



**Politecnico  
di Torino**

## **Politecnico di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in  
Ingegneria Gestionale  
Anno Accademico 2023/2024

Sessione di Laurea: Marzo - Aprile 2024

# **Impatto dell'EU ETS sulle imprese: costi e prospettive di competitività in un sistema economico a emissioni limitate**

Relatore:  
Carlo Cambini

Candidato:  
Tommaso Proietti



*“Sebbene nessuno possa andare  
indietro e fare un nuovo inizio,  
chiunque può iniziare adesso a  
creare una nuova fine”*

*~ Carl Bard ~*



# Sommario

Al giorno d'oggi, il cambiamento climatico rappresenta una delle sfide più significative che il mondo si trovi ad affrontare. Sfida che richiede risposte immediate e coordinate da parte di tutte le nazioni mondiali. Nel tentativo di mitigare gli effetti delle emissioni di gas serra (Greenhouse gases, GHG), provenienti principalmente dalle attività antropiche, sono stati stipulati diversi accordi climatici tra le nazioni a livello globale. Tra le iniziative più rilevanti, l'Unione Europea ha introdotto l'Emission Trading System (ETS), un sistema di scambio di quote di emissione che coinvolge 31 Stati Europei. Il sistema di scambio delle quote di carbonio si basa su un meccanismo *cap-and-trade*, il quale prevede la presenza di un ente governativo con l'autorità di imporre un limite massimo sulle emissioni totali di gas serra consentite per le aziende e per i settori regolamentati, durante un periodo di tempo specifico. Il presente elaborato di tesi si pone come obiettivo quello di analizzare approfonditamente il funzionamento dell'Emission Trading System (ETS) dell'Unione Europea, con l'obiettivo di identificarne le peculiarità e mettere in evidenza eventuali criticità. In seguito a ciò, si intende confrontare l'EU ETS con il Voluntary Carbon Market (VCM), un mercato nel quale le imprese non regolamentate che vogliono dimostrare il loro impegno nella lotta al cambiamento climatico scelgono la compensazione delle emissioni per la riduzione della propria *carbon footprint*. Questo confronto ha come obiettivo quello di valutare le differenze nell'approccio alla riduzione delle emissioni da parte di imprese regolamentate rispetto ad aziende non soggette a nessuna normativa, così da comprendere meglio le dinamiche del mercato del carbonio. Infine, sarà eseguita un'analisi di regressione al fine di esaminare se gli oneri supplementari che un'impresa deve sopportare per conformarsi alle disposizioni dell'EU ETS possano incidere sulla sua competitività e, di conseguenza, favorire il fenomeno del *carbon leakage*, ovvero il trasferimento delle emissioni in paesi con normative ambientali meno severe. È stato scelto di condurre, dunque, una ricerca econometrica inclusiva che comprendesse tutte le imprese soggette alle regolamentazioni del sistema di scambio di quote di carbonio.

# Abstract

Climate change represents one of the most significant challenges facing the world to date, requiring immediate and coordinated responses by nation states. In an effort to mitigate the effects of greenhouse gas emissions, mainly from anthropogenic activities, a number of climate agreements have been established among nations globally. Among the most notable initiatives is the European Union's introduction of the Emission Trading System (ETS), an emissions trading scheme involving 31 European states. The carbon trading system is based on a cap-and-trade mechanism, which involves a government agency with the authority to impose a cap on total greenhouse gas emissions allowed for companies and regulated sectors during a specific time period. The purpose of this thesis paper is to analyze in depth the functioning of the European Union's Emission Trading System (ETS), with the aim of identifying its peculiarities and highlighting any critical issues. Following this, it is intended to compare the EU ETS with the Voluntary Carbon Market (VCM), a market in which unregulated companies that want to demonstrate their commitment to combating climate change choose emissions offsetting to reduce their carbon footprint. This comparison aims to assess the differences in the approach to emissions reduction by regulated companies versus companies not subject to any regulation, so as to better understand the dynamics of the carbon market. Finally, a regression analysis will be performed in order to examine whether the additional burdens that a firm has to bear in order to comply with EU ETS regulations may affect its competitiveness and, consequently, foster the phenomenon of carbon leakage, i.e., the transfer of emissions to countries with less stringent environmental regulations. The option was taken to conduct an inclusive econometric research that included all firms subject to EU ETS regulations.



# INDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>INTRODUZIONE</b> .....   | 13 |
| <b>CAPITOLO 1</b> .....   | 15 |
| <b>CAMBIAMENTO CLIMATICO E DIPLOMAZIA GLOBALE</b> .....                           | 15 |
| 1.1 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).....                         | 15 |
| 1.2 United Nations Framework Convention on Climate Change .....                   | 16 |
| 1.3 Protocollo di Kyoto.....  | 17 |
| 1.4 EU Emissions Trading System .....   | 18 |
| 1.5 Emendamento di Doha.....  | 19 |
| 1.6 Accordo di Parigi.....  | 19 |
| 1.7 Green Deal.....   | 20 |
| <b>CAPITOLO 2</b> .....   | 22 |
| <b>L'EUROPEAN UNION EMISSION TRADING SYSTEM</b> .....                             | 22 |
| 2.1 Il meccanismo del Cap and Trade per un Futuro Sostenibile.....                | 22 |
| 2.2 Esplorazione degli impianti e dei settori coinvolti.....                      | 25 |
| 2.3 Esplorando le fasi del EU ETS nel controllo delle emissioni industriali ..... | 26 |
| 2.3.1 Fase I .....  | 26 |
| 2.3.2 Fase II .....   | 27 |
| 2.3.3 Fase III.....   | 28 |
| 2.3.4 Fase IV .....   | 29 |
| 2.4 Requisiti ETS per le imprese: una panoramica sugli obblighi.....              | 30 |
| 2.5 L'Emission Trading System nel mondo .....                                     | 31 |
| 2.5.1 Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI).....                              | 32 |
| 2.5.2 China Emission Trading System .....   | 33 |
| 2.5.3 UK Emission Trading System .....  | 34 |
| 2.6 Andamento dei prezzi nell'EU ETS.....   | 35 |
| <b>CAPITOLO 3</b> .....   | 37 |
| <b>VOLUNTARY CARBON MARKET</b> .....  | 37 |
| 3.1 Crediti di Compensazione del Carbonio .....                                   | 39 |
| 3.1.1 Parametri di qualità .....  | 39 |
| 3.1.2 Programmi di compensazione del mercato volontario.....                      | 40 |
| 3.2 Ottenimento dei crediti sui mercati .....                                     | 41 |
| 3.3 Pricing dei crediti di compensazione del carbonio .....                       | 43 |
| 3.4 L'offerta dei crediti di compensazione del carbonio .....                     | 44 |
| 3.5 La domanda dei crediti di compensazione del carbonio.....                     | 44 |
| 3.6 Le differenze con l'EU ETS.....   | 45 |
| <b>CAPITOLO 4</b> .....   | 47 |
| <b>IMPATTO DELL'EU ETS SULLA COMPETITIVITA': COSA DICE LA LETTERATURA</b> .....   | 47 |



|  |           |
|--|-----------|
| 4.1 The Impact of the EU Emission Trading System on competitiveness and carbon leakage: the econometric evidence ..... | 48        |
| 4.2 Carbon Leakage and Competitiveness under the EU ETS .....  | 53        |
| <b>CAPITOLO 5 .....</b>  | <b>57</b> |
| <b>ESPLORAZIONE DELLA COMPETITIVITA' DELLE IMPRESE<br/>ATTRAVERSO L'ANALISI DI REGRESSIONE .....</b>                   | <b>57</b> |
| 5.1 Panoramica sulle variabili selezionate per l'analisi .....   | 58        |
| 5.1.1 Le variabili dipendenti .....  | 59        |
| 5.1.2 Le variabili indipendenti .....  | 60        |
| 5.2 Efficacia dei sistemi di riduzione delle emissioni.....  | 65        |
| 5.2.1 L'impatto dell'EU ETS sulle emissioni di gas serra .....   | 66        |
| 5.2.2 I sistemi di riduzione delle emissioni globali e le emissioni di gas serra.....                                  | 68        |
| 5.2.3 I driver principali per spiegare l'andamento delle emissioni in Europa.....                                      | 70        |
| 5.2.4 I driver principali per spiegare l'andamento delle emissioni nel mondo .....                                     | 73        |
| 5.3 La competitività delle Imprese in un sistema economico a emissioni limitate.....                                   | 76        |
| <b>CAPITOLO 6 .....</b>  | <b>81</b> |
| <b>CONCLUSIONI.....</b>  | <b>81</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>   | <b>85</b> |
| <b>SITOGRAFIA .....</b>  | <b>86</b> |
| <b>APPENDICE .....</b>   | <b>89</b> |

# INDICE FIGURE

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <b>Figura 1</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>Figura 2</b> .....  | <b>16</b> |
| <b>Figura 3</b> .....  | <b>24</b> |
| <b>Figura 4</b> .....  | <b>31</b> |
| <b>Figura 5</b> .....  | <b>33</b> |
| <b>Figura 6</b> .....  | <b>36</b> |
| <b>Figura 7</b> .....  | <b>43</b> |
| <b>Figura 8</b> .....  | <b>56</b> |
| <b>Figura 9</b> .....  | <b>69</b> |
| <b>Figura 10</b> ..... | <b>71</b> |
| <b>Figura 11</b> ..... | <b>73</b> |
| <b>Figura 12</b> ..... | <b>76</b> |
| <b>Figura 13</b> ..... | <b>80</b> |

# INDICE TABELLE

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <b>Tabella 1</b> ..... | <b>39</b> |
| <b>Tabella 2</b> ..... | <b>53</b> |
| <b>Tabella 3</b> ..... | <b>62</b> |
| <b>Tabella 4</b> ..... | <b>65</b> |
| <b>Tabella 5</b> ..... | <b>67</b> |

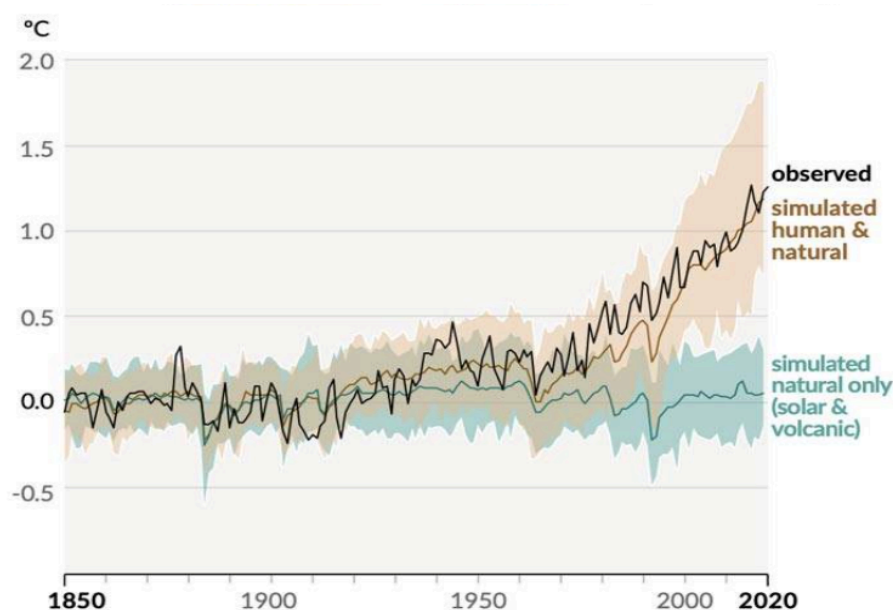


# INTRODUZIONE

Il cambiamento climatico, insieme alla perdita di biodiversità, è una delle più grandi sfide che il mondo abbia mai affrontato e, ad oggi, tale problematica risulta essere un argomento fortemente discusso a livello globale.

La UNFCCC<sup>1</sup> (United Nations Framework Convention on Climate Change) ha fornito la seguente definizione di cambiamento climatico: *“un cambiamento del clima che sia attribuibile direttamente o indirettamente ad attività umane, che alterino la composizione dell’atmosfera planetaria e che si sommino alla naturale variabilità climatica osservata su intervalli di tempo analoghi”*.

La definizione sopra citata, congiunta alla concorde opinione della quasi totalità degli esperti, evidenzia come la principale causa del cambiamento climatico sia imputabile all’uomo e alle sue attività. Le azioni umane come le attività industriali, l’eccessivo utilizzo di combustibili fossili e l’agricoltura intensiva hanno causato un’alterazione nella composizione dell’atmosfera terrestre, determinando un incremento della concentrazione di gas serra, tra cui il biossido di carbonio e il metano. Questi gas serra agiscono come una coperta termica intorno al pianeta, filtrando i raggi solari in ingresso e trattenendo la radiazione infrarossa emessa in uscita, influenzando il clima.



**Figura 1:** variazione della temperatura superficiale globale (media annuale) osservata e simulata utilizzando fattori umani e naturali e solo fattori naturali. **Fonte:** Ingenio.

Come si può desumere dalla Figura 1, in conformità con quanto precedentemente esposto, la variazione della temperatura superficiale globale ha avuto delle fluttuazioni

<sup>1</sup> La UNFCCC è la Convenzione quadro sui cambiamenti climatici delle Nazioni Unite e corrisponde a un trattato internazionale ambientale, redatto e approvato durante la Conferenza sull’Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite, tenutasi a Rio De Janeiro nel 1992. Entrata in vigore il 21 marzo 1994 e ratificata nel tempo da 195 paesi, ha come scopo quello di affrontare l’emergente problema dei cambiamenti climatici attraverso collaborazioni a livello internazionale.

ascrivibili in minima parte al risultato di processi naturali; al contempo, il suo andamento è attribuibile *all'effetto serra antropico*. Quest'ultimo ha svolto un ruolo decisivo per quanto concerne l'incremento della concentrazione dei gas serra nell'atmosfera terrestre.

In virtù di ciò, riconoscere il ruolo dell'uomo e delle sue azioni è fondamentale per affrontare questa sfida, in quanto è questo il momento in cui si ha l'opportunità di intervenire e prevenire dei cambiamenti in futuro irreversibili.

Con questo elaborato di tesi, dopo un'analisi approfondita dei principali negoziati climatici orientati alla riduzione delle emissioni di gas serra causate da attività antropiche, ci si è concentrati su una tra le iniziative più importanti a livello mondiale contro il riscaldamento globale: *EU Emissions Trading System*, noto come EU ETS. Questo sistema, giunto ormai alla quarta e ultima fase, è stato introdotto dall'Unione Europea per il controllo e la gestione delle emissioni di inquinanti atmosferici.

Durante questo studio, sono state esaminate le varie fasi che compongono l'EU ETS, le sue caratteristiche principali e i potenziali punti deboli, proseguendo poi con un confronto diretto con il mercato volontario del carbonio (VCM). Quest'ultimo è un mercato che consente alle imprese non soggette a norme ambientali e che ambiscono a dimostrare il loro impegno nel contrastare il cambiamento climatico di compensare le emissioni di CO<sub>2</sub> generate dai propri cicli produttivi, investendo in progetti green, al fine di ridurre la propria *carbon footprint*.

Una volta completata un'approfondita e dettagliata panoramica dell'EU Emission Trading System, l'obiettivo principale dell'elaborato è stato quello di valutare l'efficacia dei sistemi di riduzione delle emissioni introdotti a livello europeo e mondiale nella lotta al cambiamento climatico. Per poi, successivamente, cercare di rispondere a un'importante domanda riguardo la possibile riduzione della competitività delle imprese soggette alle normative del sistema di scambio delle quote di emissione europeo a causa dei costi aggiuntivi introdotti dal sistema.

# CAPITOLO 1

# CAMBIAMENTO CLIMATICO E DIPLOMAZIA GLOBALE

I principali accordi internazionali sul clima hanno un progenitore comune nella Conferenza mondiale sul clima, tenutasi a Ginevra nel 1979 e convocata su richiesta del Comitato esecutivo dell'Organizzazione meteorologica mondiale. In questa storica assemblea, scienziati e altri specialisti provenienti da cinquanta nazioni differenti espressero per la prima volta una condivisa preoccupazione riguardo ai cambiamenti climatici, identificando l'attività umana come la principale causa di tale fenomeno, e convennero sull'urgente necessità di intervenire, adottando immediate misure correttive.

Dall'urgenza riconosciuta in occasione della Conferenza, le nazioni del mondo hanno stipulato accordi, istituito organismi e consolidato alleanze per intensificare gli sforzi di mitigazione delle emissioni di gas serra, con il nobile fine di raggiungere un'impronta climatica netta pari a zero.

## 1.1 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

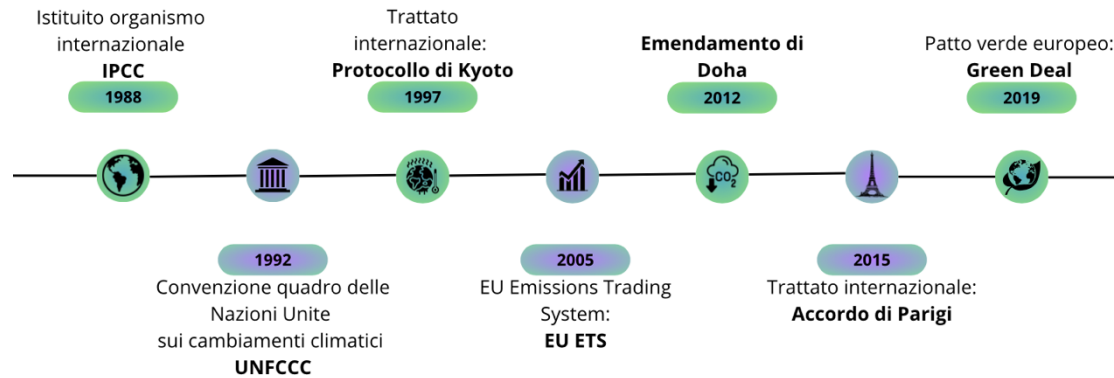
Il Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (IPCC) costituisce un'importante istituzione scientifica, fondata nel 1988 da due organismi interni all'organizzazione delle Nazioni Unite: l'Organizzazione Meteorologica Mondiale<sup>1</sup> (*World Meteorological Organization*, WMO) e il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente<sup>2</sup> (*United Nations Environment Programme*, UNEP). Il suo mandato primario è quello di studiare e analizzare il fenomeno del riscaldamento globale, mediante un approfondito esame e una rigorosa valutazione dei dati di natura socioeconomica e tecnico-scientifica provenienti da diverse regioni del mondo.

La struttura operativa interna a questo foro scientifico internazionale è caratterizzata da una tripartizione chiara e ben definita. Il primo gruppo di lavoro, noto come Working Group I (WG I), è incaricato di approfondire e comprendere i principi scientifici legati al sistema climatico e alle dinamiche relative al fenomeno del riscaldamento globale.

<sup>1</sup> L'organizzazione meteorologica mondiale è un ente interno alle Nazioni Unite che si occupa di meteorologia ed ha sede legale a Ginevra, in Svizzera. Come organizzazione intergovernativa di carattere tecnico, ha diverse mansioni, tra le quali la raccolta e condivisione dei dati meteorologici e il coordinamento del sistema globale di allerta per eventi meteorologici estremi.

<sup>2</sup> Il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente è un'istituzione mondiale, divisa in sette aree tematiche come il cambiamento climatico. Il suo mandato ha come obiettivo principale la prevenzione di catastrofi ambientali, attraverso l'adozione di politiche e tecnologie idonee.

Il secondo gruppo di lavoro (Working Group II) ha il compito di osservare, analizzare e valutare l'impatto che il cambiamento climatico può avere su sistemi naturali e antropici (sistema economico, sociale, ...), valutando la loro adattabilità e vulnerabilità. Infine, il Working Group III è incaricato di elaborare strategie e soluzioni pratiche per mitigare i cambiamenti climatici, proponendo azioni concrete volte a limitare e ridurre le emissioni di gas serra nell'atmosfera.



**Figura 2:** Cronologia delle sfide climatiche: tappe fondamentali nella lotta contro il cambiamento climatico.

In aggiunta alla mansione precedentemente delineata, un'altra delle principali responsabilità di questo organismo intergovernativo è la periodica elaborazione di Rapporti di Valutazione scientifica, noti come “*Assessment Reports*”, i quali offrono una sintesi esaustiva sulle conoscenze scientifiche attuali sul clima e sui cambiamenti climatici.

Nel 2007, l'IPCC è stato onorato, congiuntamente con Albert Arnold Gore Jr., con il Premio Nobel per la Pace “*per l'impegno profuso nella costruzione e nella divulgazione di una maggiore conoscenza sui cambiamenti climatici antropogenici, e nel porre le basi per le misure che sono necessarie per contrastarli*”.

## 1.2 United Nations Framework Convention on Climate Change

La Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, popolarmente conosciuta come Summit della Terra o Accordi di Rio, è il risultato della Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo (UNCED, *United Nations Conference on Environment and Development*), che ha avuto luogo a Rio de Janeiro nel 1992.

L'UNFCCC è un trattato internazionale redatto mediante un processo iniziale caratterizzato da un *accordo quadro*. All'interno di tale accordo, le parti riconoscono l'esistenza di una problematica e si impegnano a cooperare senza, tuttavia, assumere obblighi sostanziali. Progressivamente, con il crescere delle conoscenze e della consapevolezza, l'accordo si arricchisce gradualmente attraverso una serie di protocolli



ed emendamenti che impongono obblighi precisi alle parti coinvolte nel trattato. Un noto esempio di tali protocolli è il Protocollo di Kyoto, del 1997 (par. 1.3).

Questo trattato ambientale è stato aperto per le ratifiche il 9 maggio 1992 ed è entrato in vigore il 21 marzo 1994, contando 154 parti firmatarie (note come Parti della Convenzione) che avevano come obiettivo dichiarato quello di stabilizzare le concentrazioni di gas serra nell'atmosfera in modo da prevenire una pericolosa interferenza antropica con il sistema climatico. In aggiunta, i paesi sviluppati si sono impegnati nell'adozione di politiche nazionali volte a mitigare i cambiamenti climatici, con l'intento di riportare le emissioni antropiche di gas serra ai livelli registrati nel 1990.

Dal momento dell'entrata in vigore del trattato, i paesi firmatari si sono annualmente riuniti nella Conferenza delle Parti (Conference of the Parties, COP) allo scopo di analizzare e valutare i progressi compiuti nel fronteggiare il fenomeno del cambiamento climatico.

### 1.3 Protocollo di Kyoto

Nel 1997, nel corso dell'annuale Conferenza delle Parti (COP 3) tenutasi nella città giapponese di Kyoto, venne adottato il Protocollo di Kyoto. Questo accordo rappresenta una tappa fondamentale nella lotta contro il fenomeno del riscaldamento globale, in quanto è il primo documento giuridicamente vincolante a stabilire obblighi di limitazione e riduzione delle emissioni di gas serra per i paesi che avevano precedentemente ratificato la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC). Entrò in vigore il 16 febbraio 2005.

Questi obblighi così stringenti riguardavano le emissioni di sei tipologie differenti di gas serra: biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC) e l'esfluoro di zolfo (SF<sub>6</sub>).

Il primo periodo di impegno fissato per il protocollo di Kyoto si estendeva dal 2008 e il 2012. Durante questo periodo, gli Stati industrializzati erano sottoposti all'obbligo di ridurre le emissioni dei suddetti gas serra di una percentuale pari almeno al 5,2% rispetto ai livelli fatti registrare nel 1990 (seguirà un secondo periodo di impegno, successivo all'emendamento di Doha. par 1.5).

Nonostante il Protocollo imponesse ai Paesi il raggiungimento degli obiettivi principalmente attraverso misure nazionali, ha introdotto anche la possibilità di ridurre le emissioni di gas serra mediante i cosiddetti “**meccanismi flessibili**”:

- **Emission Trading (ET)**: un paese capace di conseguire una riduzione delle proprie emissioni di gas serra maggiore del rispettivo obiettivo può trasferire tali “crediti” a un paese che non è riuscito a conformarsi ai propri impegni

- **Clean Development Mechanism (CDM):** permette ad uno stato industrializzato di effettuare iniziative nei paesi in via di sviluppo. Queste iniziative sono concepite con un duplice scopo: da un lato, mirano a conseguire benefici ambientali attraverso la riduzione delle emissioni di gas serra e, al contempo, si impegnano a promuovere la crescita economica e il progresso sociale nella nazione ospitante.
- **Joint Implementation (JI):** permette a un paese industrializzato di attuare progetti volti alla mitigazione dell’impatto ambientale, consentendo l’utilizzo congiunto dei crediti derivanti insieme al paese ospitante.

L’obiettivo che i paesi firmatari del Protocollo di Kyoto si erano prefissati per il primo periodo di impegno è stato effettivamente raggiunto. Tuttavia, durante questo periodo, paesi che non hanno ratificato l’accordo, come gli Stati Uniti<sup>1</sup>, ed economie in fase ascensionale come Cina e Messico, hanno costantemente incrementato le loro emissioni di biossido di carbonio. Nel 2020, si è registrato un significativo aumento delle emissioni, con un incremento del 29% rispetto al 1990.

## 1.4 EU Emissions Trading System

Il Sistema di Scambio delle Emissioni costituisce un approccio innovativo per affrontare la sfida dei cambiamenti climatici, adottato dall’Unione Europea nel pacchetto di riforme “*Fit for 55*”<sup>2</sup> e si basa su un meccanismo di mercato in cui le emissioni di gas serra sono trattate come risorse limitate e negoziabili.

Il principio fondamentale che sottende il funzionamento del mercato ETS è intrinsecamente connesso al concetto del “*chi inquina, paga*”, fornendo, di conseguenza, un incentivo economico alle imprese affinché riducano le proprie emissioni di gas serra.

Il funzionamento di suddetto mercato, che si basa su un sistema “cap-and-trade”, le quattro fasi che lo compongono e le tipologie di imprese insieme ai relativi settori industriali compresi nel suo ambito, sono oggetto di analisi all’interno del Capitolo 2 dell’elaborato.

<sup>1</sup> Tra gli Stati industrializzati firmatari del Protocollo di Kyoto, non figurano gli Stati Uniti d’America. Questo nonostante un’iniziale adesione avvenuta sotto la presidenza di Bill Clinton, incoraggiata e sostenuta dal vicepresidente Al Gore. La decisione di ritirarsi dal Protocollo è stata presa durante la presidenza di George W. Bush e comportò una limitazione riguardo l’efficacia del Protocollo, dato che gli USA rappresentavano la principale fonte di emissioni di gas serra a livello mondiale durante gli anni ‘90.

<sup>2</sup> Il pacchetto *Pronti per il 55%* (noto come *Fit for 55*) comprende una serie di riforme e regolamenti conformi all’ambizioso obiettivo dell’Unione Europea di ridurre del 55% le emissioni di gas serra nell’atmosfera entro il 2030, con l’ulteriore aspirazione di raggiungere la neutralità climatica, ovvero zero emissioni nette, entro il 2050.

## 1.5 Emendamento di Doha

L'emendamento di Doha è stato redatto in occasione della diciottesima Conferenza delle Parti (COP-18) tenutasi a Doha, Qatar, nel novembre del 2012. L'obiettivo principale di questo emendamento era il rinnovamento del Protocollo di Kyoto, il quale ha condotto all'istituzione di un secondo periodo di impegno, ratificato per il periodo 2013-2020.

Con questo emendamento è stato inserito il trifluoruro di azoto (NF<sub>3</sub>) nell'elenco dei gas serra ai quali si applicano obblighi stringenti, in conformità con le disposizioni del Protocollo di Kyoto.

Tuttavia, è importante sottolineare come il secondo periodo di impegno ha interessato solo una porzione ridotta delle emissioni globali di gas serra, stimata approssimativamente al 14%. Ciò è dovuto al fatto che tra i paesi firmatari non compaiono né importanti potenze ed economie mondiali come Stati Uniti, Russia e Giappone, né paesi in via di sviluppo.

## 1.6 Accordo di Parigi

Nel 2015, in occasione della ventunesima Conferenza delle Parti (COP-21) della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, i leader degli stati membri hanno negoziato e ratificato un trattato internazionale di notevole portata, noto come "Accordo di Parigi". Questo accordo ha delineato un nuovo e ambizioso piano d'azione finalizzato a mitigare e contrastare il cambiamento climatico.

Questo piano d'azione formalizza l'impegno a mantenere *"l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto di 2°C in più rispetto ai livelli preindustriali e di proseguire gli sforzi per limitarlo a 1,5°C"*. In questo quadro, gli stati firmatari sono tenuti a formalizzare e presentare piani d'azione nazionali, noti come "Nationally Determined Contributions" - NDC, con la finalità di delineare misure e azioni specifiche per ridurre le proprie emissioni di gas serra.

L'accordo di Parigi poggia su due principi cardine: ambizione e trasparenza. Il principio dell'*ambizione* richiede che i paesi firmatari elaborino e presentino, con cadenza quinquennale, nuovi piani d'azione nazionali, caratterizzati da obiettivi progressivamente più ambiziosi. Parallelamente, il principio della *trasparenza* impone che gli Stati aderenti condividano internamente, con gli altri membri dell'accordo, e pubblicamente i risultati ottenuti con l'attuazione dei propri Nationally Determined Contributions, promuovendo la trasparenza e consentendo adeguato monitoraggio.

Al fine di perseguire gli obiettivi dell'elaborato, infine, è opportuno menzionare l'articolo 6 dell'Accordo di Parigi, che disciplina il Mercato Volontario del Carbonio

(Voluntary Carbon Market, VCM). Tale meccanismo permette alle aziende e ai privati di compensare volontariamente la propria *carbon footprint*, acquisendo crediti di carbonio generati da progetti di mitigazione. Tuttavia, una trattazione più dettagliata riguardo al Mercato Volontario del Carbonio sarà fornita nel Capitolo 3 del presente elaborato.

## **1.7 Green Deal**

Il Green Deal rappresenta uno dei progetti più ambiziosi e significativi che l'Unione Europea abbia mai adottato, finalizzato a una radicale trasformazione nell'approccio al cambiamento climatico, alla sostenibilità e alla crescita economica.

Tra gli obiettivi più audaci che l'Unione Europea si è prefissata con il Green Deal, vi è la meta di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. Questo impegno implica una drastica riduzione delle emissioni di gas serra e il bilanciamento di eventuali residue mediante azioni di compensazione.

Uno dei pilastri per la riduzione delle emissioni di gas serra è rappresentato dalla transizione verso l'Energia Verde, processo che comporta una graduale diminuzione dell'utilizzo di combustibili fossili a favore di fonti di energia rinnovabile come l'energia eolica, solare e idroelettrica. Questa transizione non solo contribuirà in modo significativo alla riduzione delle emissioni di carbonio ma promuoverà anche la creazione di nuove opportunità economiche e lavorative, oltre che diminuire la dipendenza dell'Unione Europea dalle fonti di energia importate.

Il Green Deal, dunque, simboleggia un impegno concreto per un futuro più sostenibile, in cui il bilanciamento tra la crescita economica e la tutela dell'ambiente assume un'importanza prioritaria.



## CAPITOLO 2

# L'EUROPEAN UNION EMISSION TRADING SYSTEM

Il 13 ottobre 2003, in ottemperanza agli obblighi derivanti dall'entrata in vigore del Protocollo di Kyoto, l'Unione Europea ha istituito un sistema di scambio di quote di emissioni (Emission Trading System, ETS), disciplinato dalla direttiva 2003/87/CE.

L'EU Emission Trading System (EU ETS), in vigore dal 2005, è un programma internazionale che coinvolge 31 nazioni, compresi gli all'ora 28 stati membri dell'Unione Europea, insieme a Norvegia, Islanda e Liechtenstein. Coprendo approssimativamente il 50% delle emissioni di CO<sub>2</sub> e il 43% delle emissioni totali di gas serra attribuibili all'Unione Europea, l'EU ETS è stato articolato in quattro fasi differenti, assicurando, nel 2030, una riduzione delle emissioni di oltre il 40% rispetto ai livelli del 2005.

### 2.1 Il meccanismo del Cap and Trade per un Futuro Sostenibile

L'Emission Trading System (ETS) opera in conformità con il meccanismo del “*Cap and Trade*”. Questo sistema prevede che un'autorità governativa regolatrice stabilisca un limite massimo sulle emissioni complessive di gas serra che aziende e settori inclusi nel sistema possano emettere durante un determinato periodo di tempo. Questo tetto massimo di emissioni consentite è definito in linea con gli obiettivi di riduzione di lungo periodo e viene quantificato in tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente<sup>1</sup>.

Nella fase successiva, l'autorità regolatoria procede nel suddividere il limite massimo di emissioni, noto come “cap”, in singole autorizzazioni specifiche per poter introdurre nell'atmosfera una quantità determinata di un agente inquinante. Queste autorizzazioni vengono assegnate alle diverse aziende attraverso un sistema di allocazione delle quote che include sia aste pubbliche che assegnazioni gratuite.

<sup>1</sup> Per CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e) costituisce un'unità di misura fondamentale per standardizzare e uniformare la valutazione dell'impatto climatico dei diversi gas serra. Dati i diversi contributi e le diverse persistenze atmosferiche dei vari gas serra, questa unità di misura consente una valutazione comparativa significativa.

Infatti, per facilitare il confronto tra gli effetti dei diversi gas serra sul cambiamento climatico, l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ha introdotto il concetto di "potenziale di riscaldamento globale" (Global Warming Potential). Tale indice quantifica l'effetto di riscaldamento generato da una determinata quantità di gas serra durante un periodo prestabilito, solitamente di 100 anni, rispetto all'effetto prodotto dalla stessa quantità di CO<sub>2</sub>.

Le aste pubbliche creano un contesto dinamico di mercato, offrendo opportunità di acquisto e vendita di permessi a emettere. Al contempo, l'assegnazione gratuita delle quote mira a prevenire la delocalizzazione delle produzioni da parte di vari operatori in paesi con standard ambientali più bassi, mitigando, dunque, il rischio di “*carbon leakage*”<sup>1</sup>. Queste assegnazioni gratuite sono riservate, in particolare, al settore manifatturiero e vengono calcolate basandosi su *benchmarks* derivati dagli impianti caratterizzati da una produzione maggiormente efficiente in termini di emissioni.

Le aziende, quindi, ottengono queste autorizzazioni, denominate spesso “crediti”, che possono essere considerate come delle *licenze a inquinare*.

Al termine di ogni periodo prestabilito, per il principio di trasparenza e per conformarsi con le normative vigenti, ogni azienda è tenuta a dimostrare di possedere un numero di autorizzazioni equivalente alle sue attuali emissioni di agenti inquinanti. Queste licenze, che rappresentano il diritto formale di un'impresa ad emettere una quantità specifica di agenti inquinanti, possono essere soggette a negoziazione tra le diverse imprese coinvolte nel sistema di scambio di quote di carbonio. Tali scambi avvengono all'interno di un mercato, dove le fluttuazioni di domanda e offerta<sup>2</sup> determinano il valore delle autorizzazioni stesse.

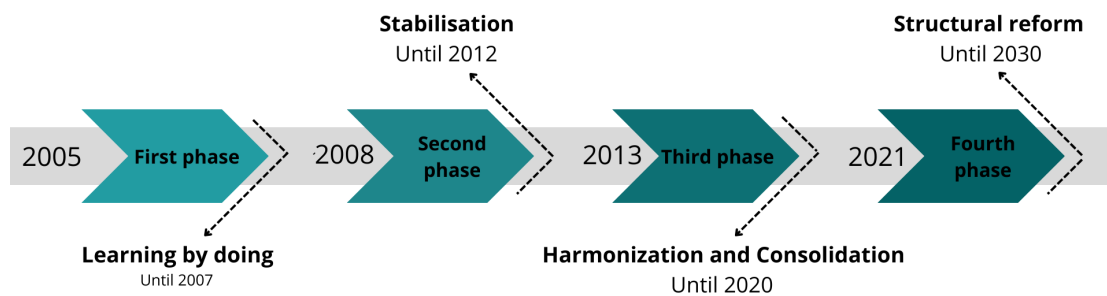
Ciascuna azienda, dunque, adotta la strategia che ritiene più efficace per garantirsi la conformità alle normative ambientali. Tale strategia può contemplare sia l'acquisizione di ulteriori permessi a inquinare che una concreta riduzione delle proprie emissioni, offrendo, di conseguenza, alle aziende un certo grado di flessibilità nella scelta dell'approccio più adatto per ottemperare ai propri obblighi normativi.

Il mercato dello scambio delle quote di carbonio si alimenta dalle diversità di costi che le imprese devono sostenere nel processo di riduzione delle proprie emissioni. L'implementazione di nuove tecnologie per ridurre la quantità di agenti inquinanti rilasciati può implicare costi considerevoli per alcune imprese, mentre per altre potrebbe risultare meno onerosa. Con la concessione di poter vendere le quote eccedenti, si crea un incentivo per coloro con costi marginali di abbattimento più bassi a intensificare ulteriore gli investimenti per ridurre le emissioni e cedere le autorizzazioni a imprese con costi di abbattimento più ingenti.

