 181.3 TWh e dei consumi di energia elettrica da 218.7 TWh a 283.8 TWh. Maggiori dettagli sul settore della produzione di energia e sulla relativa intensità emissiva sono riportati nel capitolo 5.

Le emissioni provenienti dai trasporti dal 1990 al 2020 decrescono del 16.4%, 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.

In Figura 3.5 viene descritta la variazione nel tempo del peso delle diverse categorie emissive relative al settore Energia.

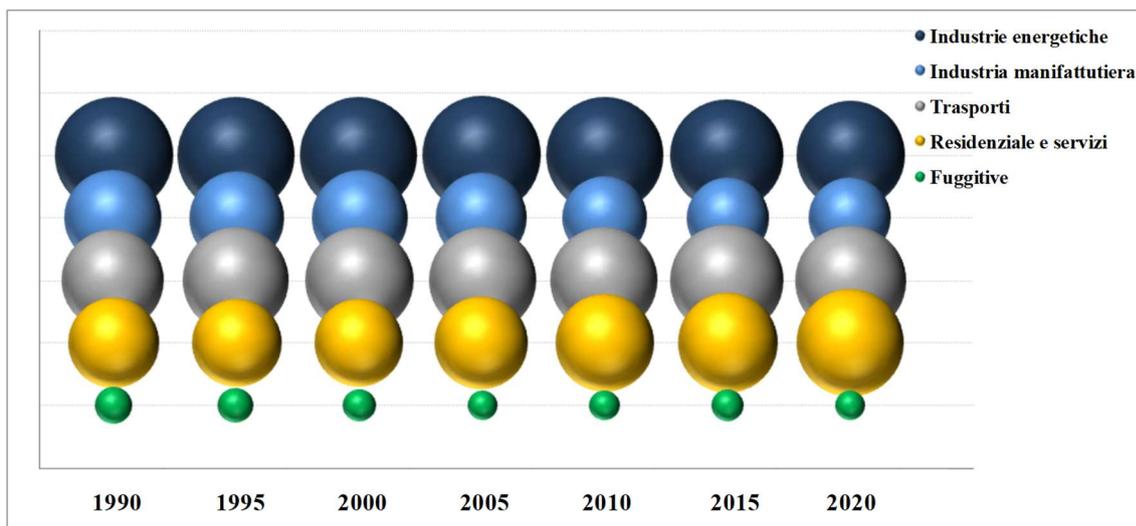
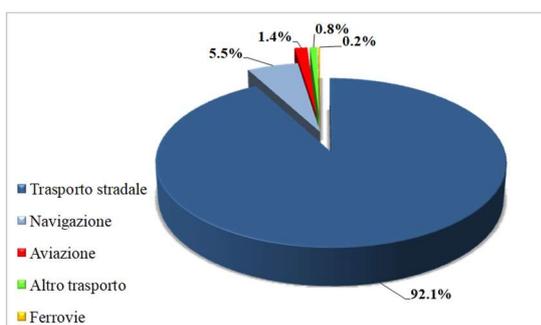


Figura 3.5 - Variazione del peso contributivo delle categorie emittive del settore Energia

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 2020, il 22.4% delle emissioni di gas ad effetto serra totali è dovuto ai trasporti, di cui la modalità stradale è la principale componente (oltre il 92.1%), come mostrato in figura 3.6.



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

Figura 3.6 - Le emissioni dai trasporti in Italia nel 2020

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 diesel, congiuntamente alla riduzione delle percorrenze e dei consumi delle autovetture a benzina. Nel 2020 si stima che circa l'88% delle percorrenze totali sia effettuato da veicoli ad alimentazione tradizionale (benzina e gasolio), il 7.1% da quelli ad alimentazione gpl, il 2.9% da autovetture alimentate a gas naturale ed il 2.1% delle percorrenze da autovetture ad alimentazione ibrida benzina-elettrico e gasolio-elettrico¹⁴ (figura 3.7). Sia nel trasporto merci che nel trasporto passeggeri si registra la prevalenza dell'alimentazione a gasolio. Nel 1990 il peso delle percorrenze dei veicoli commerciali diesel sul totale veicoli merci è pari al 91.4%, nel 2020 è pari al 98.6%. Riguardo al trasporto passeggeri, nel 2020 si stima che il 59.5% delle percorrenze delle autovetture sia relativo all'alimentazione a gasolio. Infine, si assiste negli anni ad una decisiva espansione della flotta dei motocicli, nel 2020 il parco dei veicoli a due ruote (ciclomotori e motocicli) consiste di circa dieci milioni di veicoli circolanti.

¹⁴ Stime aggiornate al 2020 tramite il modello COPERT (EMISIA SA, 2021), sulla base dei dati sul parco circolante di fonte Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili, 2021.

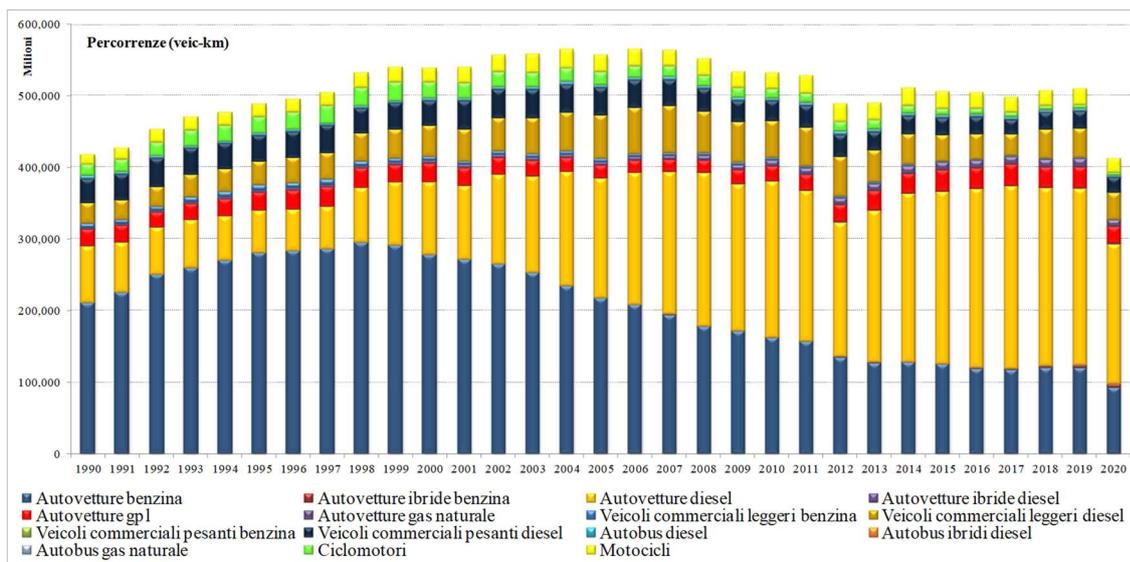


Figura 3.7 - Evoluzione delle percorrenze su strada in Italia dal 1990 al 2020¹⁵

Nonostante i progressi conseguiti negli anni, nel trasporto le alimentazioni tradizionali risultano ancora preponderanti¹⁶; 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 3.8).

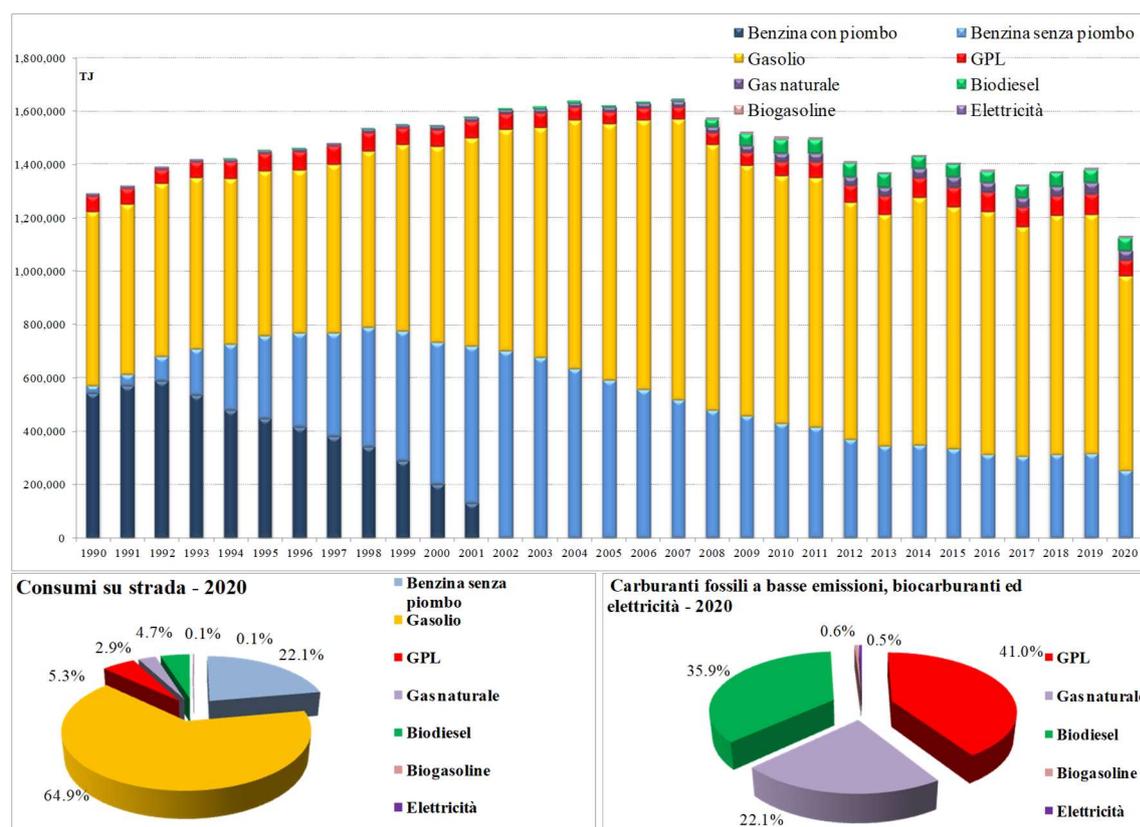


Figura 3.8 - Evoluzione dei consumi su strada in Italia dal 1990 al 2020

Dal 1990 al 2020, le emissioni di gas serra dal trasporto su strada diminuiscono del 16.3%. Il trend è spiegato da molteplici fattori:

¹⁵ la classificazione veicolare fa riferimento al modello COPERT (EMISIA SA, 2021), sulla base dei dati sul parco circolante relativi alla serie storica 1990 - 2020, di fonte ACI, ANCMA, Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili.

¹⁶ 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 MiSE, MiTE, anni vari.

a) una notevole crescita delle emissioni (+27.8%), dal 1990 al 2007, dovuta all'espansione della flotta veicolare, delle percorrenze e, quindi, dei consumi;

b) 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;

c) una decrescita delle emissioni (-19.4%), dal 2019 al 2020, dovuta alla brusca riduzione degli spostamenti per effetto della crisi pandemica.

Le emissioni consistono fondamentalmente di anidride carbonica (98.9% nel 2020), 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 0.9% del totale dei gas serra emessi da trasporto stradale nel 2020.

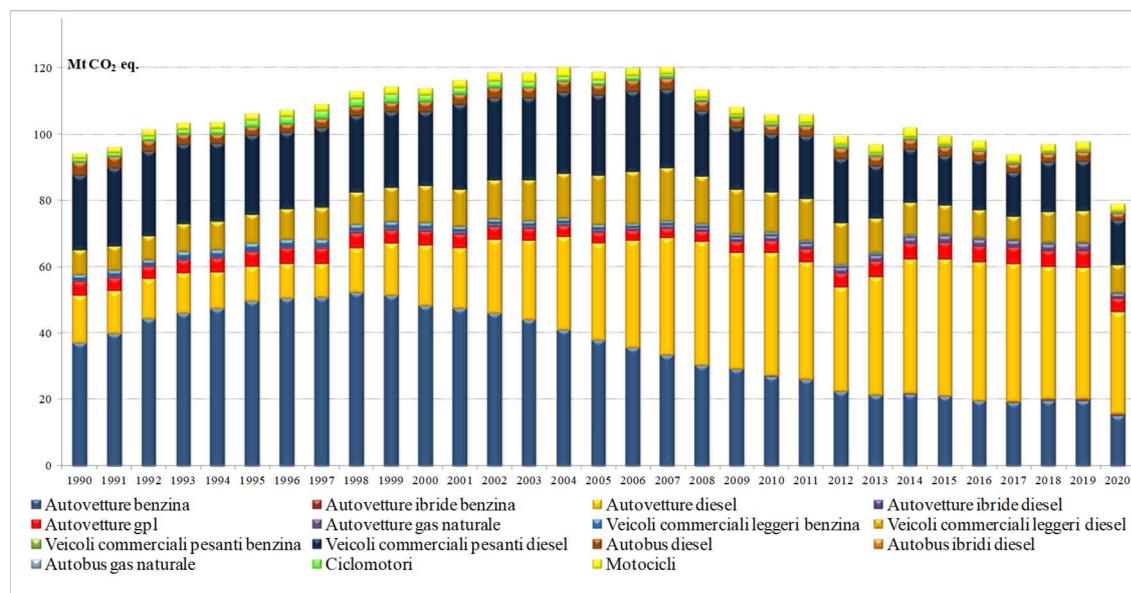


Figura 3.9 - Emissioni di gas serra dal trasporto su strada in Italia dal 1990 al 2020 distinte per categoria veicolare e combustibile

Dal 2007 in poi, la riduzione delle emissioni è più marcata per i veicoli merci che per i veicoli passeggeri, anche se è quest'ultima categoria a risentire maggiormente della crisi pandemica del 2020, anno in cui il peso delle emissioni dei veicoli passeggeri e merci sul totale è rispettivamente pari a 71.9% e 28.1%.

Nel 2020 la categoria che, nel complesso, pesa maggiormente sul totale dei gas serra emessi su strada, è quella dei veicoli diesel (69.3%), tra i quali il peso determinante, pari al 38.9% del totale nazionale, è assunto dalle autovetture diesel (figura 3.9). I veicoli alimentati a benzina emettono nel 2020 il 22.4% dei gas serra totali (dalle autovetture a benzina deriva il 19.1% del totale emesso su strada). Infine, dai veicoli alimentati a gpl, gas naturale, ibridi benzina ed ibridi diesel si origina rispettivamente il 5.1%, 2.2%, 0.9% e lo 0.3% del totale emesso su strada.

Le emissioni relative alla navigazione marittima, responsabile del 5.5% del totale dei gas serra emessi dal settore dei trasporti nell'anno 2020 e circa l'1.2% del totale nazionale, sono diminuite del 15.6% dal 1990 al 2020, 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 (figura 3.10).

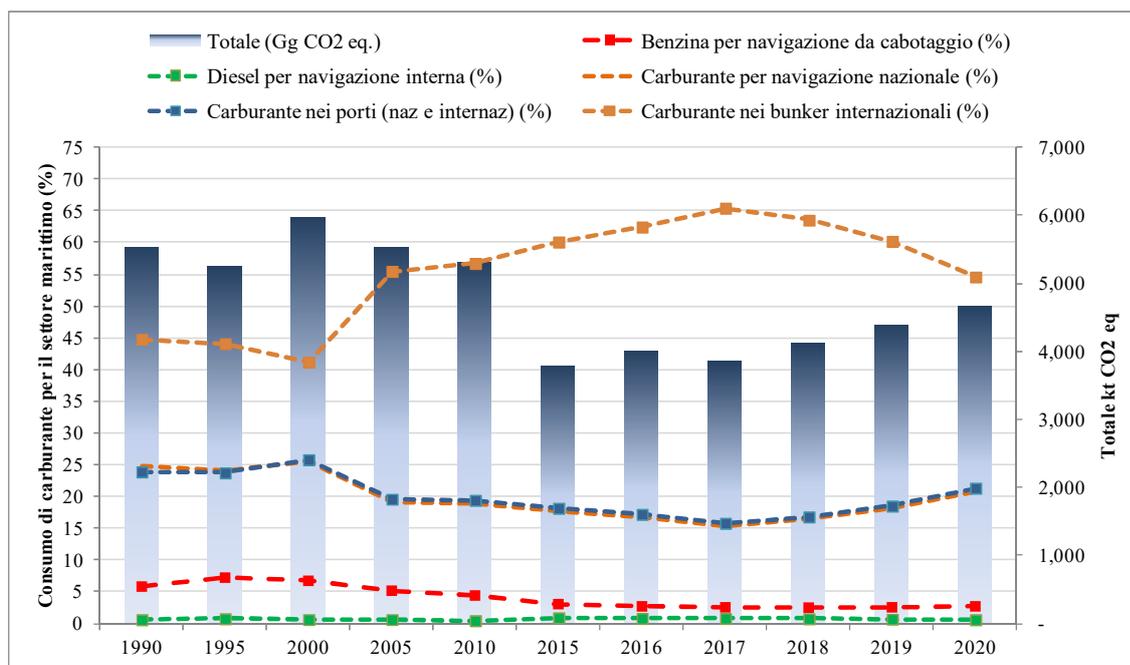


Figura 3.10 - Emissioni di gas serra e consumi di carburanti della navigazione

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 2020 le emissioni totali di gas serra da questo settore sono state circa l'1.4% del totale delle emissioni dal settore dei trasporti e circa lo 0.3% 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 nell'anno 2020, dovuta alla pandemia, il settore è diminuito del 20% rispetto al 1990. 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 3.11).

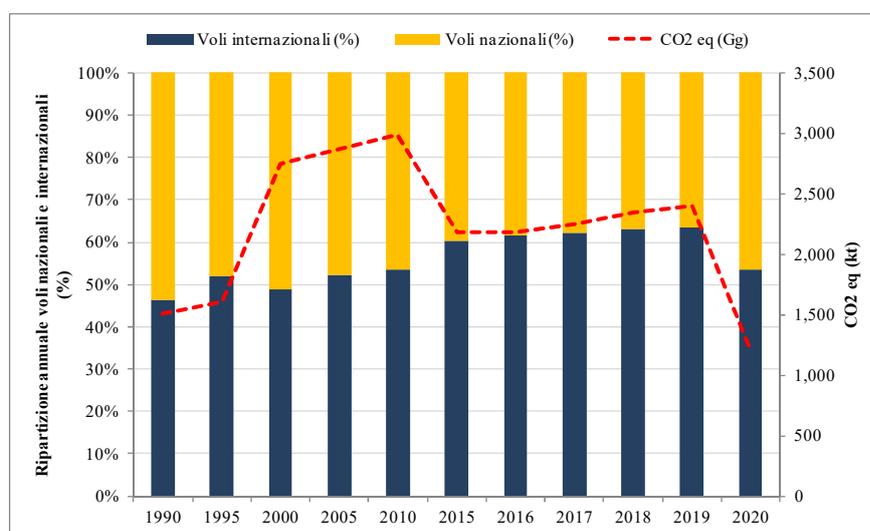


Figura 3.11 - Emissioni di gas serra e ripartizione del traffico aereo

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

Le emissioni complessive del settore dei processi industriali, nel 2020 sono scese del 23.2% 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 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore IPPU (Mt CO₂ eq.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Mt CO₂ equivalente</i>													
Prodotti minerali	20.7	20.2	20.7	23.3	17.3	12.3	11.6	11.2	10.6	10.8	10.9	10.9	9.8
Industria chimica	10.5	10.3	10.0	10.7	3.3	3.1	2.9	2.9	3.0	2.8	3.2	2.3	1.9
Produzione metalli	6.4	4.3	2.8	2.8	2.0	1.7	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5
Prodotti non energetici da combustibili e solventi	1.7	1.6	1.4	1.4	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
Industria elettronica	0.0	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
Uso di sostanze in sostituzione di ODS*	0.0	0.4	2.5	7.6	12.0	14.3	14.9	15.4	16.0	16.2	16.5	16.9	15.9
Altra produzione	1.1	1.3	1.4	1.2	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.7
Totale settore IPPU	40.4	38.3	39.1	47.2	37.0	33.6	33.2	33.2	33.5	33.7	34.6	34.0	31.0

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

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 2020 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 1990-2020 è quella relativa all'*uso di sostanze in sostituzione di ODS*¹⁷ (da 0.4 Mt di CO₂ eq. nel 1995 a 15.9 Mt di CO₂ eq. nel 2020) comprendente i 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 venissero 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

¹⁷ 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), esaploruro di zolfo (SF₆) e trifloruro di azoto (NF₃).

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 842/2006¹⁸, 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 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.

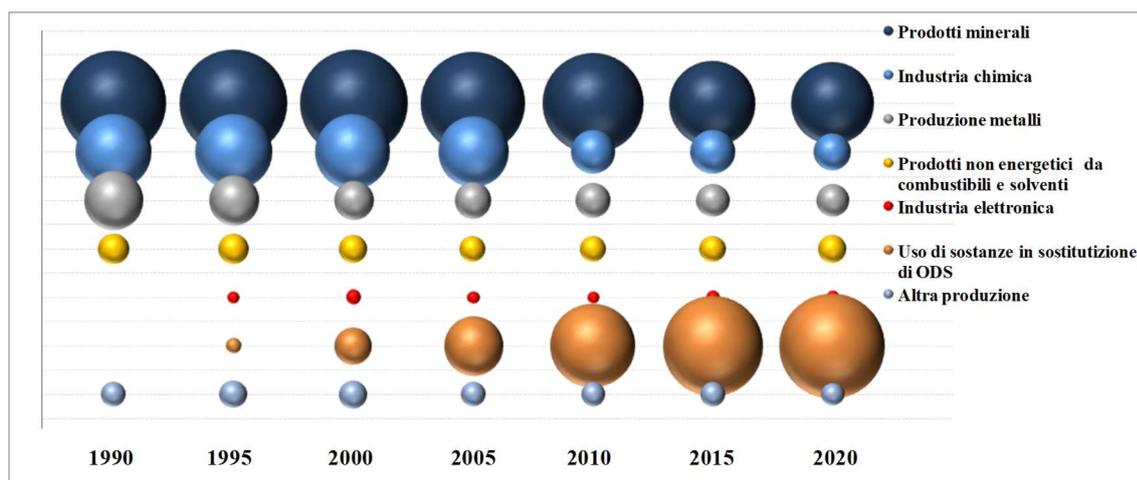


Figura 3.12 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore IPPU

Nello specifico e con riferimento ai trend dei settori menzionati (figura 3.12) 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 7.9 Mt nel 2020, rappresentando il 50% delle emissioni complessive della categoria (*uso di sostanze in sostituzione di ODS*).
- dal settore del condizionamento passano dal valore nullo nel 1995 a 4.1 Mt di CO₂ eq. nel 2020, con un contributo del 25,6% alle emissioni complessive.
- dal settore antincendio passano da 0.02 Mt CO₂ eq. nel 1995 a 1.6 Mt di CO₂ eq. nel 2020, rappresentando il 10.1% delle emissioni complessive.
- dai settori del *mobile air conditioning* (MAC), le schiume e infine gli aerosol nel 2020 sono pari rispettivamente a 9.4, 3.5, 1.4 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 dei consumi delle emissioni di HFC per questi settori sarà visibile nelle emissioni di questi gas nei prossimi anni.

¹⁸ Il Regolamento CE 842/2006 è il primo provvedimento comunitario finalizzato a contenere, prevenire e ridurre le emissioni di gas fluorurati ad effetto serra

3.5. Il settore Agricoltura

Il settore agricoltura che contribuisce a circa il 9% delle emissioni totali nel 2020 registra un calo delle emissioni di gas serra pari a -11,4% 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	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Mt CO₂ equivalente</i>													
Fermentazione enterica	15.6	15.4	15.1	13.3	12.9	13.1	12.9	13.0	13.3	13.4	13.4	13.4	13.5
Gestione delle deiezioni	7.7	7.3	7.2	7.1	6.9	6.5	6.4	6.4	6.3	6.3	6.2	6.2	6.2
Coltivazione di riso	1.9	2.0	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
Suoli agricoli	11.3	12.4	12.1	11.5	9.6	9.7	9.9	9.7	10.2	9.8	9.8	9.8	10.8
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	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5
Totale settore Agricoltura	36.9	37.6	36.7	34.2	31.6	31.5	31.3	31.2	32.1	31.7	31.5	31.4	32.7

La gestione degli allevamenti rappresenta il peso maggiore in termini emissivi del settore agricoltura, contribuendo con circa il 72% di emissioni, generate per lo più 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 (figura 3.13).

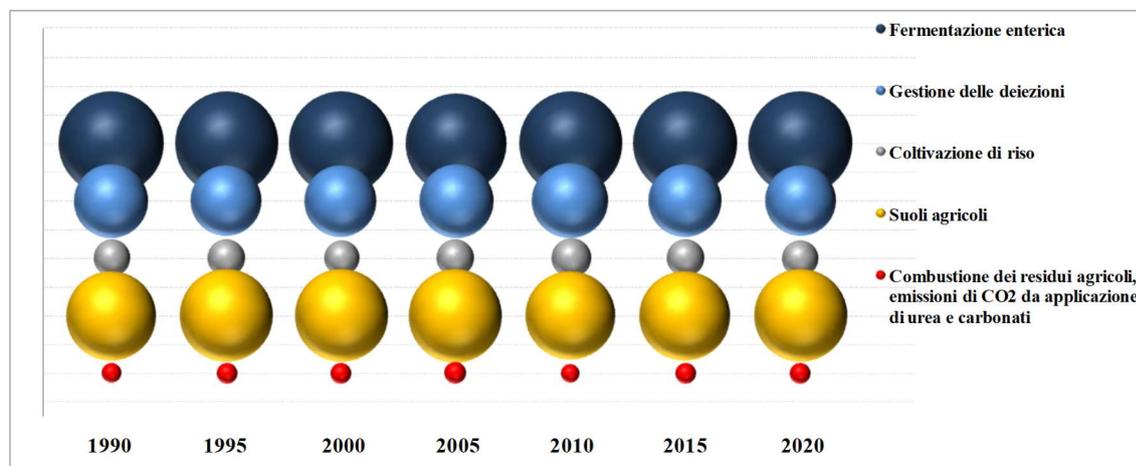


Figura 3.13 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore Agricoltura

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 2020 le consistenze si sono ridotte del 23% (passando da 7.7 a 5.9 milioni di capi), in particolare le vacche da latte sono diminuite del 38% e gli altri bovini sono scesi del 15%. 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 aumentati di quasi il 2% (determinato da una riduzione delle scrofe del 13% e un aumento degli altri suini del 3%), per raggiungere nel 2020 circa 8.5 milioni di capi. In figura 3.14 sono rappresentate le proporzioni delle emissioni di gas serra (calcolate in CO₂ equivalente) per le diverse categorie di bestiame.