<sup>1</sup> Con il termine “**carbon leakage**” si fa riferimento al fenomeno secondo il quale le emissioni di carbonio di un'azienda (appartenente, solitamente, a settori industriali ad alta intensità energetico) vengono trasferite da un Paese che ha implementato norme restrittive per ridurre tali emissioni a uno Stato con politiche climatiche meno rigorose. Questo fenomeno è osservabile, quantificabile e valutabile attraverso un apposito indicatore che calcola la percentuale delle emissioni ridotte in uno Stato, compensate da un aumento corrispondente nel resto del mondo. Esistono circa mezza dozzina di features che influenzano positivamente o negativamente il carbon leakage. Tra queste, vi è la *perdita di competitività* delle imprese dell'Unione Europea (UE), le quali vedono crescere i propri costi per conformarsi alle normative ambientali, rispetto ai competitors extra-UE, non soggetti a vincoli altrettanto rigidi.

<sup>2</sup> La “Legge della domanda e dell'offerta” è un principio economico che regola come determinare i prezzi internamente ad un mercato. Quando la quantità richiesta di un bene o servizio (Domanda) supera l'offerta, i prezzi tenderanno ad aumentare. Al contrario, se la quantità di un bene offerta dai produttori è maggiore della quantità richiesta dai consumatori, il prezzo diminuirà. Questa interazione dinamica tra domanda e offerta guida l'aggiustamento dei prezzi in un mercato competitivo al raggiungimento di un punto di equilibrio. Punto nel quale la quantità domandata coincide con la quantità offerta.

Il Cap and Trade, adottato dall'Unione Europea come meccanismo trainante del sistema ETS, contribuisce globalmente alla diminuzione delle emissioni di agenti inquinanti poiché il quantitativo di quote disponibili per gli operatori diminuisce nel corso del tempo, fornendo stimoli per l'innovazione tecnologica all'interno di un contesto economico basato sulla libera concorrenza. Tale approccio crea un ambiente favorevole all'adozione di soluzioni innovative per la gestione delle emissioni, promuovendo la sostenibilità e l'efficienza nel panorama economico.



**Figura 3:** Le fasi evolutive dell'EU Emission Trading System: Un percorso verso la sostenibilità ambientale



## 2.2 Esplorazione degli impianti e dei settori coinvolti

L'entrata in vigore dell'Emission Trading System ha innescato un cambiamento sostanziale in determinati settori industriali, in quanto la disciplina impostagli è tesa a controllare e limitare in maniera rigorosa le loro emissioni di gas serra. I settori coinvolti comprendono:

### 1) Settore Energetico

- Sono soggetti al regime ETS, gli impianti di combustione con una potenza calorifica superiore a 20MW. Tuttavia, è da sottolineare come in questa categoria non sono considerati gli impianti per il trattamento di rifiuti urbani o pericolosi.
- Le raffinerie di petrolio.
- Le cokerie.

### 2) Settore della produzione e trasformazione dei metalli ferrosi

- Gli impianti di produzione di ghisa e acciaio che hanno una capacità produttiva superiore a 2,5 tonnellate all'ora.
- Gli impianti di sinterizzazione e arrostimento di minerali metallici.

### 3) Industria dei prodotti minerali

- Gli impianti dedicati alla produzione di cemento, in particolare quelli che utilizzano forni rotativi con capacità di produzione superiore alle 500 tonnellate al giorno.
- La produzione di calce viva, in qualsiasi tipo di forno purché la capacità produttiva superi le 50 tonnellate al giorno.
- Gli impianti di fabbricazione del vetro e quelli coinvolti nella produzione di ceramiche mediante cottura come tegole, mattoni e piastrelle.

### 4) Settore dell'aviazione

- Le emissioni generate dai voli interni allo Spazio Economico Europeo (SEE), oltre a quelli diretti verso la Svizzera e il Regno Unito.

### 5) Altre attività

- Le attività industriali legate alla fabbricazione di pasta per carta a partire dal legno o da altre sostanze fibrose, nonché la produzione di carta e cartone per stabilimenti con capacità produttiva superiori a 20 tonnellate al giorno.

Attualmente sono coinvolti nell'EU ETS più di 11.500 impianti, appartenenti a oltre 5.000 società differenti. Questo a sottolineare l'ampio impatto e la portata dell'EU ETS nell'ambito della gestione delle emissioni industriali, evidenziando il suo ruolo chiave nella promozione di pratiche più sostenibili e nella riduzione complessiva delle emissioni di gas serra.

## 2.3 Esplorando le fasi del EU ETS nel controllo delle emissioni industriali

Il sistema di scambio di quote delle emissioni, adottato a partire dal 2005 e in costante evoluzione, ha subito significative modifiche mirate a potenziarne l'efficacia e l'efficienza nel conseguire gli obiettivi predeterminati. L'attuazione delle modifiche ha condotto alla suddivisione dell'EU ETS in quattro fasi ben distinte, ciascuna delle quali rappresenta un "periodo di scambio".

### 2.3.1 Fase I

La Fase I dell'Emission Trading System europeo (2005-2007) è stata concepita come una fase pilota della durata di tre anni, adottando un approccio "learning by doing" mirato a consolidare l'efficacia del sistema, definendo un robusto impianto per il monitoraggio, la comunicazione e la verifica delle emissioni. Questa fase sperimentale è risultata indispensabile in preparazione della successiva Fase II, nella quale il sistema di scambio delle quote di carbonio assumeva un ruolo fondamentale nell'assistere l'Unione Europea nell'adempire agli obblighi imposti dal Protocollo di Kyoto.

Questa fase presentava delle caratteristiche intrinseche divergenti rispetto al sistema corrente di scambio di quote di carbonio. Tra le principali divergenze tra le due realtà, è da evidenziare come la prima fase dell'EU ETS era stata ideata e concepita con l'obiettivo di specifico di coprire le emissioni di agenti inquinanti esclusivamente dei produttori di energia e delle industrie ad alta intensità energetica. Inoltre, è importante notare come questa fase non prevedeva un limite unico di emissioni imposto a livello degli stati membri ma, al contrario, il tetto massimo di quote era determinato a livello nazionale per ciascuno stato firmatario attraverso i Piani Nazionali di Assegnazione (PNA)<sup>1</sup>, i quali si basavano su stime vista l'assenza di dati attendibili sulle emissioni.

All'interno di ciascuno Stato aderente, un'autorità nazionale competente (per l'Italia, il comitato istituito presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio) era responsabile dell'assegnazione delle quote di emissione, le quali venivano assegnate gratuitamente alle imprese soggette ai vincoli imposti dall'EU ETS. Tuttavia, in questa specifica fase del sistema, dal momento che i Piani Nazionali di Assegnazione si basavano su stime piuttosto che su dati affidabili, la quantità di quote rilasciate ha superato le effettive emissioni. Di conseguenza, l'offerta di quote ha notevolmente ecceduto quella che era la domanda, determinando un prezzo per le autorizzazioni ad emettere pari a zero.

<sup>1</sup> La redazione del Piano Nazionale di Assegnazione (PNA) si configurava come un requisito fondamentale sia per la Fase I che per la Fase II dell'EU ETS ed era soggetta all'approvazione dell'Unione Europea. I criteri per la compilazione di questo Piano erano dettagliati nell'allegato 3 della Direttiva 2003/87/CE, il quale forniva linee guida essenziali per la sua elaborazione. Nella Fase II, si assistette a un ampliamento dei settori industriali e, di conseguenza, degli impianti inclusi nel sistema ma con il mantenimento della discrezionalità nazionale per quanto concerne il metodo di assegnazione e rilascio delle quote.

Al termine di ogni periodo di riferimento, nel caso in cui un'azienda non fosse stata in grado di dimostrare di possedere un numero di permessi ad emettere corrispondente alle sue effettive emissioni di agenti inquinanti, era prevista l'applicazione di una sanzione di un importo pari a 40€ per ogni tonnellata eccedente.

### 2.3.2 Fase II

La Fase II del sistema dello scambio di quote di emissioni (2008-2012) ha coinciso con il primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto, periodo durante il quale i paesi dell'EU ETS erano tenuti a perseguire obiettivi che mostravano concretamente una riduzione delle emissioni. Durante questa fase si è registrata una riduzione del tetto massimo delle quote di emissione del 6,5%. Questa revisione è stata attuata sulla base di dati empirici<sup>1</sup> raccolti durante la fase precedente, rappresentando dunque un significativo cambiamento da un approccio basato sulle stime a uno fondato su informazioni.

L'assegnazione gratuita delle quote è stata mantenuta, coprendo il 90% del totale, sebbene ciò comporti una riduzione rispetto alla fase precedente, mentre è rimasta invariata la discrezionalità nazionale nella metodologia di assegnazione delle quote di emissione.

Queste modifiche (riduzione del tetto massimo delle quote di emissione e diminuzione delle licenze ad inquinare concesse gratuitamente) hanno indotto diversi paesi a introdurre le prime aste di scambio delle quote di emissioni in eccesso. Tuttavia, l'inizio della Fase 2 si è combinato con uno dei periodi più bui che l'economia europea e mondiale abbia mai affrontato ovvero la crisi del 2008, periodo che ha determinato una riduzione delle emissioni superiore alle previsioni a causa di una domanda di mercato in evidente calo. Il tutto ha generato un'ampia eccedenza di quote e crediti, esercitando una pressione ribassista significativa sul prezzo delle quote di carbonio in vendita nel mercato delle emissioni.

In questa fase, in caso di mancata conformità con i principi e gli obiettivi imposti dall'EU ETS, le sanzioni sono aumentate fino a cento euro per ogni tonnellata di agenti inquinanti prodotta in eccesso.

Come attestazione dell'ambizione e dell'obiettivo comune perseguito dall'Emission Trading System europeo, in questo secondo periodo di riferimento, si è registrato sia un notevole incremento degli Stati aderenti al sistema. Come testimonianza di ciò, ai paesi firmatari della prima fase, si sono aggiunte Bulgaria, Romania, Liechtenstein, Islanda e Norvegia. Questo incremento non si è limitato solamente al numero di nazioni aderenti al sistema ma ha coinvolto anche una maggiore diversificazione nei settori industriali partecipanti al sistema.

<sup>1</sup> European Commission, Climate Action, Development of EU ETS: "*Because verified annual emissions data from the pilot phase was now available, the cap on allowances was reduced in phase 2, based on actual emissions.*" - [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020\\_it](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_it)

Esso, infatti, è stato esteso:

- Alle attività di combustione dei carburanti e la raffinazione del petrolio, nel settore energetico.
- Alla produzione e trasformazione dei metalli ferrosi, coinvolgendo attività di produzione di ghisa, acciaio e alluminio.
- All'industria dei prodotti minerali, che include impianti per la produzione di vetro e prodotti ceramici.

Inoltre, il settore dell'aviazione è stato incluso nel meccanismo dell'Emission Trading System europeo a partire dal primo gennaio 2012, sebbene i voli da e per paesi extracomunitari siano rimasti esclusi dal sistema per quell'anno.

### 2.3.3 Fase III

La Fase III, che si estende dal 1° gennaio 2013 al 31 dicembre 2020, rappresenta un periodo di significativi cambiamenti che interessano diversi aspetti del sistema, tra cui il tetto massimo di emissioni e il sistema di assegnazione quote. Questo per allinearsi con l'obiettivo 20/20/20<sup>1</sup> dichiarato nel *pacchetto per il clima e l'energia 2020*, presentato dalla Commissione Europea nel 2008.

Le misure implementate includono l'introduzione di un tetto massimo delle emissioni a livello europeo, che comprende anche una riduzione annuale dell'1,74% rispetto a quello che il livello medio annuo registrato nel periodo precedente. Ciò costituisce un significativo cambiamento rispetto alle fasi precedenti, che avevano adottato un sistema di tetti nazionali.

Inoltre, il metodo predominante di assegnazione delle quote di emissione non è più basato sul conferimento gratuito, ma è sostituito dalla vendita all'asta. In particolare, nel settore elettrico, l'allocazione delle risorse avviene esclusivamente attraverso un meccanismo d'asta, mentre negli altri settori è ancora possibile ottenere quote gratuite, sebbene la percentuale di queste licenze ad emettere gratuite diminuisca progressivamente, raggiungendo il 30% delle totali nel 2020.

La regola per l'allocazione gratuita delle quote si basa sul metodo del "benchmarking", dove gli impianti con elevate emissioni ricevono meno quote gratuite rispetto a quelli più efficienti. Tuttavia, i settori con pericolo maggiore di rilocalizzazione della produzione (*carbon leakage*) ricevono un trattamento speciale: infatti, se rispettano i livelli di benchmark, gli impianti inclusi in tali settori ricevono tutte le quote gratuitamente.

<sup>1</sup> Al fine di conferire maggiore sostenibilità ambientale all'Unione Europea, nel *pacchetto per il clima e l'energia* del 2020 è stato stabilito l'obiettivo 20/20/20. Tale obiettivo prevede una serie di impegni mirati: a ridurre le emissioni di gas serra del 20% entro il 2020 rispetto ai livelli registrati nel 1990; ad un efficientamento energetico del 20% e, infine, a garantire che il 20% del fabbisogno energetico complessivo dell'Unione Europea sia coperto da fonti di energia rinnovabile.

Nel caso in cui un'azienda non risulti essere in grado di dimostrare di possedere un numero di permessi a emettere corrispondente alle sue effettive emissioni di agenti inquinanti, le sanzioni per le emissioni in eccesso sono disciplinate dall'*Indice dei Prezzi al Consumo Armonizzato dell'Unione Europea* (IPCA).

#### **2.3.4 Fase IV**

La Fase IV del Sistema di Scambio delle Emissioni, in vigore dal 1° gennaio 2021 al 31 dicembre 2030, si propone di consolidare e potenziare il sistema ETS, tenendo debitamente conto degli impegni internazionali sottoscritti, quali l'Accordo di Parigi del 2015 e il Quadro del 2030 per il clima e l'energia. La chiara missione è la riduzione delle emissioni di gas serra nell'atmosfera del 43% rispetto ai livelli fatti registrare nel 2020 entro la fine di questo decennio.

Per raggiungere questo ambizioso obiettivo, si è deciso di deliberare un abbattimento delle quote di emissione con un tasso annuo del 2,2%, rappresentante un significativo miglioramento rispetto al 1,74% stabilito nella fase precedente.

Parallelamente, è stata istituita la Riserva di Stabilità del Mercato (MSR, Market Stability Reserve), destinata all'accantonamento del 24% circa delle licenze ad inquinare in circolazione fino al 2023. Questa riserva è stata concepita per conferire al sistema una robusta resilienza nei confronti di possibili scosse di mercato.

Nel corso di questa fase, il sistema di assegnazione gratuita delle quote di emissioni è stato mantenuto e prorogato per l'intera durata della sessione, esclusivamente per quei settori ad elevato rischio di delocalizzazione degli impianti produttivi in paesi con normative meno restrittive in merito all'inquinamento atmosferico e alle emissioni di gas serra. Al contrario, per i settori meno esposti a tale dinamica, l'assegnazione gratuita sarà progressivamente ridotta fino alla sua completa eliminazione nel 2026.

Infine, per incentivare e sostenere tutte le imprese a fronteggiare la sfida dell'innovazione e della modernizzazione, sono stati istituiti due fondi di finanziamento. Il primo è il Fondo per l'Innovazione, a sostegno di tutte quelle che sono le tecnologie innovative nell'industria. Il secondo è il Fondo per la Modernizzazione, finalizzato a promuovere l'efficienza energetica. Queste iniziative sono ideate e realizzate per creare un contesto favorevole all'evoluzione e all'adattamento delle imprese nei confronti delle emergenti sfide nel contesto ambientale e industriale contemporaneo.

## 2.4 Requisiti ETS per le imprese: una panoramica sugli obblighi

In Italia, con l'emanazione della direttiva 2003/87/CE e la conseguente istituzione del sistema di scambio delle quote di emissioni, sono stati delineati diversi obblighi per i gestori degli impianti soggetti alla medesima direttiva. In particolare, è importante menzionare quanto segue:

- Sottoporre all'**Autorità Nazionale Competente** la richiesta di autorizzazione per l'emissione di gas serra costituisce una procedura necessaria al fine di ottenere l'assegnazione delle licenze ad emettere. Tale procedura implica la presentazione da parte dell'azienda di una documentazione esaustiva, che dettaglia l'impianto, la tecnologia adottata e le fonti di emissione preesistenti. Inoltre, il gestore si impegna a mantenere l'Autorità Nazionale Competente costantemente informata riguardo qualsiasi variazione verificatasi rispetto alle informazioni fornite inizialmente, mediante aggiornamenti periodici.
- Per ottemperare alle disposizioni normative vigenti, il gestore dell'impianto deve richiedere la visione e validazione del Piano di Monitoraggio all'Autorità Nazionale Competente. Questo piano deve mettere in evidenza le sorgenti di emissione dell'impianto, fornendo le relative misure di monitoraggio, quantificazione e rendicontazione. Tali processi devono essere attuati conformemente alla norma ISO 14064<sup>1</sup>.
- Le imprese soggette all'Emission Trading System sono tenute a quantificare e comunicare le emissioni del proprio impianto e, se presenti, eventuali sotto-impianti riconducibili alla medesima attività produttiva entro il 31 marzo di ogni anno, con riferimento alle emissioni dell'anno precedente.
- Le aziende sono obbligate a restituire all'Autorità Nazionale Competente un quantitativo di quote di CO<sub>2</sub> equivalenti corrispondente alle proprie emissioni di agenti inquinanti relative all'anno precedente, entro il 30 aprile di ogni anno.

<sup>1</sup> La norma ISO 14064 costituisce una certificazione ambientale che consente alle imprese non solo di evidenziare le sorgenti di emissione interne ed esterne all'attività, ma anche di sviluppare adeguate misure di controllo e rendicontazione. L'obiettivo è quantificare le emissioni e, eventualmente, stabilire azioni per la loro riduzione. All'interno di questa normativa, le emissioni sono classificate in tre categorie differenti: **scope 1**, che comprende le emissioni dirette dell'attività aziendale; **scope 2**, legate principalmente ai consumi energetici facenti capo all'organizzazione; **scope 3**, che include le emissioni indirette ma presenti nella value chain aziendale.

La norma ISO 14064 prevede un processo di validazione, condotto da un **ente di accreditamento esterno**, che esami i documenti relativi alle emissioni dell'impianto, le misure di monitoraggio e rendicontazione. Se il tutto risulta conforme con i principi cardine della normativa, viene rilasciata una dichiarazione di verifica che attesta l'affidabilità delle informazioni fornite.

## 2.5 L'Emission Trading System nel mondo

Sebbene l'*European Union Emission Trading System* rappresenti il sistema cap and trade più longevo, è importante notare come esso non sia l'unico meccanismo di questo genere ad essere attuato a livello globale. Diversi Stati, infatti, hanno deliberato l'adozione di tale approccio come parte dei loro sforzi per mitigare le emissioni di gas serra e affrontare il problema del riscaldamento globale.

Al contrario, alcuni paesi, tra cui l'Argentina e il Sud Africa, hanno scelto di affrontare la sfida del cambiamento climatico attraverso l'attuazione di una *carbon tax*. Questa imposta impone a ciascuna azienda il versamento di una tassa proporzionale alla quantità di anidride carbonica rilasciata nell'ambiente. L'obiettivo sotteso a questa imposizione fiscale è quello di stimolare lo sviluppo di tecnologie e di pratiche industriali più sostenibili all'interno delle imprese attraverso l'imposizione di un costo diretto sulle emissioni di carbonio.

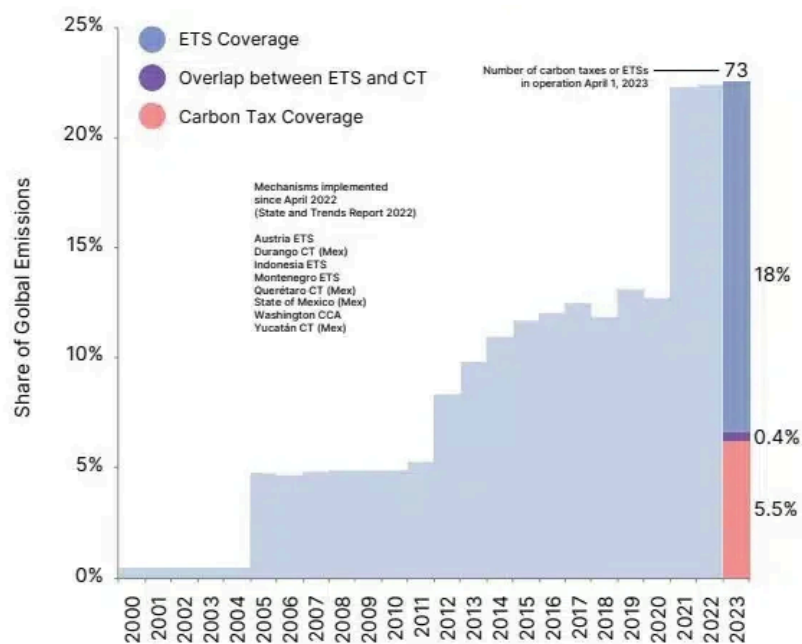


Figura 4: percentuale delle emissioni globali di gas serra (GHG) coperte dagli strumenti di carbon pricing. Fonte: Carbon Credits. 2023.

La distinzione tra i due sistemi, sebbene mirino a conseguire gli stessi obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra, assume un'importanza significativa. Nel caso della *carbon tax*, si stabilisce un prezzo fisso per le emissioni di anidride carbonica, uniformemente applicato a tutte le imprese coinvolte. Questo approccio offre una certezza in termini di costo per le emissioni, ma non limita la quantità totale di emissioni che possono essere rilasciate. Al contrario, il sistema di scambio delle quote di carbonio impone un limite massimo delle emissioni complessive permesse, consentendo al prezzo delle licenze a emettere di determinarsi autonomamente in base alla curva di domanda e di offerta relativa al mercato.

Dunque, mentre la carbon tax impone un onere finanziario uniforme per le emissioni, il sistema di scambio delle quote di carbonio pone un limite quantitativo alle emissioni consentite, permettendo ai partecipanti di negoziare e scambiare tali quote.

I meccanismi sopracitati costituiscono i principali strumenti di **carbon pricing** a livello globale, con il numero di sistemi di Emission Trading (ETS) e Carbon Taxes adottati che ha raggiunto, nell'aprile 2023, la cifra di 73. Questi strumenti stanno avendo un impatto significativo sulle emissioni globali di gas serra, contribuendo a disciplinarne circa il 23%.

### 2.5.1 Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI)

Il primo Emission Trading System (ETS) per la riduzione dei gas serra sviluppato e attivato negli Stati Uniti è il Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI). Questo meccanismo fu concepito nel 2005 ma solo nel 2009 entrò effettivamente in vigore, con la partecipazione iniziale di undici Stati. Le disposizioni del RGGI sono specificamente applicabili alle centrali elettriche alimentate a combustibile fossile con una capacità uguale o superiore a 25 megawatt (MW), coinvolgendo complessivamente 203 impianti.

Visti gli ottimi risultati raggiunti dal sistema, nel 2019, l'allora governatore della Pennsylvania, Tom Wolf, suggerì l'adesione dello Stato al RGGI; tuttavia, la sua partecipazione fu successivamente dichiarata incostituzionale il 1° novembre 2023.

Quindi il Regional Greenhouse Gas Initiative stabilisce un limite massimo alla quantità di emissioni di biossido di carbonio consentita per la specifica nicchia del settore energetico coinvolta. Per rendere il sistema il più rigido possibile al fine di conseguire l'obiettivo, il RGGI assegna un adeguato numero di quote alle autorità statali, le quali a loro volta le distribuiscono attraverso aste trimestrali. I proventi derivanti dalla vendita delle quote vengono vincolati dagli Stati ad investimenti diretti in progetti volti all'efficienza energetica e all'impiego di fonti di energia rinnovabile. Questi investimenti esercitano una pressione ribassista sui prezzi dell'elettricità, incentivando la transazione verso pratiche di produzione energetica più sostenibili.

Oltre alle dinamiche relative ai prezzi, emerge una tendenza significativa nel periodo di attività dell'ETS americano, evidenziata dalla sostanziale riduzione delle emissioni prodotte dagli impianti soggetti a tale sistema. Nel dettaglio, nel periodo compreso tra il 2006 e il 2018, infatti, si è registrata una riduzione approssimativa del 50% da parte del settore coinvolto nel RGGI. Questa significativa diminuzione delle emissioni è attribuibile principalmente a una netta riduzione della produzione di elettricità derivante dal carbone. Contestualmente, si è assistito a un aumento dell'utilizzo di fonti di energia rinnovabile.



Tale evoluzione riflette gli impatti positivi dell'ETS nel promuovere la transizione verso un mix energetico più sostenibile.

La storia della Regional Greenhouse Gas Initiative si articola in quattro distinti periodi di controllo, segnati da tre revisioni della Model Rules. Questi adattamenti hanno progressivamente rafforzato i limiti massimi di emissione, perseguendo obiettivi via via sempre più ambiziosi. Uno dei quali si focalizza sulla riduzione delle emissioni di gas serra del 30% entro il 2030, rispetto ai livelli fatti registrare nel 2020.

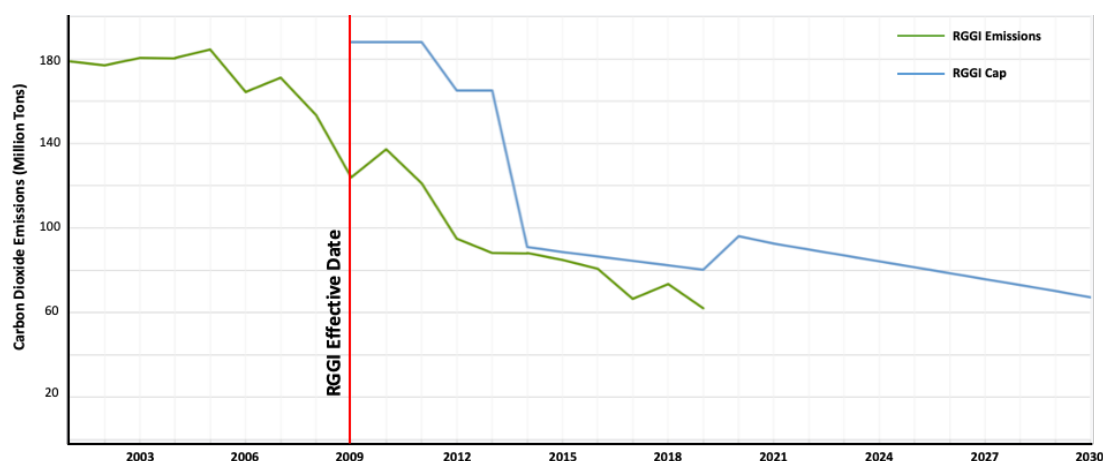


Figura 5: Emissioni e tetto massimo di quote stabilito RGGI. Fonte: c2es

A questo sistema americano comprendente dieci nazioni, è stato aggiunto un secondo sistema “cap-and-trade” specifico per lo Stato della California, denominato Programma per le Emissioni di Inquinanti Atmosferici, in vigore dal 2013. Diversamente dal RGGI, questo programma californiano non si limita al settore energetico, estendendosi anche a quello manifatturiero e alla raffinazione. Coerentemente con gli obiettivi tipici di un meccanismo “cap-and-trade”, questa iniziativa ha determinato una significativa riduzione delle emissioni nel territorio californiano, favorita dall’adozione di soluzioni più ecocompatibili grazie a rilevanti innovazioni tecnologiche

### 2.5.2 China Emission Trading System

Nella crescente lotta contro il cambiamento climatico, la Cina, responsabile di circa un quarto delle emissioni globali di gas serra a causa di decenni caratterizzati da un’intensa industrializzazione, ha iniziato a considerare nel 2013 un sistema di scambio delle quote di emissioni, prendendo ispirazione dall’Emission Trading System europeo. Di fronte ai segnali sempre più allarmanti a livello nazionale, come la contaminazione del suolo e l’inquinamento atmosferico nelle proprie città, il governo cinese ha riconosciuto l’urgente necessità di agire. Pertanto, ha promosso la concezione e l’implementazione di un sistema finalizzato alla riduzione della propria *carbon footprint*.

Così, il 16 luglio 2021, è entrato in vigore il China Emission Trading System, progettato con l'ambizioso obiettivo di raggiungere la neutralità climatica entro il 2060.

Sono tre gli aspetti che generano perplessità riguardo il China ETS:

- Si focalizza esclusivamente sul settore energetico, concentrandosi in particolare sugli impianti di produzione di elettricità.
- A differenza dei sistemi di scambio delle quote di emissione precedentemente menzionati, il China Emission Trading System non adotta un approccio di tipo cap-and-trade. Il governo cinese, infatti, ha optato per l'assenza di un tetto massimo di emissioni, preferendo stabilire un valore di riferimento che indica la massima quantità di CO<sub>2</sub> ammissibile per la produzione di un'unità di energia. Pertanto, i soggetti che riescono a generare energia mantenendosi al di sotto di questo valore possono cedere le proprie quote a coloro che la producono superando il limite prefissato.
- Il China Emission Trading System presenta un costo dei permessi di emissione notevolmente più basso se confrontato con quello del mercato europeo. Nel luglio del 2021, il valore delle quote di emissione in Cina oscillava tra le 40 e le 50 yuan ossia l'equivalente di circa 6 €/tonnellata, mentre nell'EU ETS la valutazione è di circa 52 €/EUA (ossia, per tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalente).

La presenza concomitante di questi tre aspetti genera timori circa la possibilità di poter addirittura favorire la produzione di energia elettrica mediante l'utilizzo del carbone piuttosto che attraverso il gas naturale o fonti di energia rinnovabili. Prospettiva che si configura in contrasto con i principi fondamentali sostenuti nella lotta contro il riscaldamento globale.

### **2.5.3 UK Emission Trading System**

Con la sua uscita dall'Unione Europea il 31 gennaio 2020 e la conclusione del periodo di transizione post-Brexit, che si concretizza con l'abbandono dell'EU Emission Trading System il 31 dicembre 2020, il Regno Unito ha subito inaugurato il proprio mercato di scambio delle quote di emissione di carbonio il 1° gennaio 2021.

L'UK Emission Trading System si suddivide in due fasi successive: la prima, attualmente in corso e vigente fino al 2025, è caratterizzata da restrizioni meno rigide. La seconda fase, che si estenderà per tutto il periodo che va da gennaio 2026 a dicembre 2028, presenta diverse analogie con l'Emission Trading System europeo, sia per quanto riguarda i gas serra sottoposti a restrizione, sia per quanto concerne i settori industriali inclusi nel sistema.

Un numero limitato di quote viene assegnato gratuitamente, sulla base di parametri come il rischio di *carbon leakage* (CLEF) e il *benchmark* industriale, mentre la maggior parte delle quote è oggetto di distribuzione attraverso aste nazionali.

## 2.6 Andamento dei prezzi nell'EU ETS

In seguito a una fase iniziale nell'EU ETS, caratterizzata da Piani Nazionali di Assegnazione basati su stime che hanno condotto a una sovrastima del limite massimo di emissioni (cap), determinando un surplus dell'offerta rispetto alla domanda e, conseguentemente, un valore delle quote di emissione pari a zero, nell'Emission Trading System sono stati introdotti, a partire dalla seconda fase, i primi mercati di scambio delle quote di carbonio in eccesso.

Tuttavia, in conformità con quanto precedentemente esposto, l'avvio della seconda fase coincise con la profonda crisi del 2008, che provocò rilevanti ripercussioni economico-sociali a livello globale. La domanda di mercato da parte dei consumatori subì una significativa contrazione, comportando, inevitabilmente, una riduzione anche della produzione. Questo scenario indusse le aziende a operare al di sotto della loro capacità produttiva massima, con conseguente mancata emissione delle quantità attese. In un contesto così caotico, la richiesta di licenze per l'emissione di gas serra diminuì notevolmente. È da notare come, tuttavia, le quote che autorizzavano l'emissione di gas serra non superavano la quantità di emissioni stabilita dal tetto massimo imposto, contrariamente a quanto verificatosi nella prima fase. In aggiunta, a seguito della riduzione della produzione, numerose aziende si trovarono in possesso di un surplus di quote di carbonio, che furono immesse sull'exchange market. Ciò si tradusse in un considerevole incremento dell'offerta, che, associato ad una marcata diminuzione della domanda, determinò una sensibile diminuzione dei prezzi, accompagnata da volumi di scambio ridotti.

La Fase III rappresentò un periodo caratterizzato da profondi cambiamenti nell'Emission Trading System europeo: si passò da un limite massimo alle emissioni nazionale ad un unico tetto a livello europeo, soggetto a un tasso annuale di riduzione. Simultaneamente, si verificò un cambiamento nel sistema di assegnazione delle quote di carbonio. Infatti, il conferimento gratuito delle quote venne gradualmente sostituito da un sistema oneroso che si basava sul meccanismo delle aste. L'evoluzione da circa il 90% delle quote assegnate gratuitamente nel 2012 a una percentuale complessiva del 30% nel 2020 illustra chiaramente questo passaggio.

Questo andamento sempre più restrittivo del limite massimo delle emissioni, unito alla modifica del processo di assegnazione delle quote di carbonio, portò a un progressivo aumento dei prezzi delle quote di emissione, nel corso di tutta questa fase. Aumento che ha portato a un valore delle quote cinque volte superiore rispetto al prezzo di partenza nel 2013.

Questa tendenza rialzista si è confermata anche nella quarta e attuale fase. Anche in questo caso, un ruolo significativo è stato giocato da un sistema di assegnazione delle quote sempre più orientato al mercato, piuttosto che basato sull'assegnazione gratuita del titolo. Tale orientamento è giustificato dall'obiettivo dichiarato di cessare l'attribuzione gratuita delle licenze ad emettere a partire dal 2026. Parallelamente il tasso di riduzione annuo del cap si è ulteriormente irrigidito, arrivando ad un valore pari a 2,2%. Queste misure sono adottate in conformità agli obiettivi stabiliti da accordi internazionali quali l'Accordo di Parigi e il Quadro 2030 per il clima e l'energia.

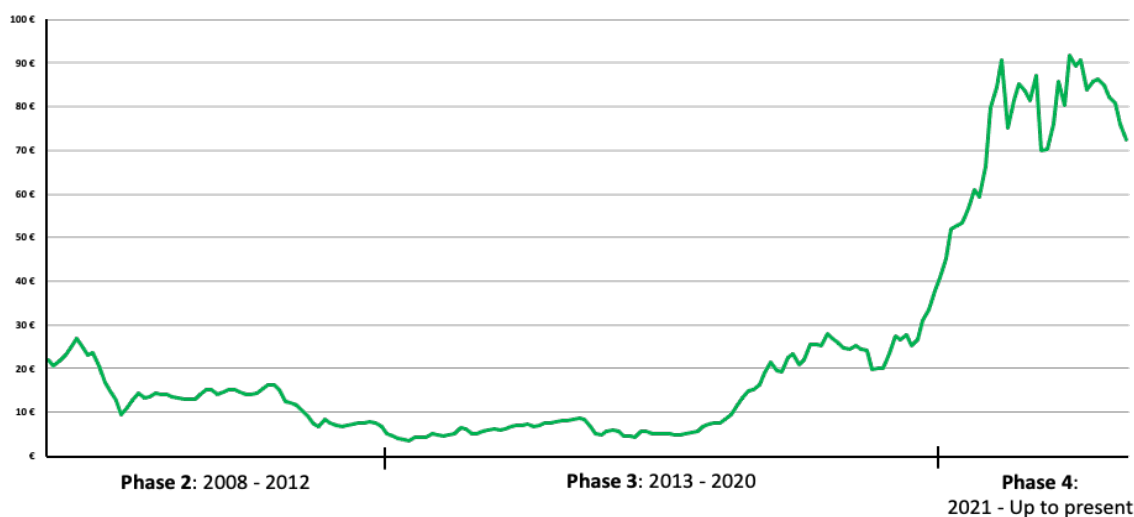


Figura 6: Andamento dei prezzi dei crediti di carbonio nell'EU ETS

## CAPITOLO 3

# VOLUNTARY CARBON MARKET

L'idea di un *mercato volontario per la compensazione* del carbonio ha preso forma con il Protocollo di Kyoto del 1997, concepito con l'obiettivo di consentire alle imprese di bilanciare le loro emissioni inevitabili attraverso l'acquisizione di crediti di carbonio generati da progetti mirati alla rimozione o riduzione dei gas serra atmosferici. Questa concezione si è concretizzata nel 2006 con l'attivazione del primo programma di compensazione, noto come **Clean Development Mechanism (CDM)**. Tuttavia, questo programma ha languito per anni, caratterizzato da volumi di scambio limitati e dubbi sulla credibilità dei progetti. Solo in seguito all'Accordo di Parigi del 2005, i Voluntary Carbon Markets (VCM) hanno iniziato a crescere, subendo successivamente una significativa accelerazione. Gli esperti prevedono come il picco degli scambi dei crediti di carbonio sarà raggiunto nel 2035, seguito da un declino determinato dall'adozione di nuove tecnologie a basso costo, in grado di ridurre le emissioni direttamente alla fonte, rendendo superflua la compensazione.