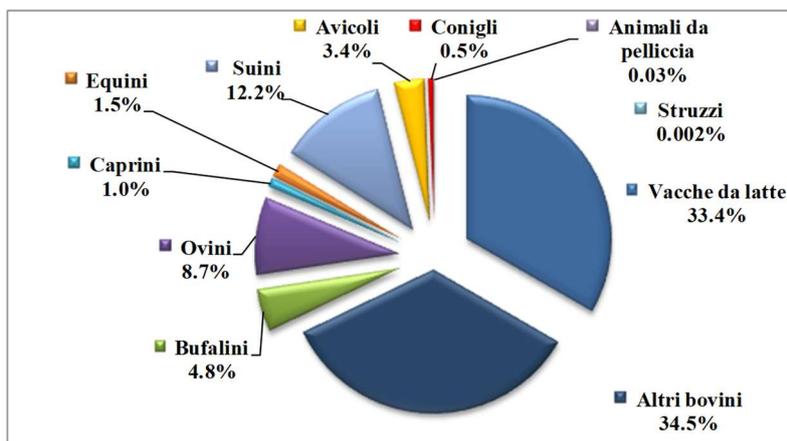


Figura 3.14 - Peso emissioni gas serra allevamenti (72%) - contributo per categoria animale

Per quanto riguarda il metano derivante dalla fermentazione enterica (che rappresenta circa il 40% 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'AIA¹⁹, è passata dal 45% al 79% tra il 2004 e il 2020. Nel 2020, la gestione delle deiezioni è responsabile del 19% delle emissioni totali del settore agricoltura. Dal 1990 al 2020, si è registrata una riduzione del 19% 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 2020, secondo i dati TERNA, sono circa 1700 gli impianti alimentati con matrici organiche, costituite anche da reflui zootecnici, per un ammontare stimato pari a circa 15 milioni di tonnellate (che rappresentano il 14% 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, e si riducono le perdite azotate.

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 2020, l'applicazione dei fertilizzanti sintetici contribuisce all'11% delle emissioni del settore; un altro 11% 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 2% deriva dalle emissioni di CO₂ dovute all'applicazione di urea e carbonati ai suoli e dalla combustione dei residui agricoli (figura 3.13).

Le emissioni dovute all'applicazione dei fertilizzanti sintetici (che rappresenta la categoria più emissiva dei suoli agricoli) si sono ridotte del 24% rispetto al 1990 (considerando le emissioni dirette e indirette di N₂O) e ciò è dovuto al minore utilizzo di questi prodotti (-33%) anche a fronte di un maggior impiego di fertilizzanti organici. Non si è ridotto invece il consumo di urea, che rappresenta il concime più utilizzato: nel 2020 equivale al 50% dell'azoto totale dei concimi azotati sintetici applicati sui suoli agricoli. Negli anni ha fatto registrare un andamento altalenante, per tornare nel 2020 ai livelli di consumo del 1990.

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, 2022 [a]).

¹⁹ Associazione Italiana Allevatori <http://bollettino.aia.it/>

3.6. Il settore LULUCF

Il settore LULUCF (uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e silvicoltura) ha la capacità di generare degli assorbimenti di carbonio, contribuendo alla mitigazione dei cambiamenti climatici. Si stima che nel 2020 il settore abbia assorbito oltre 32 Mt CO₂ eq. (tabella 3.6), principalmente grazie alle foreste ed ai prati, pascoli ed altre terre boscate, come mostrato in figura 3.15.

Tabella 3.6 - Assorbimenti ed emissioni di gas serra delle categorie del settore LULUCF (Mt CO₂ eq.)

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	<i>Mt CO₂ equivalente</i>												
Foreste	-17.3	-31.0	-25.7	-34.5	-36.1	-36.9	-38.0	-39.2	-36.1	-20.4	-31.9	-36.3	-30.1
Terre agricole	1.7	0.7	-0.5	-1.9	-0.9	1.7	1.4	0.6	-1.3	-1.0	-0.6	-0.5	0.0
Prati e pascoli, altre terre boscate	5.1	-1.9	-1.4	-6.1	-9.2	-9.6	-9.0	-9.4	-8.4	-4.1	-9.0	-8.0	-7.2
Zone umide	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Insedimenti urbani	7.1	8.9	7.0	7.8	4.7	4.7	4.7	4.7	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6
Prodotti legnosi (HWP)	-0.4	-0.7	-0.5	-0.5	-0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.3	-1.5	-0.7
Totale settore LULUCF	-3.6	-24.0	-21.1	-35.2	-41.5	-39.6	-40.5	-43.1	-40.2	-19.9	-35.5	-40.7	-32.4

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

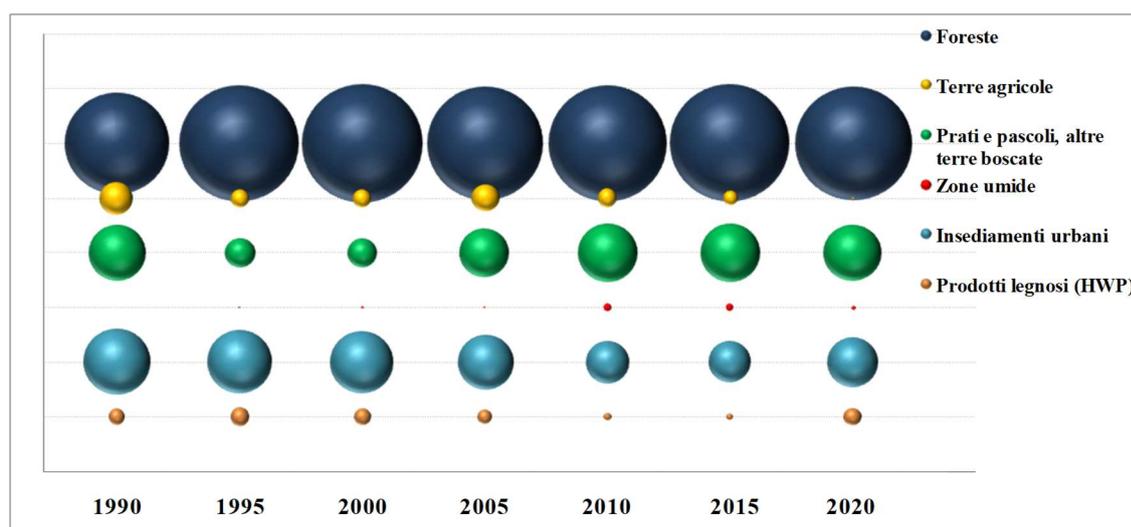


Figura 3.15 - Variazione del peso contributivo delle categorie emissive del settore LULUCF

Gli assorbimenti totali del settore LULUCF mostrano un'elevata variabilità influenzata soprattutto dalle superfici percorse annualmente da incendi e dalle relative emissioni di gas serra, come è possibile notare in figura 3.16.

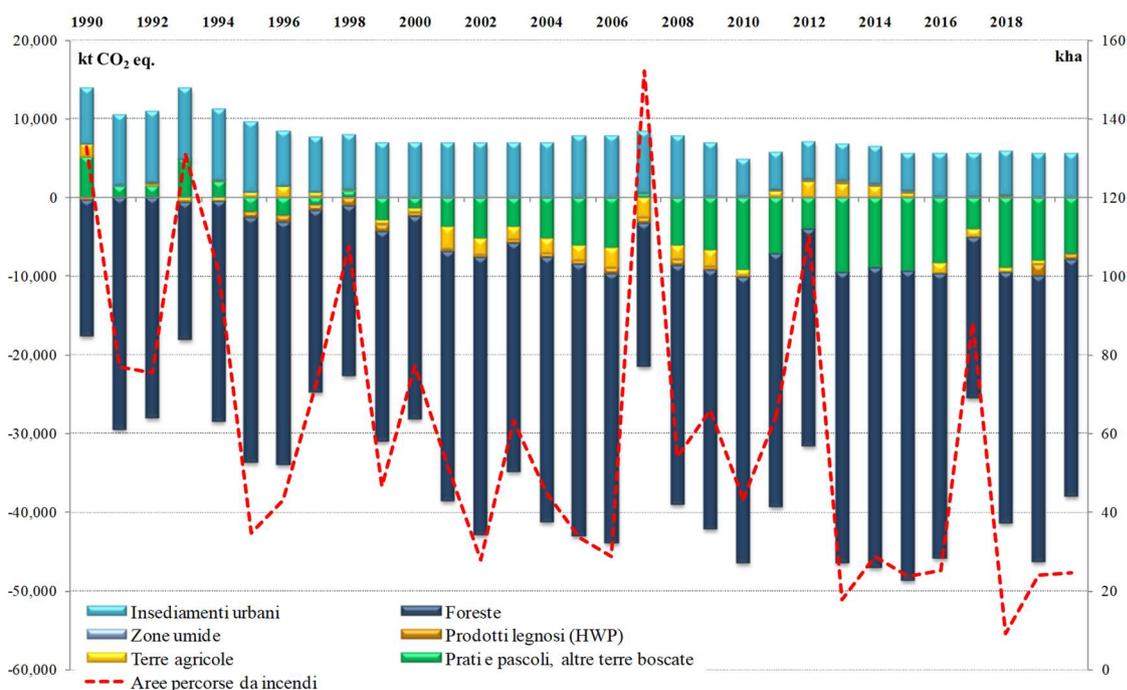


Figura 3.16 – Assorbimenti ed emissioni di gas serra del settore LULUCF (MtCO₂ eq.) ed aree percorse da incendi in migliaia di ettari (kha)

Il consistente aumento degli assorbimenti di CO₂ è dovuto, essenzialmente, all'aumento della superficie forestale (+23% dal 1990) e dal conseguente aumento di sequestro di carbonio nella biomassa forestale. L'adozione di pratiche gestionali ambientalmente più favorevoli²⁰ ha permesso un aumento del carbonio sequestrato dai suoli delle terre agricole e dei prati e pascoli, come illustrato nella figura 3.17.

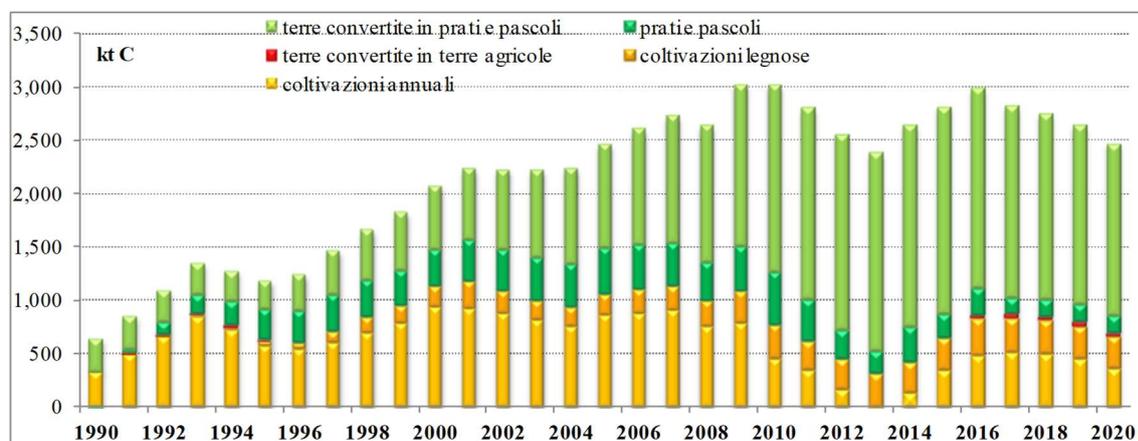


Figura 3.17 – Carbonio sequestrato dai suoli delle terre agricole e dei prati e pascoli (kt C)

Informazioni dettagliate sono riportate nel National Inventory Report (NIR) (ISPRA, 2022 [a], cap. 6). L'inventario nazionale dei gas serra include anche le informazioni ed i dati relative alle attività previste dagli art. 3.3 e 3.4 del Protocollo di Kyoto; per la stima di tali attività, la cui corrispondenza con le categorie del settore LULUCF è riportata in tabella 3.7, sono utilizzati gli stessi dati alla base della stima degli assorbimenti e delle emissioni del settore LULUCF. Ulteriori informazioni sono incluse nel NIR (ISPRA [a], 2022, cap. 9).

²⁰ gestione integrata, pratiche conservative, biologico, set-aside

Tabella 3.7 – Corrispondenza tra categorie del settore LULUCF e attività LULUCF del Protocollo di Kyoto

Attività KP LULUCF	Categorie LULUCF
Gestione forestale	foresta
afforestazione - riforestazione	terra convertita a foresta
deforestazione	terra convertita a insediamenti urbani
gestione delle terre agricole	terre agricole
gestione dei prati e pascoli	prati, pascoli e altre terre boscate

3.7. Il settore Rifiuti

Il settore Rifiuti, che contribuisce con il 4.9% alle emissioni totali dei gas serra in Italia, nel 2020, è responsabile di 18.6 MtCO₂ eq. nel 2020, dovute principalmente alla gestione delle discariche (76%) ed al trattamento delle acque reflue (quasi il 20%). In figura 3.18 è rappresentata la variazione, negli anni, del peso contributivo delle categorie emmissive del settore Rifiuti.