Al giorno d'oggi, le imprese che ambiscono a dimostrare il loro impegno nel contrastare il cambiamento climatico utilizzano ampiamente i Voluntary Carbon Market, adottando strategie orientate al raggiungimento degli obiettivi Net Zero.

Al momento, sono tre le categorie di progetti che agevolano la compensazione, garantendo, al contempo, un ottimo livello di credibilità:

- **Soluzioni nature-based:** comprendono interventi finalizzati al ripristino dell'equilibrio negli ecosistemi precedentemente alterati dall'attività umana. Questa categoria include proposte che puntano a ottimizzare l'uso del suolo, ad effettuare opere di rimboschimento delle aree precedentemente colpite da calamità naturali (come, ad esempio, incendi) o attività umane, nonché a preservare specie naturali particolarmente cruciali in questi ecosistemi.
- **Utilizzo di energia rinnovabile:** in questa circostanza, il credito di carbonio acquisisce validità quando si genera energia elettrica da fonti rinnovabili in aree in cui, attualmente, l'impiego di combustibili fossili risulta essere ancora più conveniente. Nei paesi in cui le fonti di energia rinnovabile hanno raggiunto una competitività economica sufficiente da poter sostituire i combustibili fossili e le centrali a carbone, risulta complesso attribuire credibilità e valore al credito di compensazione.

- **Soluzioni che utilizzano tecnologie a emissioni negative:** Questa categoria di progetti si avvale di tecnologie e processi che siano in grado di rimuovere in modo permanente la CO<sub>2</sub> dall'atmosfera. Questo aspetto riveste molta speranza poiché, oltre alla quantità di biossido di carbonio emessa, la durata della permanenza dell'anidride carbonica nell'atmosfera è un fattore determinante nell'incidenza del riscaldamento globale. In presenza di due quantità equivalenti del medesimo gas serra rilasciate nell'atmosfera, l'effetto più dannoso sul clima sarà generato da quello con una permanenza più prolungata nel tempo. Queste tecnologie sono denominate "a emissioni negative" poiché si concentrano sulla rimozione anziché l'emissione del gas serra nell'atmosfera. Le soluzioni **nature-based** adottano un approccio organico alla rimozione dell'anidride carbonica nell'ambiente, sfruttando la capacità naturale delle piante di immagazzinare il carbonio attraverso il processo fotosintetico. Dall'altra parte, i progetti di questa categoria si fondano su tecnologie che estraggono il biossido di carbonio dall'atmosfera (Direct Air Capture, DAC), immagazzinandolo e successivamente impiegandolo poi utilizzarla in altre applicazioni.

| Project Type                      | Net Zero Classification |           |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------|
|                                   | Removal                 | Avoidance |
| 1. Nature based Solutions         | ✓                       |           |
| 2. Negative Emission Technologies | ✓                       |           |
| 3. Renewable Energy               |                         | ✓         |

Tabella 1: Le principali categorie di progetto.

Fino ad oggi, le pratiche per evitare le emissioni, riconducibili alle iniziative di tipo **avoidance**, sono prevalentemente fondate su progetti che impiegano fonti di energia rinnovabile. Diversamente, per le iniziative di tipo **removal**, in cui le emissioni vengono sequestrate, i progetti risultano prevalentemente basati su approcci nature-based o che utilizzano tecnologie ad emissioni negative.

Al momento, le restanti soluzioni sono poco competitive a causa di una bassa maturità tecnologica, costituendo pertanto una frazione molto limitata del mercato attuale.

### 3.1 Crediti di Compensazione del Carbonio

I crediti di compensazione del carbonio (CCC) costituiscono il motore trainante dei mercati volontari e sono identificati come strumenti trasferibili e certificati da governi o enti di certificazione indipendenti e riconosciuti. Ogni credito di compensazione può essere impiegato dalle aziende per compensare l'emissione di una tonnellata di gas serra derivante dalle proprie attività produttive.

Tuttavia, la chiarezza e la trasparenza non sono sempre state garantite. A causa di una scarsa affidabilità dei progetti iniziali di compensazione, che ha minato la credibilità di questo tipo di mercato e, di conseguenza, dei crediti stessi, è stato necessario introdurre criteri che ne assicurassero la qualità e stabilire standard e registri per garantirne l'autenticità.

#### 3.1.1 Parametri di qualità

I crediti di compensazione del carbonio sono stati soggetti a diversi parametri volti a garantirne la bontà, ma solo alcuni di essi possono essere identificati come principali:

- **Intenzionalità:** Nel processo di sviluppo di un progetto di compensazione, è fondamentale specificare chiaramente, fin dalle fasi iniziali, l'obiettivo principale di generare crediti di carbonio per prevenire o sequestrare le emissioni.
- **Esclusività:** nel caso in cui un progetto sia concepito, sviluppato e attuato da due o più entità, siano esse nazionali o private, oppure nel caso in cui una società trasferisca i suoi crediti di compensazione ad un'altra impresa, si potrebbe incorrere nel rischio del *double counting*, ossia la contabilizzazione multipla delle emissioni sequestrate o evitate. Questa situazione potrebbe compromettere l'efficacia del mercato volontario del carbonio. Per prevenire questo problema, una volta che un'impresa utilizza in modo trasparente un credito di carbonio per la compensazione, quest'ultimo viene trasferito in un registro dedicato per i crediti pensionati, rendendolo non più utilizzabile né negoziabile.
- **Addizionalità:** il progetto deve dimostrare la capacità di produrre un beneficio tangibile in termine di sequestro o riduzione delle emissioni, che non si verificherebbe se il progetto non fosse stato realizzato. La presenza di questa caratteristica in un credito di compensazione è notoriamente complessa da comprovare e, in alcuni contesti, assume anche una dimensione soggettiva in quanto richiede la comprensione approfondita di ciò che sarebbe accaduto in assenza dell'implementazione del progetto.
- **Assenza di fenomeno collaterali:** L'implementazione di un progetto di compensazione deve avvenire senza generare danni di natura sociale e/o

ambientale, e deve escludere la possibilità di un effetto *leakage*, inteso come il trasferimento delle emissioni in altre aree.

- **Permanenza:** i benefici derivanti dalla riduzione o dal sequestro devono essere tangibili e inalterabili per un periodo minimo di 20 anni dalla generazione del credito. È evidente che la capacità di assicurare tale permanenza può variare a seconda delle caratteristiche specifiche e intrinseche di ciascun progetto: basti pensare, ad esempio, all'obsolescenza tecnica di un pannello fotovoltaico o al rischio incendio associato ad un'area soggetta a rimboschimento.

### 3.1.2 Programmi di compensazione del mercato volontario

In un contesto in cui la società sta manifestando crescente consapevolezza e sensibilità nei confronti delle questioni legate al cambiamento climatico, sorge un elevato rischio di incorrere nel fenomeno del **Greenwashing**. Tale fenomeno si manifesta come una forma di ecologismo apparente, in cui le imprese cercano di guadagnare visibilità promuovendo un'immagine ingannevole riguardo al loro autentico impegno nella lotta contro il riscaldamento globale.

Al fine di prevenire il fenomeno del Greenwashing, i registri e i programmi di compensazione hanno sviluppato standard e protocolli completi, comprensivi di regole e requisiti per certificare i crediti di carbonio. Questo è un processo che mira a garantire la validità effettiva dei progetti proposti, oltre che fornire direttive dettagliate riguardo al monitoraggio e alla rendicontazione delle emissioni. Attualmente, i registri che vantano maggior attrattiva sono:

- **Standard Plan Vivo:** Il protocollo Plan Vivo si concentra su progetti mirati all'uso sostenibile della terra nei paesi in via di sviluppo. Questo standard coinvolge attivamente le comunità locali in iniziative che promuovono la sostenibilità dell'ecosistema. Gli obiettivi principali dei progetti certificati da Plan Vivo comprendono non solo l'immagazzinamento a lungo termine del carbonio, ma anche la conservazione della biodiversità e l'adattamento degli ecosistemi interessati al cambiamento climatico.
- **Verified Carbon Standard (VCS):** Lanciato nel 2006 da VERRA, il Verified Carbon Standard costituisce attualmente il programma volontario di compensazione delle emissioni di gas serra più adottato a livello mondiale. L'attenzione principale del programma è rivolta alla verifica della validità effettiva dei crediti di carbonio generati da un progetto, senza richiedere necessariamente benefici sociali connessi. Il VCS stabilisce, inoltre, rigide linee guida per la misurazione, la verifica e la registrazione delle riduzioni delle emissioni.
- **Climate Action Reserve (CAR):** Successore della California Climate Action Registry (CCAR), questo programma è stato inaugurato nel 2008,



focalizzandosi esclusivamente su progetti localizzati nel Nord America. All'interno di questo programma, i crediti di carbonio sono denominati Climate Reserve Tonnes (CRT) e vengono assegnati a un progetto solo dopo che quest'ultimo dimostra di soddisfare e possedere specifici criteri di ammissibilità.

- **Gold Standard (GS):** Questo standard è stato concepito e sviluppato con il contributo del WWF e di numerose altre organizzazioni non governative. A differenza del VCS, che si occupa di progetti REDD+ ovvero progetti non che pongono il loro focus sul contributo sociale ma che hanno un raggio d'azione limitato alla riduzione o sequestro di gas serra come le opere di conservazione forestale, il GS si concentra su progetti che hanno un rilevante impatto sociale, come soluzioni per la cottura sostenibile (clean cooking) o per la purificazione dell'acqua.

### 3.2 Ottenimento dei crediti sui mercati

Le aziende che optano per la riduzione della propria impronta di carbonio mediante la compensazione delle emissioni rilasciate nell'atmosfera di diverse opzioni per acquisire i crediti di compensazione del carbonio:

- **Essere promotori di un progetto:** essere sostenitori di un progetto costituisce un'opzione per le aziende che desiderano ridurre la propria impronta di carbonio attraverso la compensazione delle emissioni. Il coinvolgimento aziendale nel progetto può variare in base a diversi fattori, tra cui l'urgenza di ottenere crediti di compensazione o l'investimento economico richiesto. Le imprese, dal canto loro, possono sostenere lo sviluppo di nuove tecnologie o progetti di compensazione direttamente o indirettamente, coinvolgendo eventualmente dei *project developer*.
- **Acquistando CCC da un intermediario o un retailer:** acquisire crediti di compensazione del carbonio tramite un intermediario o un rivenditore può rappresentare un'alternativa per le aziende che intendono compensare le proprie emissioni. Nel caso si consideri l'acquisizione di elevate quantità di crediti, le aziende saranno più intenzionate a collaborare con un broker, mentre, se la richiesta è un numero limitato di crediti, il rivenditore rappresenta un'opzione più che valida. Queste due figure condividono alcune analogie nel loro modus operandi: entrambe, infatti, propongono un portafoglio differenziato di crediti di compensazione alle imprese per soddisfare le loro esigenze aziendali, evitando, al contempo, crediti di bassa qualità. Inoltre, sia il broker che il retailer possono gestire sia crediti generati da progetti esterni che derivanti da progetti da loro sviluppati. Tuttavia, è importante notare come ciò potrebbe comportare un rischio di parzialità durante la vendita, poiché potrebbero favorire i propri

progetti rispetto a quelli di terzi, anche se quest'ultimi potrebbero risultare più vantaggiosi per determinati obiettivi di compensazione da parte delle aziende.

- **Ottenendo CCC da un Exchange Market:** Questo metodo per ottenere crediti di compensazione del carbonio rappresenta un approccio rapido e diretto, ma che comporta alcune criticità. Tra queste, la principale è la difficoltà nel reperire informazioni affidabili sulla validità dei progetti associati ai crediti. Infatti, esiste il rischio concreto di ottenere crediti derivanti da progetti di bassa qualità, i quali non solo mancherebbero nell'efficace riduzione dell'impronta di carbonio aziendale, ma potrebbero altresì compromettere l'immagine dell'azienda agli occhi di potenziali investitori, acquirenti o clienti. Pertanto, è cruciale considerare attentamente questa modalità di acquisizione, tenendo presente le potenziali implicazioni reputazionali e ambientali.

Figure 1: The Offset Cycle, from Project Development to Retirement

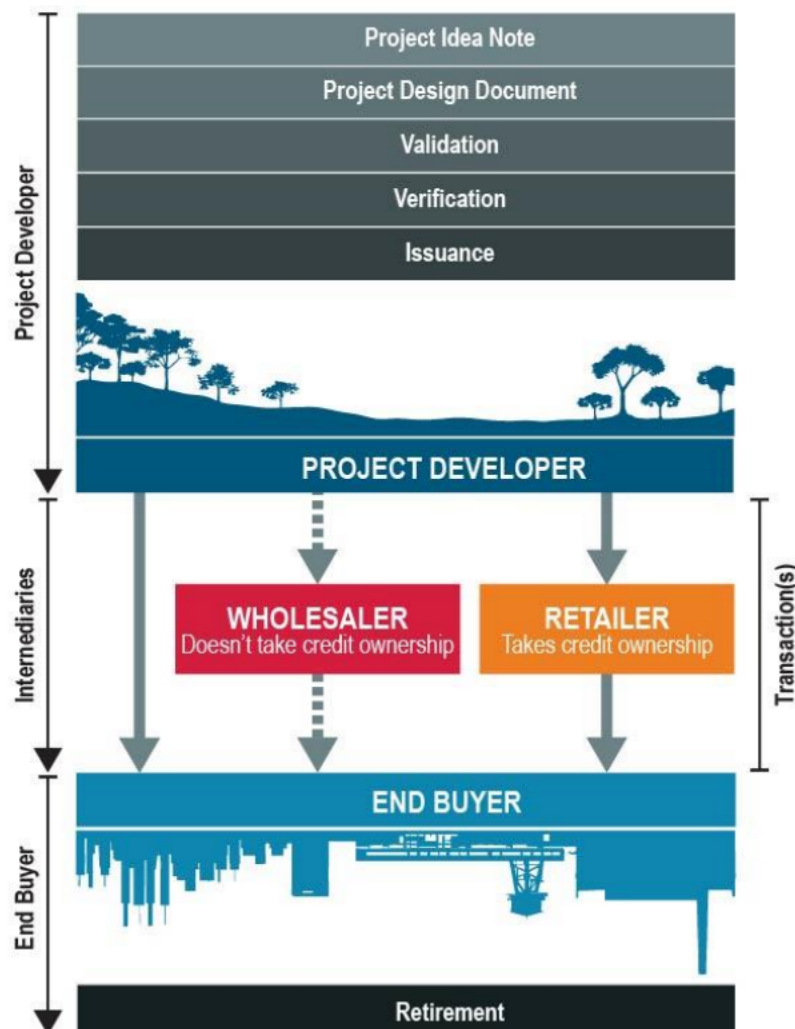


Figura 7: Ciclo di vita di un Credito di Compensazione del Carbonio. Fonte: World Economic Forum

### 3.3 Pricing dei crediti di compensazione del carbonio

In un contesto come quello del mercato volontario del carbonio, a differenza di un sistema regolamentato e obbligatorio come l'EU Emission Trading System, l'utilizzo dei termini "*andamento di prezzi*" risulta poiché non si fa riferimento a quote di carbonio certificate e rilasciate da autorità governative regolatorie, bensì a crediti generati da progetti di compensazione che presentano molteplici incognite intrinseche. L'oscillazione tra domanda e offerta è influenzata da vari fattori, tra cui la trasparenza nella comunicazione dell'efficacia del progetto e la fiducia degli stakeholder riguardo l'effettivo impatto di questi crediti di compensazione del carbonio nella lotta contro il riscaldamento globale.

In un contesto così eterogeneo, è possibile identificare un varietà di progetti di compensazione, ognuno caratterizzato da costi variabili in relazione alle tecnologie adottate e, magari, sviluppate. Questi progetti sono distribuiti in diverse aree geografiche, con conseguenti disparità in merito ai costi di sviluppo. Un esempio tangibile di questa disparità è evidente nell'acquisto di un credito di compensazione del carbonio per compensare una tonnellata di CO<sub>2</sub> emessa: tale transazione risulta essere circa quindici volte più onerosa in Nuova Zelanda rispetto all'acquisto analogo in Cina.

Date le considerazioni precedentemente illustrate, risulta forse più opportuno fare riferimento al **prezzo medio** di vendita di un credito di compensazione del carbonio, registrato in un determinato anno. Tuttavia, è importante sottolineare come tale indicatore non cattura completamente la considerevole varietà di prezzi che emergono quando si tiene conto della località in cui il progetto di compensazione è stato realizzato.

L'anno scorso, i prezzi medi dei CCC sono i più alti registrati negli ultimi 15 anni, nonostante quest'ultimo biennio sia contraddistinto da una netta diminuzione dei volumi complessivi degli scambi, stimabile intorno al 51% rispetto al picco del 2021. I prezzi, infatti, hanno fatto registrare un notevole incremento, passando da circa quattro dollari nel 2021 a 6,97 dollari per tonnellata nel 2023, con un picco intermedio stimato intorno a 7,37 dollari.

I progetti nature-based hanno contribuito in modo significativo al mercato, generando il maggior numero di crediti scambiati.

### **3.4 L'offerta dei crediti di compensazione del carbonio**

Prima di iniziare l'analisi relativa l'offerta dei crediti di compensazione del carbonio, è opportuno introdurre, da un punto di vista strettamente legato alla nomenclatura, due nuovi. Con il termine "*crediti ritirati*" si fa riferimento a quei crediti che sono stati eliminati dal mercato, in quanto utilizzati da un'impresa per compensare le proprie emissioni, evitando così la duplicazione del conteggio. Al contrario, con il termine "*crediti emessi*" si fa riferimento a tutti quei crediti introdotti nel mercato volontario del carbonio e associati a specifici progetti di compensazione, che le imprese possono acquisire per la compensazione delle proprie emissioni.

Il mercato volontario del carbonio è caratterizzato da un costante surplus dell'offerta rispetto alla domanda, principalmente attribuibile ad una caratteristica intrinseca dei crediti emessi: la mancanza di una data di scadenza che permette loro di rimanere in circolazione per un periodo di tempo indefinito. Questo comporta che i vecchi crediti, rimasti invenduti a causa della loro bassa qualità, si accumulino insieme ai nuovi crediti emessi, che, invece, godono di maggior credibilità agli occhi degli acquirenti interessati.

L'eccesso di offerta, derivante principalmente da progetti più datati, è la principale ragione di un pricing relativamente basso per l'acquisizione di crediti di compensazione. Anche se è sempre importante ricordare come i prezzi variano considerevolmente, anche, in base al tipo di progetto e alla sua località geografica di origine.

Il basso costo dei crediti di carbonio ha suscitato critiche da parte dei più scettici, poiché si ritiene che non incoraggi sufficientemente le imprese a risolvere il problema alla radice mediante innovazioni tecnologiche ed efficientamento energetico ma, al contrario, le spinga piuttosto a continuare le attività inquinanti per poi compensarle a fronte di prezzi particolarmente bassi.

Per affrontare questa problematica, si sta discutendo la possibilità di sviluppare meccanismi che identifichino i crediti più datati e privi di valore, al fine di rimuoverli dal mercato e ridurre il divario tra domanda e offerta, con conseguente aumento dei prezzi. Tuttavia, al momento attuale, una soluzione definitiva non è stata ancora raggiunta.

### **3.5 La domanda dei crediti di compensazione del carbonio**

Un mercato in rapida espansione, come quello della compensazione volontaria delle emissioni rilasciate, deve necessariamente richiedere inevitabilmente una domanda crescente, capace di incrementare i volumi di crediti scambiati nel corso degli anni.

Effettivamente, nonostante l'assenza di vincoli normativi come per le imprese coinvolte nell'Emission Trading System, un numero sempre maggiore di azienda è stata motivata ad acquisire crediti per compensare le proprie emissioni da incentivi di natura settoriale o da politiche governative focalizzate sulla promozione della sostenibilità.

I fattori relativi al settore industriale in cui le imprese si trovano ad operare riflettono le esigenze e le aspirazioni degli stakeholders, i quali spingono verso una decarbonizzazione dell'industria.

D'altra parte, diverse politiche governative hanno focalizzato la loro attenzione a ricompensare comportamenti virtuosi da parte delle imprese, riservando l'accesso a finanziamenti pubblici agevolati. Inoltre, l'adozione di pratiche favorevoli alla sostenibilità ambientale facilita anche l'attrazione di investimenti privati. A conferma di ciò, è significativa la presenza di numerosi fondi di investimento che hanno deliberatamente destinato risorse finanziarie a imprese in linea con i criteri ESG.

### 3.6 Le differenze con l'EU ETS

Sono molteplici le caratteristiche che differenziano l'Emission Trading System con il Mercato Volontario del Carbonio:

- **Partecipazione:** la prima divergenza è intrinseca nel nome stesso del Voluntary Carbon Market. Questo mercato, infatti, è di natura volontaria, nel quale le imprese scelgono autonomamente di acquistare crediti di compensazione del carbonio per ridurre la propria impronta di carbonio, dimostrando un impegno volontario verso la sostenibilità. Al contrario, nell'EU Emission Trading System, le imprese coinvolte sono obbligate a partecipare al sistema e hanno l'obbligo di restituire, entro aprile, all'autorità governativa regolatrice un totale di quote di emissione pari a quanto emesso nell'anno precedente. L'inadempienza a questa obbligazione comporta l'applicazione di sanzioni finanziarie significative.
- **Copertura geografica:** il sistema di scambio delle quote di carbonio è circoscritto ai membri dell'Unione Europea, con l'eccezione della Norvegia e Islanda. Al contrario, il mercato volontario del carbonio può coinvolgere aziende provenienti da ogni parte del mondo e può accedere a crediti di compensazione derivanti da progetti distribuiti globalmente. Pertanto, non presenta restrizioni geografiche ma può operare su scala internazionale.
- **Regolamentazione:** L'EU ETS si basa su un sistema di tipo "cap and trade" dove l'Unione Europea stabilisce annualmente un tetto massimo di emissioni (*cap*) al di sopra del quale la somma delle emissioni di determinati settori industriali e, di conseguenza, di determinate aziende non può andare. Questo

limite è successivamente diviso in singole autorizzazioni di emissione, al fine di regolare le emissioni, mantenendo un numero prestabilito di quote. Ogni impresa è tenuta a presentare annualmente una rendicontazione sulle proprie emissioni rilasciate e a possedere un numero di quote equivalente alle emissioni generate. Le aziende sono quindi soggette a rispettare rigorose regolamentazioni e direttive governative per raggiungere gli obiettivi stabiliti dalla legislazione dell'Unione Europea. Nel contesto del Mercato Volontario del Carbonio, invece, la finalità del VCM è quella di agire come un facilitatore, ossia come uno strumento messo a disposizione delle organizzazioni per agevolare l'acquisto o lo scambio di crediti di carbonio. Poiché si tratta di un mercato volontario, non esistono direttive rigidamente imposte per il raggiungimento di obiettivi predeterminati ma ogni azienda può usufruirne per perseguire le proprie aspirazioni di compensazione relativi alla propria carbon footprint.

- **Allocazione quote:** Nel contesto del mercato volontario dei crediti di carbonio, l'ottenimento delle quote di compensazione può avvenire mediante diverse metodologie, a seconda del livello di coinvolgimento dell'impresa. Le modalità variano dalla partecipazione diretta dell'impresa ad un progetto di compensazione fino all'acquisizione di crediti tramite un Exchange Market o mediante intermediari come broker o retailer. Contrariamente, nell'EU ETS, le quote di emissione sono assegnate attraverso aste o metodi di allocazione stabiliti dalle autorità competenti, ad eccezione di alcune imprese a cui vengono conferite gratuitamente.
- **Tipologia di quote:** All'interno dell'EU Emission Trading System, le autorità istituiscono e rilasciano quote di emissioni vincolanti per specifici settori industriali. Al contrario, per quanto concerne i crediti di compensazione del carbonio associabili a progetti specifici, non esistono protocolli ma piuttosto sono presenti diversi standard e iniziative che hanno implementato rigorosi piani interni per determinare la validità di un e, di conseguenza, la qualità dei crediti di carbonio associati.

## CAPITOLO 4

# IMPATTO DELL'EU ETS SULLA COMPETITIVITA': COSA DICE LA LETTERATURA

Il Sistema di Scambio delle Quote di Emissione è stato istituito dall'Unione Europea come valido strumento a supporto dei significativi sforzi che l'Europa sta compiendo per affrontare le problematiche sfide che il cambiamento climatico le pone davanti. Tuttavia, nonostante i nobili fini che questo sistema mira a raggiungere, sorge una preoccupazione diffusa riguardo alla sua possibile influenza sulla competitività delle imprese regolamentate.

Un'azienda soggetta alla disciplina dell'EU ETS, per adeguarsi alle esigenze proprie di questo sistema, può adottare una strategia che preveda l'acquisizione delle quote di emissioni per ogni tonnellata di CO<sub>2</sub> emessa oppure la realizzazione di investimenti mirati alla riduzione delle emissioni di gas serra generate dai propri processi attraverso opere di innovazione e ottimizzazione. Entrambe le opzioni richiedono un considerevole impiego di risorse finanziarie da parte delle imprese, volte a conformarsi ai requisiti imposti dal sistema. Tuttavia, sorgono preoccupazioni riguardo l'impatto di tali investimenti sui costi operativi delle aziende. In particolare, si teme che le aziende soggette a queste restrizioni possano trovarsi in una situazione di svantaggio rispetto ai competitors situati al di fuori dell'Unione Europea, operanti in Paesi con vincoli ambientali meno stringenti.

Una conseguenza diretta di ciò, ed in grado di suscitare altrettante preoccupazioni, è che le imprese regolamentate potrebbero optare per la delocalizzazione delle proprie emissioni, trasferendo la produzione in paesi caratterizzati da regolamentazioni ambientali meno rigide. Ciò comporterebbe un'inefficienza dell'Emission Trading System europeo in quanto le emissioni globali non verrebbero ridotte e, di conseguenza, gli sforzi per contrastare il cambiamento climatico risulterebbero gravemente compromessa.

Per contrastare questi scenari, l'Unione Europea ha integrato nel proprio sistema di scambio delle quote di carbonio delle contromisure volte a mitigare i rischi sopra menzionati: una delle soluzioni proposte più impattanti è l'allocazione gratuita delle quote di carbonio ai settori industriali maggiormente esposti a tali criticità. Tuttavia, l'efficacia di tali misure nel proteggere la competitività delle imprese regolamentate rimane oggetto di dibattito.

Il presente elaborato di tesi si pone il duplice obiettivo di analizzare l'impatto effettivo dell'introduzione dell'UE Emission Trading System e delle tariffe dei permessi di emissione sulle emissioni di gas serra rilasciate nell'atmosfera dalle imprese e, successivamente, di valutare se questi costi aggiuntivi derivanti da tali misure e che le imprese devono sostenere possano influenzare negativamente loro competitività, inducendole a spostare le proprie emissioni in Paesi con normative sul cambiamento climatico meno restrittive.

Al fine di raggiungere tali obiettivi, è stato scelto di avviare l'analisi partendo da due paper distinti che hanno trattato la medesima tematica, concentrandosi sulle prime due Fasi dell'Emission Trading System. Successivamente, si intende estendere questa analisi alle due Fasi successive del sistema, con la terza già conclusa e la quarta attualmente in corso di svolgimento.

I paper analizzati, che nei paragrafi successivi verranno approfonditi nel dettaglio, sono:

- “The Impact of the EU Emission Trading System on competitiveness and carbon leakage: the econometric evidence” (scritto e pubblicato da Stefano Verde): questo elaborato, basandosi sulla letteratura econometrica già presente al momento della sua redazione, prova a confutare l'ipotesi secondo la quale il sistema di scambio delle quote di emissione dell'Unione Europea sia responsabile della rilocalizzazione delle emissioni di carbonio e, dunque, in grado di incidere sulla competitività delle imprese.
- “Carbon Leakage and Competitiveness under the EU ETS” (redatto da Joshua Prentice): questo documento si pone l'obiettivo di stabilire se la contromisura di attribuire a titolo gratuito delle quote di emissione alle imprese appartenenti ai settori inclusi nell'elenco redatto dall'Unione Europea comprendenti le industrie a rischio carbon leakage abbia raggiunto il suo obiettivo, ovvero garantire la competitività dei settori, non inficiando l'efficacia del sistema di scambio delle quote di carbonio.

#### **4.1 The Impact of the EU Emission Trading System on competitiveness and carbon leakage: the econometric evidence**

In questo paper, pubblicato nella rivista accademica *Journal of Economic Surveys*, l'autore, Stefano F. Verde, si è proposto di condurre una revisione accurata della lettura econometrica precedentemente pubblicata al fine di determinare se esista effettivamente una correlazione tra la competitività delle imprese soggette alle regolamentazioni dell'Emission Trading System e il sistema stesso.

Fin dall'inizio, l'autore ha evidenziato ed enfatizzato come l'assegnazione gratuita delle quote fosse una caratteristica fondamentale dell'EU Emission Trading System e come numerosi interventi normativi fossero strettamente correlati a questo meccanismo.



Tuttavia, in questo articolo, non si presume automaticamente che, nel caso vi sia una correlazione tra il sistema di scambio delle quote di carbonio e la competitività delle imprese regolamentate, essa risulti essere negativa. Piuttosto, si mira a stabilire se, qualora questa correlazione esista, questa influisce negativamente sulla competitività, nonostante l'allocazione gratuita delle risorse, oppure se tale allocazione abbia favorito alcuni settori industriali a causa di una sovrabbondante assegnazione di quote di emissione gratuite.

Per valutare l'incidenza delle normative attuali associate al sistema di scambio delle quote di emissione siano influenti sulla competitività delle imprese, l'autore ha ritenuto significativi e meritevoli di ulteriori approfondimenti trentacinque studi econometrici. Questi studi sono stati selezionati in modo da poter analizzare questo possibile condizionamento a livello normativo in base a tre tipologie diverse di effetti, al fine di contemplare le prospettive dei diversi stakeholders del settore:

- Diciotto delle trentacinque opere selezionate da Stefano Verde esaminano la competitività, intesa come performance pura, a livello aziendale e/o settoriale. In un contesto tanto vasto quanto poco delineato, ciascun autore ha individuato quelli che risultano essere gli indicatori più rilevanti per trarre conclusioni accurate riguardo al fenomeno in questione. L'unico indicatore presente in tutti gli elaborati è quello relativo al commercio internazionale, basato su parametri in grado di raccogliere informazioni sulle importazioni e sulle esportazioni. A questo indicatore se ne aggiungono altri, meno frequenti, che valutano la competitività di un'impresa da un punto di vista meramente economico (ricavi, tasso di occupazione, produttività, etc. etc.) o che monitorano l'andamento dei prezzi delle quote di emissione di carbonio. Questa eterogeneità che caratterizza gli studi econometrici, tuttavia, non si limita solo agli indicatori selezionati ma riguarda anche gli approcci adottati per condurre l'attività: l'approccio più utilizzato è il **DiD** (*Difference-in-Differences*), che mira a stimare l'effetto dell'introduzione di una normativa (in questo contesto specifico) su un gruppo di tester, rispetto ad un secondo gruppo non soggetto a tale intervento normativo. I due gruppi vengono confrontati in due istanti temporali differenti: uno precedente e uno successivo all'introduzione del trattamento con la finalità di stimare quale è l'effetto dell'introduzione del "trattamento" (in questo caso le normative) sulla variabile di interesse (la competitività). Tuttavia, a questa tipologia di approccio ne seguono altre due: la **Panel Analysis**, ossia uno strumento di analisi che consente di studiare la possibile relazione tra variabili, attraverso un insieme di dati proveniente da soggetti distinti, e la **Time Series Analysis**, che si basa sull'analisi di serie storiche per identificare regolarità comportamentali passate che possano ripetersi in futuro.
- Dodici ulteriori studi si focalizzano sulla valutazione dell'impatto dell'andamento dei prezzi dei permessi di emissione sui rendimenti azionari delle società e, di conseguenza, sulle aspettative degli investitori. Tutti i lavori

econometrici selezionati che si concentrano su questo aspetto adottano il modello multifattoriale (**MFM**, Multifactor), il quale cerca di determinare se esista una correlazione, diretta o inversa, tra la variabile dipendente, in questo caso il rendimento dei titoli azionari, e molteplici fattori, tra cui l'andamento dei prezzi delle quote di emissione o i rendimenti del portafoglio di mercato.

- Gli ultimi cinque paper analizzati, invece, pongono il loro focus sulla decisione delle imprese di utilizzare le proprie risorse finanziarie in investimenti produttivi in paesi in cui le policy a livello climatico sono meno stringenti e soffocanti (fenomeno dell'*investment leakage*). Il tutto porta alla, ormai nota, rilocalizzazione delle emissioni di carbonio (carbon leakage) ma anche a perdite economiche di lunga durata nell'indotto riconducibile al sistema economico europeo.

Dall'analisi di questi studi econometrici, esposti sopra e dei quali si ha visibilità nella **tabella 1** riportata nella pagina seguente, è emersa una mancanza di sufficienti evidenze tali da poter ipotizzare la presenza di una correlazione negativa (o positiva) tra le normative introdotte dall'EU Emission Trading System, con conseguenti costi aggiuntivi per le aziende, e la competitività delle imprese soggette alle regolamentazioni.

Inoltre, l'autore fa notare come la maggior parte degli studi econometrici da lui selezionati si focalizzino sui primi due stadi del sistema di scambio delle quote di carbonio. Tuttavia, come precedentemente esposto e illustrato, la Fase III è una fase di grandi cambiamenti nel sistema e riveste, dunque, molta importanza per l'EU ETS: infatti, viene introdotto per la prima volta un tetto unico sulle emissioni a livello europeo (a differenza delle prime due fasi in cui era imposto un limite massimo alle emissioni a livello nazionale), vengono modificate le regole di assegnazione delle licenze di emissione e, soprattutto, si assiste ad un aumento considerevole dei prezzi di acquisto delle quote.

Alla luce delle evidenze riscontrate nello studio di Stefano Verde, e considerate le sue preoccupazioni riguardo a conclusioni troppo precipitose in quanto basate sulle fasi embrionali del sistema delle emissioni europeo, si è deciso di dedicare questo elaborato a un ulteriore approfondimento econometrico, nel tentativo di riuscire a confermare o confutare quanto emerso fino ad ora.

| Study                               | Effect type             | Approach                | Dependent variable |           | Sample coverage |             |                    |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|-----------|-----------------|-------------|--------------------|
|                                     |                         |                         | Level              | Frequency | EU ETS years    | Country     | Sector             |
| Yu (2013)                           | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2006       | Single (SE) | Single (Energy)    |
| Reinaud (2008)                      | Competitive performance | Time series             | Sector             | Quarterly | 2005–2007       | Multiple    | Single (Aluminium) |
| Commins <i>et al.</i> (2011)        | Competitive performance | Panel data              | Firm               | Annual    | 2005–2007       | Multiple    | Multiple           |
| Costantini and Mazzanti (2012)      | Competitive performance | Panel data <sup>a</sup> | Sector             | Annual    | 2005–2007       | Multiple    | Multiple           |
| Abrell <i>et al.</i> (2011)         | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2008       | Multiple    | Multiple           |
| Lundgren <i>et al.</i> (2015)       | Competitive performance | Panel data              | Firm               | Annual    | 2005–2008       | Single (SE) | Single (Paper)     |
| Chan <i>et al.</i> (2013)           | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2009       | Multiple    | Multiple           |
| Petrick and Wagner (2014)           | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2010       | Single (DE) | Multiple           |
| Colmer <i>et al.</i> (2018)         | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2012       | Single (FR) | Multiple           |
| Jaraite and Di Maria (2016)         | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2010       | Single (LT) | Multiple           |
| Sartor (2012)                       | Competitive performance | Time series             | Sector             | Quarterly | 2005–2011       | Multiple    | Single (Aluminium) |
| Marin <i>et al.</i> (2018)          | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2012       | Multiple    | Multiple           |
| Branger <i>et al.</i> (2016)        | Competitive performance | Time series             | Sector             | Monthly   | 2005–2012       | Multiple    | Multiple           |
| Lutz (2016)                         | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2012       | Single (DE) | Multiple           |
| Löschel <i>et al.</i> (2018)        | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2012       | Single (DE) | Multiple           |
| Dechezleprêtre <i>et al.</i> (2018) | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2012       | Multiple    | Multiple           |
| Klemetsen <i>et al.</i> (2016)      | Competitive performance | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2013       | Single (NO) | Multiple           |
| Boutabba and Lardic (2017)          | Competitive performance | DiD                     | Plant              | Annual    | 2005–2015       | Multiple    | Multiple           |
| Borghesi <i>et al.</i> (2018)       | Competitive performance | Time series             | Sector             | Monthly   | 2005–2010       | Single (IT) | Multiple           |
| Aus dem Moore <i>et al.</i> (2019)  | Investment leakage      | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2010       | Multiple    | Multiple           |
| Koch and Basse Mama (2019)          | Investment leakage      | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2012       | Multiple    | Multiple           |
| Naegele and Zaklan (2019)           | Investment leakage      | DiD                     | Firm               | Annual    | 2005–2013       | Single (DE) | Multiple           |
| Dechezleprêtre <i>et al.</i> (2019) | Carbon leakage          | Panel data <sup>a</sup> | Sector             | Annual    | 2007, 2011      | Multiple    | Multiple           |
| Jong <i>et al.</i> (2014)           | Carbon leakage          | Panel data              | Firm               | Annual    | 2007–2014       | Multiple    | Multiple           |
| Oberndorfer (2009)                  | Stock returns           | MFM <sup>b</sup>        | Firm               | Daily     | 2005–2006       | Multiple    | Multiple           |
| Veith <i>et al.</i> (2009)          | Stock returns           | MFM                     | Firm               | Daily     | 2005–2007       | Multiple    | Single (Energy)    |
| Bushnell <i>et al.</i> (2013)       | Stock returns           | MFM <sup>b</sup>        | Firm               | Daily     | 2005–2007       | Multiple    | Single (Energy)    |
| Mo <i>et al.</i> (2012)             | Stock returns           | MFM                     | Firm               | Daily     | 2006–2009       | Multiple    | Multiple           |

(Continued)

Tabella 2: Panoramica della letteratura analizzata da Verde. Fonte: Journal of Economic surveys © 2020 John Wiley & Sons Ltd.

| Study                                 | Effect type   | Approach | Dependent variable |           | Sample coverage |             |                 |
|---------------------------------------|---------------|----------|--------------------|-----------|-----------------|-------------|-----------------|
|                                       |               |          | Level              | Frequency | EU ETS years    | Country     | Sector          |
| Vennmans (2015)                       | Stock returns | MFM      | Firm               | Daily     | 2007–2011       | Multiple    | Multiple        |
| Oestreich and Tsiakas (2015)          | Stock returns | MFM      | Firm               | Monthly   | 2005–2012       | Single (DE) | Multiple        |
| Tian <i>et al.</i> (2016)             | Stock returns | MFM      | Firm               | Daily     | 2005–2012       | Multiple    | Single (Energy) |
| Pereira da Silva <i>et al.</i> (2015) | Stock returns | MFM      | Firm               | Daily     | 2013–2014       | Single (ES) | Multiple        |
| Pereira da Silva <i>et al.</i> (2016) | Stock returns | MFM      | Firm               | Daily     | 2008–2014       | Single (ES) | Single (Energy) |
| Moreno and Pereira da Silva (2016)    | Stock returns | MFM      | Firm               | Daily     | 2008–2015       | Single (ES) | Multiple        |
| Bernardini <i>et al.</i> (2019)       | Stock returns | MFM      | Firm               | Monthly   | 2006–2016       | Multiple    | Single (Energy) |

**Tabella 2:** Continuo della tabella precedente. **Fonte:** Journal of Economic surveys © 2020 John Wiley & Sons Ltd.

## 4.2 Carbon Leakage and Competitiveness under the EU ETS

Per sostenere le conclusioni alle quali era giunto Stefano Verde nel suo articolo, è stato considerato il presente studio condotto da Joshua Prentice: sebbene il paper protagonista di questo paragrafo fosse stato pubblicato precedentemente allo studio di Verde, essi si focalizzano sullo stesso periodo temporale, in particolare la seconda fase dell'EU Emission Trading System.

Questo studio ha l'obiettivo di verificare se l'elenco dei settori e sottosettori selezionati dalla Commissione Europea nel dicembre del 2009, per il periodo di riferimento compreso fra il 2010 e il 2014, ai quali verranno assegnate gratuitamente le quote di emissione sia utile nel mitigare il rischio di perdita di competitività e carbon leakage, mantenendo, al contempo, l'efficacia dell'EU ETS.

La Commissione Europea ha riconosciuto il rischio di una possibile perdita di competitività da parte di imprese appartenenti a determinati settori e sottosettori a causa dei costi diretti e indiretti introdotti dalle normative dell'EU ETS. In risposta a questo rischio, nel dicembre del 2009, la Commissione Europea ha diramato un elenco di settori e sottosettori industriali ai quali conferire gratuitamente le quote di emissione per il quinquennio 2010-2014. Successivamente, nel 2014, la Commissione Europea ha emesso un nuovo elenco con validità fino al 2019.

Attualmente, è in vigore un ulteriore elenco destinato ad accompagnare l'EU ETS per l'intera durata della Fase IV.

Ritornando all'articolo pubblicato da Joshua Prentice che discuteva l'efficacia del primo elenco diramato, è necessario evidenziare come i settori considerati esposti ad un significativo rischio di carbon leakage, nel 2009, dovevano soddisfare due importanti condizioni, disciplinate dall'articolo 10(a) della direttiva 2003/87/EC riguardante l'EU Emission Trading System (articolo che, in seguito, è stata oggetto di modifiche, le quali hanno diffuso nuovi criteri<sup>1</sup>):

- La somma dei costi aggiuntivi, diretti e indiretti, introdotti dalla nuova direttiva doveva eccedere il valore aggiunto lordo almeno del 5%.
- L'intensità degli scambi<sup>2</sup> con paesi terzi deve eccedere il 10%.

Per quanto riguarda la prima condizione, la Commissione Europea ha identificato i costi diretti come quei costi associati all'acquisizione delle quote di emissione (EUAs, EU Allowances); mentre i costi indiretti sono principalmente legati all'aumento dei prezzi determinato dai fornitori di energia elettrica.

<sup>1</sup> Direttiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio (13 ottobre 2003): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02003L0087-20180408&from=FI>

<sup>2</sup> Il parametro che valuta l'intensità degli scambi con paesi terzi è dato dal rapporto tra la somma delle importazioni ed esportazioni con paesi terzi e la market size del settore di riferimento. Dimensione del mercato ottenibile sommando il fatturato dell'anno e le importazioni totali da paesi terzi.

L'analisi condotta dalla Commissione Europea per prevedere quali settori, con la vendita delle quote di carbonio anziché alla loro assegnazione gratuita, fossero esposti al rischio di riallocazione, prevedeva la vendita all'asta del 100% delle quote di emissione, ipotizzando un prezzo medio di vendita delle EUAs pari a circa 30€.

Questo valore di prezzo era basato su proiezioni future legate alla necessità dell'Unione Europea di dover raggiungere determinati obiettivi climatici entro il 2020. Tuttavia, le aspettative legate al prezzo si sono rivelate estremamente errate, comportando significative incongruenze durante la redazione della lista dei settori.



**Figura 8:** Effettivo andamento dei prezzi dell'EU Allowances. **Fonte:** European Environment Agency

Attraverso l'analisi della lista di settori e sottosettori considerati a rischio di carbon leakage dalla Commissione Europea, effettuata nel suo articolo e basata sui principi fondamentali come le condizioni stabilite dall'articolo 10(a), Joshua Prentice ha evidenziato come l'elenco redatto nel dicembre 2009 abbia fornito un sostegno eccessivo alle imprese al fine di garantire la competitività a livello globale, a discapito dell'efficacia complessiva dell'EU ETS. Questa analisi ha dimostrato che molti settori, nonostante non fossero in grado di soddisfare entrambe le condizioni imposte dalla direttiva, sono stati comunque considerati a rischio di esposizione al fenomeno di rilocalizzazione delle quote di emissione.

Il suggerimento avanzato da Joshua Prentice per evitare di cadere nuovamente in errore nella stesura della successiva lista di settori e sottosettori è stato quello di modificare le soglie stabilite nella direttiva europea. Tuttavia, considerando che tale procedura avrebbe richiesto tempi legislativi troppo lunghi per un'applicazione precedente alla stesura della seconda lista, ha proposto come soluzione tampone quella di abbassare il prezzo ipotizzato delle quote di emissione.

In conclusione, l'autore ha sostenuto tramite questo paper che le contromisure introdotte dalla Commissione Europea per contrastare il rischio di perdita di competitività e il conseguente fenomeno di carbon leakage ad esso associato hanno raggiunto l'esito desiderato. Tuttavia, ha sottolineato come persista la necessità di rettificare queste misure per evitare un effetto contrario sull'efficacia complessiva dell'EU Emission Trading System.





## CAPITOLO 5

# ESPLORAZIONE DELLA COMPETITIVITA' DELLE IMPRESE ATTRAVERSO L'ANALISI DI REGRESSIONE

Con l'obiettivo prefissato e delineato per questo elaborato di tesi, si è deciso di condurre una serie di analisi econometriche al fine di determinare se l'introduzione dell'EU Emission Trading System e i prezzi dei permessi ad emettere abbiano comportato dei benefici da un punto di vista ambientale, manifestati attraverso la riduzione delle emissioni di gas serra, e se i costi aggiuntivi che le imprese Europee si sono trovate ad affrontare abbiano influenzato la loro competitività industriale. In altre parole, gli studi econometrici hanno come finalità quella di valutare gli impatti del sistema di scambio delle quote di carbonio europeo sia sul fronte ambientale, attraverso la riduzione delle emissioni, sia sul versante economico, con un'attenta disamina della competitività industriale delle aziende regolamentate.

Data la mancanza di dati sperimentali, dunque, è stato adottato un approccio basato sull'analisi econometrica per individuare ed evidenziare eventuali relazioni causa-effetto statisticamente significative tra variabili indipendenti e variabili dipendenti. Questo approccio ha alla propria base l'utilizzo di metodi matematici e statistici e dati ottenuti da database preesistenti.

Per condurre un'analisi econometrica accurata e approfondita, mirata ad individuare tali relazioni causali, è stato deciso di implementare un modello di regressione lineare multipla con stimatori OLS (Ordinary Least Squares), utilizzando il software STATA, con dati panel, ovvero osservazioni ripetute raccolte su un insieme di variabili che si protraggono nel corso del tempo. Questa tipologia di modello econometrico può essere generalizzata dalla seguente formula:

$$Y_{i,t} = \beta_0 + \Sigma (\beta_j X_{j,it}) + u_i$$

Dove:

- La variabile *effetto*  $Y$  rappresenta la variabile dipendente in esame. Nelle regressioni econometriche che seguono, essa identifica, inizialmente, le emissioni di gas serra di ogni nazione considerata nell'analisi e, successivamente, le esportazioni di ciascun paese.
- La variabile *causa*  $X$  rappresenta i regressori ovvero le variabili indipendenti individuate e utilizzate nel modello, perché ritenute influenti nello studio in quanto in grado di ridurre l'errore di regressione.
- I coefficienti  $\beta$  sono gli stimatori OLS, ovvero dei parametri associati a ciascuna variabile indipendente che ne stimano l'impatto sulla variabile dipendente (tenendo costanti gli altri regressori) e che sono in grado di minimizzare la somma dei quadrati degli errori.
- Il pedice  $i$  identifica il Paese a cui corrisponde la variabile indipendente presa in considerazione.
- Il pedice  $t$  rappresenta l'anno di riferimento.
- Il parametro finale  $u_i$  rappresenta l'errore di regressione che incorpora al suo interno i fattori omessi che comunque hanno una correlazione, seppur minima, con la variabile dipendente  $Y$ .

## 5.1 Panoramica sulle variabili selezionate per l'analisi

Prima di procedere con una breve descrizione circa ciascuna variabile, è importante spiegare come sono stati selezionati i dati, le nazioni e i periodi temporali inclusi nello studio.

Il dataset è stato generato considerando trentotto diversi Stati, comprendendo tutte le nazioni aderenti EU Emission Trading System, oltre ad alcuni membri dell'OCSE e altri Paesi ritenuti significativi per quanto riguarda la loro economia, influenza o politiche nazionali adottate mirate alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente nell'atmosfera. Il periodo temporale coperto è di ventitré anni, in quanto si è ritenuto opportuno considerare un breve lasso precedente all'introduzione del primo sistema *cap-and-trade* (proprio l'EU TS) e tutto il periodo di tempo successivo, caratterizzato dalla copertura del sistema di scambio delle quote di emissione.

La selezione dei dati è stata guidata principalmente dall'obiettivo di ottenere la massima omogeneità possibile delle fonti, mantenendo al contempo un elevato livello di affidabilità per garantire risultati i più accurati e veritieri possibili.

In appendice sono forniti i dettagli sui database costituenti il dataset utilizzato per l'analisi di regressione, con le relative fonti e i periodi temporali considerati per ciascuna variabile.

### 5.1.1 Le variabili dipendenti

Al fine di conseguire gli obiettivi stabiliti per questo elaborato di tesi, è stato necessario identificare due **variabili dipendenti** distinte: una prima variabile dipendente per valutare l'efficacia del sistema di scambio delle quote di emissione, mentre una seconda variabile per valutare la possibile perdita di competitività da parte delle imprese regolamentate dall'EU Emission Trading System.

#### 5.1.1.1 Emissioni di Gas Serra

Le *emissioni di gas serra* sono state identificate come il giusto parametro per rappresentare la variabile dipendente utilizzata per valutare l'efficacia del sistema di scambio delle quote di carbonio, in quanto rappresentano il riflesso maggiormente diretto dell'impatto ambientale delle attività economiche soggette al sistema di regolamentazione delle emissioni. Utilizzando i dati estratti dal database della World Bank e misurati in mega tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente, si è voluto verificare se l'introduzione dell'EU ETS in Europa e di altri sistemi di regolamentazione delle emissioni nel mondo abbia effettivamente contribuito a contrastare il cambiamento climatico mediante la riduzione delle emissioni.

#### 5.1.1.2 Esportazioni

Considerando che la competitività delle imprese è un concetto astratto, privo di una rappresentazione numerica diretta, è stato scelto di adottare le esportazioni di ciascun paese come un parametro tangibile e rappresentativo per questo tipo di variabile dipendente. Come è universalmente riconosciuto, un aumento dei costi per le imprese, si traduce in un aumento dei prezzi di vendita del prodotto e, di conseguenza, in una perdita di competitività delle stesse sul mercato internazionale. Pertanto, l'obiettivo è comprendere se i costi derivanti dall'adesione all'EU Emission Trading System e dal rispetto delle relative normative siano marginalmente trascurabili per un'azienda o se, al contrario, abbiano un impatto significativo tale da causare una perdita di quota di mercato e, conseguentemente, di competitività.

Di seguito, un piccolo estratto relativo alle variabili dipendenti precedentemente esposte:

| Variabili dipendenti |  |                                   |                     |                        |                 |            |             |
|----------------------|--|-----------------------------------|---------------------|------------------------|-----------------|------------|-------------|
| Nome variabile       | Descrizione  | Unità di misura                   | Osservazioni attese | Osservazioni effettive | Valori mancanti | Media      | Dev. Stand. |
| Greenhouse Emission  | Emissioni di gas serra relative ad ogni Paese, in un determinato anno di riferimento   | Megatonnellate di CO2 equivalente | 760                 | 760                    | 0               | 736,13295  | 1904,04591  |
| Exports              | Esportazioni relative ad ogni Paese, in un determinato anno di riferimento come rappresentazione della competitività delle aziende | Miliardi di dollari (\$)          | 836                 | 814                    | 22              | 354,069727 | 519,867357  |

**Tabella 3:** Variabili dipendenti selezionate per eseguire lo studio econometrico.

### 5.1.2 Le variabili indipendenti

Le variabili indipendenti identificate e utilizzate per lo studio econometriche presentano una natura eterogenea. Alcune di esse hanno una propria natura governativa-normativa e sono strettamente legate al meccanismo di riduzione delle emissioni, mentre altre, presentano una natura puramente economica, riflettendo la situazione economica del Paese di riferimento e le prospettive di crescita.

L'obiettivo è comprendere se l'andamento delle variabili dipendenti sia principalmente correlato alle politiche governative volte alla lotta al riscaldamento globale o se sia, invece, una diretta conseguenza dei fenomeni economici. L'inclusione di variabili di entrambe le nature consente di esaminare in modo completo e approfondito i diversi fattori che possono incidere sulle emissioni di gas serra e sulla competitività delle imprese, contribuendo così a una migliore comprensione delle dinamiche sottostanti.

#### 5.1.2.1 Presenza di un meccanismo di riduzione delle emissioni nel Paese

Per determinare un parametro che individui la presenza di un meccanismo di riduzione delle emissioni, è stata implementata una variabile di tipo dummy, ossia una variabile binaria che viene settata ad un valore pari ad 1 quando il Paese di riferimento è disciplinato dalle normative di un ETS o di un sistema di riduzione delle emissioni mentre assume valore nullo quando nessun meccanismo di riduzione sussiste.

Per determinare con precisione l'anno di implementazione del sistema per ciascun paese coinvolto, è stato consultato il sito ufficiale dell'ICAP (International Carbon Action Partnership) come fonte primaria, così da garantire un'accurata mappatura temporale dell'implementazione dei sistemi di regolamentazione delle emissioni per ciascun paese incluso nello studio.

### **5.1.2.2 Prezzo delle quote di emissione degli ETS**

Utilizzando questa variabile, è stata tenuta traccia dell'andamento delle quote di emissione per ciascun sistema di riduzione dei gas serra considerato. Per mantenere un certo grado di accuratezza e affidabilità del dato e, al contempo, ottenere informazioni precise circa l'evoluzione dei prezzi delle quote nel tempo, sono stati consultati gli *official website* di ogni sistema. A titolo di esempio, per l'European Union Emission Trading System è stato consultato il sito web dell'European Energy Exchange (EEX), mentre per il Regional Greenhouse Gas Initiative, sistema di riduzione delle emissioni americano, è stato utilizzato il sito ufficiale del RGGI.

Per mantenere un maggior livello di uniformità nei dati, qualsiasi valore monetario, che fosse espresso in euro, yuan o dollari canadesi, è stato convertito in dollari americani. Questo approccio ha permesso di standardizzare la valuta utilizzata per rappresentare i prezzi delle quote di emissione, facilitando così un confronto diretto tra i diversi sistemi analizzati.

### **5.1.2.3 Spese delle aziende per le quote di emissione**

L'European Energy Exchange, oltre a monitorare i prezzi dei permessi di emissione e i volumi globali scambiati a livello europeo, tiene traccia anche delle spese sostenute dalle aziende di ogni nazione durante ciascuna delle sessioni d'asta. Il processo di elaborazione dei dati è stato relativamente semplice: si è resa necessaria l'estrazione delle informazioni relative alle molteplici aste tenutesi durante un singolo anno per poi sommare le spese sostenute dalle imprese per ciascuno Stato. Questa variabile indipendente è stata formalizzata solo per le aziende europee in quanto utilizzata solo nella seconda parte dello studio econometrico, ovvero nell'analisi di regressione che mirava a valutare la possibile esistenza di una correlazione tra l'incremento dei costi aziendali e la competitività delle imprese e, qualora questo rapporto di causalità che lega le due variabili di interesse esista, se esso fosse positivo o negativo.

Nella sua opera, Stefano F. Verde ha negato l'esistenza di un rapporto di causalità tale da influenzare significativamente la competitività delle imprese, deliberando, di fatto, l'assenza di correlazione tra i costi sopravvenuti per le aziende regolamentate e la loro competitività.

### **5.1.2.4 Consumo di Energia Primaria ottenuta da combustibili fossili**

Nella trattazione di questo studio di tesi, ha assunto importanza il monitoraggio, a livello statale, i consumi di energia derivanti dai combustibili fossili poiché, ad oggi, la produzione di energia elettrica ottenuta da fonti non rinnovabili rappresenta una delle principali cause di emissioni di gas serra nell'atmosfera. I dati relativi a questa variabile,

così come per la successiva, sono stati estratti da Eurostat, l'ufficio statistico dell'Unione Europea. L'official website offre un collegamento diretto ad una pagina GitHub, dalla quale è possibile scaricare un file Excel contenente i dati necessari per l'analisi.

Tuttavia, nonostante i dati relativi a questa variabile siano stati tracciati e mappati, è stato deciso di non usarli per nessuno studio econometrico, in quanto è stato preferito utilizzare solo uno tra questo parametro e il successivo. Infatti, il consumo di energia ottenuto da fonti rinnovabili sarà un importante driver nelle future analisi econometriche.

#### **5.1.2.5 Consumo di Energia Primaria ottenuta da fonti renewable**

Analogamente, usufruendo della stessa fonte e del medesimo documento excel, è stato ritenuto opportuno e necessario includere nella trattazione il consumo di energia primaria derivante da fonti rinnovabili. Questo parametro è stato considerato cruciale poiché gli sforzi globali per contrastare il cambiamento climatico implicano una transizione verso fonti di energia rinnovabile in sostituzione dei combustibili fossili e lo scopo delle normative ambientali è anche quello di incentivare le imprese ad investire in questa tipologia di progetti green piuttosto che acquisire annualmente permessi di emissione, i quali semplicemente rimandano il problema dell'inquinamento al periodo successivo.

#### **5.1.2.6 Tasse sull'inquinamento pagate dalle imprese**

Con il fine ultimo di valutare sia l'efficacia del sistema di scambio delle quote di emissione sia la competitività delle imprese, è stato integrato nel modello di regressione lineare una variabile indipendente che tiene conto delle spese sostenute dalle imprese di ciascuna nazione per l'inquinamento. Questa variabile comprende diverse forme di tassazione, come le imposte sui rifiuti o sull'inquinamento delle acque, escludendo categoricamente le spese sostenute dalle aziende per l'acquisizione dei permessi di emissione. Le tasse sull'inquinamento sono parte di un approccio più ampio alla gestione ambientale, basata sul principio del "*chi inquina, paga*", il cui obiettivo è sensibilizzare e incentivare le aziende a ridurre le proprie emissioni e materiali di scarto adottando pratiche più sostenibili. In caso contrario le imprese devono internalizzare i costi relativi all'inquinamento, senza trasferirli alla società.

Le informazioni relative a queste tasse sono state estratte dal database dell'OECD (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico), che fornisce dati affidabili e ufficiali su varie politiche ambientali adottate dai paesi membri.

Tra le variabili normativo-governative escluse dallo studio econometrico compare il parametro *Environmental Stringency Index*, un indicatore del grado di severità delle politiche ambientali adottate da ciascuna nazione. Questo indice assegna ad ogni Paese un punteggio compreso in un range da 0 a 6, dove 0 indica un basso grado di severità delle politiche ambientali e 6 indica il massimo rigore. Esso è costituito da una serie di indicatori che valutano diversi aspetti delle politiche ambientali, incluse le normative sulle emissioni e i sistemi di riduzione delle emissioni adottati. La sua inclusione avrebbe potuto generare criticità, in quanto sarebbero potuti sorgere problemi di collinearità nelle analisi di regressione con le variabili introdotte precedentemente. Di conseguenza, è stato preferito non considerare questo indice al fine di evitare la corruzione dei risultati del modello di regressione.

| Variabili indipendenti governative |   |                         |                     |                        |                 |                |                |
|------------------------------------|---|-------------------------|---------------------|------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Nome variabile                     | Descrizione   | Unità di misura         | Osservazioni attese | Osservazioni effettive | Valori mancanti | Media          | Dev. Stand.    |
| ETS_Dummy                          | Variabile binaria settata ad 1 dal momento in cui viene adottato un sistema di riduzione delle emissioni                    |                         | 836                 | 836                    | 0               | 0,715311005    | 0,451536325    |
| Allowances' price                  | Mappatura riguardante la variabile dei prezzi dell'EUA o delle quote di emissione degli altri sistemi di riduzione mondiale | Dollaro (\$)            | 570                 | 559                    | 11              | 20,99907       | 21,77110       |
| Firms' Allowances expenses         | Variabile che tiene conto delle spese delle imprese di ciascuna nazione nei sistemi d'asta                                  | Dollaro (\$)            | 532                 | 509                    | 23              | 452.471.662,67 | 909.024.853,40 |
| Renewable Energy Consumption       | Consumo di energia derivante da fonti rinnovabili   | Terawattora (TWh)       | 836                 | 770                    | 66              | 289,2456545    | 683,3841789    |
| Fossil Fuel Energy Consumption     | Consumo di energia derivante da combustibili fossili  | Terawattora (TWh)       | 836                 | 751                    | 85              | 2523,174803    | 5872,1375      |
| Pollution/Climate Change Tax       | Variabile che tiene conto di diverse forme di tassazione come le imposte sui rifiuti o sull'inquinamento delle acque        | Milioni di dollari (\$) | 798                 | 652                    | 146             | 627,32         | 1490,46        |

**Tabella 4:** Variabili indipendenti di natura normativo-governativa selezionate per lo studio econometrico.

Dopo questa breve introduzione sulle variabili indipendenti selezionate facenti capo ad una sfera normativa ambientale, ora verranno introdotto delle variabili macroeconomiche mappate a livello nazionale.

### 5.1.2.7 Prodotto Interno Lordo nazionale e la rispettiva crescita percentuale

Nello studio econometrico mirato a valutare sia l'efficacia dell'EU Emission Trading System sia l'impatto sulla competitività delle aziende da parte del sistema di scambio delle quote di carbonio, è stata inclusa come variabile macroeconomica principale il Prodotto Interno Lordo (PIL) di ciascuna nazione considerata. Questa scelta è motivata da due ragioni fondamentali: in primo luogo, si presume che gli Stati con un PIL più elevato abbiano un impatto maggiore in termini di emissioni di gas serra nell'atmosfera, data la loro maggiore produzione industriale. Tuttavia, è ragionevole ipotizzare come questi Paesi siano anche i più coinvolti nella lotta al cambiamento climatico, con misure governative più severe e stringenti e, al contempo, beneficiando di innovazioni tecnologiche che possano rendere il processo produttivo più efficiente da un punto di vista ambientale.

Inoltre, per un'analisi il più esaustiva possibile, è stato deciso di indagare se sussiste un qualunque rapporto di causalità statisticamente significativo che lega la crescita annuale, in valori percentuali, del Prodotto Interno Lordo nazionale con l'andamento nel tempo delle emissioni di gas serra nell'ambiente.

I dati relativi a questi due indicatori macroeconomici sono stati reperiti dal database della World Bank. Il Prodotto Interno Lordo nazionale è riportato in appendice ed espresso in miliardi di dollari, mentre la crescita del PIL è esplicitato in valori percentuali, come precedentemente suggerito dal titolo del sottoparagrafo.

#### **5.1.2.8 Inflazione**

Questo parametro macroeconomico è stato selezionato per analizzare la competitività delle imprese poiché questo parametro inflattivo potrebbe influenzarla sia lato domanda, in quanto in grado di erodere il potere di acquisto dei consumatori, sia lato impresa, con un aumento dei costi di produzione che si riflettono, poi, sui prezzi di vendita del prodotto finito.

I parametri relativi all'inflazione annuale di ogni singola nazione sono stati riportati in percentuale e estrapolati dal database della World Bank, garantendo così massima coerenza nell'utilizzo delle fonti e una totale affidabilità del dato utilizzato.

#### **5.1.2.9 Dogana**

Le tariffe, i dazi e le procedure burocratiche doganali costituiscono un importante driver capace di influenzare le esportazioni di una nazione. Questi costi aggiuntivi, sommati al prezzo del prodotto, potrebbero renderne l'acquisto meno conveniente, minando e compromettendo la competitività di un'azienda. Il tutto si traduce con la perdita di quote di mercato a favore di imprese che operano in mercati con minori restrizioni doganali.

#### **5.1.2.10 Prezzo dell'energia elettrica**

L'ultima variabile ritenuta significativa per raggiungere gli obiettivi prefissati con questo elaborato di tesi è l'andamento del prezzo dell'energia elettrica per le attività industriali, di ciascun paese. È ragionevole ipotizzare che un aumento del prezzo dell'energia elettrica da fonti non rinnovabili, possa spingere le imprese ad investire strategicamente in progetti green, con l'obiettivo di abbattere le proprie emissioni.

I dati relativi alle tariffe dell'energia elettrica per usi industriali sono stati ottenuti dalle risorse elettroniche messe a disposizione dall'università, in particolare dal sito web Statista. È stata effettuata una distinzione tra le tariffe dell'energia elettrica per usi



industriali e le tariffe medie dell'energia elettrica per finalità domestiche, quest'ultime ritenute non significative ai fini dell'analisi dell'elaborato.

Per questa variabile, la disponibilità dei dati partiva dal 2008 quindi non si ha una completa sovrapposizione temporale con il primo anno di introduzione dell'EU Emission Trading System. Tuttavia, nonostante questo delay temporale di tre anni, il campione è stato ritenuto comunque adeguato e significativo.

| Variabili indipendenti macroeconomiche |  |                          |                     |                        |                 |             |             |
|--|--|--------------------------|---------------------|------------------------|-----------------|-------------|-------------|
| Nome variabile                         | Descrizione  | Unità di misura          | Osservazioni attese | Osservazioni effettive | Valori mancanti | Media       | Dev. Stand. |
| GDP                                    | Prodotto Interno Lordo a livello nazione, mappato su ogni anno.  | Miliardi di dollari (\$) | 836                 | 836                    | 0               | 1383,372643 | 3175,476396 |
| GDP Growth                             | Variabile che riporta la crescita percentuale del PIL in due anni successivi   | %                        | 836                 | 836                    | 0               | 2,54926     | 3,79765     |
| Inflation                              | Valore dell'inflazione nazionale in un determinato anno di riferimento   | %                        | 836                 | 813                    | 23              | 2,91        | 3,30        |
| Custom                                 | Percentuale doganale. In questo caso, la variabile è stata utilizzata solo per analisi europee in quanto quasi la totalità dei dati mancanti si riferiscono a paesi extra-UE | %                        | 798                 | 342                    | 456             | 2,43        | 3,951051915 |
| Energy Price                           | Prezzo dell'energia elettrica utilizzata per scopi industriali, dal 2008 ad oggi   | \$/kWh                   | 494                 | 448                    | 46              | 0,11        | 0,06        |

**Tabella 5:** Variabili indipendenti di natura macroeconomica selezionate per lo studio econometrico.

## 5.2 Efficacia dei sistemi di riduzione delle emissioni

Il primo obiettivo che si vuole perseguire in questo elaborato di tesi è valutare se l'introduzione dei sistemi di riduzione delle emissioni, sia in Europa che nel resto del mondo, abbia effettivamente portato ad una riduzione delle emissioni di gas serra nell'atmosfera oppure se le normative attualmente in vigore non sono ancora sufficientemente stringenti per ottenere risultati positivi nella lotta contro il cambiamento climatico.

Per raggiungere questo obiettivo, l'analisi di regressione che segue è stata suddivisa in due step successivi: con il primo step, si intende confermare l'efficacia del sistema di scambio delle quote di carbonio introdotto dall'Unione Europea. A tal fine, il database generato è stato filtrato così da includere solo i paesi che aderiscono all'EU Emission Trading System. Nel secondo step, invece, si intende valutare l'efficacia di tutti i sistemi di riduzione delle emissioni introdotti a livello globale, che siano essi basati su un meccanismo *cap-and-trade* o sul principio del "*chi inquina, paga*". Questo step richiede il ripristino del database nella sua conformazione iniziale così da includere nell'analisi i sistemi implementati al di fuori dei confini dell'Unione Europea.

### 5.2.1 L'impatto dell'EU ETS sulle emissioni di gas serra

In questo primo studio econometrico, dunque, si mira a quantificare l'efficacia dell'EU Emission Trading System sulle emissioni di gas serra. Per far ciò, sono state svolte una serie di analisi di regressione, nelle quali sono state aggiunti progressivamente dei regressori.

Tra le variabili indipendenti citate nel paragrafo precedente, quelle che sono state scelte per effettuare questa prima analisi di regressione sono le seguenti:

- La variabile dummy **ETS** che esplicita se un determinato paese, in un determinato anno, ha adottato un sistema di riduzione delle emissioni.
- Il **Prodotto Interno Lordo** nazionale, che è stato uniformato ad un'unità di misura di milioni di dollari.
- Il **prezzo dell'energia elettrica**, in Megawattora (MWh).
- La **crescita del PIL** di ogni nazione aderente all'EU Emission Trading System.
- Le **imposte ambientali** a cui sono sottoposte le aziende, in aggiunta alle spese per i permessi di emissione.

Mentre la variabile dipendente illustra quello che è l'andamento delle emissioni di gas serra in Europa in Mega tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente.

Le analisi di regressione effettuate mostrano il seguente output:

|                    | Reg1                | Reg2                      | Reg3                      | Reg4                      | Reg5                      |
|--------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ETS_Dummy          | -20.21<br>(22.75)   | -67.64***<br>(10.76)      | -60.66***<br>(10.99)      | -59.65***<br>(11.19)      | -59.38***<br>(11.14)      |
| GDP                |                     | 0.000219***<br>(6.04e-06) | 0.000219***<br>(6.04e-06) | 0.000220***<br>(6.00e-06) | 0.000224***<br>(8.77e-06) |
| Energy_Price       |                     |                           | -0.0924**<br>(0.0392)     | -0.0830**<br>(0.0388)     | -0.0920**<br>(0.0401)     |
| GDP_Growth         |                     |                           |                           | 1.142*<br>(0.681)         | 1.115<br>(0.681)          |
| Climate_Change_Tax |                     |                           |                           |                           | -0.0218<br>(0.0214)       |
| Constant           | 166.1***<br>(20.84) | 82.96***<br>(9.255)       | 83.00***<br>(9.245)       | 78.84***<br>(9.984)       | 79.06***<br>(10.00)       |
| Observations       | 600                 | 600                       | 600                       | 600                       | 600                       |
| R-squared          | 0.102               | 0.753                     | 0.783                     | 0.834                     | 0.854                     |

**Figura 9:** Overview analisi di regressione per esistenza di un rapporto di causalità tra l'adozione di un ETS e l'andamento dell'emissione di gas serra

Ad eccezione del primo modello di regressione, la **Figura 9** evidenzia come il coefficiente di regressione associato alla variabile dummy relativa all'adozione del sistema di scambio delle quote di carbonio europeo assume sempre significatività a livello statistico, ovvero in grado di fornire un contributo reale riguardo la spiegazione della varianza della variabile dipendente.

Il coefficiente di correlazione tra la variabile dummy ETS e la variabile dipendente che rappresenta le emissioni di gas serra è negativo. Questo suggerisce che quando la variabile di interesse è settata ad 1, quindi quando una determinata nazione europea decide di adottare il sistema di scambio delle quote di carbonio, si osserva una diminuzione delle emissioni di gas serra.

Nell'approfondire le variabili indipendenti utilizzate come regressori nello studio econometrico, è importante notare come il prodotto interno lordo di una nazione risulta sempre statisticamente significativo, con un coefficiente di regressione positivo. Questo è un risultato tanto intuitivo quanto atteso, in quanto un aumento del PIL di un paese generalmente si traduce in un aumento della produzione di beni o servizi e, di conseguenza, è plausibile ipotizzare un aumento delle emissioni di gas serra nell'atmosfera. D'altra parte, non risulta statisticamente impattante nel modello

econometrico proposto dove sono considerati tutti i regressori (Reg5), il parametro che tiene conto della crescita del PIL.

Il coefficiente di regressione negativo associato alla variabile che rappresenta il prezzo dell'energia elettrica in campo industriale indica la presenza di un rapporto di causalità inversa: per spiegare questo andamento è necessario mettersi nel punto di vista di imprese o, addirittura, settori industriali ad alta intensità energetica. In questo contesto, anche un modesto aumento dei prezzi della corrente può causare un ingente danno economico all'azienda. Di conseguenza, strategicamente, un'impresa può decidere di destinare parte delle proprie risorse economico-finanziarie in progetti green che le consentano di diventare più autosufficienti nella produzione di energia elettrica e, al contempo, promuovendo la transizione verso fonti di energia rinnovabili e sostenibili. Come accennato in precedenza, il processo di produzione di energia elettrica generata da combustibili fossili è uno dei processi più impattanti a livello ambientale. Pertanto, una diminuzione della domanda di energia, associata all'aumento dei prezzi, potrebbe portare a una riduzione delle emissioni di gas serra.

Infine, la variabile relativa alle imposte ambientali extra che le imprese devono sostenere per contrastare il riscaldamento globale non risulta statisticamente significativa. Questo risultato era prevedibile in quanto le imposte ambientali considerate sono supplementari alle spese per i permessi ad emettere quindi, con ogni probabilità, questi costi aggiuntivi risultano marginalmente trascurabili per un'impresa.

Alla luce di quanto emerso finora, la prima conclusione raggiunta è garantire l'esistenza di una relazione di causalità inversa tra l'introduzione dell'EU Emission Trading System (la causa) e le emissioni di gas serra (l'effetto). In virtù di ciò, si può affermare che questa misura introdotta e adottata dall'Unione Europea sta avendo un considerevole impatto sulle emissioni di gas serra rilasciate nell'atmosfera dalle aziende europee soggette al sistema di regolamentazione.

### **5.2.2 I sistemi di riduzione delle emissioni globali e le emissioni di gas serra**

Una volta confermata la validità dell'European Union Emission Trading System come misura contro il riscaldamento globale, si intende esaminare se i sistemi di riduzione delle emissioni introdotti a livello mondiale, come il Regional Greenhouse Gas Initiative americano o l'Emission Trading System cinese, risultino anch'essi altrettanto efficaci nella lotta al cambiamento climatico.

Per garantire coerenza nell'analisi e uniformità nella valutazione, sono state mantenute le stesse variabili indipendenti e dipendente dello studio econometrico precedente. Tuttavia, il dataset generato questa volta non è stato filtrato ma ha tenuto conto di tutte le nazioni incluse al suo interno.