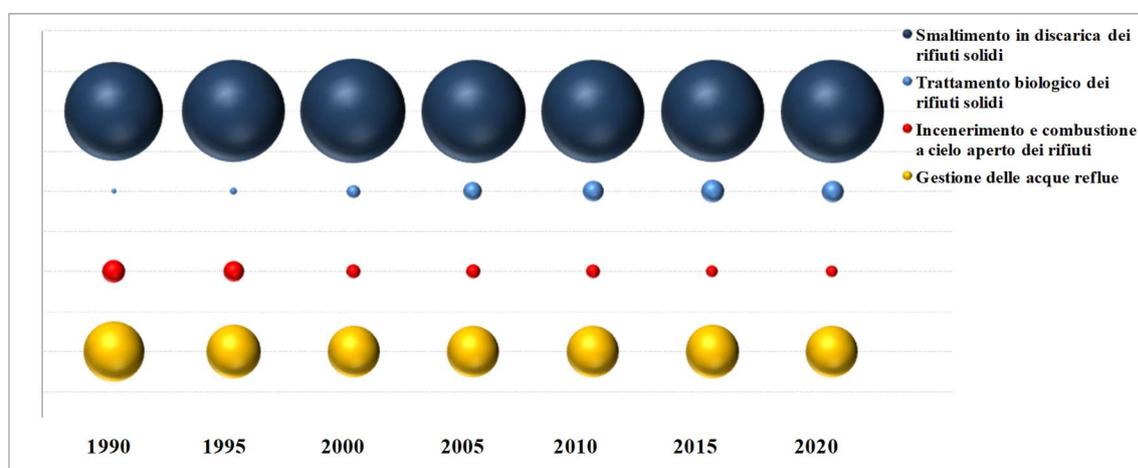


Figura 3.18 - Variazione del peso contributivo delle categorie emmissive del settore Rifiuti

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 di CH₄, pari al 8,6% rispetto al 1990, con un aumento del 16,8% per quanto riguarda le emissioni dalle discariche e una riduzione del 19,4% relativamente al trattamento acque reflue.

Tabella 3.8 - Emissioni di gas serra delle categorie del settore Rifiuti per il periodo 1990-2020

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	<i>Mt CO₂ equivalente</i>												
Smaltimento in discarica dei rifiuti solidi	12,2	15,1	17,2	17,0	15,6	13,9	13,8	14,0	13,7	13,6	13,6	13,4	14,3
Trattamento biologico dei rifiuti	0,0	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
Incenerimento dei rifiuti	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Trattamento delle acque reflue	4,5	4,2	4,1	4,1	3,9	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6
Totale settore Rifiuti	17,3	20,0	21,9	21,9	20,4	18,6	18,4	18,5	18,3	18,2	18,1	17,9	18,6

Ad oggi, ancora il 30% circa dei rifiuti prodotti viene avviato a discarica (nel 2020 sono stati smaltiti in discarica 5.817.000 tonnellate di rifiuti solidi urbani, 2.910.000 tonnellate di rifiuti industriali assimilabili e 162.000 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 1990-2020, in figura 3.19.

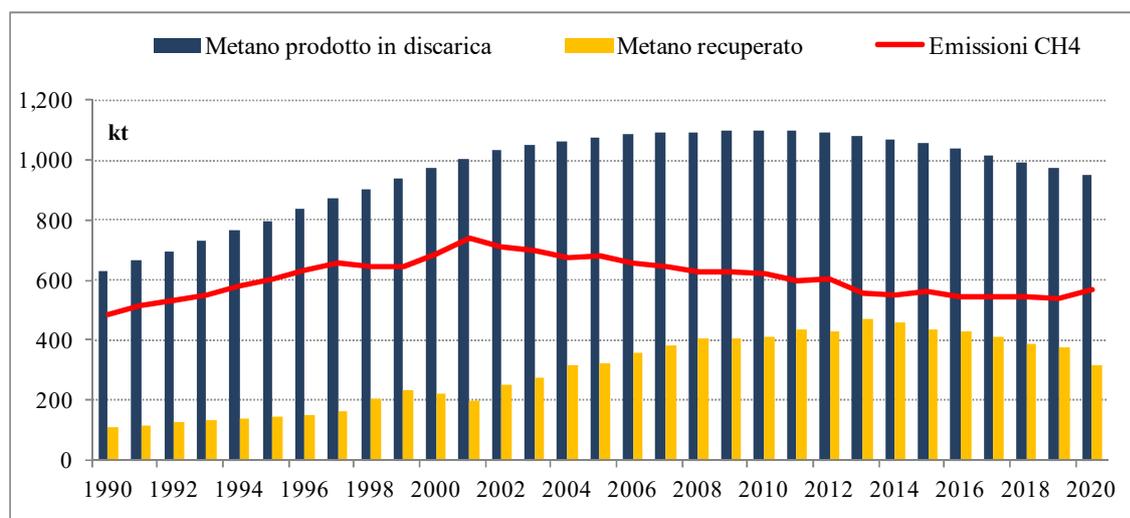


Figura 3.19 – Metano prodotto, recuperato ed emesso dallo smaltimento dei rifiuti in discarica dal 1990 al 2020

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 3.20 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 2020.

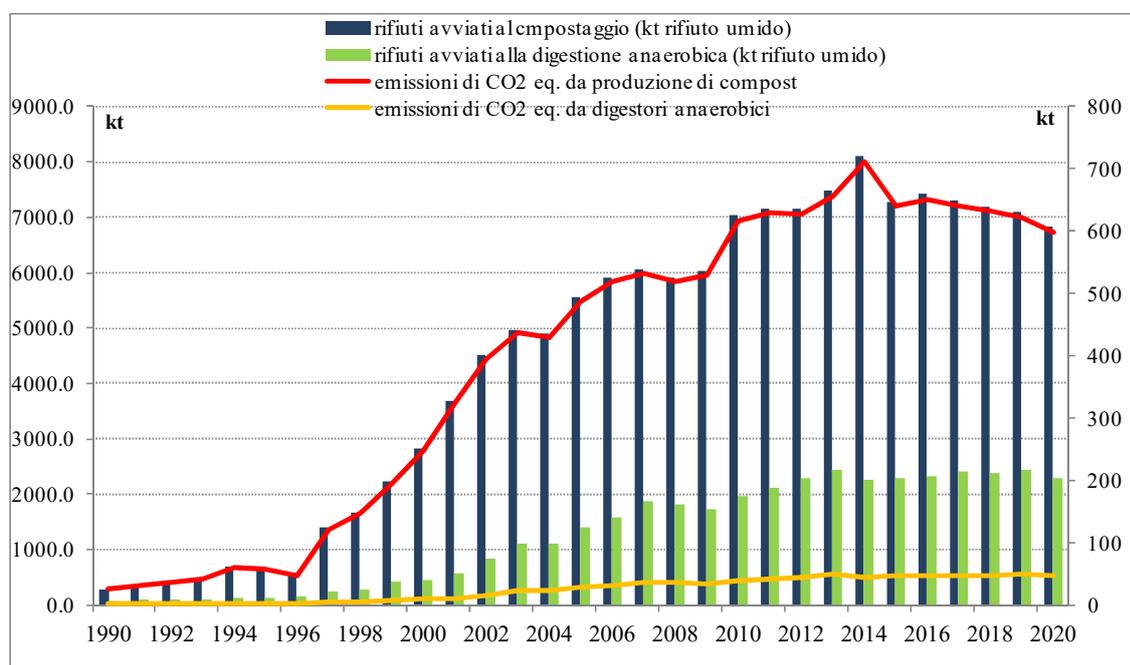


Figura 3.20 – Rifiuti trattati ed emissioni dagli impianti di compostaggio e digestione anaerobica

Le emissioni di gas serra derivanti dall'incenerimento dei rifiuti²¹ sono diminuite dell'83%, passando da 534 kt CO₂ eq. nel 1990, a 92 kt CO₂ eq. nel 2020. Queste emissioni includono il trattamento dei rifiuti urbani, industriali, sanitari, oli esausti e fanghi negli inceneritori senza recupero energetico; sono inoltre incluse le emissioni dal co-incenerimento dei rifiuti negli impianti industriali, dalla cremazione dei defunti, dalla combustione dei rifiuti agricoli e dai roghi dei rifiuti abbandonati.

Le emissioni di CH₄ e N₂O derivanti dal trattamento delle acque reflue urbane ed industriali (figura

²¹ Le corrispondenti emissioni dai termovalorizzatori sono riportate nel settore Energia (nel 2020 circa il 99% del totale dei rifiuti avviati all'incenerimento sono stati trattati in impianti dotati di recupero energetico).

3.21) mostrano una diminuzione nel periodo 1990-2020; 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 2020 copre l'88% 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.

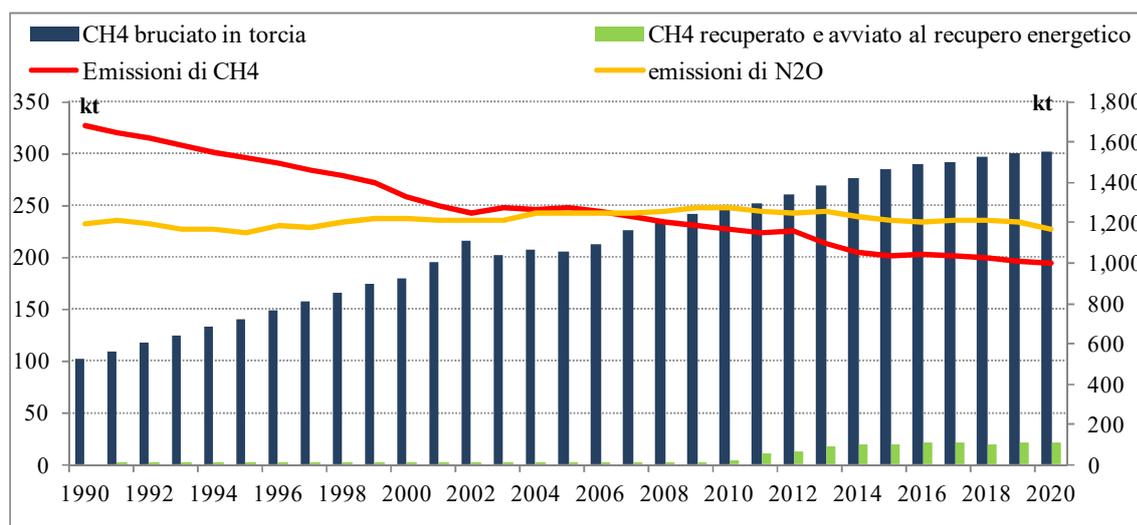


Figura 3.21 – Emissioni di CH₄ e di N₂O dal trattamento delle acque reflue urbane ed industriali

4. Gli obiettivi di riduzione e la contabilizzazione

4.1. La situazione emissiva dei settori non ETS

Gli impegni per il periodo 2013-2020 per i settori non-ETS (trasporti, civile, piccola industria, agricoltura e rifiuti), 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 [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.

Le emissioni totali non ETS, da considerare per la verifica degli obiettivi annuali vincolanti per l'Italia, e la distanza annuale dall'obiettivo nell'ambito della decisione ESD 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 non ETS	283.6	274.4	283.4	282.1	275.9	280.8	275.0	254.0
Obiettivo	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, la piena attuazione degli impegni assunti in materia di efficienza energetica e fonti rinnovabili di cui alle Conclusioni del Consiglio Europeo dell'8-9 marzo 2007, permette al Paese di ottenere riduzioni di emissione superiori a quelle necessarie per adempiere agli obiettivi della decisione Effort Sharing.

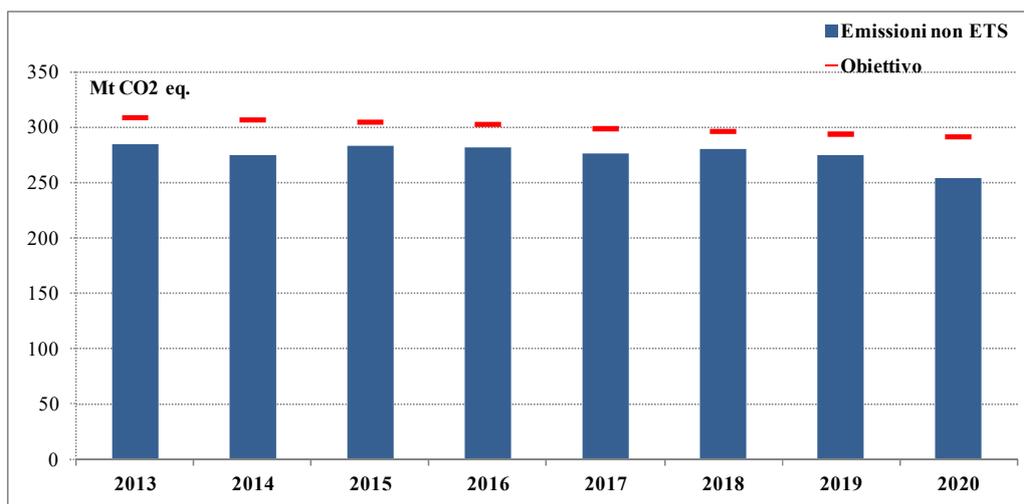


Figura 4.1 - Emissioni ESD ed obiettivo annuale di riduzione delle emissioni ESD (Mt CO₂ eq.)