L'output associato a questa seconda analisi di regressione è il seguente:

|                        | Reg1                 | Reg2                      | Reg3                      | Reg4                      | Reg5                      |
|------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ETS_Dummy              | -1,529***<br>(163.1) | -1,106***<br>(97.58)      | -1,079***<br>(109.5)      | -935.4***<br>(107.6)      | -861.6***<br>(108.5)      |
| GDP                    |                      | 0.000496***<br>(1.41e-05) | 0.000497***<br>(1.41e-05) | 0.000497***<br>(1.37e-05) | 0.000527***<br>(4.32e-05) |
| Energy_Price           |                      |                           | -0.393<br>(0.712)         | 0.318<br>(0.695)          | -0.1000<br>(0.331)        |
| GDP_Growth             |                      |                           |                           | 79.43***<br>(11.23)       | 70.83***<br>(14.54)       |
| Climate_Change_Tax_Rev |                      |                           |                           |                           | -0.911***<br>(0.150)      |
| Constant               | 1,828***<br>(140.0)  | 892.4***<br>(87.24)       | 895.4***<br>(87.45)       | 559.5***<br>(96.89)       | 614.4***<br>(101.6)       |
| Observations           | 680                  | 680                       | 680                       | 680                       | 680                       |
| R-squared              | 0.115                | 0.688                     | 0.710                     | 0.736                     | 0.786                     |

Figure 10: Rapporto di causalità tra un sistema di riduzione delle emissioni e le emissioni di gas serra.

La prima osservazione da fare riguardante le due analisi di regressione condotte finora è che le stesse variabili indipendenti non sono in grado di spiegare con lo stesso livello di accuratezza la varianza della variabile dipendente Y, come evidenziato dal parametro  $R^2$ . Quindi, nonostante entrambi i valori del parametro R-squared risultino particolarmente elevati, la prima analisi sembra fornire una previsione più accurata e affidabile rispetto alla seconda.

In questa seconda analisi di regressione, è possibile osservare come la variabile dummy associata all'introduzione di un meccanismo di riduzione delle emissioni è sempre statisticamente significativa e con coefficiente sempre negativo. Il fatto che questo parametro risulti essere significativo da un punto di vista statistico vuol dire che si può rifiutare l'ipotesi nulla  $H_0$  che il coefficiente sia pari a zero con un livello di accuratezza, in questo caso, del 99%. A questo risultato ottenuto si può dare la medesima interpretazione data nell'analisi di regressione precedente a questa, ovvero si può confermare l'esistenza di un rapporto di causalità inversa tra l'adozione da parte delle nazioni coinvolte di normative regolatorie per le industrie per limitarne le emissioni di gas serra nell'atmosfera e le emissioni stesse.

Questo risultato è particolarmente importante in quanto suggerisce come le azioni attuate dalle nazioni a livello mondiale nella lotta al riscaldamento globale stanno producendo gli esiti sperati.

Anche il Prodotto Interno Lordo a livello nazionale, come nello studio econometrico precedente, mantiene un elevato livello di significatività statistica in tutti i modelli di regressione generati.

Una prima differenza con l'analisi di regressione precedente è evidenziabile quando si fa riferimento al parametro che indica la crescita del prodotto interno lordo nazionale: se si mantiene lo studio circoscritto all'Europa, questa variabile risultata statisticamente impattante solo nel modello Reg4, perdendo poi di significatività nel modello completo finale. Nell'analisi in corso, invece, dove sono considerate le nazioni di tutto il mondo che hanno adottato un meccanismo di riduzione delle emissioni, la crescita del PIL risulta significativamente impattante sulle emissioni di gas serra in tutti i modelli in cui essa risulta essere coinvolta.

È importante notare che rispetto all'analisi di regressione precedente, la variabile indipendente relativa alle imposte riguardanti il cambiamento climatico alle quali sono sottoposte le imprese è in grado di influenzare il risultato in modo significativo: questo risultato era plausibile, nonostante la contrapposizione con l'analisi precedente, poiché molti sistemi di riduzione delle emissioni adottati e implementati nel mondo, come ad esempio l'ETS cinese, non si basano su un meccanismo cap-and-trade ma piuttosto seguono il principio del "*chi inquina, paga*". In tali contesti, molte imprese a livello mondiale non sono obbligate ad acquisire permessi di emissione per rilasciare nell'ambiente agenti inquinanti, bensì pagano delle carbon tax. Quest'ultime rappresentano una forma di tassazione che attribuisce un valore economico alle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente nell'atmosfera.

In conclusione, secondo il modello di regressione sviluppato in questo elaborato di tesi, l'introduzione dell'EU Emission Trading System in Europa e di altri sistemi di riduzione delle emissioni nel mondo sembra aver contribuito ad avere una riduzione delle emissioni di gas serra nell'atmosfera.

### **5.2.3 I driver principali per spiegare l'andamento delle emissioni in Europa**

Una volta dimostrato che i sistemi globali di riduzione delle emissioni hanno portato a una significativa diminuzione delle emissioni di gas serra, l'obiettivo ora è identificare i principali driver che influenzano l'andamento di tali emissioni tra le variabili indipendenti precedentemente introdotte.

Per raggiungere l'obiettivo prefissato, si è proceduto mantenendo alcune variabili indipendenti dalla precedente analisi di regressione. Variabili che si ritiene possano

essere driver significativi delle emissioni di gas serra. Invece, si è valutato di sostituirne altre con parametri che si pensa siano in grado di spiegare nel miglior modo possibile la variabile dipendente in esame.

Le variabili indipendenti sostituite sono quelle relative alla crescita del prodotto interno lordo nazionale in un determinato anno di riferimento e la variabile dummy ETS. Questi parametri sono stati sostituiti, rispettivamente, da una variabile indipendente in grado di rappresentare i consumi di energia rinnovabile da parte delle imprese e un'altra che indica, invece, il prezzo medio annuo delle quote di emissione per ogni paese.

Anche se può sembrare banale, è doveroso sottolineare come per nazioni che adottano lo stesso sistema di riduzione delle emissioni, nel medesimo anno di riferimento, corrisponderà lo stesso prezzo per i permessi ad emettere.

Come accaduto nello studio econometrico precedente, anche in questo caso, si procederà valutando quali siano i driver più impattanti sulle emissioni di gas serra in Europa, per poi estendere l'analisi di regressione a livello mondiale, così da comparare i risultati e attestando la presenza di eventuali corrispondenze.

L'output che si ottiene dalla prima analisi di regressione riguardante i principali driver delle emissioni di gas serra in Europa è il seguente:

|                    | Reg1                | Reg2                      | Reg3                      | Reg4                      | Reg5                      |
|--------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Price_Allowances   | -0.259<br>(1.221)   | -0.609<br>(0.407)         | -0.625*<br>(0.408)        | -0.661<br>(0.421)         | -0.675*<br>(0.421)        |
| GDP                |                     | 0.000196***<br>(5.19e-06) | 0.000200***<br>(7.13e-06) | 0.000225***<br>(9.13e-06) | 0.000224***<br>(9.16e-06) |
| Climate_Change_Tax |                     |                           | -0.0211<br>(0.0175)       | -0.0398**<br>(0.0172)     | -0.0373**<br>(0.0173)     |
| Renewable_Cons     |                     |                           |                           | -0.196***<br>(0.0326)     | -0.199***<br>(0.0326)     |
| Energy_Price       |                     |                           |                           |                           | 0.0904<br>(0.0792)        |
| Constant           | 144.9***<br>(19.76) | 30.03***<br>(6.534)       | 30.09***<br>(6.569)       | 39.34***<br>(6.738)       | 31.82***<br>(8.460)       |
| Observations       | 390                 | 390                       | 390                       | 364                       | 364                       |
| R-squared          | 0.201               | 0.794                     | 0.803                     | 0.878                     | 0.889                     |

Figura 11: Analisi dei principali driver che influenzano l'andamento delle emissioni di gas serra in Europa.

La variabile di interesse *price allowances*, che traccia l'andamento dei prezzi annuale dei permessi ad emettere, risulta essere statisticamente significativa e, quindi, impattante ai fini del risultato nel terzo e nel quinto modello di regressione, il quale comprende tutte le variabili scelte. In entrambe le casistiche appena citate, il coefficiente di regressione assume valori negativi, indicando come un aumento dei prezzi dell'EUA porti ad una riduzione delle emissioni di gas serra. Questo risultato è quanto mai intuitivo poiché un'impresa, in presenza di un aumento significativo dei prezzi delle quote di emissione, come accaduto ad esempio nella parte finale della Fase III, può decidere di investire le proprie risorse economiche in azioni finalizzate all'ottimizzazione del sistema produttivo o alla sua sostenibilità, riducendo così la necessità di acquisire una grande mole di quote di emissione nel futuro immediato.

Come già ampiamente discusso nelle analisi di regressioni precedenti, la variabile relativa al prodotto interno lordo di un Paese continua a mostrare significatività statistica in ogni modello in cui essa appare, con un coefficiente di regressione positivo e pari a 0,00024 per il paradigma più completo. Ciò sta a significare che, nel caso in cui sono considerate tutte le variabili indipendenti e, al contempo, rimangono costanti ad eccezione della variabile PIL, all'aumentare di quest'ultima di un'unità, che si razionalizza per un importo pari ad un milione di euro (da ricordare, infatti, come la variabile *gdp* è espressa in milioni di euro), le emissioni di gas serra nell'atmosfera aumentano di 224 tonnellate, corrispondenti a 224'000 chilogrammi, di CO<sub>2</sub> equivalente.

Nell'analisi di regressione appena svolta riguardante lo studio econometrico in corso, è emerso come, da un punto di vista puramente statistico, la variabile relativa alle spese aziendali per imposte aggiuntive riguardanti l'inquinamento e il cambiamento climatico assuma significatività. Nei modelli Reg4 e Reg5, infatti, il valore associato al parametro statistico conosciuto come *p-value* è inferiore ad un livello di significatività del 5%, il che permette di rigettare l'ipotesi nulla H<sub>0</sub>, ovvero che il coefficiente di regressione riportato in tabella in realtà sia nullo, con un'accuratezza del 95. Questa soluzione trovata suggerisce come sia presente un rapporto di causalità significativo tra l'aumento delle imposte legate all'ambiente e la diminuzione delle emissioni di agenti patogeni nell'atmosfera terrestre.

Una nuova variabile che è stata introdotta in questa analisi di regressione è quella relativa al consumo di energia elettrica rinnovabile in un paese, indicata in tabella come *renewable\_cons*. Questo parametro risulta statisticamente significativo in entrambi i modelli in cui è incluso. È un risultato che suggerisce come un aumento del consumo di energia rinnovabile può essere associato a una riduzione delle emissioni di gas serra, specialmente se avviene a discapito dell'energia prodotta da combustibili fossili. Anche questo esito risulta essere importante in quanto in grado di fornire un incentivo alle imprese che decidono di investire in azioni di efficientamento energetico: infatti, esso conferma la bontà della decisione di un'azienda di investire in progetti in grado di



fornirle energia ottenuta da fonti sostenibili, nel tentativo di ridurre le emissioni di gas serra e, contemporaneamente, di ottimizzare il processo produttivo.

Infine, la variabile *energy\_price* è stata introdotta solo nell'ultimo modello di regressione ed essa non risulta essere in grado di impattare significativamente sulla variabile dipendente in esame.

In conclusione, dalle analisi di regressione condotte considerando solo nazioni europee che hanno aderito e adottato l'EU Emission Trading System, i risultati che si ottengono suggeriscono come l'obiettivo prefissato dall'Unione Europea sia stato raggiunto. Senza l'introduzione del sistema di trading delle quote di emissione, era improbabile vedere delle imprese investire in progetti green mirati all'ottimizzazione dei processi produttivi interni, con la conseguente eliminazione delle inefficienze.

Tuttavia, con l'introduzione delle quote di emissione e l'attuazione di un meccanismo cap-and-trade che annualmente riduce il massimale consentito di emissioni (cap), diminuendo, di fatto, i permessi ad emettere disponibili sul mercato generando un conseguente aumento dei prezzi, le imprese sembrano valutare che sia strategicamente più vantaggioso ed economicamente più sostenibile investire in progetti permanenti. Progetti che sono volti a una riduzione a lungo termine delle emissioni di gas serra generate dal proprio ciclo produttivo, evidenziando una preferenza per soluzioni sostenibili e di lungo termine rispetto a strategie di mitigazione temporanee come l'acquisizione annuale di EU Allowances.

#### **5.2.4 I driver principali per spiegare l'andamento delle emissioni nel mondo**

In linea con le analisi riportate nei paragrafi precedenti, nelle quali ci si è concentrati inizialmente sul sistema di scambio delle quote di carbonio europeo e, successivamente, sono stati inclusi nella trattazione altri paesi a livello mondiale che hanno adottato differenti sistemi di riduzione delle emissioni di gas serra, anche nell'esaminare quali possano essere i principali driver che influenzano l'andamento delle emissioni dei Greenhouse Gases si è scelto di seguire la medesima procedura.

Per garantire uniformità nella valutazione rispetto all'analisi condotta nel paragrafo precedente, sono state mantenute le stesse variabili indipendenti per spiegare la varianza del parametro dipendente e, inoltre, sono stati generati gli stessi modelli di regressione lineare.

L'output ottenuto da questa seconda analisi di regressione riguardante i driver dell'emissione dei gas serra è il seguente:

|                        | Reg1                 | Reg2                      | Reg3                      | Reg4                      | Reg5                      |
|------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Price_Allowances       | -28.15***<br>(7.872) | -2.960***<br>(1.094)      | -2.763***<br>(1.009)      | -2.887***<br>(1.040)      | -2.854***<br>(1.040)      |
| GDP                    |                      | 0.000323***<br>(1.32e-05) | 0.000332***<br>(1.42e-05) | 0.000345***<br>(2.04e-05) | 0.000345***<br>(2.04e-05) |
| Climate_Change_Tax_Rev |                      |                           | -0.241***<br>(0.0329)     | -0.251***<br>(0.0346)     | -0.252***<br>(0.0345)     |
| Renewable_Cons         |                      |                           |                           | -0.112<br>(0.106)         | -0.108<br>(0.106)         |
| Energy_Price           |                      |                           |                           |                           | -0.132*<br>(0.0768)       |
| Constant               | 703.9***<br>(153.1)  | -1.638<br>(15.95)         | 15.14<br>(14.68)          | 21.54<br>(17.45)          | 32.96*<br>(17.64)         |
| Observations           | 409                  | 409                       | 409                       | 383                       | 383                       |
| R-squared              | 0.075                | 0.758                     | 0.863                     | 0.893                     | 0.964                     |

Figura 12: Analisi dei principali driver che influenzano l'andamento delle emissioni di gas serra nel mondo.

Nell'analisi di regressione condotta, va evidenziato come il parametro R-squared assuma un valore particolarmente alto, specialmente nel modello finale Reg5. Ciò indica che le variabili indipendenti selezionate sono in grado di spiegare quasi interamente la varianza della variabile dipendente, garantendo quindi una previsione di elevata qualità, confermando così l'efficacia del modello nella previsione dei dati.

In questo studio econometrico, diversamente da quanto emerso nell'analisi di regressione riportata nel paragrafo precedente relativa ai driver europei, la variabile di interesse *price\_allowances* risulta costantemente significativa da un punto di vista statistico e, come atteso, presenta un coefficiente di regressione negativo. Questo esito conferma come esista una relazione di causalità inversa tra il prezzo dei permessi introdotti sul mercato e le emissioni di gas serra a livello mondiale. Questa evidenza riportata in tabella permette di valutare positivamente l'efficacia dei sistemi introdotti a livello mondiale mirati alla riduzione delle emissioni, sulla base del modello di regressione lineare proposto.

Come riscontrato nelle precedenti analisi di regressione, il parametro relativo al prodotto interno lordo nazionale fatto registrare in un determinato anno si conferma un driver sempre statisticamente significativo, confermando la sua diretta correlazione con le emissioni di gas serra, come già ampiamente discusso nei paragrafi precedenti.

La variabile relativa alla tassazione sull'inquinamento e sul cambiamento climatico, a cui le imprese sono soggette a livello nazionale, assume anch'essa significatività a livello statistico in tutti e tre i modelli nella quale è inclusa. Il coefficiente di regressione risulta essere molto più elevato, in valore assoluto, rispetto al medesimo parametro ottenuto nell'analisi di regressione riguardante esclusivamente i paesi europei: questo esito può essere spiegato dal fatto che molti meccanismi mondiali si basano sul principio delle "tre P", *Polluter Pays Principle* (ovvero del "chi inquina, paga"), il quale ha come obiettivo quello di incentivare le imprese a innovare per ottimizzare il ciclo produttivo del bene o servizio, piuttosto che subire tassazioni così severe.

Inoltre, questa analisi mostra come un maggior consumo di energia rinnovabile, sebbene presenti coefficienti di regressione negativi, lasciando intendere come esista un rapporto di causalità inverso con le emissioni di gas serra, non risulta essere statisticamente significativo. Ciò significa che non si può escludere l'ipotesi nulla per la quale il coefficiente di regressione che lega le due variabili è zero.

Infine, è interessante notare come un aumento del prezzo di un dollaro per megawattora (MWh) di energia elettrica possa contribuire a una riduzione delle emissioni di gas serra nell'ambiente. In particolare, un aumento di un dollaro nel prezzo dell'energia elettrica è associato a una diminuzione delle emissioni di circa 0,132 mega tonnellate.

Una prima conclusione emersa da questo elaborato di tesi è che i meccanismi di riduzione delle emissioni, introdotti prima in Europa con l'EU Emission Trading System e, successivamente, estesi in tutto il mondo, hanno raggiunto con successo l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas serra nell'atmosfera. Tra i principali fattori che stanno guidando questa transizione verso un'industria più sostenibile per l'ambiente emerge chiaramente il prezzo delle quote di emissione.

Questo risultato sottolinea come l'obiettivo che si erano prefissati di raggiungere gli enti governativi che hanno ideato questi meccanismi sia stato raggiunto: infatti, le istituzioni sono state in grado di fornire incentivi alle imprese per investire in innovazioni tecnologiche e progetti green per ottimizzare l'impianto produttivo. L'aumento dei prezzi delle quote di emissione ha spinto le imprese a cercare soluzioni sostenibili e a lungo termine, contribuendo a ridurre in modo permanente le emissioni.

L'esito al quale si è giunti in questo elaborato di tesi sottolinea l'importanza dei meccanismi di riduzione delle emissioni e delle politiche ambientali nel promuovere la sostenibilità e nell'affrontare efficacemente le sfide legate al cambiamento climatico.

### **5.3 La competitività delle Imprese in un sistema economico a emissioni limitate**

Una volta sinceratosi dell'effettiva efficacia dell'European Union Emission Trading System, nel corso di questo elaborato si intende valutare se le contromisure ambientali imposte dall'Unione Europea per contrastare la crescente problematica del cambiamento climatico danneggino la competitività delle aziende regolamentate.

Innanzitutto, è necessario richiamare quanto visto nello studio di Stefano F. Verde, "*The Impact of the EU Emission Trading System on competitiveness and carbon leakage: the econometric evidence*", con il quale l'autore ha cercato di rendere nota, qualora esistesse, l'esistenza di una correlazione, positiva o negativa, tra l'introduzione del sistema europeo di scambio delle quote di carbonio e la competitività aziendale. In questo paper, sono stati esaminati trentacinque diversi studi econometrici, i quali hanno condotto Verde a concludere che non vi fosse nessun tipo di collegamento tra la competitività delle imprese e l'EU Emission Trading System.

Tuttavia, va sottolineato come l'autore abbia lanciato un importante monito al termine di questo suo studio: le conclusioni alle quali era giunto si basavano su studi econometrici focalizzati sulle prime due fasi dell'EU ETS. In queste fasi, il sistema operava con tetto alle emissioni di carattere nazionale e non europeo e, soprattutto, circa il 90% delle quote di emissione erano assegnate gratuitamente, seguendo dei criteri nazionali.

Quindi, in quest'ultimo paragrafo di avvicinamento alle conclusioni finali, si intende investigare se, a partire dalla terza fase dell'European Union Emission Trading System, caratterizzata dall'introduzione di un tetto alle emissioni stabilito a livello europeo e dall'assegnazione delle quote di emissione tramite meccanismi d'asta, esista una relazione lineare tra questo sistema di riduzione delle emissioni e la competitività delle imprese soggette alle sue normative. Al fine di conseguire questo obiettivo, è stato necessario quantificare numericamente un concetto astratto come la competitività, che non possiede intrinsecamente una sua misura oggettiva. Per trattare la competitività in un contesto strettamente numerico, si è deciso di rappresentarla come il valore totale delle esportazioni delle imprese di ciascuna nazione per ogni anno considerato. Pertanto, la variabile dipendente utilizzata in quest'ultima analisi di regressione è la variabile "Export", espressa in migliaia di dollari americani.

Identificata e razionalizzata quella che è la variabile dipendente, ora è necessario individuare quelle che sono le variabili indipendenti che possano al meglio spiegare la varianza del parametro legato alle esportazioni. Si è scelto di utilizzare come variabili indipendenti, i seguenti parametri:

- Il **Prodotto Interno Lordo** nazionale, anche in questo studio econometrico il parametro riguardante il PIL di un paese sarà utilizzato come parametro macroeconomico per spiegare la varianza delle esportazioni.
- Le **spese per le quote di emissione** che sono state sostenute in ogni Stato dalle imprese soggette alle regolamentazioni: infatti, attraverso il sito dell'European Energy Exchange, non solo è stato possibile risalire a quanto ammontasse il totale delle quote vendute in un anno, al quale era associato il costo del singolo permesso ad emettere, ma è stato anche possibile manipolare dei dati su un excel scaricabile dal sito per avere delle stime precise su quanto speso per le quote di emissioni, in ogni anno corrente, dalle imprese di ciascuna nazione regolamentata.
- La variabile relativa ai **dazi doganali** rappresenta i costi aggiuntivi imposti da un governo su merci importate o esportate, che un acquirente deve sopportare al momento dell'acquisto di un prodotto da un paese esterno. Questi dazi doganali possono influenzare negativamente la competitività delle imprese, in quanto aumentano i costi e contemporaneamente riducono la convenienza delle transazioni commerciali internazionali.
- Le **imposte ambientali extra**, le quali rappresentano i tributi aggiuntivi che le imprese devono versare per contribuire alla lotta contro l'inquinamento e il cambiamento climatico, oltre alle quote di emissione. Queste tasse supplementari possono influenzare il comportamento delle imprese e la loro competitività, poiché aumentano i costi operativi e possono rappresentare un onere finanziario aggiuntivo rispetto alle attività commerciali convenzionali.
- L'**inflazione**, in quanto essa può incidere, principalmente, sia sui costi di produzione di un'impresa sia sulla riduzione del potere di acquisto dei consumatori.

Per condurre quest'ultimo studio econometrico, si è rivelato necessario filtrare il database precedentemente generato per includere solo i paesi europei aderenti all'EU Emission Trading System. Inoltre, è stato necessario limitare l'intervallo temporale considerando esclusivamente la Fase III del sistema e i primi anni della Fase IV, attualmente in corso.

Lo studio di regressione ha generato il seguente output:

|                        | Reg1                        | Reg2                        | Reg3                        | Reg4                        | Reg5                     | Reg6                        |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Allowances             | 0.236***<br>(0.0196)        | 0.0325***<br>(0.0104)       | 0.0103<br>(0.00561)         | -0.0316<br>(0.0185)         | -0.000023<br>(0.0014)    | -0.0320<br>(0.0183)         |
| GDP                    |                             | 0.373***<br>(0.0109)        | 0.290***<br>(0.00425)       | 0.538***<br>(0.0721)        | 0.497***<br>(0.0485)     | 0.560***<br>(0.0671)        |
| Customs                |                             |                             | -3.27e+04**<br>(1.48e+04)   | -1.13e+04**<br>(4.57e+04)   |                          | -1.488e+05***<br>(4.86e+05) |
| Climate_Change_Tax_Rev |                             |                             |                             | -0.931***<br>(0.265)        | -0.478***<br>(0.0994)    | -1.010***<br>(0.249)        |
| Inflation              |                             |                             |                             |                             | 1.90e+07<br>(7.899e+06)  | 7.720e+06<br>(4.442e+06)    |
| Constant               | 1.673e+08***<br>(2.043e+07) | 4.864e+07***<br>(9.495e+06) | 2.492e+07***<br>(3.748e+06) | 3.683e+07***<br>(6.199e+06) | 1.259e+07<br>(1.320e+07) | 2.698e+07***<br>(8.042e+06) |
| Observations           | 274                         | 274                         | 122                         | 122                         | 176                      | 122                         |
| R-squared              | 0.347                       | 0.838                       | 0.993                       | 0.986                       | 0.873                    | 0.988                       |

**Figura 13:** Analisi di regressione sulla competitività delle imprese soggette alle normative EU ETS.

Prima osservazione che può essere fatta riguardo questo studio di regressione è che nel modello Reg6, in cui sono inclusi tutti gli attribuiti indipendenti scelti per questa analisi, la varianza della variabile dipendente relativa alle esportazioni è quasi completamente spiegata. Questo è reso evidente da un valore estremamente elevato del coefficiente  $R^2$ .

Tuttavia, è importante evidenziare come il numero di osservazioni sulle quali questa analisi si poggia è considerevolmente ridotto rispetto agli studi precedenti. Ciò è dovuto al fatto che l'intervallo di tempo considerato è dimezzato rispetto alle altre analisi effettuate e, inoltre, viene considerato un numero minore di nazioni, passando da un'analisi mondiale ad un'analisi limitata all'Europa.

Nel corso dell'analisi di regressione riportata in **Figura 13**, la variabile di interesse *allowances* ha mostrato un cambiamento nel suo comportamento statistico. Inizialmente, la variabile risultava statisticamente significativa e presentava un coefficiente di regressione positivo, il che sarebbe controintuitivo in quanto suggerirebbe un aumento dei ricavi dalle esportazioni all'aumentare delle spese nazionali per emettere. Tuttavia, all'aumentare delle variabili indipendenti incluse nel modello di regressione e con l'aumentare del parametro  $R^2$ , il parametro prima perde di significatività da un punto di vista statistico e, gradualmente, il coefficiente di regressione è divenuto negativo. Questo suggerisce che non vi è una sufficiente

evidenza per respingere l'ipotesi nulla che il coefficiente di regressione  $e$ , quindi, la correlazione sia uguale a zero o che, comunque, la variabile *allowances* influenzi il risultato in modo significativo.

Anche in questo studio econometrico, il Prodotto Interno Lordo continua a mostrare significatività da un punto di vista statistico, caratterizzata da un coefficiente di correlazione positivo. Questo esito è facilmente giustificabile, in quanto è ragionevole attendersi un aumento dei ricavi da esportazioni, quando anche il prodotto interno lordo è in crescita. Inoltre, solitamente, un valore del PIL maggiore è solito essere accompagnato da maggiori ricavi da esportazioni.

Un altro attributo che si è rivelato estremamente influente in questo studio econometrico che è quello relativo ai dazi doganali. I coefficienti di correlazione di questa variabile sono molto consistenti, in valore assoluto, in quanto i dati riguardanti i dazi doganali sono espressi in percentuale. Il coefficiente di regressione relativo a questa variabile indipendente risulta sempre statisticamente significativo in quanto il p-value associato permette di rigettare l'ipotesi nulla, indicando che il fattore di correlazione non è nullo con un elevato grado di certezza. Era ragionevole attendersi questo esito che lo studio econometrico ha reso esplicito in quanto è normale ipotizzare che un aumento delle spese doganali relative alle esportazioni porti a una riduzione delle stesse.

In aggiunta, è importante notare come le spese aggiuntive derivanti dalle tasse sul cambiamento climatico, complementari alle spese per le quote di emissione, abbiano un impatto netto e significativo sul risultato dell'analisi. Anche in questo caso, il coefficiente di regressione è negativo, indicando che un aumento della tassazione sul cambiamento climatico porta a una diminuzione delle esportazioni.

Le conclusioni raggiunte attraverso questo studio econometrico confermano quanto sostenuto da Stefano F. Verde riguardo alla competitività delle aziende europee regolamentate dal sistema di scambio delle quote di carbonio. Si è osservato che il sistema non sembra avere un impatto chiaro e significativo sulla competitività delle imprese nei settori regolamentati. Pertanto, sembra che le contromisure adottate dall'Unione Europea, come l'allocazione gratuita delle quote di emissioni solo alle imprese di settori industriali specifici, particolarmente esposti al rischio di perdita di competitività e carbon leakage, siano efficaci nel prevenire questa problematica.

---



# CAPITOLO 6

## CONCLUSIONI

Nel presente elaborato di tesi, si è evidenziata l'importanza della lotta al cambiamento climatico, una sfida cruciale affrontata dalle nazioni di tutto il mondo per prevenire potenziali catastrofi. L'aumento delle temperature, causato principalmente da attività antropiche, ha gravi implicazioni sia a livello socioeconomico che ambientale, minacciando settori chiave dell'economia, settore primario in primis, e compromettendo gli ecosistemi e la biodiversità.

Le nazioni hanno riconosciuto l'urgenza di intervenire per invertire questa tendenza e, per questa ragione, nel corso degli ultimi decenni, hanno stipulato accordi, istituito organismi e consolidato alleanze per intensificare gli sforzi di mitigazione delle emissioni di gas serra, ponendosi come nobile fine il raggiungimento di una *carbon footprint* netta nulla.

Tra le contromisure adottate al fine di raggiungere questo obiettivo, l'Unione Europea ha deciso di introdurre l'Emission Trading System (EU ETS), un sistema basato sul meccanismo del *cap and trade*, capace di regolamentare circa 11'000 aziende imponendo un tetto massimo alle emissioni di CO<sub>2</sub> consentite a livello europeo in un determinato anno.

L'Emission Trading System europeo è stato il progetto pilota, predecessore di una serie di sistemi di riduzione introdotti a livello globale come risposta al cambiamento climatico.

Nel corso dell'analisi, sono state esaminate le fasi che compongono l'EU ETS, le sue caratteristiche principali e i potenziali punti deboli, per poi proseguire la trattazione confrontandolo con il mercato volontario del carbonio (VCM). Quest'ultimo è un mercato che consente alle imprese, anche non soggette a norme ambientali, di compensare le proprie emissioni di CO<sub>2</sub> finanziando e investendo in progetti green, al fine di ridurre la propria impronta di carbonio.

Una volta completata un'approfondita e dettagliata panoramica dell'EU Emission Trading System, l'obiettivo principale che ci si è posti con questo elaborato è stato quello di valutare l'efficacia dei sistemi di riduzione delle emissioni introdotti a livello europeo e mondiale nella lotta al cambiamento climatico. Successivamente, si è cercato di rispondere a una domanda importante riguardo la possibile riduzione della competitività delle imprese soggette alle normative del sistema di scambio delle quote di emissione europeo a causa dei costi aggiuntivi introdotti dal sistema.

Per rendere concreta la prima *mission* dell'elaborato, è stato condotto uno studio econometrico che aveva come obiettivo di valutare l'esistenza di un rapporto di

causalità inversa tra l'introduzione di un sistema di riduzione delle emissioni e le stesse emissioni di gas serra. Inizialmente sono state considerate solo le nazioni che hanno aderito all'Emission Trading System europeo per poi estendere lo studio anche ad altre nazioni a livello mondiale che hanno, a loro volta, implementato e adottato un sistema di riduzione delle emissioni.

Entrambe le analisi hanno mostrato come vi sia l'evidenza di un rapporto di causalità inversa tra l'introduzione di un meccanismo che ha come obiettivo la diminuzione dell'emissioni di gas serra nell'atmosfera (causa) e l'andamento delle emissioni stesse (effetto).

Questo risultato certifica l'efficacia dell'EU ETS e di tutti i meccanismi introdotti a livello mondiale per contrastare il riscaldamento globale.

Una volta dimostrato ciò, è emersa l'esistenza di un rapporto di correlazione negativa tra il prezzo dei permessi ad emettere e le emissioni stesse. Questo fenomeno è spiegabile dal fatto che, con l'aumento del prezzo delle quote di carbonio, le imprese tendono a investire in progetti di innovazione e ottimizzazione del ciclo produttivo piuttosto che acquistare ulteriori quote. Questo comporta modifiche sostanziali e permanenti nel processo produttivo dell'azienda, rendendolo più sostenibile da un punto di vista ambientale.

In conclusione, per questo primo obiettivo, le analisi confermano come i sistemi di riduzione delle emissioni, come l'EU ETS, stiano raggiungendo i loro obiettivi di diminuzione delle emissioni di gas serra, incentivando, inoltre, le imprese a investire in pratiche più sostenibili e a ridurre le loro emissioni in modo efficace, piuttosto che acquisire annualmente permessi ad emettere.

Il secondo obiettivo di questo studio è nato come supporto all'analisi condotta da Stefano F. Verde nel suo paper intitolato "*The Impact of the EU Emission Trading System on competitiveness and carbon leakage: the econometric evidence*". In quest'opera, l'autore, dopo aver esaminato e analizzato diversi studi econometrici, ha concluso che non esiste una correlazione positiva o negativa tra i costi aggiuntivi introdotti dall'EU Emission Trading System e la competitività delle aziende soggette alle regolamentazioni introdotte dal sistema. Tuttavia, queste conclusioni si basavano su studi econometrici focalizzati sulle prime due fasi del sistema.

Pertanto, si è deciso di estendere lo studio econometrico a tutta la terza e ai primi anni della quarta fase dell'EU Emission Trading System, al fine di confermare o confutare le conclusioni alle quali era giunto Stefano Verde.

Una volta definito numericamente il parametro relativo alla competitività delle imprese, rappresentato dalle esportazioni a livello nazionale, e selezionate le variabili indipendenti con le quali effettuare l'analisi di regressione lineare, è stata condotta lo

studio. Da questo è emerso che le risorse economiche investite dalle imprese di ciascuna nazione per l'acquisizione delle quote di emissioni non sono significative da un punto di vista statistico per spiegare la varianza della variabile relativa alle esportazioni.

In altre parole, non si hanno evidenze statistiche per le quali i costi diretti introdotti a livello nazionale dall'Emission Trading System europeo per l'acquisizione delle quote abbiano un impatto rilevante sulle esportazioni.

Questo esito conferma quella che era la conclusione alla quale era giunto Stefano F. Verde nella sua opera.

A livello globale, il riscaldamento climatico è riconosciuto come una minaccia che richiede interventi urgenti per prevenire cambiamenti irreversibili. È, quindi, fondamentale che tutte le nazioni si allineino su standard normativi rigorosi, in modo che le imprese non trovino vantaggio nel delocalizzare la produzione in Paesi con regolamentazioni ambientali meno stringenti, trasferendo di fatto le emissioni anziché ridurle.

In conclusione, la sfida al cambiamento climatico richiede azioni coordinate e immediate a livello globale. I sistemi di riduzione delle emissioni rappresentano un primo passo verso la salvaguardia del pianeta ma, tuttavia, è essenziale un impegno continuo e serrato e un coinvolgimento su scala mondiale per promuovere un futuro sostenibile.



# BIBLIOGRAFIA

IPCC, 2018: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].

World Meteorological Organization (WMO), 1979: *Proceedings of the World Climate Conference: A Conference of Experts on Climate and Mankind*.

*Le quote di emissione di gas ad effetto serra* – Fondazione OIC.

J.P. Morgan Asset Management, 2021: *Il mercato del carbonio globale: come compensazioni, regolamenti e nuovi standard possono catalizzare minori emissioni e creare opportunità* (Dr. Sarah Kapnick).

Journal of Economic Surveys, 2020: *The impact of the EU Emission Trading System on competitiveness and carbon leakage: the econometric evidence* (Stefano F. Verde).

European Energy and Environmental Law Review, 2013: *Carbon Leakage and Competitiveness under EU ETS* (Joshua Prentice).

The Energy Journal, 2017: *Carbon Leakage and Competitiveness of Cement and Steel Industries under the EU ETS: Much Ado about Nothing* (Frédéric Branger, Philippe Quirion, Julien Chevallier).

Annals of Operations Research, 2017: *EU Emission Trading Scheme, Competitiveness and Carbon Leakage: new evidence from Cement and Steel Industries* (Mohamed Amine Boutabba, Sandrine Lardic)

Cambridge University Press, 2010: *Pricing Carbon – The European Union Emissions Trading Scheme* (Ellerman, D., Convery, F. and de Perthuis, C.)

Oxford Institute for Energy Studies, 2021: *The challenges and prospects for carbon pricing in Europe* (Barnes, A.)

# SITOGRAFIA

- <https://ipccitalia.cmcc.it>
- <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/united-nations-framework-convention-on-climate-change>
- <https://www.ecosystemmarketplace.com/articles/new-state-of-the-voluntary-carbon-markets-2023-finds-vcm-demand-concentrating-around-pricier-high-integrity-credits/>
- <https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/registro-italiano-emission-trading/contesto/protocollo-di-kyoto>
- <https://www.europarl.europa.eu/portal/en>
- <https://www.esg360.it/normative-e-compliance/accordo-sul-clima-di-parigi-che-cosa-cosa-chiede-come-sta-evolvendo/>
- <https://www.consilium.europa.eu/it/>
- <https://eur-lex.europa.eu>
- <https://www.mase.gov.it>
- <https://www.europarl.europa.eu/portal/en>
- <https://data.oecd.org/trade/trade-in-goods-and-services.htm#indicator-chart>
- <https://www.ambientediritto.it>
- [https://climate.ec.europa.eu/index\\_en](https://climate.ec.europa.eu/index_en)
- <https://data.worldbank.org/indicator/>
- <https://www.rggi.org>
- <https://www.ecosystemmarketplace.com/publications/state-of-the-voluntary-carbon-markets-2022/>
- <https://www.eea.europa.eu>
- <https://www.rggi.org/auctions/auction-results/prices-volumes>
- <https://icapcarbonaction.com/en/ets-prices>
- <https://www.europarl.europa.eu/topics/it/article/20180703STO07132/commercio-internazionale-statistiche-e-dati-sull-unione-europea>
- <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NY.GDP.PCAP.CD&country=>
- <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NY.GDP.MKTP.KD.ZG&country=>
- <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NY.GDP.DEFL.KD.ZG&country=>
- <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=GC.TAX.IMPT.ZS&country=>
- <https://www.senato.it/service/PDF/PDFServer/BGT/00940381.pdf>
- <https://www.rggi.org/Auctions/Auction-Results/Prices-Volumes>
- <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NE.EXP.GNFS.CD&country=>

- <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EPS#>
- <https://www.statista.com>
- <https://www.scopus.com/home.uri>
- <https://databank.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL.ZG/1ff4a498/Popular-Indicators>
- <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EPS#>
- <https://ec.europa.eu/eurostat>
- <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistik/suche/?q=Prices+of+electricity+for+non-household+consumers++from+2008+to+2022&p=1>
- <https://ourworldindata.org/energy>
- <https://www.eex.com/en/market-data/environmentals/eu-ets-auctions>
- <https://www.rggi.org/auctions/market-monitor-reports>





# APPENDICE

Variabile dipendente: Esportazioni (unità di misura: miliardi di dollari)

| Country         | 2001        | 2002      | 2003        | 2004        | 2005        | 2006        | 2007        | 2008        | 2009        | 2010        | 2011        |
|-----------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Australia       | \$ 84,10    | \$ 82,03  | \$ 89,14    | \$ 105,49   | \$ 126,79   | \$ 148,59   | \$ 172,57   | \$ 212,79   | \$ 213,72   | \$ 227,43   | \$ 299,82   |
| Austria         | \$ 88,12    | \$ 97,16  | \$ 116,90   | \$ 141,28   | \$ 153,68   | \$ 170,97   | \$ 204,56   | \$ 230,06   | \$ 181,62   | \$ 201,09   | \$ 232,89   |
| Belgio          | \$ 169,54   | \$ 183,02 | \$ 219,59   | \$ 261,80   | \$ 286,52   | \$ 313,56   | \$ 368,74   | \$ 418,42   | \$ 332,64   | \$ 365,16   | \$ 422,31   |
| Bulgaria        | \$ 4,95     | \$ 5,52   | \$ 7,28     | \$ 10,71    | \$ 12,70    | \$ 16,15    | \$ 23,26    | \$ 28,59    | \$ 21,96    | \$ 25,43    | \$ 33,94    |
| Canada          | \$ 310,67   | \$ 304,71 | \$ 330,15   | \$ 383,24   | \$ 432,37   | \$ 467,05   | \$ 502,77   | \$ 534,15   | \$ 391,99   | \$ 471,74   | \$ 550,16   |
| Cina            | \$ 272,06   | \$ 333,00 | \$ 447,96   | \$ 607,36   | \$ 773,34   | \$ 991,73   | \$ 1.258,05 | \$ 1.497,88 | \$ 1.262,66 | \$ 1.654,82 | \$ 2.006,31 |
| Cipro           | \$ 7,09     | \$ 7,13   | \$ 8,40     | \$ 9,85     | \$ 10,27    | \$ 10,73    | \$ 12,77    | \$ 13,95    | \$ 12,64    | \$ 12,99    | \$ 14,78    |
| Croazia         | \$ 8,57     | \$ 9,60   | \$ 12,53    | \$ 15,30    | \$ 16,39    | \$ 18,62    | \$ 22,21    | \$ 24,63    | \$ 20,00    | \$ 20,94    | \$ 23,93    |
| Danimarca       | \$ 75,07    | \$ 81,64  | \$ 95,61    | \$ 110,42   | \$ 125,50   | \$ 143,51   | \$ 164,45   | \$ 191,44   | \$ 151,39   | \$ 162,68   | \$ 185,14   |
| Estonia         | \$ 3,83     | \$ 4,27   | \$ 5,64     | \$ 7,42     | \$ 9,23     | \$ 10,77    | \$ 14,05    | \$ 16,16    | \$ 11,95    | \$ 14,65    | \$ 20,10    |
| Finlandia       | \$ 51,51    | \$ 54,95  | \$ 64,06    | \$ 76,26    | \$ 82,51    | \$ 93,51    | \$ 112,36   | \$ 128,29   | \$ 91,46    | \$ 95,81    | \$ 107,21   |
| Francia         | \$ 389,41   | \$ 413,35 | \$ 481,65   | \$ 561,04   | \$ 593,90   | \$ 648,24   | \$ 741,06   | \$ 823,98   | \$ 670,78   | \$ 708,60   | \$ 814,32   |
| Germania        | \$ 619,63   | \$ 677,43 | \$ 820,83   | \$ 1.005,10 | \$ 1.083,50 | \$ 1.240,79 | \$ 1.484,06 | \$ 1.640,40 | \$ 1.300,37 | \$ 1.447,08 | \$ 1.689,33 |
| Giappone        | \$ 440,83   | \$ 454,07 | \$ 518,20   | \$ 625,65   | \$ 667,51   | \$ 720,50   | \$ 791,80   | \$ 880,16   | \$ 656,93   | \$ 859,17   | \$ 920,91   |
| Grecia          | \$ 31,06    | \$ 31,09  | \$ 37,53    | \$ 49,90    | \$ 52,83    | \$ 57,92    | \$ 71,82    | \$ 83,15    | \$ 62,89    | \$ 64,77    | \$ 72,14    |
| India           | \$ 60,96    | \$ 73,45  | \$ 90,84    | \$ 126,65   | \$ 160,84   | \$ 199,97   | \$ 253,08   | \$ 288,90   | \$ 273,75   | \$ 375,35   | \$ 447,38   |
| Irlanda         | \$ 104,12   | \$ 116,31 | \$ 133,12   | \$ 156,42   | \$ 168,50   | \$ 183,50   | \$ 218,32   | \$ 232,29   | \$ 221,21   | \$ 229,11   | \$ 246,79   |
| Islanda         | \$ 3,04     | \$ 3,31   | \$ 3,73     | \$ 4,48     | \$ 5,12     | \$ 5,31     | \$ 7,11     | \$ 7,28     | \$ 6,41     | \$ 7,12     | \$ 8,30     |
| Italia          | \$ 299,59   | \$ 311,63 | \$ 367,62   | \$ 433,75   | \$ 457,14   | \$ 510,27   | \$ 605,53   | \$ 647,03   | \$ 492,77   | \$ 535,61   | \$ 616,72   |
| Lettonia        | \$ 3,18     | \$ 3,49   | \$ 4,24     | \$ 5,62     | \$ 7,31     | \$ 8,57     | \$ 11,88    | \$ 14,08    | \$ 11,15    | \$ 12,76    | \$ 16,42    |
| Liechtenstein   |             |           |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| Lituania        | \$ 5,40     | \$ 6,76   | \$ 8,68     | \$ 11,04    | \$ 14,39    | \$ 17,22    | \$ 20,50    | \$ 27,54    | \$ 19,36    | \$ 23,74    | \$ 31,73    |
| Lussemburgo     | \$ 31,27    | \$ 32,25  | \$ 39,41    | \$ 50,40    | \$ 57,95    | \$ 71,98    | \$ 87,48    | \$ 95,03    | \$ 80,57    | \$ 91,47    | \$ 104,57   |
| Malta           | \$ 4,44     | \$ 5,07   | \$ 5,86     | \$ 6,29     | \$ 6,65     | \$ 8,36     | \$ 10,24    | \$ 13,50    | \$ 12,79    | \$ 13,64    | \$ 15,48    |
| Norvegia        | \$ 78,38    | \$ 79,28  | \$ 91,00    | \$ 109,05   | \$ 134,66   | \$ 154,51   | \$ 172,97   | \$ 214,88   | \$ 154,45   | \$ 173,07   | \$ 208,87   |
| Paesi Bassi     | \$ 273,19   | \$ 285,02 | \$ 343,89   | \$ 412,63   | \$ 449,81   | \$ 500,42   | \$ 583,60   | \$ 664,34   | \$ 542,41   | \$ 591,50   | \$ 683,51   |
| Polonia         | \$ 51,90    | \$ 57,16  | \$ 72,65    | \$ 87,34    | \$ 105,96   | \$ 130,34   | \$ 165,24   | \$ 201,78   | \$ 163,33   | \$ 190,71   | \$ 223,25   |
| Portogallo      | \$ 33,36    | \$ 36,49  | \$ 45,22    | \$ 52,40    | \$ 53,42    | \$ 63,37    | \$ 75,02    | \$ 82,35    | \$ 66,78    | \$ 71,60    | \$ 84,46    |
| Regno Unito     | \$ 421,48   | \$ 437,69 | \$ 494,22   | \$ 582,92   | \$ 642,70   | \$ 745,15   | \$ 788,44   | \$ 805,76   | \$ 648,61   | \$ 717,23   | \$ 836,10   |
| Repubblica Ceca | \$ 33,13    | \$ 36,99  | \$ 46,77    | \$ 68,36    | \$ 84,77    | \$ 101,38   | \$ 125,71   | \$ 149,08   | \$ 121,03   | \$ 137,03   | \$ 162,58   |
| Romania         | \$ 8,93     | \$ 11,06  | \$ 14,00    | \$ 19,30    | \$ 24,16    | \$ 30,23    | \$ 43,14    | \$ 56,06    | \$ 45,31    | \$ 53,85    | \$ 67,93    |
| Russia          | \$ 113,12   | \$ 121,65 | \$ 151,70   | \$ 203,42   | \$ 268,96   | \$ 333,91   | \$ 392,04   | \$ 520,00   | \$ 341,58   | \$ 445,51   | \$ 573,99   |
| Slovacchia      | \$ 17,58    | \$ 20,11  | \$ 29,25    | \$ 39,66    | \$ 45,41    | \$ 57,49    | \$ 72,18    | \$ 80,85    | \$ 60,82    | \$ 69,80    | \$ 84,27    |
| Slovenia        | \$ 10,80    | \$ 12,29  | \$ 15,11    | \$ 18,95    | \$ 21,66    | \$ 25,61    | \$ 32,64    | \$ 36,99    | \$ 28,96    | \$ 30,99    | \$ 36,24    |
| Spagna          | \$ 174,92   | \$ 188,20 | \$ 232,58   | \$ 271,67   | \$ 288,19   | \$ 318,14   | \$ 383,02   | \$ 418,15   | \$ 343,96   | \$ 369,06   | \$ 437,33   |
| Stati Uniti     | \$ 1.026,81 | \$ 997,98 | \$ 1.035,17 | \$ 1.176,36 | \$ 1.301,58 | \$ 1.470,17 | \$ 1.659,30 | \$ 1.835,28 | \$ 1.582,77 | \$ 1.857,25 | \$ 2.115,86 |
| Svezia          | \$ 104,04   | \$ 110,07 | \$ 134,82   | \$ 164,41   | \$ 176,56   | \$ 200,92   | \$ 233,89   | \$ 254,13   | \$ 189,69   | \$ 221,52   | \$ 259,90   |
| Ungheria        | \$ 34,87    | \$ 39,31  | \$ 48,05    | \$ 62,02    | \$ 70,77    | \$ 85,38    | \$ 109,09   | \$ 125,36   | \$ 97,29    | \$ 107,20   | \$ 122,18   |

Appendice 1.1: Valore delle esportazioni in miliardi di dollari per ciascuna nazione, per ogni anno. Fonte: World Bank.

**Variabile dipendente: Esportazioni (unità di misura: miliardi di dollari)**

| Country         | 2012        | 2013        | 2014        | 2015        | 2016        | 2017        | 2018        | 2019        | 2020        | 2021        | 2022        |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Australia       | \$ 332,61   | \$ 315,05   | \$ 309,61   | \$ 271,14   | \$ 232,61   | \$ 281,68   | \$ 312,45   | \$ 336,28   | \$ 318,86   | \$ 342,63   | \$ 430,47   |
| Austria         | \$ 220,97   | \$ 229,90   | \$ 236,28   | \$ 202,78   | \$ 207,44   | \$ 225,53   | \$ 252,35   | \$ 247,91   | \$ 224,42   | \$ 268,17   | \$ 292,38   |
| Belgio          | \$ 398,93   | \$ 413,91   | \$ 427,25   | \$ 359,72   | \$ 378,13   | \$ 418,21   | \$ 451,37   | \$ 441,54   | \$ 413,81   | \$ 528,20   | \$ 558,53   |
| Bulgaria        | \$ 32,76    | \$ 36,06    | \$ 36,92    | \$ 32,42    | \$ 34,47    | \$ 39,75    | \$ 43,61    | \$ 44,05    | \$ 39,50    | \$ 51,60    | \$ 62,51    |
| Canada          | \$ 554,96   | \$ 560,11   | \$ 573,08   | \$ 495,75   | \$ 481,36   | \$ 518,77   | \$ 557,72   | \$ 564,14   | \$ 487,99   | \$ 626,66   | \$ 731,56   |
| Cina            | \$ 2.175,07 | \$ 2.354,26 | \$ 2.462,83 | \$ 2.362,10 | \$ 2.199,97 | \$ 2.424,22 | \$ 2.655,61 | \$ 2.628,94 | \$ 2.729,88 | \$ 3.554,11 | \$ 3.714,25 |
| Cipro           | \$ 13,85    | \$ 14,69    | \$ 15,32    | \$ 13,94    | \$ 14,83    | \$ 16,94    | \$ 19,19    | \$ 19,85    | \$ 20,35    | \$ 26,36    | \$ 27,80    |
| Croazia         | \$ 22,27    | \$ 23,62    | \$ 25,28    | \$ 23,17    | \$ 24,55    | \$ 27,48    | \$ 30,28    | \$ 31,03    | \$ 23,93    | \$ 34,35    | \$ 42,36    |
| Danimarca       | \$ 178,72   | \$ 188,38   | \$ 192,78   | \$ 167,74   | \$ 167,29   | \$ 182,92   | \$ 201,83   | \$ 203,21   | \$ 195,54   | \$ 238,15   | \$ 280,17   |
| Estonia         | \$ 19,84    | \$ 21,24    | \$ 21,80    | \$ 17,73    | \$ 18,54    | \$ 20,41    | \$ 22,76    | \$ 22,96    | \$ 21,73    | \$ 29,12    | \$ 32,58    |
| Finlandia       | \$ 100,24   | \$ 103,17   | \$ 100,27   | \$ 83,04    | \$ 83,81    | \$ 95,99    | \$ 106,06   | \$ 107,09   | \$ 97,30    | \$ 117,04   | \$ 128,15   |
| Francia         | \$ 783,71   | \$ 825,70   | \$ 847,27   | \$ 746,21   | \$ 748,01   | \$ 803,16   | \$ 885,11   | \$ 862,11   | \$ 723,48   | \$ 888,84   | \$ 963,97   |
| Germania        | \$ 1.633,32 | \$ 1.695,84 | \$ 1.774,18 | \$ 1.575,40 | \$ 1.598,67 | \$ 1.740,72 | \$ 1.880,26 | \$ 1.832,88 | \$ 1.690,27 | \$ 2.022,86 | \$ 2.078,95 |
| Giappone        | \$ 904,15   | \$ 822,72   | \$ 852,99   | \$ 775,05   | \$ 803,49   | \$ 867,41   | \$ 923,23   | \$ 893,78   | \$ 785,06   | \$ 912,55   | \$ 916,90   |
| Grecia          | \$ 69,57    | \$ 72,17    | \$ 76,49    | \$ 62,87    | \$ 60,43    | \$ 70,01    | \$ 82,68    | \$ 82,33    | \$ 60,43    | \$ 87,89    | \$ 106,91   |
| India           | \$ 448,40   | \$ 472,18   | \$ 468,35   | \$ 416,79   | \$ 439,64   | \$ 498,26   | \$ 538,64   | \$ 529,25   | \$ 499,73   | \$ 677,77   | \$ 778,55   |
| Irlanda         | \$ 235,59   | \$ 247,89   | \$ 285,40   | \$ 356,25   | \$ 363,98   | \$ 407,07   | \$ 473,63   | \$ 510,65   | \$ 569,79   | \$ 686,61   | \$ 730,87   |
| Islanda         | \$ 8,10     | \$ 8,59     | \$ 9,21     | \$ 9,05     | \$ 9,87     | \$ 11,31    | \$ 12,09    | \$ 10,79    | \$ 7,17     | \$ 9,56     | \$ 13,07    |
| Italia          | \$ 592,26   | \$ 613,30   | \$ 629,34   | \$ 545,77   | \$ 550,51   | \$ 602,93   | \$ 655,90   | \$ 635,62   | \$ 558,47   | \$ 691,21   | \$ 750,82   |
| Lettonia        | \$ 17,31    | \$ 18,24    | \$ 19,19    | \$ 16,43    | \$ 16,74    | \$ 18,77    | \$ 21,16    | \$ 20,54    | \$ 20,89    | \$ 25,48    | \$ 29,47    |
| Liechtenstein   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| Lituania        | \$ 33,58    | \$ 36,60    | \$ 35,08    | \$ 28,50    | \$ 29,09    | \$ 35,15    | \$ 40,42    | \$ 42,34    | \$ 41,64    | \$ 53,48    | \$ 61,64    |
| Lussemburgo     | \$ 102,34   | \$ 115,01   | \$ 125,76   | \$ 115,24   | \$ 118,90   | \$ 126,66   | \$ 140,23   | \$ 144,26   | \$ 149,70   | \$ 182,48   | \$ 172,49   |
| Malta           | \$ 15,43    | \$ 16,46    | \$ 17,42    | \$ 17,15    | \$ 18,41    | \$ 21,32    | \$ 24,76    | \$ 26,22    | \$ 26,50    | \$ 30,10    | \$ 29,96    |
| Norvegia        | \$ 211,71   | \$ 209,68   | \$ 199,33   | \$ 149,73   | \$ 133,32   | \$ 147,57   | \$ 168,09   | \$ 149,77   | \$ 118,42   | \$ 216,63   | \$ 329,28   |
| Paesi Bassi     | \$ 666,97   | \$ 700,69   | \$ 718,89   | \$ 632,81   | \$ 623,60   | \$ 695,38   | \$ 774,04   | \$ 751,25   | \$ 712,05   | \$ 866,01   | \$ 946,33   |
| Polonia         | \$ 219,28   | \$ 237,15   | \$ 250,61   | \$ 226,39   | \$ 236,27   | \$ 273,11   | \$ 310,57   | \$ 317,08   | \$ 317,65   | \$ 393,13   | \$ 431,35   |
| Portogallo      | \$ 81,69    | \$ 89,68    | \$ 92,46    | \$ 80,98    | \$ 83,01    | \$ 94,57    | \$ 105,27   | \$ 104,41   | \$ 84,85    | \$ 105,80   | \$ 126,57   |
| Regno Unito     | \$ 828,87   | \$ 843,52   | \$ 875,78   | \$ 815,30   | \$ 777,21   | \$ 827,91   | \$ 906,77   | \$ 902,04   | \$ 801,03   | \$ 929,80   | \$ 1.032,61 |
| Repubblica Ceca | \$ 157,99   | \$ 161,00   | \$ 171,58   | \$ 151,48   | \$ 155,27   | \$ 172,78   | \$ 191,59   | \$ 186,58   | \$ 172,06   | \$ 204,94   | \$ 222,14   |
| Romania         | \$ 64,04    | \$ 76,39    | \$ 82,84    | \$ 73,55    | \$ 78,59    | \$ 88,96    | \$ 101,08   | \$ 100,91   | \$ 92,69    | \$ 116,01   | \$ 129,22   |
| Russia          | \$ 594,19   | \$ 592,50   | \$ 558,28   | \$ 391,37   | \$ 330,11   | \$ 410,72   | \$ 510,35   | \$ 481,41   | \$ 381,07   | \$ 549,14   | \$ 631,55   |
| Slovacchia      | \$ 85,95    | \$ 92,45    | \$ 92,71    | \$ 81,43    | \$ 84,08    | \$ 90,94    | \$ 101,72   | \$ 97,16    | \$ 90,78    | \$ 109,15   | \$ 114,73   |
| Slovenia        | \$ 33,95    | \$ 35,93    | \$ 38,07    | \$ 33,26    | \$ 34,74    | \$ 40,39    | \$ 45,94    | \$ 45,48    | \$ 41,78    | \$ 51,67    | \$ 56,55    |
| Spagna          | \$ 416,70   | \$ 446,69   | \$ 459,12   | \$ 402,04   | \$ 417,71   | \$ 461,35   | \$ 499,66   | \$ 486,71   | \$ 393,40   | \$ 494,07   | \$ 579,51   |
| Stati Uniti     | \$ 2.217,70 | \$ 2.287,92 | \$ 2.378,55 | \$ 2.270,62 | \$ 2.235,56 | \$ 2.388,26 | \$ 2.538,09 | \$ 2.538,45 | \$ 2.150,11 | \$ 2.550,04 | \$ 2.995,05 |
| Svezia          | \$ 248,77   | \$ 249,57   | \$ 251,79   | \$ 221,07   | \$ 220,14   | \$ 236,61   | \$ 253,75   | \$ 255,24   | \$ 239,87   | \$ 297,45   | \$ 313,83   |
| Ungheria        | \$ 110,62   | \$ 115,89   | \$ 122,87   | \$ 109,56   | \$ 111,12   | \$ 122,96   | \$ 134,48   | \$ 133,73   | \$ 123,75   | \$ 145,58   | \$ 161,75   |

**Appendice 1.2:** Valore delle esportazioni in miliardi di dollari per ciascuna nazione, per ogni anno. **Fonte:** World Bank.

**Variabile dipendente:** Emissioni di gas serra (unità di misura: mega tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente)

| Country         | 2001     | 2002     | 2003     | 2004     | 2005     | 2006     | 2007     | 2008     | 2009     | 2010      |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Australia       | 635,530  | 630,235  | 550,563  | 608,926  | 571,057  | 613,750  | 617,773  | 590,311  | 605,112  | 589,473   |
| Austria         | 83,002   | 84,500   | 89,432   | 90,323   | 90,357   | 88,153   | 85,204   | 84,954   | 77,767   | 83,551    |
| Belgio          | 138,694  | 131,374  | 134,761  | 132,641  | 129,913  | 125,999  | 121,216  | 123,935  | 117,422  | 124,908   |
| Bulgaria        | 60,217   | 57,531   | 62,398   | 61,151   | 61,138   | 61,092   | 65,265   | 62,887   | 55,398   | 57,044    |
| Canada          | 640,277  | 661,256  | 682,672  | 679,690  | 693,710  | 682,556  | 716,336  | 691,865  | 656,854  | 673,673   |
| Cina            | 4759,814 | 5053,061 | 5724,514 | 6489,938 | 7263,559 | 7942,464 | 8551,053 | 8805,331 | 9380,447 | 10211,637 |
| Cipro           | 8,072    | 8,299    | 8,972    | 8,915    | 9,025    | 9,163    | 9,494    | 9,709    | 9,538    | 9,209     |
| Croazia         | 26,024   | 27,073   | 28,179   | 27,904   | 27,841   | 28,571   | 30,078   | 29,260   | 26,711   | 26,152    |
| Danimarca       | 72,212   | 71,564   | 77,082   | 70,908   | 67,219   | 74,875   | 69,975   | 66,418   | 63,486   | 63,737    |
| Estonia         | 18,336   | 17,892   | 19,781   | 19,914   | 19,904   | 19,200   | 22,932   | 20,663   | 17,144   | 21,672    |
| Finlandia       | 75,434   | 77,694   | 85,920   | 81,847   | 69,487   | 81,097   | 79,087   | 70,815   | 67,296   | 75,320    |
| Francia         | 511,552  | 504,639  | 509,782  | 508,081  | 509,361  | 499,563  | 492,868  | 486,835  | 468,968  | 472,918   |
| Germania        | 977,886  | 961,781  | 963,015  | 946,508  | 924,532  | 933,323  | 904,887  | 907,721  | 851,247  | 881,693   |
| Giappone        | 1255,890 | 1286,296 | 1293,014 | 1282,942 | 1289,536 | 1269,045 | 1304,489 | 1234,744 | 1177,229 | 1234,821  |
| Grecia          | 118,463  | 118,735  | 121,952  | 122,010  | 124,040  | 122,488  | 126,335  | 121,980  | 115,419  | 108,552   |
| India           | 1742,348 | 1762,141 | 1803,992 | 1892,155 | 1966,216 | 2064,473 | 2209,296 | 2310,911 | 2457,278 | 2569,052  |
| Irlanda         | 73,550   | 72,148   | 73,061   | 72,285   | 73,546   | 74,133   | 72,643   | 71,564   | 66,194   | 64,973    |
| Islanda         | 3,260    | 3,320    | 3,291    | 3,351    | 3,290    | 3,769    | 3,797    | 3,687    | 3,358    | 3,237     |
| Italia          | 515,805  | 525,102  | 543,888  | 555,581  | 556,898  | 544,960  | 538,073  | 523,073  | 474,076  | 482,672   |
| Lettonia        | 11,402   | 11,441   | 11,701   | 11,683   | 11,874   | 12,408   | 12,832   | 12,494   | 11,714   | 12,854    |
| Liechtenstein   | 0,223    | 0,229    | 0,239    | 0,240    | 0,240    | 0,243    | 0,213    | 0,233    | 0,218    | 0,204     |
| Lituania        | 20,851   | 21,212   | 21,387   | 22,363   | 23,504   | 23,637   | 24,650   | 24,087   | 20,511   | 21,317    |
| Lussemburgo     | 10,008   | 10,793   | 11,211   | 12,664   | 12,901   | 12,697   | 12,110   | 12,033   | 11,443   | 12,035    |
| Malta           | 2,787    | 2,620    | 2,922    | 2,928    | 2,985    | 3,058    | 3,147    | 3,094    | 2,899    | 3,006     |
| Norvegia        | 47,734   | 47,267   | 49,303   | 49,606   | 48,582   | 48,903   | 49,229   | 47,916   | 47,510   | 50,072    |
| Paesi Bassi     | 207,332  | 207,150  | 207,092  | 208,834  | 203,064  | 198,421  | 197,907  | 195,227  | 190,160  | 200,804   |
| Polonia         | 354,133  | 347,723  | 359,244  | 363,466  | 364,881  | 379,241  | 379,776  | 373,576  | 358,808  | 377,248   |
| Portogallo      | 78,052   | 82,671   | 78,021   | 79,875   | 82,959   | 77,908   | 76,537   | 74,282   | 73,486   | 68,074    |
| Regno Unito     | 698,896  | 680,706  | 689,495  | 684,154  | 677,964  | 674,231  | 658,849  | 638,236  | 581,934  | 594,575   |
| Repubblica Ceca | 145,448  | 139,899  | 143,170  | 143,452  | 141,940  | 142,995  | 144,802  | 139,368  | 133,423  | 134,692   |
| Romania         | 125,733  | 122,831  | 127,729  | 126,078  | 125,493  | 129,071  | 126,731  | 124,732  | 108,964  | 106,102   |
| Russia          | 2150,699 | 2152,109 | 2223,272 | 2218,466 | 2243,991 | 2281,588 | 2291,498 | 2291,991 | 2161,029 | 2249,521  |
| Slovacchia      | 46,598   | 46,153   | 46,409   | 45,721   | 46,544   | 46,106   | 45,149   | 45,181   | 41,539   | 43,072    |
| Slovenia        | 18,709   | 18,791   | 18,752   | 18,962   | 19,212   | 19,545   | 19,518   | 20,489   | 18,512   | 18,806    |
| Spagna          | 367,802  | 384,461  | 393,439  | 409,554  | 424,169  | 418,157  | 434,498  | 401,199  | 365,093  | 350,175   |
| Stati Uniti     | 6759,406 | 6605,763 | 6670,156 | 6752,991 | 6772,891 | 6683,781 | 6787,855 | 6601,050 | 6184,149 | 6454,245  |
| Svezia          | 67,195   | 68,557   | 69,556   | 68,081   | 64,256   | 62,698   | 60,691   | 59,448   | 55,495   | 61,014    |
| Ungheria        | 73,476   | 71,855   | 74,627   | 73,506   | 72,819   | 72,091   | 69,922   | 68,556   | 62,718   | 62,678    |

**Appendice 2.1:** Emissioni di gas serra in mega tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente per ciascuna nazione, in un ogni anno di riferimento.

**Fonte:** World Bank.

**Variabile dipendente:** Emissioni di gas serra (unità di misura: mega tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente)

| Country         | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      | 2015      | 2016      | 2017      | 2018      | 2019      | 2020      |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Australia       | 690,002   | 690,402   | 604,286   | 621,420   | 622,093   | 600,643   | 647,518   | 642,276   | 613,605   | 571,903   |
| Austria         | 81,739    | 78,293    | 78,909    | 75,143    | 76,430    | 76,781    | 78,699    | 75,582    | 76,623    | 71,018    |
| Belgio          | 113,152   | 111,929   | 112,870   | 106,750   | 111,403   | 110,335   | 108,194   | 108,952   | 108,086   | 100,063   |
| Bulgaria        | 62,925    | 57,187    | 52,037    | 54,624    | 57,320    | 54,456    | 56,597    | 53,370    | 51,526    | 46,493    |
| Canada          | 690,329   | 690,454   | 702,661   | 710,550   | 708,800   | 709,180   | 725,613   | 742,233   | 726,904   | 677,709   |
| Cina            | 11089,792 | 11374,796 | 11861,844 | 11940,737 | 11804,697 | 11773,341 | 12014,199 | 12524,335 | 12732,245 | 12942,868 |
| Cipro           | 8,961     | 8,444     | 7,740     | 8,137     | 8,214     | 8,598     | 8,738     | 8,560     | 8,542     | 8,109     |
| Croazia         | 25,869    | 23,888    | 22,803    | 21,998    | 22,609    | 22,671    | 23,319    | 22,214    | 22,302    | 21,379    |
| Danimarca       | 58,249    | 53,122    | 54,526    | 50,328    | 48,304    | 49,939    | 47,663    | 47,108    | 43,570    | 41,136    |
| Estonia         | 21,638    | 20,164    | 22,030    | 20,799    | 17,593    | 18,997    | 19,899    | 18,818    | 13,175    | 10,199    |
| Finlandia       | 67,633    | 61,976    | 62,746    | 58,687    | 55,210    | 57,902    | 55,043    | 56,200    | 52,763    | 47,740    |
| Francia         | 456,764   | 460,350   | 461,320   | 427,859   | 433,263   | 433,666   | 436,923   | 422,400   | 412,999   | 376,006   |
| Germania        | 852,006   | 865,209   | 881,583   | 840,763   | 845,438   | 848,445   | 831,156   | 802,490   | 751,652   | 692,751   |
| Giappone        | 1292,827  | 1336,335  | 1352,164  | 1305,365  | 1268,752  | 1258,297  | 1241,561  | 1198,175  | 1157,545  | 1094,556  |
| Grecia          | 105,447   | 101,006   | 93,348    | 90,264    | 88,528    | 87,235    | 86,847    | 84,140    | 78,650    | 69,283    |
| India           | 2681,723  | 2832,703  | 2900,895  | 3083,574  | 3104,050  | 3147,643  | 3269,578  | 3436,072  | 3412,419  | 3200,821  |
| Irlanda         | 61,002    | 62,445    | 61,589    | 61,933    | 63,762    | 66,671    | 65,834    | 63,536    | 61,602    | 59,498    |
| Islanda         | 3,044     | 3,033     | 3,200     | 3,261     | 3,311     | 2,843     | 2,896     | 2,919     | 2,848     | 2,653     |
| Italia          | 472,080   | 453,885   | 421,945   | 402,289   | 413,893   | 409,371   | 404,051   | 399,052   | 390,001   | 352,129   |
| Lettonia        | 12,213    | 12,012    | 11,940    | 11,885    | 11,929    | 11,764    | 11,702    | 12,238    | 12,086    | 11,437    |
| Liechtenstein   | 0,190     | 0,199     | 0,207     | 0,175     | 0,174     | 0,164     | 0,170     | 0,158     | 0,164     | 0,158     |
| Lituania        | 20,785    | 20,704    | 19,812    | 19,360    | 19,620    | 19,645    | 19,566    | 19,652    | 19,780    | 19,785    |
| Lussemburgo     | 11,902    | 11,673    | 11,157    | 10,635    | 10,125    | 9,839     | 10,012    | 10,312    | 10,495    | 8,814     |
| Malta           | 2,992     | 3,164     | 2,826     | 2,837     | 2,159     | 1,875     | 2,027     | 2,047     | 2,141     | 2,082     |
| Norvegia        | 48,984    | 48,623    | 49,358    | 49,414    | 50,090    | 49,555    | 49,218    | 48,529    | 47,610    | 46,117    |
| Paesi Bassi     | 187,638   | 186,022   | 185,684   | 178,496   | 186,745   | 187,631   | 183,625   | 177,771   | 172,217   | 155,912   |
| Polonia         | 373,328   | 366,348   | 360,557   | 347,385   | 350,542   | 361,341   | 374,716   | 372,926   | 355,381   | 338,384   |
| Portogallo      | 67,196    | 65,490    | 63,800    | 63,414    | 67,508    | 66,391    | 70,958    | 66,613    | 61,575    | 55,641    |
| Regno Unito     | 551,091   | 570,949   | 553,319   | 513,738   | 498,506   | 480,170   | 463,736   | 455,530   | 439,332   | 398,324   |
| Repubblica Ceca | 132,059   | 128,574   | 123,330   | 120,622   | 122,514   | 124,272   | 124,328   | 123,074   | 117,767   | 108,308   |
| Romania         | 110,693   | 108,407   | 99,157    | 98,500    | 100,784   | 99,275    | 102,255   | 103,465   | 101,844   | 95,744    |
| Russia          | 2340,370  | 2316,611  | 2280,314  | 2264,924  | 2249,220  | 2246,728  | 2282,285  | 2371,536  | 2419,134  | 2331,479  |
| Slovacchia      | 41,566    | 39,208    | 39,867    | 37,218    | 37,650    | 38,503    | 40,433    | 39,884    | 38,040    | 35,984    |
| Slovenia        | 18,746    | 18,135    | 17,509    | 16,006    | 16,104    | 16,918    | 17,098    | 16,969    | 16,534    | 15,287    |
| Spagna          | 349,835   | 343,394   | 317,007   | 315,739   | 326,263   | 316,709   | 333,288   | 326,838   | 309,375   | 270,311   |
| Stati Uniti     | 6254,958  | 6036,577  | 6177,417  | 6224,269  | 6112,057  | 6003,241  | 5947,835  | 6154,646  | 6039,739  | 5505,181  |
| Svezia          | 57,208    | 54,382    | 52,593    | 51,286    | 51,266    | 50,783    | 50,356    | 47,719    | 46,792    | 45,459    |
| Ungheria        | 61,921    | 58,043    | 55,683    | 55,974    | 58,910    | 59,655    | 64,674    | 64,260    | 62,094    | 59,597    |

**Appendice 2.2:** Emissioni di gas serra in mega tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente per ciascuna nazione, in un ogni anno di riferimento.

**Fonte:** World Bank.

Variabile indipendente: Dummy ETS (variabile binaria)

| Country         | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |   |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| Australia       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 |
| Austria         | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Belgio          | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Bulgaria        | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Canada          | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 |
| Cina            | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 |
| Cipro           | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Croazia         | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Danimarca       | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Estonia         | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Finlandia       | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Francia         | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Germania        | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Giappone        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 |
| Grecia          | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| India           | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 |
| Irlanda         | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Islanda         | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Italia          | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Lettonia        | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Liechtenstein   | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Lituania        | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Lussemburgo     | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Malta           | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Norvegia        | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Paesi Bassi     | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Polonia         | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Portogallo      | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Regno Unito     | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Repubblica Ceca | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Romania         | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Russia          | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 |
| Slovacchia      | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Slovenia        | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Spagna          | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Stati Uniti     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 |
| Svezia          | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |
| Ungheria        | 0    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1 |

Appendice 3: Variabile dummy che indica l'adozione di un meccanismo di riduzione delle emissioni. Fonte: ICAP.