4.2.La contabilizzazione delle attività LULUCF del Protocollo di Kyoto

Le emissioni e gli assorbimenti dalle attività LULUCF previste dagli art. 3.3 e 3.4 del Protocollo di Kyoto sono riportate annualmente nell'inventario nazionale delle emissioni di gas serra, come informazioni aggiuntive, e contabilizzate alla fine del secondo periodo d'impegno nel 2022, relativamente al periodo 2013-2020, per le attività forestali (*gestione forestale, afforestazione/riforestazione/deforestazione*) e per le attività di gestione delle terre agricole (*cropland management*) e gestione dei prati e pascoli (*grazing land management*), elette tra le attività aggiuntive per il secondo periodo d'impegno. Sono diverse le regole da applicare per contabilizzare le attività LULUCF del Protocollo di Kyoto, riportate in tabella 4.3.

Tabella 4.3 - Regole di contabilizzazione per le attività LULUCF del Protocollo di Kyoto

Attività	Regole di contabilizzazione
art. 3.3 Afforestation - Reforestation Deforestation	gross-net gross-net Si contabilizza ogni credito (o debito) connesso agli assorbimenti e alle emissioni di gas serra stimati per la durata del periodo d'impegno, senza alcun limite.
art. 3.4 Forest Management	FMRL* Si contabilizza ogni credito (o debito) derivante dal confronto del bilancio emissioni/assorbimenti netti durante il periodo d'impegno con il livello di riferimento (FMRL), generando debiti se gli assorbimenti diminuiscono rispetto a tale livello e crediti se vi è invece un aumento degli assorbimenti.
Cropland management	net-net Si contabilizza ogni credito (o debito) derivante dal confronto del bilancio emissioni/assorbimenti netti durante il periodo d'impegno e le emissioni/assorbimenti del 1990 (<i>base year</i>).
Grazing land management	net-net

* Forest Management Reference Level (FMRL) o livello di riferimento per la gestione forestale

Il [livello di riferimento per la gestione forestale \(FMRL\)](#)²² per l'Italia è pari a -22,166 Mt CO₂ 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 livello di riferimento per la gestione forestale è il valore medio degli assorbimenti ed emissioni di gas serra associate alla gestione forestale (FM) per il periodo 2013-2020, sulla base di dati di attività e politiche e misure attuate prima del 2010. Sono inclusi nel FMRL italiano tutti i serbatoi di carbonio della biomassa epigea ed ipogea, la necromassa e i prodotti legnosi (HWP); sono inoltre incluse le emissioni di gas serra diversi dalla CO₂ derivanti dagli incendi boschivi.

Coerentemente con quanto previsto dalla [decisione 2/CMP.7](#), al fine di assicurare la coerenza metodologica tra il livello di riferimento FMRL ed il reporting delle emissioni ed assorbimenti delle

²² Il FMRL è stato oggetto di una valutazione tecnica, da parte di esperti UNFCCC; il valore dell'FMRL è stato riportato nell'appendice dell'annesso alla [decisione UNFCCC 2/CMP.7](#)

attività di gestione forestale è stata applicata una correzione tecnica del FMRL, per tener conto dei nuovi dati disponibili e della modifica metodologica intercorsa durante il periodo d'impegno 2013-2020. Informazioni dettagliate sulla correzione tecnica del FMRL applicata sono riportate nel National Inventory Report (NIR) (ISPRA [a], 2022, par. 9.5.2.3) e riassunte in tabella 4.4.

Tabella 4.4 - Correzione tecnica applicata al livello di riferimento per la gestione forestale (FMRL)

	Emissioni ed assorbimenti (kt yr⁻¹)
FMRL	-22,166
FMRLcorr	-23,846
differenza %	8%
Correzione tecnica	-1,680
Parametro per la contabilizzazione	23,846

Nella tabella 4.5 sono riportate le informazioni sulla contabilizzazione delle attività di KP-LULUCF sulla base degli assorbimenti e delle emissioni di gas serra degli anni 2013-2020.

La contabilizzazione delle attività LULUCF previste dagli articoli 3.3 e 3.4 del Protocollo di Kyoto per il secondo periodo d'impegno (2013-2020) è pari a -122.2 Mt CO₂ eq.

Le attività di afforestazione/riforestazione e deforestazione sono responsabili di -47.2 Mt CO₂ eq., nel loro complesso, mentre la gestione forestale contribuisce alla contabilizzazione per una quantità pari a -22.5 Mt CO₂ eq. La contabilizzazione della gestione delle terre agricole (cropland management) e gestione dei prati e pascoli (grazing land management) appare particolarmente rilevante, contribuendo per -52.5 Mt CO₂ eq.

Tabella 4.5 - Contabilizzazione della attività previste dall'art. 3.3. e 3.4 del Protocollo di Kyoto, per il 2013-2020

	Anno base (1990)	Assorbimenti ed emissioni di gas serra									Parametri per la contabilizzazione	Quantità da contabilizzare (2)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Totale ⁽¹⁾		
kt CO ₂ eq.												
A. Article 3.3 activities												
A.1. Afforestation/reforestation		-6,257	-8,166	-8,570	-9,036	-8,300	-5,485	-7,987	-9,142	-62,942		-62,942
Excluded emissions from natural disturbances⁽³⁾		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
A.2. Deforestation		1,942	1,953	1,964	1,973	1,975	1,983	1,993	2,000	15,785		15,785
B. Article 3.4 activities												
B.1. Forest management											-213,299	-22,531
Net emissions/removals		-30,100	-31,097	-32,248	-29,064	-13,117	-24,275	-30,218	-23,179	-213,299		
Excluded emissions from natural disturbances⁽³⁾		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
Forest management reference level (FMRL)⁽⁴⁾											-22,166.00	
Technical corrections to FMRL⁽⁵⁾											-1,680.06	
Forest management cap⁽⁶⁾											146,138	-22,531
B.2. Cropland management	1,381	-2,283	-2,578	-3,504	-5,674	-5,581	-5,318	-5,417	-4,011	-34,366		-45,418
B.3. Grazing land management	126	-769	-1,183	-845	-933	-542	-574	-640	-613	-6,100		-7,105

(1) Assorbimenti ed emissioni nette cumulate per tutti gli anni del periodo d'impegno 2013-2020

(2) La quantità da contabilizzare è la quantità totale di unità da aggiungere o sottrarre all'ammontare assegnato ai diversi Paesi Annex 1 per le diverse attività, coerentemente con i requisiti dell'art. 7.4 del Protocollo Kyoto

(3) L'Italia non ha escluso le emissioni relative ai disturbi naturali

(4) Forest management reference level (FMRL) così come incluso nell'appendice dell'annesso della decisione 2/CMP.7, in kt CO₂ eq per anno

(5) Correzione tecnica al FMRL in kt CO₂ eq per anno

(6) Per il secondo periodo d'impegno, le unità derivanti dalla gestione forestale aggiunte all'ammontare assegnato non dovranno essere superiori al 3.5% del totale delle emissioni nazionali nell'anno base (1990), senza il LULUCF, moltiplicato per 8, coerentemente con il par. 13 dell'annesso alla decisione 2/CMP.7

5. Indicatori di efficienza e decarbonizzazione

Gli indicatori di decarbonizzazione forniscono informazioni sulla riduzione delle emissioni atmosferiche di gas climalteranti per unità di energia utilizzata o per unità di ricchezza prodotta, mentre gli indicatori di efficienza forniscono informazioni su quanto efficientemente viene utilizzata l'energia per produrre beni e servizi o per produrre ricchezza economica.

5.1.Indicatori nazionali

Gli indicatori possono essere definiti a livello macroscopico per monitorare l'intero sistema energetico nazionale o essere applicati ai diversi settori del sistema energetico (sistema elettrico, industria, ecc.). Uno dei principali indicatori di decarbonizzazione del sistema energetico nazionale è la quota di consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili, come definito dalla direttiva 2009/28/CE recepita nell'ordinamento nazionale con il D. Lgs n. 28 del 3 marzo 2011. Le quote di consumo finale sono ripartite per i consumi di energia elettrica, per usi termici e nei trasporti. Gli obiettivi vincolanti per ciascun Paese membro riguardano la quota di consumo totale di energia rinnovabile e la quota nel settore dei trasporti.

In figura 5.1 sono riportate le quote di consumi di energia da fonte rinnovabile nei diversi comparti. L'incremento è particolarmente rilevante nel settore elettrico che passa da 16.6% a 38.1% dal 2008 al 2020. Nei trasporti la quota mostra un incremento fino al 10.7% nel 2020, superiore all'obiettivo del 10%. Nel settore del riscaldamento e raffrescamento (Heating & Cooling) si osserva un andamento parallelo alla quota totale con un valore del 19.9% nel 2020.

Nel 2020 la quota di energia rinnovabile, calcolata secondo i criteri stabiliti dalla direttiva 2009/28/CE, è pari al 20.4% rispetto al consumo finale lordo, un valore superiore all'obiettivo del 17%. La quota di energia rinnovabile è più che triplicata rispetto al 2004 quando rappresentava il 6.3% del consumo finale lordo di energia.

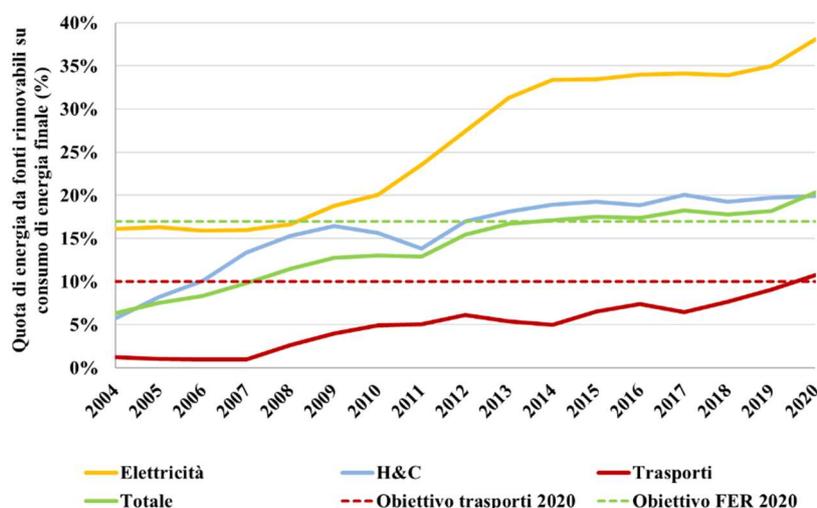


Figura 5.1 - Andamento della quota dei consumi di energia da fonti rinnovabili su consumi finali lordi secondo la metodologia richiesta dalla Direttiva 2009/28/CE (fonte EUROSTAT)

La decarbonizzazione di un sistema energetico può essere seguita attraverso gli indicatori principali relativi all'economia, al consumo di energia e alle emissioni di gas serra:

- il Prodotto interno lordo (PIL) è l'indicatore principale della ricchezza prodotta a livello nazionale;
- il consumo interno lordo di energia totale ed energia primaria, ovvero l'energia al netto dei consumi non energetici;
- le emissioni di gas serra totali o da processi energetici, direttamente connesse al consumo di energia primaria.

In figura 5.2 sono illustrati gli andamenti delle tre tipologie di indicatori rispetto al 1995. Questa rappresentazione consente la comparazione su base unitaria della variazione relativa di grandezze con unità di misura differenti. L'andamento degli indicatori mostra un incremento progressivo della distanza tra le diverse coppie di indicatori (economia/energia, economia/emissioni, energia/emissioni).

La divergenza tra gli andamenti mostra quindi un disaccoppiamento degli indicatori ambientali, economici ed energetici.

I consumi energetici diminuiscono più rapidamente del PIL e le emissioni diminuiscono più rapidamente dei consumi energetici. I disaccoppiamenti osservati sono dovuti a diversi fattori, tra cui i principali sono: l'incremento delle fonti rinnovabili, l'incremento della quota di combustibili fossili a minor contenuto di carbonio, quali il gas naturale rispetto ai combustibili solidi o petroliferi, l'incremento dell'efficienza tecnologica dei settori produttivi. Questo si traduce nella decarbonizzazione del sistema energetico, ovvero minori emissioni per unità di consumo energetico e nell'incremento dell'efficienza del sistema, ovvero maggiore ricchezza economica per unità di energia consumata.

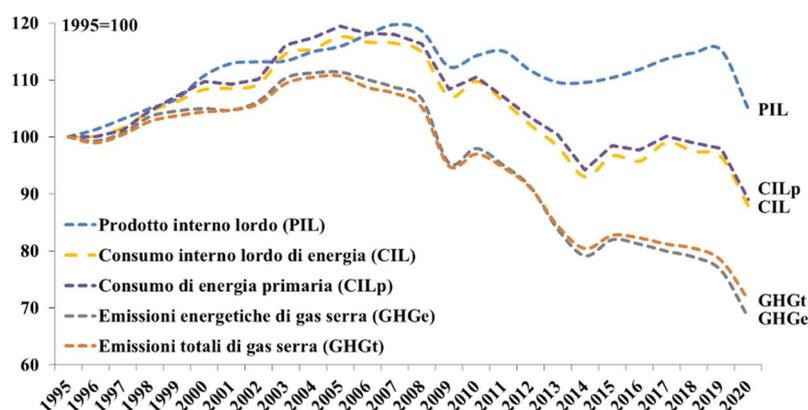


Figura 5.2 - Variazione percentuale rispetto al 1995 del prodotto interno lordo (prezzi di mercato - valori concatenati, anno di riferimento 2015), del consumo interno lordo di energia totale e primaria e delle emissioni di gas ad effetto serra totali e da processi energetici

Gli indicatori considerati possono essere variamente combinati per elaborare indicatori composti come l'intensità di carbonio, utile per monitorare la decarbonizzazione di un sistema, o l'intensità energetica, che è un indicatore dell'efficienza di un sistema economico. L'intensità è espressa in termini di emissioni di gas serra per unità di energia consumata o per unità di ricchezza prodotta e può essere applicata all'intero sistema energetico o ai singoli settori produttivi. D'altra parte, l'intensità energetica è espressa in termini di energia consumata per unità di ricchezza prodotta.

In figura 5.3 è evidente l'andamento decrescente degli indicatori considerati. Nel periodo 1995-2020 il consumo interno lordo di energia per unità di PIL passa da 107.5 tep/M€ a 90 tep/M€, con una riduzione del 16,3%. Nello stesso periodo le emissioni totali di gas serra per unità di PIL si riducono del 31,9%, passando da 356.1 t CO₂ eq/M€ a 242.3 t CO₂ eq/M€, mentre le emissioni dal settore energetico per unità di energia primaria passano da 2.9 t CO₂ eq/tep a 2.2 t CO₂ eq/tep, con una riduzione del 23,3%. Tutti gli andamenti esaminati mostrano una riduzione altamente significativa al test di Mann-Kendall ($p < 0.001$).

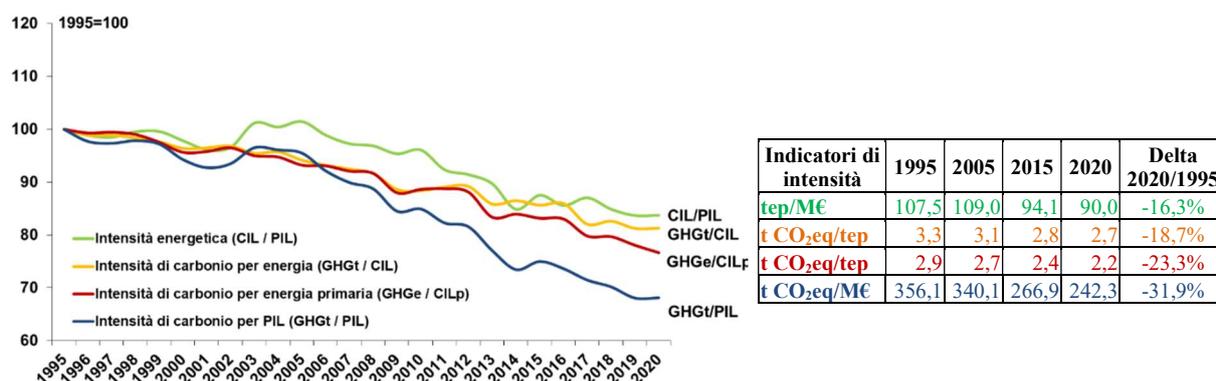
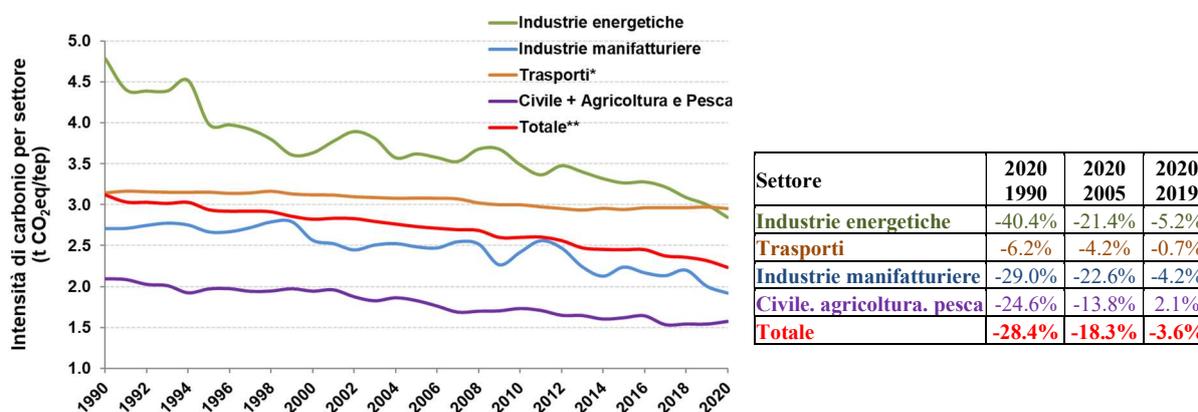


Figura 5.3 - Variazione rispetto al 1995 degli indicatori di intensità energetica e intensità di carbonio

L'indicatore di decarbonizzazione può essere calcolato per i diversi comparti produttivi. In figura 5.4 sono riportati gli andamenti dell'intensità di carbonio dal settore energetico per i diversi comparti. L'intensità emissiva diminuisce in tutti i settori dal 1990 al 2020. Tra i vari fattori che concorrono alla riduzione dell'intensità di carbonio nei diversi settori ci sono, oltre a quelli già citati, anche il livello di elettrificazione dei consumi finali. L'elettrificazione dei consumi finali rappresenta infatti una strategia di notevole impatto per la decarbonizzazione dei sistemi energetici. Le emissioni dovute alla produzione di energia elettrica sono attribuite al settore elettrico che rappresenta la quota prevalente delle industrie energetiche. Questo settore mostra, infatti, il tasso di diminuzione più elevato, -40.4% nel 2020 rispetto al 1990, da 4.8 t CO₂ eq/tep a 2.8 t CO₂ eq/tep in seguito al forte incremento della quota di energia rinnovabile osservato in precedenza. L'industria manifatturiera registra 1.9 t CO₂ eq/tep nel 2020, con decremento del 29% rispetto al 1990. I trasporti sono il settore meno reattivo con una intensità pari a 3 t CO₂ eq/tep nel 2020, -6.2% rispetto al 1990 e valori piuttosto stabili dal 2016. Nel settore civile, insieme ad agricoltura e pesca, si registra il valore 1.6 t CO₂ eq/tep, -24.6% rispetto al 1990 ma +2.1% rispetto al 2019 dovuto all'incremento della quota di energia dai rifiuti; la variazione osservata nell'ultimo anno resta nell'intervallo delle variazioni inter-annuali già registrate. Tutti gli andamenti esaminati presentano una riduzione altamente significativa al test di Mann-Kendall ($p < 0.001$).



* inclusa aviazione internazionale;

** esclusi usi non energetici e inclusa aviazione internazionale.

Figura 5.4 - Intensità di carbonio da consumi energetici

Come per l'intensità di carbonio anche l'intensità energetica può essere elaborata a livello settoriale. In merito a questo indicatore possono essere considerati solo i settori produttivi in relazione al rispettivo valore aggiunto. L'intensità energetica, ovvero il consumo di energia finale per unità di valore aggiunto, è caratterizzata da andamenti e livelli molto differenti nei vari settori (vedi figura 5.5).

L'intensità energetica dei servizi ha un andamento di lungo termine crescente ed è di gran lunga inferiore al livello registrato per industria e agricoltura. Nel settore industria, l'intensità decresce dal 2003 fino al 2018, negli ultimi due anni si registra un incremento dei valori ma è prematuro parlare di inversione di tendenza. L'andamento dell'agricoltura è più variabile con una tendenza alla diminuzione interrotta dal 2013.

L'intensità energetica aggregata diminuisce del 13.9% nel periodo 1995-2020, quale risultato della riduzione osservata per l'industria (-21.8%) e per l'agricoltura (-9%). Tuttavia, nel 2014 l'andamento decrescente si interrompe e nel 2020 si registra un incremento del 6.4% rispetto al 2014.

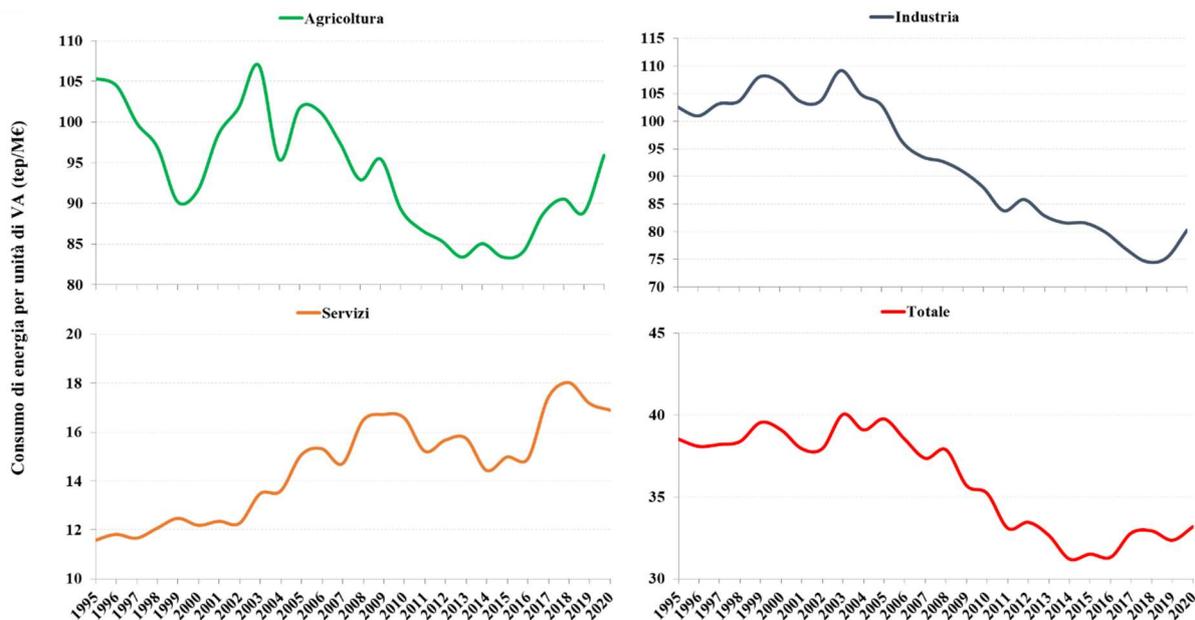


Figura 5.5 - Andamento dell'intensità energetica (energia finale) per i settori economici e dell'intensità energetica aggregata (valori concatenati, anno di riferimento 2015)

L'intensità di carbonio per gli stessi settori economici è illustrata in figura 5.6. Le emissioni atmosferiche per unità di ricchezza prodotta sono quantitativamente molto differenti tra i settori. A tal proposito è opportuno sottolineare che nei settori agricoltura e industria vi sono quote rilevanti di emissione di gas serra non riconducibili alla combustione ma a processi biologici o di sintesi chimica, circa 80% delle emissioni totali dell'agricoltura e da 30% a 40% delle emissioni totali nell'industria. Il settore dell'agricoltura mostra i valori più elevati, mentre nel settore dei servizi si osservano i valori più bassi. L'andamento dell'indicatore nei servizi è stato in controtendenza con quello degli altri settori fino al 2010, successivamente anche questo settore mostra una relativa decarbonizzazione della ricchezza prodotta, sebbene dal 2014 l'indicatore sia tornato a crescere (+45.4% dal 1995 al 2020). Dal 1995 al 2020 i settori industria e agricoltura riducono le relative intensità del 33.6% e 14.2% rispettivamente. L'intensità di carbonio aggregata per unità di valore aggiunto diminuisce del 31.3% dal 1995, con un tasso medio annuo di -1.5% dovuto al contributo dei settori industria e agricoltura.