**Variabile indipendente: prezzi delle quote di carbonio (unità di misura: dollaro americano \$)**

| Country         | 2008     | 2009     | 2010     | 2011     | 2012    | 2013    | 2014     | 2015     | 2016     | 2017     | 2018     | 2019     | 2020     | 2021     | 2022     |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Australia       |          |          |          |          |         |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Austria         | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Belgio          | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Bulgaria        | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Canada          |          |          |          |          |         |         | \$ 10,32 | \$ 12,46 | \$ 12,73 | \$ 13,90 | \$ 14,88 | \$ 16,08 | \$ 18,17 | \$ 22,78 | \$ 27,64 |
| Cina            |          |          |          |          |         |         |          |          |          |          |          |          |          | \$ 6,90  | \$ 8,22  |
| Cipro           | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Croazia         | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Danimarca       | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Estonia         | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Finlandia       | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Francia         | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Germania        | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Giappone        |          |          |          |          |         |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Grecia          | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| India           |          |          |          |          |         |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Irlanda         | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Islanda         | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Italia          | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Lettonia        | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Liechtenstein   | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Lituania        | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Lussemburgo     | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Malta           | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Norvegia        | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Paesi Bassi     | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Polonia         | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Portogallo      | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Regno Unito     | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 67,61 | \$ 91,25 |
| Repubblica Ceca | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Romania         | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Russia          |          |          |          |          |         |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Slovacchia      | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Slovenia        | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Spagna          | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Stati Uniti     |          | \$ 2,75  | \$ 1,92  | \$ 1,89  | \$ 1,93 | \$ 2,92 | \$ 4,78  | \$ 6,11  | \$ 4,47  | \$ 9,42  | \$ 4,42  | \$ 5,43  | \$ 6,41  | \$ 9,57  | \$ 13,47 |
| Svezia          | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |
| Ungheria        | \$ 23,84 | \$ 14,17 | \$ 15,55 | \$ 13,99 | \$ 7,95 | \$ 4,84 | \$ 6,47  | \$ 8,33  | \$ 5,82  | \$ 6,34  | \$ 17,26 | \$ 26,94 | \$ 26,82 | \$ 57,76 | \$ 87,88 |

**Appendice 4: Prezzo delle quote di emissione nei sistemi di riduzione. Fonte: Sito ufficiale del sistema di riduzione considerato.**

**Variabile indipendente:** spese per le aziende per le quote di emissione, riferito a ciascuna nazione (unità di misura: dollaro)

| Country         | 2013             | 2014             | 2015               | 2016             | 2017               | 2018               | 2019               | 2020               | 2021               | 2022               |
|-----------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Australia       |                  |                  |                    |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Austria         | \$60.770.028,80  | \$58.143.831,85  | \$85.671.073,35    | \$64.803.988,15  | \$86.577.811,65    | \$239.301.812,15   | \$200.371.424,55   | \$200.799.794,55   | \$338.936.677,20   | \$416.044.748,70   |
| Belgio          | \$125.341.557,95 | \$105.815.733,95 | \$154.398.417,80   | \$117.586.665,75 | \$157.299.758,45   | \$415.795.062,40   | \$388.876.705,80   | \$383.097.470,25   | \$581.146.138,55   | \$716.932.577,90   |
| Bulgaria        | \$57.365.588,20  | \$39.692.758,75  | \$132.763.532,95   | \$93.008.065,00  | \$142.155.369,30   | \$401.309.850,75   | \$479.926.825,60   | \$488.923.691,05   | \$907.832.959,75   | \$1.192.860.261,75 |
| Canada          |                  |                  |                    |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Cina            |                  |                  |                    |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Cipro           | \$376.159,00     | \$795.274,90     | \$1.548.345,00     | \$426.642,35     | \$7.155.473,95     | \$28.300.983,45    | \$28.491.553,60    | \$43.671.863,70    | \$85.472.698,80    | \$112.148.361,45   |
| Croazia         |                  |                  |                    |                  | \$27.152.690,00    | \$77.945.921,80    | \$79.258.734,15    | \$78.684.200,60    | \$122.344.673,80   | \$156.238.067,25   |
| Danimarca       | \$61.100.986,40  | \$52.418.617,75  | \$77.769.903,15    | \$58.499.542,45  | \$78.178.402,45    | \$206.886.109,30   | \$181.046.803,65   | \$181.438.822,15   | \$319.272.984,55   | \$394.774.788,45   |
| Estonia         | \$19.700.463,80  | \$8.116.734,05   | \$23.195.145,50    | \$25.735.897,35  | \$42.896.001,70    | \$152.632.482,00   | \$155.705.992,25   | \$155.248.879,85   | \$271.014.629,75   | \$364.078.410,10   |
| Finlandia       | \$2.997.795,95   | \$69.210.405,65  | \$102.203.310,45   | \$77.629.047,90  | \$103.833.045,75   | \$274.480.975,40   | \$239.744.786,05   | \$240.429.355,10   | \$445.799.585,05   | \$557.058.430,20   |
| Francia         | \$238.978.946,60 | \$234.726.186,25 | \$340.206.559,90   | \$255.805.292,95 | \$341.607.635,00   | \$904.216.704,90   | \$791.913.999,45   | \$793.652.598,50   | \$1.601.275.432,70 | \$2.036.437.680,50 |
| Germania        | \$862.466.228,00 | \$817.417.523,00 | \$1.210.096.396,20 | \$926.922.397,00 | \$1.250.031.598,20 | \$2.813.999.579,10 | \$3.448.786.819,45 | \$2.901.979.397,80 | \$5.783.718.694,60 | \$7.425.782.768,40 |
| Giappone        |                  |                  |                    |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Grecia          | \$160.925.659,80 | \$142.865.760,45 | \$212.724.045,75   | \$161.375.154,00 | \$215.851.032,30   | \$570.651.934,65   | \$555.300.832,45   | \$552.292.525,10   | \$1.105.944.040,40 | \$1.449.162.144,95 |
| India           |                  |                  |                    |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Irlanda         | \$45.428.316,95  | \$39.219.933,10  | \$58.273.972,40    | \$43.739.885,15  | \$58.380.797,85    | \$154.855.978,45   | \$135.439.241,65   | \$135.749.019,65   | \$162.672.286,70   | \$235.079.498,85   |
| Islanda         |                  |                  |                    |                  |                    |                    | \$28.089.403,55    | \$42.630.385,05    | \$6.258.845,40     | \$13.758.121,70    |
| Italia          | \$420.717.818,50 | \$399.477.266,45 | \$591.229.630,45   | \$448.202.484,60 | \$599.122.898,15   | \$1.584.120.304,20 | \$1.404.996.685,65 | \$1.406.646.079,10 | \$2.747.830.039,10 | \$3.490.936.797,90 |
| Lettonia        | \$11.763.252,75  | \$11.144.334,40  | \$16.664.993,65    | \$12.537.016,50  | \$16.776.680,50    | \$44.352.165,40    | \$46.411.987,45    | \$46.106.623,95    | \$68.070.418,25    | \$91.821.371,10    |
| Liechtenstein   |                  |                  |                    |                  |                    |                    | \$568.108,00       | \$862.280,85       | \$261.561,85       | \$297.155,80       |
| Lituania        | \$25.629.606,00  | \$18.900.349,30  | \$30.971.592,45    | \$22.712.602,50  | \$34.349.251,75    | \$87.598.405,90    | \$91.603.807,10    | \$94.406.616,75    | \$93.967.669,80    | \$113.032.340,55   |
| Lussemburgo     | \$5.420.864,30   | \$5.618.677,50   | \$7.459.861,90     | \$5.598.703,25   | \$7.493.297,65     | \$19.931.216,80    | \$18.598.991,55    | \$18.532.616,00    | \$8.804.742,05     | \$33.438.594,90    |
| Malta           | \$4.867.956,35   | \$4.266.821,35   | \$6.741.224,90     | \$4.859.863,10   | \$6.487.516,50     | \$17.123.756,30    | \$17.342.984,55    | \$17.176.296,30    | \$33.511.406,90    | \$43.749.744,20    |
| Norvegia        |                  |                  |                    |                  |                    |                    | \$539.569.494,65   | \$815.071.807,00   | \$199.635.799,90   | \$246.629.596,65   |
| Paesi Bassi     | \$146.319.212,90 | \$142.900.591,40 | \$204.102.734,35   | \$155.439.537,20 | \$207.869.289,30   | \$449.594.208,30   | \$479.747.771,30   | \$481.134.589,20   | \$974.445.519,35   | \$1.238.089.585,45 |
| Polonia         | \$265.983.658,00 | \$85.030.627,50  | \$144.777.838,00   | \$148.394.654,65 | \$551.533.950,50   | \$1.320.611.005,70 | \$2.778.220.786,90 | \$3.441.979.566,70 | \$6.097.024.474,15 | \$5.423.835.127,70 |
| Portogallo      | \$79.332.450,85  | \$73.133.402,85  | \$108.139.635,75   | \$81.843.064,20  | \$109.330.976,80   | \$289.511.886,15   | \$280.252.663,15   | \$278.815.530,85   | \$560.151.114,45   | \$733.796.883,50   |
| Regno Unito     |                  |                  |                    |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Repubblica Ceca | \$94.221.839,95  | \$60.723.322,30  | \$121.528.252,90   | \$128.574.487,05 | \$217.754.395,75   | \$637.022.895,75   | \$687.134.675,65   | \$784.181.168,85   | \$659.354.713,50   | \$734.205.311,95   |
| Romania         | \$133.763.193,75 | \$106.701.446,15 | \$212.766.017,70   | \$211.458.561,20 | \$284.220.339,45   | \$783.814.127,70   | \$817.308.775,85   | \$875.391.600,40   | \$527.470.494,65   | \$531.897.932,95   |
| Russia          |                  |                  |                    |                  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| Slowacchia      | \$67.255.855,80  | \$62.822.384,35  | \$92.115.202,40    | \$70.901.497,05  | \$94.900.272,30    | \$250.615.866,35   | \$266.737.725,90   | \$263.854.474,25   | \$301.019.544,80   | \$373.722.059,75   |
| Slovenia        | \$19.335.177,55  | \$18.139.676,45  | \$26.614.720,75    | \$20.422.032,90  | \$27.351.604,35    | \$72.281.351,50    | \$71.181.659,75    | \$70.882.745,60    | \$141.785.892,00   | \$186.199.457,10   |
| Spagna          | \$377.261.251,60 | \$359.805.522,90 | \$533.560.885,85   | \$402.707.764,85 | \$537.970.039,55   | \$1.423.585.551,10 | \$1.351.971.085,05 | \$1.351.971.085,05 | \$2.706.401.013,90 | \$3.521.966.225,75 |
| Stati Uniti     | \$447.969.876,77 | \$367.287.309,09 | \$435.977.090,08   | \$266.466.004,91 | \$198.376.252,05   | \$239.363.251,08   | \$283.989.048,82   | \$416.295.505,70   | \$926.172.537,93   | \$1.193.619.122,52 |
| Svezia          | \$38.884.763,55  | \$37.458.874,60  | \$57.138.949,95    | \$42.088.001,05  | \$56.144.401,25    | \$46.588.467,55    | \$140.101.613,10   | \$139.409.523,05   | \$242.176.352,60   | \$306.629.009,20   |
| Ungheria        | \$53.806.384,10  | \$61.583.092,50  | \$90.764.572,50    | \$69.433.165,30  | \$92.898.558,15    | \$245.676.729,55   | \$246.531.504,95   | \$246.685.998,70   | \$314.106.046,65   | \$506.799.044,95   |

**Appendice 5:** Spese sostenute in ciascuna nazione europea per le quote di emissione. **Fonte:** European Energy Exchange.

**Variabile indipendente:** consumo annuale di energia elettrica generata da combustibili fossili (unità di misura: terawattora TWh)

| Country         | 2001      | 2002      | 2003      | 2004      | 2005      | 2006      | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      | 2011      |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Australia       | 1264,47   | 1288,995  | 1306,224  | 1347,753  | 1349,514  | 1408,571  | 1446,271  | 1475,357  | 1450,366  | 1443,765  | 1469,942  |
| Austria         | 280,447   | 282,885   | 307,114   | 302,397   | 306,634   | 300,716   | 284,412   | 288,421   | 267,23    | 287,39    | 275,227   |
| Belgio          | 602,887   | 597,305   | 626,13    | 629,156   | 618,787   | 621,708   | 621,806   | 639,172   | 571,008   | 612,624   | 556,806   |
| Bulgaria        | 164,595   | 155,022   | 168,577   | 162,37    | 172,514   | 175,432   | 184,773   | 179,453   | 150,882   | 154,662   | 170,472   |
| Canada          | 2350,008  | 2428,989  | 2495,393  | 2508,973  | 2469,933  | 2464,582  | 2579,457  | 2505,881  | 2391,977  | 2469,195  | 2532,39   |
| Cina            | 11595,461 | 12657,19  | 14859,567 | 17332,893 | 19713,344 | 21612,988 | 23448,26  | 23943,34  | 25087,559 | 26643,771 | 28885,965 |
| Cipro           |           |           |           |           |           | 34,408    | 34,966    |           |           |           |           |
| Croazia         | 80,421    | 84,543    | 90,491    | 88,545    | 89,066    | 89,033    | 95,014    | 91,402    | 85,493    | 82,442    | 79,799    |
| Danimarca       | 219,657   | 216,425   | 231,08    | 213,308   | 198,457   | 224,265   | 208,29    | 196,978   | 185,035   | 191,202   | 171,636   |
| Estonia         | 57,751    | 57,499    | 62,686    | 63,917    | 64,143    | 63,292    | 73,315    | 67,233    | 57,061    | 69,847    | 69,313    |
| Finlandia       | 237,285   | 245,975   | 273,592   | 253,283   | 223,277   | 253,284   | 246,213   | 223,688   | 212,701   | 237,393   | 214,826   |
| Francia         | 1725,44   | 1697,533  | 1730,169  | 1742,166  | 1742,588  | 1711,23   | 1675,235  | 1661,716  | 1587,677  | 1609,974  | 1503,187  |
| Germania        | 3460,381  | 3408,056  | 3405,057  | 3366,811  | 3308,255  | 3360,617  | 3214,107  | 3225,884  | 3018,432  | 3134,529  | 3032,669  |
| Giappone        | 4988,117  | 5021,025  | 5200,919  | 5122,87   | 5157,83   | 5086,065  | 5130,279  | 5100,908  | 4527,235  | 4790,777  | 4841,036  |
| Grecia          | 367,392   | 365,895   | 381,198   | 381,141   | 381,222   | 388,89    | 405,325   | 394,571   | 372,63    | 347,664   | 347,527   |
| India           | 3466,253  | 3589,969  | 3728,399  | 3964,438  | 4237,514  | 4427,847  | 4801,275  | 5125,357  | 5552,823  | 5770,731  | 6001,939  |
| Irlanda         | 180,125   | 177,301   | 173,529   | 176,311   | 182,757   | 187,192   | 189,127   | 185,6     | 164,151   | 166,767   | 154,086   |
| Islanda         |           |           |           |           |           |           | 11,569    |           |           |           |           |
| Italia          | 1937,946  | 1942,135  | 2013,508  | 2038,851  | 2058,696  | 2042,676  | 2010,122  | 1938,828  | 1762,991  | 1803,918  | 1749,311  |
| Lettonia        | 32,323    | 33,766    | 33,731    | 36,334    | 37,135    | 36,563    | 37,894    | 37,179    | 33,829    | 39,241    | 35,508    |
| Liechtenstein   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Lituania        | 58,273    | 56,747    | 58,078    | 59,859    | 64,082    | 64,523    | 69,145    | 68,023    | 58,401    | 62,644    | 64,842    |
| Lussemburgo     | 39,367    | 43,133    | 45,285    | 51,204    | 51,939    | 50,909    | 48,843    | 48,435    | 46,341    | 48,863    | 47,574    |
| Malta           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Norvegia        | 170,193   | 167,617   | 174,418   | 175,57    | 169,713   | 170,812   | 169,249   | 169,035   | 166,814   | 171,438   | 169,643   |
| Paesi Bassi     | 1024,024  | 1022,69   | 1029,642  | 1061,81   | 1078,145  | 1054,878  | 1069,354  | 1051,265  | 1030,883  | 1123,363  | 1063,291  |
| Polonia         | 1002,168  | 991,386   | 1027,221  | 1031,939  | 1052,26   | 1103,035  | 1096,414  | 1108,293  | 1060,088  | 1125,899  | 1125,514  |
| Portogallo      | 251,089   | 266,614   | 251,62    | 261,555   | 272,858   | 248,882   | 249,111   | 243,315   | 234,709   | 221,514   | 219,699   |
| Regno Unito     | 2408,995  | 2351,462  | 2389,559  | 2426,757  | 2436,895  | 2416,033  | 2370,508  | 2343,32   | 2158,611  | 2224,938  | 2044,2    |
| Repubblica Ceca | 435,464   | 424,654   | 436,258   | 446,547   | 442,445   | 447,798   | 442,393   | 429,71    | 403,889   | 419,103   | 402,461   |
| Romania         | 365,912   | 379,02    | 389,129   | 394,386   | 385,152   | 399,999   | 384,53    | 372,527   | 318,535   | 310,255   | 330,323   |
| Russia          | 6431,018  | 6427,902  | 6577,551  | 6606,419  | 6597,732  | 6915,315  | 6942,083  | 7010,48   | 6595,961  | 6897,14   | 7171,495  |
| Slovacchia      | 161,038   | 160,25    | 159,734   | 156,056   | 164,046   | 156,725   | 150,21    | 153,309   | 139,674   | 148,8     | 141,414   |
| Slovenia        | 55,992    | 56,296    | 56,757    | 57,898    | 58,758    | 60,221    | 60,286    | 64,218    | 56,981    | 57,791    | 56,455    |
| Spagna          | 1271,771  | 1334,461  | 1368,103  | 1444,098  | 1500,008  | 1491,931  | 1529,9    | 1458,139  | 1312,613  | 1259,497  | 1265,217  |
| Stati Uniti     | 22744,744 | 22941,979 | 23040,119 | 23499,125 | 23512,965 | 23186,369 | 23576,988 | 22795,662 | 21395,902 | 22173,703 | 21749,736 |
| Svezia          | 236,864   | 242,443   | 255,924   | 247,829   | 244,637   | 250,074   | 243,037   | 231,017   | 217,044   | 229,477   | 209,541   |
| Ungheria        | 247,049   | 241,128   | 252,717   | 253,057   | 264,136   | 260,493   | 252,034   | 244,675   | 220,379   | 224,51    | 217,824   |

**Appendice 6.1:** consumo annuale di energia elettrica ottenuta da fonti non rinnovabili. **Fonte:** Eurostat.



**Variabile indipendente:** consumo annuale di energia elettrica generata da combustibili fossili (unità di misura: terawattora TWh)

| Country         | 2012      | 2013      | 2014      | 2015      | 2016      | 2017      | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      | 2022      |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Australia       | 1448,736  | 1454,284  | 1472,994  | 1500,939  | 1491,312  | 1493,95   | 1490,901  | 1531,156  | 1415,129  | 1387,223  | 1421,068  |
| Austria         | 265,732   | 266,151   | 250,132   | 256,637   | 262,339   | 273,11    | 267,331   | 276,533   | 247,937   | 257,993   | 241,898   |
| Belgio          | 543,644   | 552,079   | 523,214   | 545,295   | 551,696   | 557,653   | 587,776   | 568,682   | 505,117   | 541,558   | 498,515   |
| Bulgaria        | 156,513   | 140,885   | 148,925   | 159,541   | 151,685   | 160,054   | 150,332   | 146,88    | 130,933   | 150,009   | 161,341   |
| Canada          | 2525,139  | 2571,458  | 2600,671  | 2610,263  | 2538,53   | 2579,988  | 2644,456  | 2636,076  | 2387,842  | 2450,428  | 2508,757  |
| Cina            | 29585,432 | 30528,387 | 30830,85  | 30885,832 | 30593,768 | 31511,137 | 32726,068 | 33921,184 | 34753,18  | 36318,707 | 36138,059 |
| Cipro           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Croazia         | 72,795    | 70,368    | 68,669    | 70,384    | 72,108    | 75,561    | 71,602    | 72,605    | 67,616    | 69,077    | 69,12     |
| Danimarca       | 154,032   | 159,758   | 146,591   | 139,106   | 143,523   | 134,884   | 135,577   | 125,217   | 103,269   | 111,881   | 107,875   |
| Estonia         | 68,937    | 73,686    | 69,839    | 63,885    | 66        | 72,885    | 71,619    | 56,056    | 49,837    | 52,478    | 52,255    |
| Finlandia       | 194,504   | 202,25    | 186,628   | 175,874   | 185,297   | 175,713   | 180,042   | 170,712   | 150,28    | 146,423   | 137,791   |
| Francia         | 1500,312  | 1501,054  | 1364,985  | 1392,825  | 1422,166  | 1437,183  | 1403,865  | 1383,965  | 1202,761  | 1304,357  | 1251,925  |
| Germania        | 3052,564  | 3147,405  | 2963,163  | 2981,134  | 3062,101  | 3065,357  | 2951,88   | 2811,785  | 2558,225  | 2699,75   | 2603,246  |
| Giappone        | 5189,08   | 5133,329  | 4996,624  | 4853,515  | 4761,283  | 4755,587  | 4643,376  | 4477,786  | 4118,038  | 4240,516  | 4206,433  |
| Grecia          | 319,955   | 287,475   | 273,054   | 269,766   | 265,029   | 283,343   | 279,199   | 271,954   | 228,181   | 241,714   | 252,99    |
| India           | 6381,226  | 6551,184  | 6993,901  | 7246,493  | 7593,63   | 7845,052  | 8249,621  | 8357,201  | 7838,526  | 8549,395  | 8954,851  |
| Irlanda         | 151,88    | 148,27    | 145,665   | 151,093   | 159,873   | 156,516   | 157,237   | 153,616   | 138,318   | 146,449   | 151,494   |
| Islanda         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Italia          | 1668,513  | 1531,288  | 1414,442  | 1496,994  | 1507,98   | 1541,387  | 1525,036  | 1494,493  | 1320,996  | 1440,987  | 1423,48   |
| Lettonia        | 34,352    | 34,124    | 32,656    | 33,579    | 34,605    | 33,823    | 33,352    | 35,491    | 30,221    | 31,613    | 28,995    |
| Liechtenstein   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Lituania        | 64,557    | 58,399    | 56,131    | 58,394    | 58,657    | 60,917    | 63,582    | 62,92     | 62        | 61,422    | 55,716    |
| Lussemburgo     | 46,521    | 44,019    | 42,344    | 40,87     | 40,152    | 41,385    | 43,115    | 43,544    | 36,092    | 38,878    | 34,833    |
| Malta           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Norvegia        | 166,534   | 169,762   | 167,458   | 169,07    | 163,905   | 165,923   | 167,236   | 164,403   | 157,206   | 157,654   | 149,441   |
| Paesi Bassi     | 1043,879  | 1015,559  | 967,208   | 980,515   | 988,384   | 989,999   | 957,986   | 940,44    | 878,087   | 884,191   | 831,775   |
| Polonia         | 1079,676  | 1082,904  | 1034,271  | 1039,33   | 1090,46   | 1131,243  | 1148,276  | 1101,943  | 1046,057  | 1129,128  | 1086,037  |
| Portogallo      | 208,101   | 206,865   | 207,506   | 219,996   | 220,301   | 237,15    | 224,922   | 215,67    | 181,32    | 177,595   | 183,08    |
| Regno Unito     | 2064,266  | 2021,609  | 1875,129  | 1843,994  | 1818,846  | 1782,203  | 1753,308  | 1699,401  | 1452,387  | 1525,459  | 1519,567  |
| Repubblica Ceca | 392,822   | 379,33    | 370,31    | 370,132   | 371,338   | 386,322   | 381,955   | 368,216   | 332,543   | 354,465   | 352,195   |
| Romania         | 319,748   | 279,87    | 280,512   | 279,727   | 278,24    | 291,52    | 294,593   | 289,284   | 270,517   | 284,974   | 267,648   |
| Russia          | 7211,754  | 7086,412  | 7115,749  | 6970,462  | 7090,127  | 7126,127  | 7413,197  | 7330,662  | 6961,051  | 7607,923  | 6927,507  |
| Slovacchia      | 132,598   | 134,549   | 121,688   | 125,02    | 126,514   | 136,099   | 135,674   | 125,968   | 121,471   | 135,072   | 131,771   |
| Slovenia        | 54,629    | 52,289    | 47,876    | 48,026    | 51,391    | 52,502    | 52,966    | 50,828    | 45,467    | 46,726    | 47,545    |
| Spagna          | 1241,496  | 1121,107  | 1094,091  | 1151,134  | 1143,498  | 1207,517  | 1197,051  | 1167,457  | 974,366   | 1052,208  | 1115,827  |
| Stati Uniti     | 21192,219 | 21720,053 | 21926,727 | 21655,59  | 21413,307 | 21310,291 | 22208,822 | 21944,391 | 19917,447 | 21158,328 | 21595,023 |
| Svezia          | 201,408   | 199,35    | 192,473   | 190,277   | 195,602   | 193,498   | 186,873   | 197,686   | 175,83    | 168,961   | 166,203   |
| Ungheria        | 199,771   | 187,814   | 185,849   | 198,327   | 202,307   | 215,885   | 217,812   | 217,758   | 210,904   | 221,17    | 201,945   |

**Appendice 6.2:** consumo annuale di energia elettrica ottenuta da fonti non rinnovabili. **Fonte:** Eurostat.

**Variabile indipendente:** consumo annuale di energia elettrica generata da fonti rinnovabili (unità di misura: terawattora TWh)

| Country         | 2001     | 2002     | 2003     | 2004     | 2005     | 2006     | 2007     | 2008     | 2009     | 2010     | 2011     |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Australia       | 50,915   | 52,75    | 54,638   | 56,691   | 60,836   | 62,267   | 59,896   | 56,389   | 59,178   | 65,073   | 88,66    |
| Austria         | 124,921  | 123,122  | 103,14   | 115,473  | 118,825  | 120,292  | 127,58   | 131,589  | 139,615  | 132,767  | 120,841  |
| Belgio          | 3,31     | 3,519    | 3,707    | 4,636    | 6,553    | 9,171    | 10,805   | 13,687   | 18,292   | 24,402   | 29,101   |
| Bulgaria        | 5,103    | 6,404    | 8,784    | 9,132    | 12,433   | 12,116   | 8,259    | 8,35     | 10,448   | 16,265   | 11,075   |
| Canada          | 1007,382 | 1054,336 | 1008,656 | 1010,894 | 1072,182 | 1041,744 | 1084,499 | 1106,266 | 1085,967 | 1043,5   | 1115,566 |
| Cina            | 825,347  | 852,921  | 838,57   | 1036,686 | 1167,95  | 1285,634 | 1432,453 | 1891,234 | 1883,614 | 2212,766 | 2219,735 |
| Cipro           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Croazia         | 21,094   | 17,079   | 15,828   | 21,996   | 20,219   | 18,917   | 13,441   | 16,463   | 20,996   | 25,822   | 14,649   |
| Danimarca       | 17,56    | 20,33    | 24,152   | 28,344   | 29,142   | 27,297   | 30,343   | 29,643   | 29,542   | 36,737   | 42,517   |
| Estonia         | 0,092    | 0,107    | 0,138    | 0,185    | 0,323    | 0,389    | 0,44     | 0,621    | 1,656    | 3,301    | 3,65     |
| Finlandia       | 65,41    | 60,347   | 58,076   | 77,156   | 70,328   | 67,684   | 72,424   | 82,9     | 65,54    | 73,171   | 73,717   |
| Francia         | 232,93   | 192,254  | 187,52   | 189,317  | 169,137  | 186,681  | 203,965  | 235,22   | 224,256  | 246,423  | 208,039  |
| Germania        | 119,494  | 141,96   | 146,061  | 181,111  | 206,39   | 244,812  | 297,996  | 307,597  | 312,147  | 338,26   | 392,096  |
| Giappone        | 291,63   | 291,208  | 328,998  | 328,158  | 300,02   | 331,792  | 294,473  | 293,497  | 278,349  | 338,129  | 323,242  |
| Grecia          | 8,634    | 10,475   | 17,118   | 17,092   | 18,384   | 22,416   | 14,026   | 17,015   | 23,768   | 30,773   | 23,757   |
| India           | 224,351  | 221,578  | 225,192  | 324,367  | 317,387  | 373,731  | 413,451  | 404,269  | 388,624  | 412,761  | 498,893  |
| Irlanda         | 3,042    | 4,053    | 3,326    | 4,051    | 5,417    | 7,103    | 8,198    | 10,779   | 12,46    | 11,533   | 16,176   |
| Islanda         | 23,399   | 24,353   | 24,449   | 24,652   | 24,648   | 27,929   | 33,451   | 45,811   | 46,494   | 46,843   | 46,949   |
| Italia          | 159,591  | 141,217  | 136,277  | 158,669  | 141,554  | 147,391  | 138,178  | 173,077  | 208,715  | 232,815  | 248,601  |
| Lettonia        | 8,341    | 7,256    | 6,787    | 9,222    | 9,823    | 7,98     | 8,032    | 9,064    | 9,992    | 10,429   | 8,828    |
| Liechtenstein   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Lituania        | 0,963    | 1,044    | 0,965    | 1,245    | 1,356    | 1,473    | 2,279    | 2,431    | 2,549    | 3,113    | 3,656    |
| Lussemburgo     | 0,499    | 0,449    | 0,419    | 0,576    | 0,614    | 0,718    | 1,282    | 1,326    | 1,252    | 1,253    | 1,247    |
| Malta           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Norvegia        | 354,804  | 378,648  | 307,609  | 315,359  | 391,04   | 342,742  | 382,023  | 395,488  | 354,44   | 328,942  | 337,844  |
| Paesi Bassi     | 10,334   | 12,41    | 12,253   | 16,365   | 23,113   | 25,225   | 26,774   | 31,882   | 37,023   | 36,716   | 40,84    |
| Polonia         | 8,289    | 8,193    | 6,986    | 9,28     | 12,085   | 13,946   | 17,402   | 25,019   | 33,528   | 40,276   | 47,417   |
| Portogallo      | 46,575   | 28,8     | 51,745   | 35,969   | 24,1     | 45,906   | 47,958   | 43,433   | 54,517   | 83,573   | 71,337   |
| Regno Unito     | 29,2     | 33,892   | 33,002   | 43,238   | 52,324   | 56,832   | 63,1     | 74,481   | 86,232   | 91,09    | 115,238  |
| Repubblica Ceca | 8,228    | 9,619    | 6,292    | 8,484    | 9,242    | 10,539   | 10,298   | 12,314   | 16,009   | 20,001   | 24,645   |
| Romania         | 43,841   | 46,845   | 38,462   | 47,597   | 57,88    | 52,246   | 45,745   | 49,649   | 45,277   | 57,721   | 47,255   |
| Russia          | 511,218  | 473,869  | 452,522  | 507,522  | 495,534  | 494,482  | 501,956  | 464,386  | 487,848  | 463,549  | 451,325  |
| Slovacchia      | 15,305   | 15,892   | 10,435   | 11,906   | 13,513   | 14,273   | 14,812   | 13,86    | 14,908   | 17,883   | 15,481   |
| Slovenia        | 11,382   | 9,996    | 8,965    | 12,187   | 10,261   | 10,585   | 9,729    | 12,509   | 14,146   | 13,802   | 11,227   |
| Spagna          | 146,484  | 104,112  | 166,572  | 149,347  | 123,338  | 151,099  | 167,411  | 178,654  | 210,799  | 286,282  | 259,587  |
| Stati Uniti     | 886,572  | 1055,992 | 1102,699 | 1103,206 | 1135,401 | 1249,168 | 1183,502 | 1321,477 | 1456,122 | 1515,733 | 1774,409 |
| Svezia          | 245,743  | 208,796  | 171,644  | 200,036  | 235,613  | 206,799  | 224,728  | 236,937  | 229,889  | 240,521  | 245,086  |
| Ungheria        | 0,773    | 0,703    | 1,021    | 2,922    | 5,929    | 4,813    | 6,227    | 9,264    | 10,969   | 11,339   | 10,119   |

**Appendice 7.1:** consumo annuale di energia elettrica ottenuta da fonti rinnovabili. **Fonte:** Eurostat.

**Variabile indipendente:** consumo annuale di energia elettrica generata da fonti rinnovabili (unità di misura: terawattora TWh)

| Country         | 2012     | 2013     | 2014     | 2015     | 2016     | 2017     | 2018     | 2019     | 2020     | 2021     | 2022     |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Australia       | 87,377   | 101,302  | 93,464   | 100,613  | 115,454  | 108,02   | 134,564  | 149,099  | 171,953  | 205,367  | 240,12   |
| Austria         | 148,792  | 145,053  | 144,666  | 138,208  | 145,645  | 144,094  | 140,982  | 152,495  | 153,165  | 145,652  | 139,693  |
| Belgio          | 35,258   | 38,324   | 40,042   | 44,693   | 45,998   | 50,562   | 53,84    | 59,656   | 72,134   | 70,47    | 72,733   |
| Bulgaria        | 15,612   | 20,162   | 21,377   | 25,387   | 20,905   | 18,421   | 27,547   | 22,792   | 22,542   | 30,434   | 29,283   |
| Canada          | 1132,844 | 1158,95  | 1130,124 | 1162,338 | 1181,741 | 1202,723 | 1177,656 | 1161,445 | 1174,12  | 1162,296 | 1202,987 |
| Cina            | 2780,102 | 3032,571 | 3552,34  | 3806,155 | 4136,883 | 4504,977 | 4940,908 | 5403,476 | 5837,744 | 6531,148 | 7092,607 |
| Cipro           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Croazia         | 14,799   | 25,705   | 27,339   | 20,636   | 22,623   | 19,222   | 26,558   | 23,208   | 23,763   | 29,235   | 25,465   |
| Danimarca       | 45,16    | 48,026   | 53,411   | 55,716   | 54,316   | 63,948   | 60,735   | 66,855   | 67,891   | 76,325   | 81,522   |
| Estonia         | 4,546    | 3,777    | 4,318    | 4,735    | 4,763    | 5,599    | 6,255    | 6,707    | 8,949    | 9,147    | 9,414    |
| Finlandia       | 85,473   | 77,814   | 81,895   | 92,951   | 89,181   | 94,102   | 95,931   | 95,892   | 104,194  | 114,113  | 125,778  |
| Francia         | 261,556  | 299,312  | 286,07   | 279,923  | 297,068  | 280,181  | 333,175  | 332,582  | 359,847  | 354,315  | 340,624  |
| Germania        | 447,656  | 466,672  | 494,797  | 562,533  | 563,367  | 632,402  | 650,284  | 695,736  | 727,48   | 676,124  | 726,229  |
| Giappone        | 316,12   | 340,565  | 376,032  | 431,317  | 421,931  | 462,508  | 496,084  | 497,13   | 536,562  | 589,646  | 620,236  |
| Grecia          | 29,347   | 40,828   | 34,856   | 41,957   | 41,941   | 38,834   | 44,852   | 44,91    | 48,749   | 60,799   | 62,82    |
| India           | 474,145  | 534,651  | 572,842  | 576,942  | 587,477  | 653,606  | 732,744  | 839,401  | 870,152  | 925,305  | 1053,022 |
| Irlanda         | 15,589   | 16,727   | 18,888   | 22,82    | 21,769   | 25,892   | 29,248   | 33,759   | 37,912   | 33,026   | 38,186   |
| Islanda         | 47,535   | 48,814   | 48,562   | 50,207   | 49,255   | 50,807   | 52,018   | 50,924   | 49,798   | 50,919   | 52,028   |
| Italia          | 275,365  | 327,312  | 347,878  | 317,772  | 313,951  | 301,734  | 328,604  | 325,063  | 330,966  | 319,817  | 283,305  |
| Lettonia        | 11,61    | 10,113   | 8,092    | 8,166    | 9,895    | 15,155   | 10,213   | 9,346    | 10,634   | 10,786   | 10,675   |
| Liechtenstein   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Lituania        | 4,044    | 5,007    | 5,032    | 5,531    | 6,493    | 7,73     | 7,216    | 7,945    | 8,294    | 8,728    | 7,951    |
| Lussemburgo     | 1,432    | 1,673    | 1,93     | 2,165    | 2,307    | 2,97     | 3,316    | 3,744    | 4,406    | 4,397    | 4,24     |
| Malta           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Norvegia        | 395,514  | 357,164  | 375,28   | 378,929  | 392,195  | 392,961  | 382,899  | 351,132  | 401,699  | 411,436  | 377,287  |
| Paesi Bassi     | 41,52    | 39,766   | 38,487   | 43,053   | 45,064   | 52,69    | 58,984   | 71,272   | 100,248  | 121,469  | 141,421  |
| Polonia         | 59,565   | 59,045   | 66,673   | 72,985   | 70,227   | 74,657   | 71,358   | 82,805   | 88,123   | 96,76    | 112,284  |
| Portogallo      | 57,678   | 84,929   | 90,175   | 71,233   | 91,195   | 64,728   | 82,676   | 77,269   | 84,189   | 88,759   | 74,661   |
| Regno Unito     | 130,1    | 165,329  | 199,261  | 249,922  | 248,655  | 290,906  | 325,048  | 355,085  | 394,164  | 358,656  | 392,916  |
| Repubblica Ceca | 26,829   | 30,483   | 30,792   | 31,222   | 31,115   | 31,887   | 31,103   | 33,18    | 34,309   | 34,894   | 34,471   |
| Romania         | 43,043   | 56,365   | 69,642   | 72,658   | 75,338   | 68,085   | 72,944   | 69,525   | 69,962   | 73,953   | 65,296   |
| Russia          | 449,555  | 495,035  | 471,897  | 454,966  | 497,423  | 496,759  | 509,159  | 518,885  | 570,095  | 579,153  | 538,561  |
| Slovacchia      | 16,526   | 18,925   | 19,14    | 18,83    | 20,277   | 19,982   | 17,938   | 20,225   | 20,733   | 20,654   | 19,705   |
| Slovenia        | 12,584   | 14,732   | 18,536   | 12,206   | 13,906   | 12,285   | 14,849   | 14,539   | 15,908   | 15,618   | 11,335   |
| Spagna          | 265,093  | 315,414  | 312,488  | 275,743  | 295,892  | 252,19   | 298,448  | 276,517  | 318,156  | 348,692  | 336,273  |
| Stati Uniti     | 1724,88  | 1835,576 | 1888,077 | 1922,98  | 2131,185 | 2344,897 | 2399,24  | 2475,22  | 2590,245 | 2726,014 | 3014,93  |
| Svezia          | 282,548  | 238,123  | 247,33   | 293,261  | 260,213  | 276,596  | 263,942  | 284,831  | 316,053  | 328,024  | 337,035  |
| Ungheria        | 9,791    | 10,031   | 11,739   | 11,794   | 11,947   | 12,299   | 13,447   | 15,934   | 18,962   | 22,668   | 24,229   |