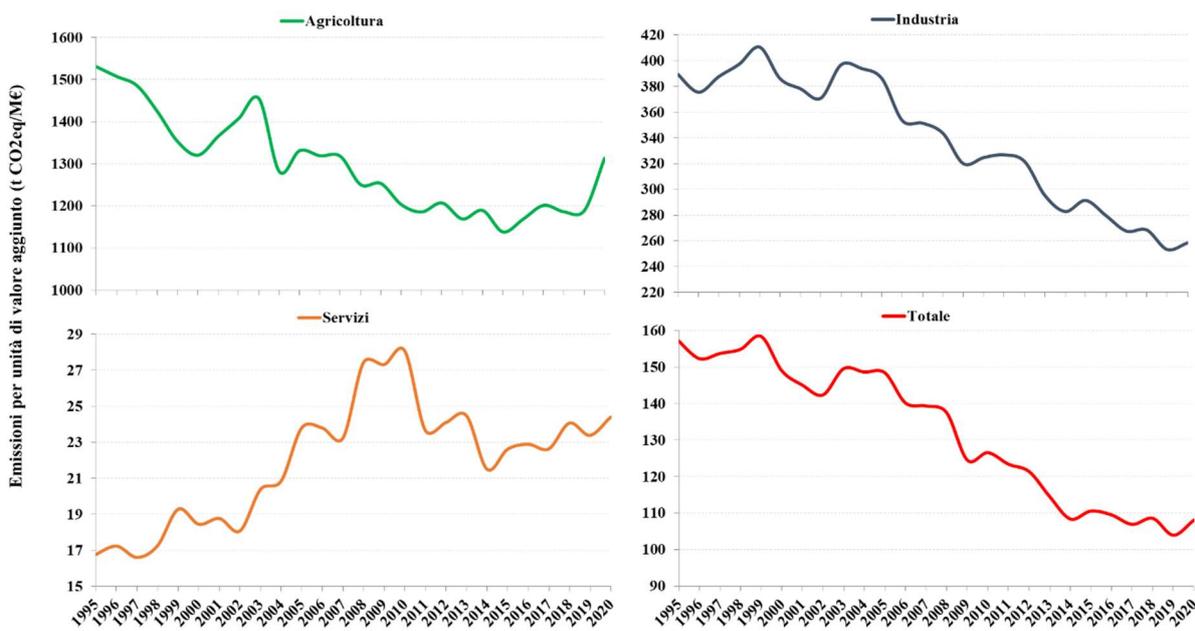


Figura 5.6 - Andamento delle emissioni di gas serra per unità di valore aggiunto (valori concatenati, anno di riferimento 2015)

La continua crescita dei consumi di energia elettrica negli usi finali fa del settore elettrico uno dei principali attori del sistema energetico nazionale. L'elettrificazione dei consumi rappresenta inoltre una delle più importanti strategie di decarbonizzazione del sistema energetico nazionale in relazione all'atteso incremento della quota di elettricità da fonti rinnovabili.

Nel seguente grafico (figura 5.7) sono illustrati gli andamenti della produzione elettrica lorda nazionale e delle emissioni di anidride carbonica. Il progressivo allontanamento dei due andamenti, e quindi disaccoppiamento tra i due parametri, è reso evidente dalla costante diminuzione del fattore di emissione per unità di produzione elettrica. Il fattore di emissione mostra una diminuzione già dai primi anni in seguito all'aumento dell'efficienza tecnologica del parco termoelettrico e della quota di combustibili a minore contenuto di carbonio. Dal 1990 al 2005 il tasso medio annuo di riduzione del fattore di emissione è pari 1.3%. Dopo il 2005 la diminuzione annua del fattore di emissione accelera diventando 4.1% all'anno fino al 2020. Questa accelerazione è prevalentemente dovuta all'incremento della quota di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

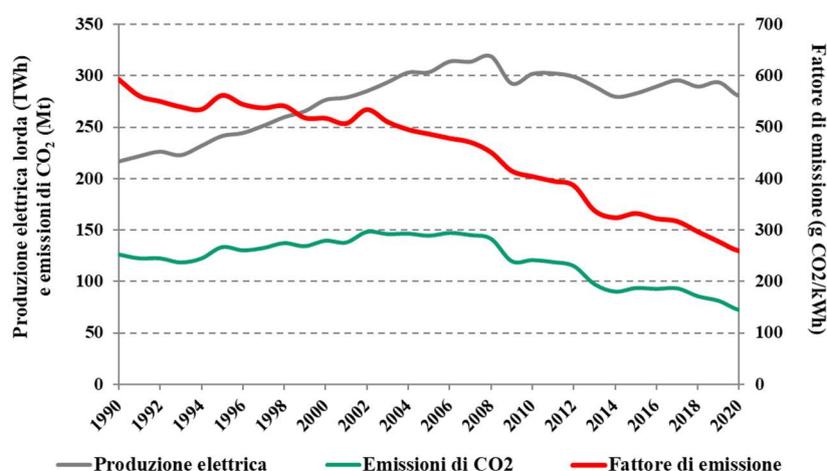


Figura 5.7 - Andamento della produzione elettrica, delle emissioni di CO₂ e del fattore di emissione

Le ragioni della diminuzione del fattore di emissione della produzione elettrica, come già menzionato, sono dovute a diversi fattori quali l'efficienza tecnologica, il mix di combustibili fossili e l'incremento delle fonti rinnovabili. Nel seguente grafico sono riportate le quote della produzione elettrica lorda dalle rispettive fonti. Dal 1990 è evidente un costante incremento del gas naturale a scapito dei prodotti petroliferi. Di particolare importanza è anche la riduzione della quota di combustibili solidi negli ultimi anni. Inoltre, dal 2007 si nota la crescente quota delle fonti rinnovabili che negli ultimi anni mostra un rallentamento.

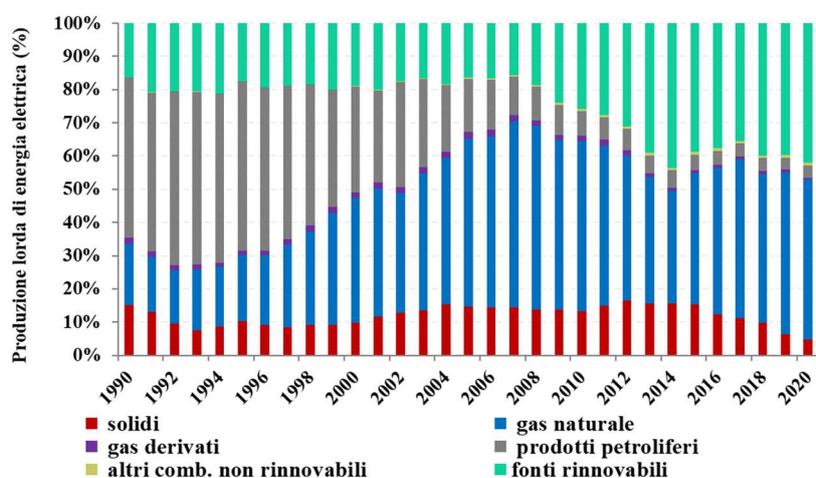


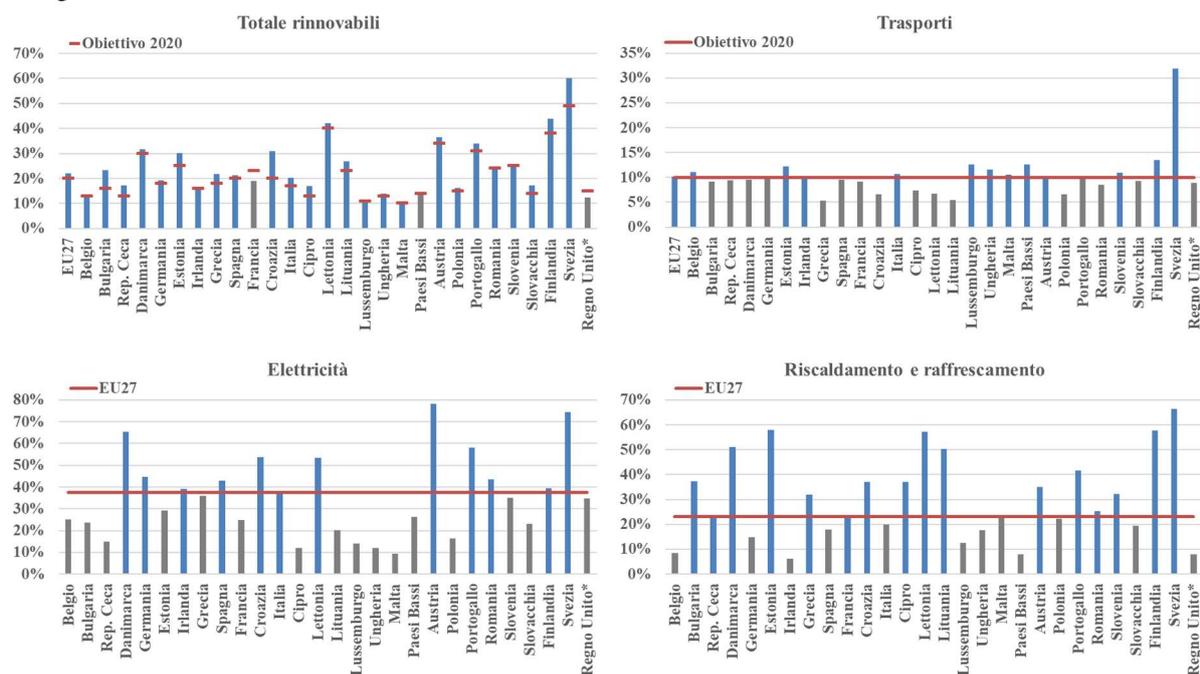
Figura 5.8 – Quota di produzione elettrica lorda per fonte

Ulteriori dettagli sugli indicatori nazionali sono riportati in ISPRA [b], 2022.

5.2. Confronti internazionali

Tra i principali obiettivi stabiliti nel contesto europeo per il 2020 vi è la quota di consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili, come definita dalla Direttiva 2009/28/CE. Gli obiettivi vincolanti per i Paesi membri riguardano la quota di consumo totale di energia rinnovabile e la quota nel settore dei trasporti. Per gli altri comparti, consumo di energia elettrica e per il riscaldamento e raffreddamento, non vi sono obiettivi vincolanti ma può essere utile un confronto con la media europea per valutare le prestazioni di ciascun Paese membro. Nel 2020 sono disponibili i dati per EU27, mentre per il Regno Unito sono disponibili i dati al 2019.

Nella figura 5.9 è evidente che l'obiettivo della quota di consumi da fonti rinnovabili non è stato raggiunto da Francia e Paesi Bassi, mentre sono molti di più i Paesi che non hanno raggiunto l'obiettivo stabilito per il settore dei trasporti, tra cui diversi Paesi con una quota rilevante di consumi energetici totali.



* dato 2019

Figura 5.9 - Quota di consumo finale di energia rinnovabile totale e nei diversi comparti (trasporti, elettricità, riscaldamento e raffreddamento) nei paesi EU27 nel 2020 e nel Regno Unito

Il contributo dei vari Paesi membri al raggiungimento degli obiettivi europei varia in relazione alle dimensioni degli stessi. A tal proposito è utile esaminare la quota relativa delle emissioni di gas serra dei diversi Paesi Europei e la quota delle rispettive economie. I dati attualmente disponibili per le emissioni di gas serra si riferiscono al 2019. Le emissioni di gas serra degli altri Paesi saranno disponibili successivamente al 15 aprile, data di invio al segretariato dell'UNFCCC degli Inventari nazionali delle emissioni di gas serra.

Considerando i Paesi con almeno il 3% delle emissioni o del PIL a livello europeo, si nota che i primi nove Paesi rappresentano circa l'80% delle emissioni di gas serra e del PIL di EU28 (figura 5.10).

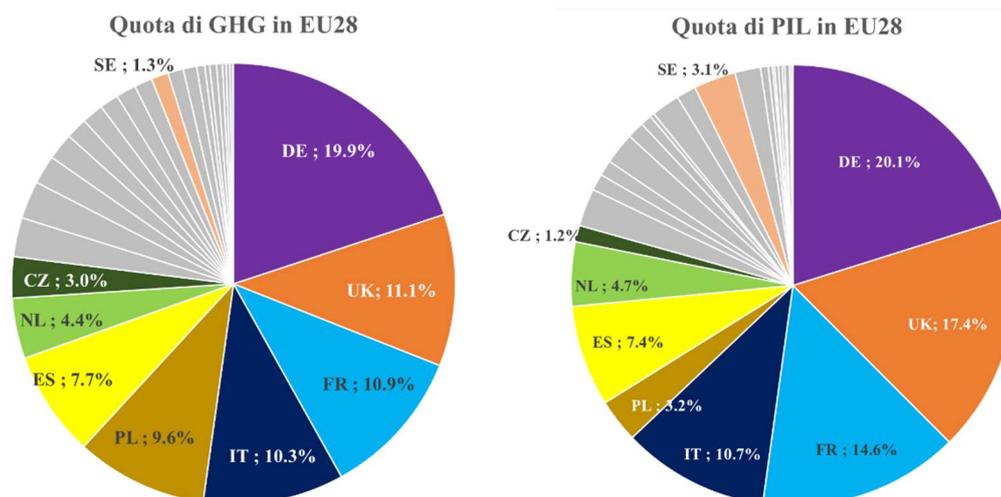
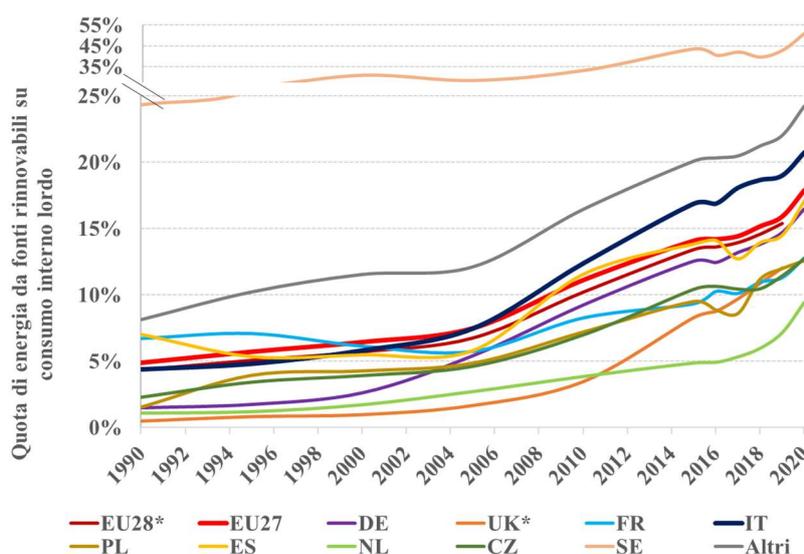


Figura 5.10 - Quota di emissioni di gas serra e di prodotto interno lordo nei paesi EU28 nel 2019

L'andamento della quota di energia rinnovabile rispetto al consumo interno lordo di energia mostra che tra i principali Paesi europei l'Italia ha la quota più elevata, seconda solo alla Svezia (figura 5.11). L'andamento dell'indicatore nazionale si allontana da quello medio di EU28 già dal 2002 e, nel 2020, la quota è pari a 20.7% contro il 17.9% di EU27. Andamenti analoghi a quello nazionale si riscontrano anche negli altri Paesi, sebbene con quote di minore entità. La quota di energia rinnovabile nel gruppo di 'altri' Stati membri è maggiore di quella nazionale e nel 2020 si attesta al 24.2%.

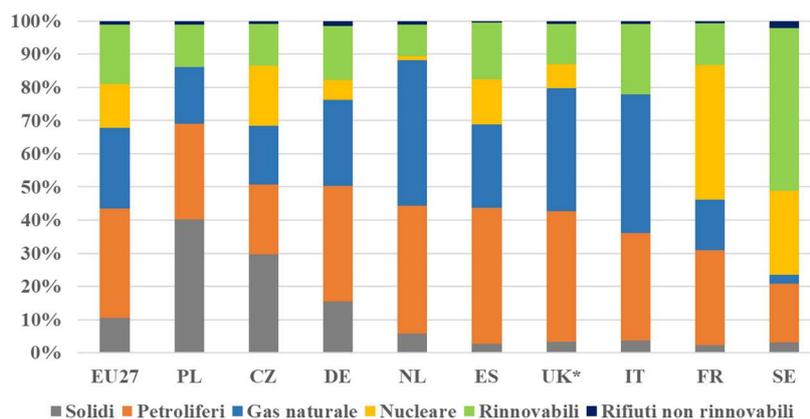


* dato aggiornato al 2019

Figura 5.11 - Andamento della quota di energia da fonti rinnovabili su consumo interno lordo per i principali paesi Europei

Il mix energetico dei paesi Europei è molto eterogeneo e le emissioni di gas serra dipendono strettamente dalle quote dei diversi combustibili fossili utilizzati. Le politiche ambientali europee hanno portato a un cambiamento significativo del mix energetico negli Stati membri ma restano ancora quote rilevanti di combustibili ad elevato contenuto di carbonio.

La quota di energia da combustibili solidi sul consumo interno lordo si riduce in EU27 da 26.3% nel 1990 al 10.5% nel 2020 ma restano quote rilevanti in alcuni dei maggiori Stati come Polonia (39.7%), Repubblica Ceca (33.1%) e Germania (15.7%) (figura 5.12). Il petrolio e i prodotti petroliferi, invece, mostrano una modesta riduzione in EU27, dal 38.3% del 1990 al 32.9% del 2020, con tendenze diverse tra gli Stati. Il consumo di energia da gas naturale mostra un notevole aumento in quasi tutti gli Stati e in EU27, varia da 17.1% nel 1990 a 24.4% nel 2020.



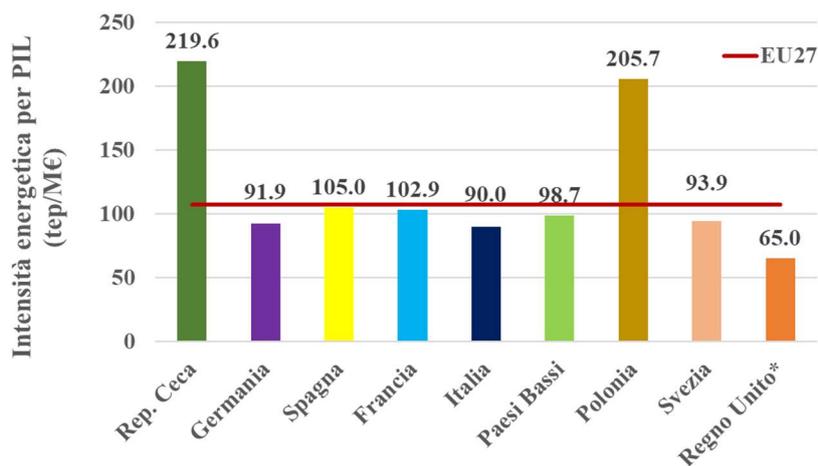
* dato aggiornato al 2019

Stati ordinati in ordine decrescente della quota di combustibili solidi e petroliferi.

Figura 5.12 - Quota di energia per fonte su consumo interno lordo dei principali paesi Europei nel 2020

Gli indicatori di intensità energetica e di carbonio esaminati a livello nazionale possono essere elaborati anche per i confronti tra i principali Paesi europei. Nel seguente grafico (figura 5.13) è riportato il consumo interno lordo di energia per unità di prodotto interno lordo nel 2020, eccetto per il Regno Unito i cui dati disponibili sono del 2019 (ISPRA, 2021). Il grafico mostra che l'Italia, dopo il Regno Unito, ha l'intensità energetica per unità di ricchezza prodotta più bassa. A parità di PIL, il sistema produttivo nazionale consuma il 2.1% in meno di energia di quello tedesco e il 14.3% in meno di quello spagnolo.

L'intensità energetica dipende in misura rilevante dalle quote relative di energia e valore aggiunto da industria e servizi, poiché le attività industriali sono maggiormente energivore rispetto a quelle del settore terziario. Pertanto, l'indicatore può essere correttamente confrontato tra economie comparabili per i rispettivi settori produttivi. A tal proposito va considerato il differente assetto economico di paesi come Italia e Regno Unito poiché in Italia, il settore industriale, caratterizzato da elevati consumi energetici per unità di valore aggiunto, continua ad essere rilevante dell'economia nazionale, mentre le attività economiche del Regno Unito mostrano un maggiore spostamento verso il settore terziario, caratterizzato da minore fabbisogno energetico per unità di valore aggiunto. Il valore registrato per l'Italia è comparabile con quello registrato per la Germania.



* dato aggiornato al 2019

Figura 5.13 - Intensità energetica dei principali paesi Europei nel 2020

In merito all'intensità di carbonio, è al momento possibile effettuare i confronti con le emissioni di gas serra del 2019 (figura 5.14). L'intensità di carbonio nazionale per unità di ricchezza prodotta è inferiore alla media europea e al valore registrato per Germania e Spagna, mentre l'intensità di carbonio dal settore energetico per unità di energia primaria è più elevata della media europea ma inferiore a quella registrata per la Germania e altri paesi Europei. L'intensità di carbonio risente della

quota di energia rinnovabile ed energia nucleare utilizzate, entrambe prive di emissioni climalteranti in base alle regole stabilite per la compilazione degli inventari nazionali delle emissioni di gas serra.

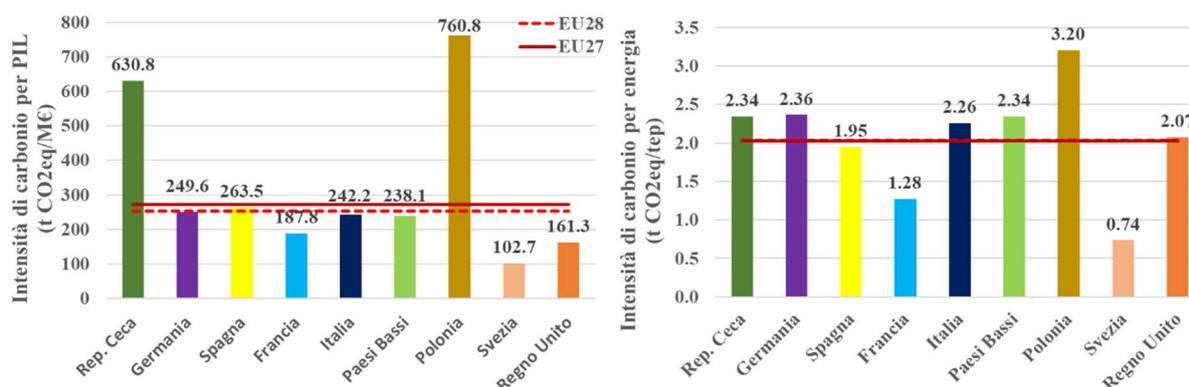
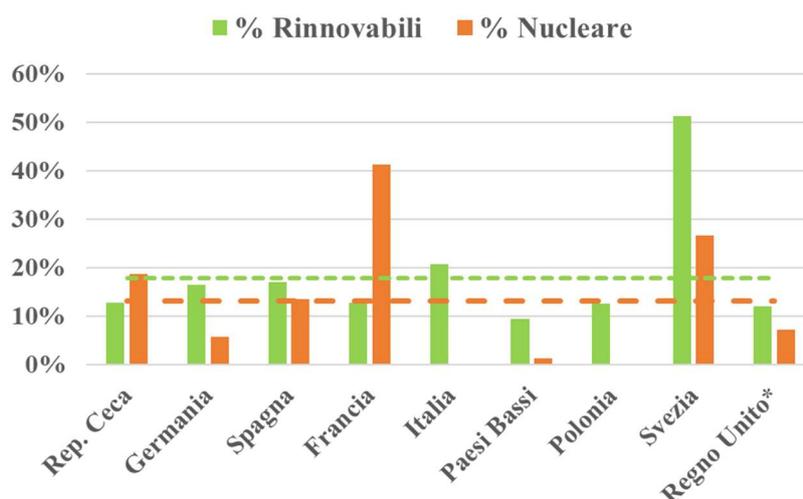


Figura 5.14 - Intensità di carbonio per unità di prodotto interno lordo (a sinistra) e intensità di carbonio da processi energetici per unità di energia primaria (a destra) nei principali paesi Europei nel 2019

L'energia nucleare copre una quota rilevante del fabbisogno energetico europeo sul consumo interno lordo che nel 2020 è stata del 13.1% (linea tratteggiata in arancione in figura 5.15). La Francia ha una quota di oltre il 41% e la Svezia del 26.6%. L'energia nucleare è inoltre presente in quote non trascurabili anche negli altri paesi tra quelli considerati, eccetto Italia e Polonia. Nei Paesi Bassi è presente in quantità marginali.



* dato aggiornato al 2019

Figura 5.15 - Quota di energia da fonti rinnovabili e da nucleare nei principali paesi Europei nel 2020

Le quote di energia nucleare contribuiscono alla riduzione dell'intensità di carbonio per unità di energia primaria consumata. La sottrazione del contributo della fonte nucleare mostra che l'intensità di carbonio nazionale è inferiore alla media europea e confrontabile con quella di paesi come Spagna, Francia e Regno Unito (figura 5.16). La Svezia ha il valore più basso per l'elevato contributo delle fonti rinnovabili.

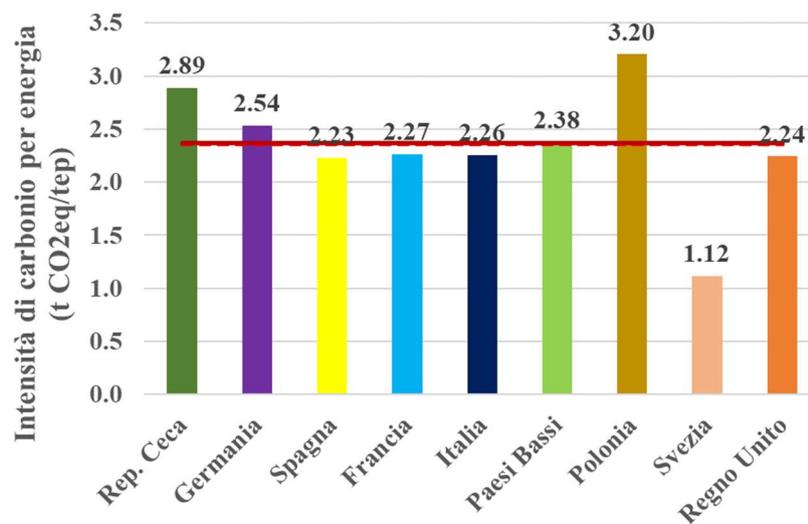


Figura 5.16 - Intensità di carbonio da processi energetici per unità di energia primaria al netto dell'energia nucleare nei principali paesi Europei nel 2019

In merito ai valori registrati da Repubblica Ceca, Germania e Polonia occorre sottolineare che nel mix energetico di questi paesi sono ancora presenti quote significative di combustibili ad elevato contenuto di carbonio, come osservato in precedenza.

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). 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds) Published: IPCC, Switzerland.

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, 2021. Efficiency and decarbonization indicators for total energy consumption and power sector. Comparison among Italy and the biggest European countries. ISPRA Rapporti 3463/2021.

ISPRA, 2022 [a]. National Inventory Report 2022 – Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2020. ISPRA Rapporti 362/2022.

ISPRA, 2022 [b]. Indicatori di efficienza e decarbonizzazione del sistema energetico nazionale e del settore elettrico. ISPRA Rapporti 363/2022.

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