**Appendice 7.2:** consumo annuale di energia elettrica ottenuta da fonti rinnovabili. **Fonte:** Eurostat.

**Variabile indipendente:** spese per imposte ambientali supplementari (unità di misura: milioni di dollari)

| Country         | 2001    | 2002    | 2003    | 2004    | 2005    | 2006    | 2007    | 2008     | 2009     | 2010     | 2011     |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Australia       | 82,75   | 71,94   | 107,85  | 136,05  | 155,02  | 150,6   | 231,79  | 254,16   | 272,97   | 443,06   | 619,93   |
| Austria         | 79,33   | 88,11   | 109,52  | 71,04   | 56,66   | 90,52   | 99,11   | 94,66    | 79,92    | 67,45    | 73,5     |
| Belgio          | 409,48  | 398,65  | 453,14  | 719,58  | 756,91  | 653,33  | 682,38  | 785,44   | 681,32   | 656,1    | 694,17   |
| Bulgaria        | 0,17    | 15,03   | 27,38   | 28,79   | 25,86   | 18,61   | 13,25   | 29,51    | 13,77    | 5,4      | 3,55     |
| Canada          | 118,53  | 133,39  | 144,13  | 166,3   | 147,08  |         | 276,52  | 392,66   | 359,17   |          |          |
| Cina            | 1119,84 | 1183,41 | 1713,05 | 2276    | 3005,99 | 3613,75 | 4644,87 | 5280,83  | 4960,61  | 5222,69  | 6153,25  |
| Cipro           |         |         |         |         |         |         |         |          |          |          |          |
| Croazia         |         |         |         | 1,03    | 2,75    | 4,12    | 5,22    | 6,37     | 4,57     | 3,52     | 2,28     |
| Danimarca       | 367,57  | 408,36  | 460,77  | 516,57  | 528,27  | 551,93  | 640,8   | 677,43   | 562,97   | 419,64   | 438,69   |
| Estonia         | 12,89   | 15,55   | 22,58   | 19,73   | 30,9    | 43,63   | 60,18   | 62,9     | 57,38    | 40,96    | 47,9     |
| Finlandia       | 61,95   | 63,23   | 115     | 133,44  | 106,03  | 120,57  | 149,13  | 116,38   | 94,05    | 88,64    | 128,1    |
| Francia         | 4711,01 | 5524,99 | 6654,62 | 7849,02 | 8145,06 | 8324,62 | 9697,51 | 10954,18 | 10467,84 | 10121,85 | 11324,95 |
| Germania        | 339,35  | 391,59  | 454,46  | 410,13  | 422,34  | 363,04  | 369,11  | 373,63   | 321,02   | 391,09   |          |
| Giappone        | 467,08  | 437,25  | 441,65  | 458,01  | 432,27  | 394,76  | 379,11  | 402,1    | 421,97   | 441,83   | 463,91   |
| Grecia          | 1,79    | 1,89    | 2,26    | 2,49    | 2,49    | 2,51    | 2,74    | 4,41     | 4,18     | 13,26    | 4,18     |
| India           |         |         |         | 39,82   | 67,48   | 24,9    | 63,81   | 87,73    | 94,61    | 90,54    | 50,55    |
| Irlanda         |         | 26,76   | 47,78   | 50,09   | 56,34   | 62,09   | 75,35   | 88,45    | 77,28    | 79,7     | 86,51    |
| Islanda         | 32,86   | 17,14   | 26,89   | 39,81   | 48,58   | 53,12   | 65,97   | 54,42    | 40,41    | 42,45    | 50,03    |
| Italia          | 1008,57 | 680,18  | 858,61  | 946,75  | 972,47  | 997,08  | 1207,86 | 1325     | 1268,82  | 1527,9   | 1546,88  |
| Lettonia        | 7,77    | 8,28    | 8,66    | 10,02   | 10,88   | 11,66   | 12,96   | 14,84    | 11,72    | 12,52    | 16,83    |
| Liechtenstein   |         |         |         |         |         |         |         |          |          |          |          |
| Lituania        |         |         |         | 1,48    | 1,22    | 0,67    | 0,67    | 0,55     | 0,46     | 0,41     | 0,15     |
| Lussemburgo     |         |         |         |         |         |         |         |          |          |          |          |
| Malta           |         |         |         | 1,08    | 12,87   | 14,95   | 19,78   | 25,09    | 18       | 13,85    | 15,23    |
| Norvegia        | 142,3   | 168,93  | 207,8   | 233,04  | 239,5   | 327,82  | 604,44  | 543,97   | 365,12   | 345,79   | 350,43   |
| Paesi Bassi     | 1142,82 | 1235,87 | 1458,07 | 1604,63 | 1704,4  | 1814,34 | 1962,53 | 2326,73  | 2036,38  | 2003,16  | 2076,8   |
| Polonia         | 269,67  | 249,02  | 239,65  | 296,64  | 260,24  | 342,88  | 420,53  | 555,78   | 489,4    | 533,94   | 543,06   |
| Portogallo      | 0,35    | 0,4     | 0,54    | 0,92    | 1,03    | 1,55    | 6,49    | 12,34    | 24,13    | 34,12    | 41,04    |
| Regno Unito     | 722,66  | 810,82  | 991,07  | 1230,36 | 1332,73 | 1479,34 | 1754,8  | 1753,79  | 1311,69  | 1645,6   | 1746,4   |
| Repubblica Ceca | 41,76   | 69,16   | 80,87   | 79,85   | 96,54   | 92,94   | 131,06  | 148,55   | 131,95   | 131,62   | 135,69   |
| Romania         |         | 0,03    | 1,05    | 0,49    | 0,62    | 9,43    | 5,62    | 6,79     | 5,25     | 5        | 5,71     |
| Russia          |         |         |         |         |         |         |         |          |          |          |          |
| Slovacchia      | 32,68   | 66,87   | 94,4    | 111,98  | 117,62  | 150,04  | 187,26  | 212,67   | 210,65   | 201,87   | 216,39   |
| Slovenia        | 36,31   | 48,93   | 94,03   | 97,84   | 100,71  | 85,92   | 83,62   | 90,94    | 78,61    | 78,09    | 79,21    |
| Spagna          | 94,94   | 104,96  | 174,2   | 169,17  | 184,13  | 202,15  | 238,46  | 295,62   | 177,14   | 249,23   | 315,97   |
| Stati Uniti     | 1102,22 | 1149,11 | 1191,94 | 1285,09 | 1380,35 | 1731,68 | 1866,51 | 1832,6   | 1889,09  | 2061,95  | 2149,33  |
| Svezia          | 231,4   | 253,79  | 301,08  | 303,73  | 280,81  | 283,89  | 283,93  | 226,17   | 161,15   | 166,02   | 179,56   |
| Ungheria        | 61,1    | 80,94   | 118,49  | 171,06  | 134,03  | 152,39  | 202,1   | 268,33   | 244,6    | 150,75   | 162,28   |

**Appendice 8.1:** spese per imposte ambientali supplementari in milioni di dollari. **Fonte:** OECD.

**Variabile indipendente:** spese per imposte ambientali supplementari (unità di misura: milioni di dollari)

| Country         | 2012     | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    |
|-----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Australia       | 793,12   | 817,69  | 726,54  | 695,67  | 695,1   | 770,69  | 770,51  | 729,13  | 741,26  | 810,56  |
| Austria         | 68,22    | 70,66   | 71,4    | 61,79   | 64,32   | 70,6    | 93,69   | 77,67   | 65,14   | 78,28   |
| Belgio          | 631,22   | 659,01  | 652,16  | 558,42  | 572,16  | 571,84  | 623,19  | 603,06  | 607,08  | 567,24  |
| Bulgaria        | 1,54     | 2,18    | 2,14    | 1,42    | 1,83    | 2,16    | 2,85    | 2,28    | 1,86    | 2,34    |
| Canada          |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Cina            | 6370,39  | 6425,04 | 6244,65 | 6202,5  |         |         |         |         |         |         |
| Cipro           |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Croazia         | 1,53     | 1,12    | 0,55    | 0,32    | 0,96    | 0,32    | 0,79    | 0,26    | 0,96    | 0,55    |
| Danimarca       | 479,95   | 577,85  | 454,95  | 428,07  | 363,61  | 318,33  | 341,37  | 286,02  | 312,46  | 358,35  |
| Estonia         | 40,45    | 49,22   | 58,75   | 49,85   | 55,51   | 59,57   | 64,4    | 49,57   | 33,5    | 37,66   |
| Finlandia       | 107,95   | 112,03  | 93,6    | 67,47   | 44,28   | 36,15   | 30,71   | 23,51   | 26,27   | 24,84   |
| Francia         | 10951,54 | 11884   |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Germania        |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Giappone        | 451,33   | 361,21  | 323,07  | 273,38  | 286,59  | 275,52  | 272,95  | 277,06  | 270,76  | 256,45  |
| Grecia          | 2,57     | 2,66    | 2,66    |         |         | 20,33   | 17,46   | 12,53   | 4,96    | 12,58   |
| India           | 41,21    | 38,6    | 42,89   |         |         |         |         |         |         |         |
| Irlanda         | 84,38    | 77,25   | 61,68   | 51,11   | 62,43   | 50,14   | 29,62   | 19,35   | 11,5    | 14,47   |
| Islanda         | 47,42    | 49,68   | 56,92   | 55,17   | 67,75   | 84,53   | 90,33   | 84,51   | 77,36   | 88,72   |
| Italia          | 1357,28  | 1226,42 | 1334,19 | 1304,66 | 1255,9  | 1345,96 | 1404,2  | 1426,36 | 1533,91 | 1720,89 |
| Lettonia        | 19,03    | 21,03   | 21,95   | 19,5    | 15,9    | 18,29   | 19,61   | 18,59   | 18,97   | 19,64   |
| Liechtenstein   |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Lituania        |          | 0,12    | 0,16    | 0,13    | 2,88    | 2,2     | 3,36    | 2,78    | 3,24    | 3,64    |
| Lussemburgo     |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Malta           | 12,69    | 16,04   | 21,96   | 23,28   | 19,69   | 27,44   | 31,82   | 34,17   | 35,36   | 35,56   |
| Norvegia        | 320,58   | 328,36  | 362,84  | 299,35  | 307,23  | 320,83  | 342,61  | 311,7   | 318,82  | 388,93  |
| Paesi Bassi     | 1904,06  | 1624,29 | 1673,91 | 1471,22 | 1492,11 | 1529,59 | 1630,9  | 1738,54 | 1820,66 | 1949,16 |
| Polonia         | 453,86   | 259,76  | 54,21   | 45,36   | 51,23   | 53,98   | 72,27   | 72,67   | 134,37  | 145,01  |
| Portogallo      | 35,98    | 35,67   | 35,61   | 33,99   | 38,97   | 45,87   | 55,54   | 59,45   | 70,85   | 102,48  |
| Regno Unito     | 1728,15  | 1861,92 | 1880,77 | 1570,56 | 1382,6  | 1163,48 | 1123,37 | 1000,71 | 898,72  | 1162,21 |
| Repubblica Ceca | 112,06   | 99,35   | 95,44   | 78,49   | 80,6    | 81,74   | 98,45   | 101,1   | 112,5   | 115,65  |
| Romania         | 6,46     | 6,88    | 5,94    | 5,12    | 5,27    | 5,92    | 6,06    | 6,14    | 4,52    | 5,55    |
| Russia          |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Slovacchia      | 208,01   | 231,38  | 228,29  | 194,46  | 187,66  | 193,3   | 203,52  | 214     | 243,48  | 272,12  |
| Slovenia        | 104,24   | 171,44  | 169,69  | 158,05  | 166,44  | 171,44  | 178,2   | 168,63  | 156,99  | 167,94  |
| Spagna          | 422,7    | 986,26  | 876,67  | 938,65  | 991,76  | 1040,27 | 1091,2  | 1062,2  | 1041,63 | 1243,37 |
| Stati Uniti     | 2088,85  | 2004,56 | 2090,06 | 2159,39 | 2174,6  | 2248,79 | 2344,4  | 2206,41 | 2297,39 | 2401,87 |
| Svezia          | 151,29   | 138,32  | 141,38  | 125,55  | 124,04  | 199,56  | 277,94  | 268,33  | 311,61  | 379,17  |
| Ungheria        | 311,08   | 301,23  | 301,6   | 298,35  | 301,62  | 345,94  | 362,58  | 351,95  | 313,82  | 347,44  |

**Appendice 8.2:** spese per imposte ambientali supplementari in milioni di dollari. **Fonte:** OECD.

**Variabile indipendente: Prodotto Interno Lordo nazionale (unità di misura: miliardi di dollari)**

| Country         | 2001         | 2002         | 2003         | 2004         | 2005         | 2006         | 2007         | 2008         | 2009         | 2010         | 2011         |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Australia       | \$ 379,63    | \$ 395,79    | \$ 467,74    | \$ 614,66    | \$ 695,69    | \$ 748,42    | \$ 855,01    | \$ 1.056,11  | \$ 928,76    | \$ 1.148,89  | \$ 1.398,70  |
| Austria         | \$ 197,51    | \$ 214,39    | \$ 262,27    | \$ 301,46    | \$ 316,09    | \$ 336,28    | \$ 389,19    | \$ 432,05    | \$ 401,76    | \$ 392,28    | \$ 431,69    |
| Belgio          | \$ 236,75    | \$ 258,38    | \$ 318,08    | \$ 369,21    | \$ 385,71    | \$ 408,26    | \$ 470,92    | \$ 517,33    | \$ 483,25    | \$ 481,42    | \$ 523,33    |
| Bulgaria        | \$ 14,18     | \$ 16,40     | \$ 21,14     | \$ 26,16     | \$ 29,87     | \$ 34,38     | \$ 44,43     | \$ 54,48     | \$ 52,02     | \$ 50,76     | \$ 57,74     |
| Canada          | \$ 738,98    | \$ 760,65    | \$ 895,54    | \$ 1.026,69  | \$ 1.173,11  | \$ 1.319,26  | \$ 1.468,82  | \$ 1.552,99  | \$ 1.374,63  | \$ 1.617,34  | \$ 1.793,33  |
| Cina            | \$ 1.339,40  | \$ 1.470,56  | \$ 1.660,28  | \$ 1.955,35  | \$ 2.285,96  | \$ 2.752,12  | \$ 3.550,33  | \$ 4.594,34  | \$ 5.101,69  | \$ 6.087,19  | \$ 7.551,55  |
| Cipro           | \$ 10,40     | \$ 11,42     | \$ 14,55     | \$ 17,32     | \$ 18,43     | \$ 20,07     | \$ 23,97     | \$ 27,84     | \$ 25,95     | \$ 25,73     | \$ 27,56     |
| Croazia         | \$ 23,06     | \$ 26,76     | \$ 35,25     | \$ 41,86     | \$ 45,03     | \$ 49,60     | \$ 59,32     | \$ 68,52     | \$ 62,09     | \$ 58,82     | \$ 62,74     |
| Danimarca       | \$ 164,79    | \$ 178,64    | \$ 218,10    | \$ 251,37    | \$ 264,47    | \$ 282,88    | \$ 319,42    | \$ 353,36    | \$ 321,24    | \$ 322,00    | \$ 344,00    |
| Estonia         | \$ 6,25      | \$ 7,37      | \$ 9,87      | \$ 12,15     | \$ 14,11     | \$ 17,02     | \$ 22,45     | \$ 24,34     | \$ 19,63     | \$ 19,52     | \$ 23,21     |
| Finlandia       | \$ 129,53    | \$ 140,40    | \$ 171,65    | \$ 197,48    | \$ 204,89    | \$ 217,09    | \$ 256,38    | \$ 285,72    | \$ 253,50    | \$ 249,42    | \$ 275,60    |
| Francia         | \$ 1.377,66  | \$ 1.501,41  | \$ 1.844,54  | \$ 2.119,63  | \$ 2.196,95  | \$ 2.320,54  | \$ 2.660,59  | \$ 2.930,30  | \$ 2.700,89  | \$ 2.645,19  | \$ 2.865,16  |
| Germania        | \$ 1.945,79  | \$ 2.078,48  | \$ 2.501,64  | \$ 2.814,35  | \$ 2.846,86  | \$ 2.994,70  | \$ 3.425,58  | \$ 3.745,26  | \$ 3.411,26  | \$ 3.399,67  | \$ 3.749,31  |
| Giappone        | \$ 4.374,71  | \$ 4.182,85  | \$ 4.519,56  | \$ 4.893,12  | \$ 4.831,47  | \$ 4.601,66  | \$ 4.579,75  | \$ 5.106,68  | \$ 5.289,49  | \$ 5.759,07  | \$ 6.233,15  |
| Grecia          | \$ 136,31    | \$ 154,56    | \$ 202,37    | \$ 240,96    | \$ 247,88    | \$ 273,55    | \$ 318,90    | \$ 355,91    | \$ 331,31    | \$ 297,12    | \$ 283,00    |
| India           | \$ 485,44    | \$ 514,94    | \$ 607,70    | \$ 709,15    | \$ 820,38    | \$ 940,26    | \$ 1.216,74  | \$ 1.198,90  | \$ 1.341,89  | \$ 1.675,62  | \$ 1.823,05  |
| Irlanda         | \$ 109,35    | \$ 128,60    | \$ 164,67    | \$ 194,37    | \$ 211,88    | \$ 232,18    | \$ 270,08    | \$ 275,45    | \$ 236,44    | \$ 221,91    | \$ 239,17    |
| Islanda         | \$ 8,23      | \$ 9,32      | \$ 11,43     | \$ 13,83     | \$ 16,85     | \$ 17,47     | \$ 21,65     | \$ 18,07     | \$ 13,15     | \$ 13,75     | \$ 15,22     |
| Italia          | \$ 1.168,02  | \$ 1.276,77  | \$ 1.577,62  | \$ 1.806,54  | \$ 1.858,22  | \$ 1.949,55  | \$ 2.213,10  | \$ 2.408,66  | \$ 2.199,93  | \$ 2.136,10  | \$ 2.294,99  |
| Lettonia        | \$ 8,36      | \$ 9,56      | \$ 11,77     | \$ 14,44     | \$ 17,00     | \$ 21,57     | \$ 31,05     | \$ 35,85     | \$ 26,41     | \$ 23,96     | \$ 27,47     |
| Liechtenstein   | \$ 2,49      | \$ 2,69      | \$ 3,07      | \$ 3,45      | \$ 3,66      | \$ 4,00      | \$ 4,60      | \$ 5,08      | \$ 4,50      | \$ 5,08      | \$ 5,74      |
| Lituania        | \$ 12,24     | \$ 14,26     | \$ 18,78     | \$ 22,63     | \$ 26,10     | \$ 30,18     | \$ 39,70     | \$ 47,80     | \$ 37,39     | \$ 37,13     | \$ 43,54     |
| Lussemburgo     | \$ 21,39     | \$ 23,65     | \$ 29,67     | \$ 35,06     | \$ 37,67     | \$ 42,91     | \$ 51,59     | \$ 58,84     | \$ 54,47     | \$ 56,21     | \$ 61,70     |
| Malta           | \$ 4,09      | \$ 4,47      | \$ 5,45      | \$ 6,10      | \$ 6,42      | \$ 6,78      | \$ 7,93      | \$ 9,09      | \$ 8,70      | \$ 9,04      | \$ 9,64      |
| Norvegia        | \$ 174,24    | \$ 195,91    | \$ 229,39    | \$ 265,27    | \$ 309,98    | \$ 346,92    | \$ 402,64    | \$ 464,92    | \$ 387,98    | \$ 431,05    | \$ 501,36    |
| Paesi Bassi     | \$ 431,59    | \$ 473,86    | \$ 580,07    | \$ 658,38    | \$ 685,35    | \$ 733,96    | \$ 848,56    | \$ 951,87    | \$ 871,52    | \$ 847,38    | \$ 905,27    |
| Polonia         | \$ 190,91    | \$ 199,07    | \$ 217,83    | \$ 255,11    | \$ 306,15    | \$ 344,63    | \$ 429,02    | \$ 533,60    | \$ 439,73    | \$ 475,70    | \$ 524,37    |
| Portogallo      | \$ 121,60    | \$ 134,80    | \$ 165,23    | \$ 189,38    | \$ 197,25    | \$ 208,76    | \$ 240,50    | \$ 263,42    | \$ 244,67    | \$ 238,11    | \$ 245,12    |
| Regno Unito     | \$ 1.649,83  | \$ 1.785,73  | \$ 2.054,42  | \$ 2.421,53  | \$ 2.543,18  | \$ 2.708,44  | \$ 3.090,51  | \$ 2.929,41  | \$ 2.412,84  | \$ 2.485,48  | \$ 2.663,81  |
| Repubblica Ceca | \$ 67,81     | \$ 82,20     | \$ 100,09    | \$ 119,81    | \$ 137,14    | \$ 156,26    | \$ 190,18    | \$ 236,82    | \$ 207,43    | \$ 209,07    | \$ 229,56    |
| Romania         | \$ 40,40     | \$ 46,07     | \$ 57,81     | \$ 74,97     | \$ 98,45     | \$ 122,02    | \$ 174,59    | \$ 214,32    | \$ 174,10    | \$ 170,03    | \$ 192,61    |
| Russia          | \$ 306,60    | \$ 345,47    | \$ 430,35    | \$ 591,02    | \$ 764,02    | \$ 989,93    | \$ 1.299,70  | \$ 1.660,85  | \$ 1.222,65  | \$ 1.524,92  | \$ 2.045,92  |
| Slovacchia      | \$ 30,78     | \$ 35,30     | \$ 46,92     | \$ 57,44     | \$ 62,81     | \$ 70,77     | \$ 86,56     | \$ 100,88    | \$ 89,40     | \$ 91,16     | \$ 99,92     |
| Slovenia        | \$ 20,88     | \$ 23,49     | \$ 29,63     | \$ 34,41     | \$ 36,21     | \$ 39,48     | \$ 48,07     | \$ 55,78     | \$ 50,57     | \$ 48,21     | \$ 51,58     |
| Spagna          | \$ 627,83    | \$ 708,76    | \$ 907,49    | \$ 1.069,06  | \$ 1.153,72  | \$ 1.260,40  | \$ 1.474,00  | \$ 1.631,86  | \$ 1.491,47  | \$ 1.422,11  | \$ 1.480,71  |
| Stati Uniti     | \$ 10.581,93 | \$ 10.929,11 | \$ 11.456,44 | \$ 12.217,19 | \$ 13.039,20 | \$ 13.815,59 | \$ 14.474,23 | \$ 14.769,86 | \$ 14.478,06 | \$ 15.048,96 | \$ 15.599,73 |
| Svezia          | \$ 242,40    | \$ 266,85    | \$ 334,34    | \$ 385,12    | \$ 392,22    | \$ 423,09    | \$ 491,25    | \$ 517,71    | \$ 436,54    | \$ 495,81    | \$ 574,09    |
| Ungheria        | \$ 53,75     | \$ 67,61     | \$ 85,29     | \$ 104,12    | \$ 113,21    | \$ 115,72    | \$ 140,19    | \$ 158,33    | \$ 131,07    | \$ 132,18    | \$ 141,94    |

**Appendice 9.1: Prodotto Interno Lordo nazionale espresso in miliardi di dollari. Fonte: World Bank.**

**Variabile indipendente: Prodotto Interno Lordo nazionale (unità di misura: miliardi di dollari)**

| Country         | 2012         | 2013         | 2014         | 2015         | 2016         | 2017         | 2018         | 2019         | 2020         | 2021         | 2022         |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Australia       | \$ 1.547,65  | \$ 1.577,30  | \$ 1.468,60  | \$ 1.351,77  | \$ 1.207,58  | \$ 1.326,88  | \$ 1.429,73  | \$ 1.394,67  | \$ 1.330,38  | \$ 1.559,03  | \$ 1.692,96  |
| Austria         | \$ 409,40    | \$ 430,19    | \$ 442,58    | \$ 381,97    | \$ 395,84    | \$ 417,26    | \$ 454,99    | \$ 444,60    | \$ 435,05    | \$ 479,30    | \$ 470,94    |
| Belgio          | \$ 496,15    | \$ 521,79    | \$ 535,39    | \$ 462,34    | \$ 476,06    | \$ 502,76    | \$ 543,30    | \$ 535,87    | \$ 526,26    | \$ 600,75    | \$ 583,44    |
| Bulgaria        | \$ 54,29     | \$ 55,85     | \$ 57,16     | \$ 50,81     | \$ 53,96     | \$ 59,31     | \$ 66,37     | \$ 68,88     | \$ 70,37     | \$ 84,04     | \$ 90,35     |
| Canada          | \$ 1.828,37  | \$ 1.846,60  | \$ 1.805,75  | \$ 1.556,51  | \$ 1.527,99  | \$ 1.649,27  | \$ 1.725,33  | \$ 1.743,73  | \$ 1.655,68  | \$ 2.007,47  | \$ 2.161,48  |
| Cina            | \$ 8.532,19  | \$ 9.570,47  | \$ 10.475,62 | \$ 11.061,57 | \$ 11.233,31 | \$ 12.310,49 | \$ 13.894,91 | \$ 14.279,97 | \$ 14.687,74 | \$ 17.820,46 | \$ 17.963,17 |
| Cipro           | \$ 24,98     | \$ 23,90     | \$ 23,16     | \$ 19,84     | \$ 20,95     | \$ 22,87     | \$ 25,52     | \$ 25,95     | \$ 25,23     | \$ 29,48     | \$ 29,25     |
| Croazia         | \$ 57,35     | \$ 59,49     | \$ 59,34     | \$ 50,86     | \$ 52,51     | \$ 56,06     | \$ 61,48     | \$ 61,47     | \$ 57,76     | \$ 69,08     | \$ 71,60     |
| Danimarca       | \$ 327,15    | \$ 343,58    | \$ 352,99    | \$ 302,67    | \$ 313,12    | \$ 332,12    | \$ 356,84    | \$ 346,50    | \$ 354,76    | \$ 405,69    | \$ 400,17    |
| Estonia         | \$ 23,02     | \$ 25,12     | \$ 26,63     | \$ 22,89     | \$ 24,07     | \$ 26,92     | \$ 30,62     | \$ 31,08     | \$ 31,37     | \$ 37,19     | \$ 38,10     |
| Finlandia       | \$ 258,29    | \$ 271,36    | \$ 274,86    | \$ 234,53    | \$ 240,77    | \$ 255,65    | \$ 275,71    | \$ 268,51    | \$ 271,89    | \$ 296,47    | \$ 282,65    |
| Francia         | \$ 2.683,67  | \$ 2.811,88  | \$ 2.855,96  | \$ 2.439,19  | \$ 2.472,96  | \$ 2.595,15  | \$ 2.790,96  | \$ 2.728,87  | \$ 2.647,42  | \$ 2.959,36  | \$ 2.779,09  |
| Germania        | \$ 3.527,14  | \$ 3.733,80  | \$ 3.889,09  | \$ 3.357,59  | \$ 3.469,85  | \$ 3.690,85  | \$ 3.974,44  | \$ 3.889,18  | \$ 3.887,73  | \$ 4.278,50  | \$ 4.082,47  |
| Giappone        | \$ 6.272,36  | \$ 5.212,33  | \$ 4.896,99  | \$ 4.444,93  | \$ 5.003,68  | \$ 4.930,84  | \$ 5.040,88  | \$ 5.117,99  | \$ 5.055,59  | \$ 5.034,62  | \$ 4.256,41  |
| Grecia          | \$ 242,03    | \$ 238,91    | \$ 235,46    | \$ 195,68    | \$ 193,15    | \$ 199,84    | \$ 212,05    | \$ 205,25    | \$ 188,48    | \$ 214,67    | \$ 217,58    |
| India           | \$ 1.827,64  | \$ 1.856,72  | \$ 2.039,13  | \$ 2.103,59  | \$ 2.294,80  | \$ 2.651,47  | \$ 2.702,93  | \$ 2.835,61  | \$ 2.671,60  | \$ 3.150,31  | \$ 3.416,65  |
| Irlanda         | \$ 225,12    | \$ 238,11    | \$ 259,68    | \$ 292,36    | \$ 298,56    | \$ 337,24    | \$ 386,69    | \$ 398,93    | \$ 428,61    | \$ 513,39    | \$ 533,14    |
| Islanda         | \$ 14,75     | \$ 16,13     | \$ 17,87     | \$ 17,52     | \$ 20,79     | \$ 24,73     | \$ 26,26     | \$ 24,68     | \$ 21,57     | \$ 25,60     | \$ 28,06     |
| Italia          | \$ 2.086,96  | \$ 2.141,92  | \$ 2.162,01  | \$ 1.836,64  | \$ 1.877,07  | \$ 1.961,80  | \$ 2.091,93  | \$ 2.011,30  | \$ 1.897,46  | \$ 2.155,36  | \$ 2.049,74  |
| Lettonia        | \$ 28,17     | \$ 30,20     | \$ 31,39     | \$ 27,26     | \$ 28,08     | \$ 30,48     | \$ 34,43     | \$ 34,23     | \$ 34,39     | \$ 39,44     | \$ 40,93     |
| Liechtenstein   | \$ 5,46      | \$ 6,39      | \$ 6,66      | \$ 6,27      | \$ 6,24      | \$ 6,47      | \$ 6,69      | \$ 6,44      | \$ 6,41      | \$ 7,71      | \$ 0,00      |
| Lituania        | \$ 42,93     | \$ 46,52     | \$ 48,53     | \$ 41,44     | \$ 43,05     | \$ 47,76     | \$ 53,75     | \$ 54,81     | \$ 56,96     | \$ 66,80     | \$ 70,97     |
| Lussemburgo     | \$ 59,78     | \$ 65,20     | \$ 68,80     | \$ 60,07     | \$ 62,22     | \$ 65,71     | \$ 71,00     | \$ 69,89     | \$ 73,70     | \$ 85,58     | \$ 81,64     |
| Malta           | \$ 9,46      | \$ 10,55     | \$ 11,63     | \$ 11,09     | \$ 11,67     | \$ 13,48     | \$ 15,40     | \$ 15,99     | \$ 15,25     | \$ 18,09     | \$ 18,13     |
| Norvegia        | \$ 512,78    | \$ 526,01    | \$ 501,74    | \$ 388,16    | \$ 370,96    | \$ 401,75    | \$ 439,79    | \$ 408,74    | \$ 367,63    | \$ 503,37    | \$ 593,35    |
| Paesi Bassi     | \$ 838,92    | \$ 877,17    | \$ 892,17    | \$ 765,57    | \$ 784,06    | \$ 833,87    | \$ 914,04    | \$ 910,19    | \$ 909,79    | \$ 1.029,68  | \$ 1.009,40  |
| Polonia         | \$ 495,23    | \$ 515,76    | \$ 539,08    | \$ 477,11    | \$ 470,02    | \$ 524,64    | \$ 588,78    | \$ 596,06    | \$ 599,44    | \$ 681,35    | \$ 688,13    |
| Portogallo      | \$ 216,22    | \$ 226,43    | \$ 229,90    | \$ 199,39    | \$ 206,43    | \$ 221,36    | \$ 242,31    | \$ 239,99    | \$ 229,03    | \$ 255,53    | \$ 255,20    |
| Regno Unito     | \$ 2.707,09  | \$ 2.784,85  | \$ 3.064,71  | \$ 2.927,91  | \$ 2.689,11  | \$ 2.680,15  | \$ 2.871,34  | \$ 2.851,41  | \$ 2.697,81  | \$ 3.141,51  | \$ 3.089,07  |
| Repubblica Ceca | \$ 208,86    | \$ 211,69    | \$ 209,36    | \$ 188,03    | \$ 196,27    | \$ 218,63    | \$ 249,00    | \$ 252,55    | \$ 245,97    | \$ 281,79    | \$ 290,57    |
| Romania         | \$ 179,13    | \$ 189,79    | \$ 199,71    | \$ 177,88    | \$ 185,29    | \$ 210,15    | \$ 243,32    | \$ 251,02    | \$ 251,36    | \$ 285,81    | \$ 300,69    |
| Russia          | \$ 2.208,29  | \$ 2.292,47  | \$ 2.059,24  | \$ 1.363,48  | \$ 1.276,79  | \$ 1.574,20  | \$ 1.657,33  | \$ 1.693,12  | \$ 1.493,08  | \$ 1.836,89  | \$ 2.240,42  |
| Slovacchia      | \$ 94,62     | \$ 98,94     | \$ 101,44    | \$ 88,90     | \$ 89,95     | \$ 95,65     | \$ 106,14    | \$ 105,71    | \$ 106,73    | \$ 118,58    | \$ 115,46    |
| Slovenia        | \$ 46,58     | \$ 48,42     | \$ 50,00     | \$ 43,11     | \$ 44,77     | \$ 48,59     | \$ 54,18     | \$ 54,39     | \$ 53,73     | \$ 61,83     | \$ 60,06     |
| Spagna          | \$ 1.324,75  | \$ 1.355,58  | \$ 1.371,82  | \$ 1.196,16  | \$ 1.233,55  | \$ 1.313,25  | \$ 1.421,70  | \$ 1.394,32  | \$ 1.278,13  | \$ 1.445,65  | \$ 1.417,80  |
| Stati Uniti     | \$ 16.253,97 | \$ 16.843,19 | \$ 17.550,68 | \$ 18.206,02 | \$ 18.695,11 | \$ 19.477,34 | \$ 20.533,06 | \$ 21.380,98 | \$ 21.060,47 | \$ 23.315,08 | \$ 25.439,70 |
| Svezia          | \$ 552,48    | \$ 586,84    | \$ 581,96    | \$ 505,10    | \$ 515,65    | \$ 541,02    | \$ 555,46    | \$ 533,88    | \$ 547,05    | \$ 639,71    | \$ 591,72    |
| Ungheria        | \$ 128,81    | \$ 135,68    | \$ 141,03    | \$ 125,17    | \$ 128,61    | \$ 143,11    | \$ 160,57    | \$ 164,02    | \$ 157,23    | \$ 182,09    | \$ 177,34    |

**Appendice 9.2: Prodotto Interno Lordo nazionale espresso in miliardi di dollari. Fonte: World Bank.**

**Variabile indipendente: PIL pro-capite (unità di misura: dollari)**

| Country         | 2001         | 2002         | 2003         | 2004          | 2005          | 2006          | 2007          | 2008          | 2009          | 2010          | 2011          |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Australia       | \$ 19.695,73 | \$ 20.301,84 | \$ 23.718,13 | \$ 30.836,73  | \$ 34.479,77  | \$ 36.595,71  | \$ 41.051,61  | \$ 49.701,28  | \$ 42.816,57  | \$ 52.147,02  | \$ 62.609,66  |
| Austria         | \$ 24.558,76 | \$ 26.527,59 | \$ 32.294,05 | \$ 36.889,23  | \$ 38.417,46  | \$ 40.669,33  | \$ 46.915,34  | \$ 51.919,98  | \$ 48.153,32  | \$ 46.903,76  | \$ 51.442,28  |
| Belgio          | \$ 23.015,07 | \$ 25.006,19 | \$ 30.655,21 | \$ 35.429,41  | \$ 36.809,70  | \$ 38.705,11  | \$ 44.319,17  | \$ 48.303,40  | \$ 44.760,29  | \$ 44.184,95  | \$ 47.410,57  |
| Bulgaria        | \$ 1.770,91  | \$ 2.092,98  | \$ 2.719,49  | \$ 3.389,69   | \$ 3.899,83   | \$ 4.523,15   | \$ 5.888,78   | \$ 7.271,30   | \$ 6.988,27   | \$ 6.863,67   | \$ 7.857,17   |
| Canada          | \$ 23.822,06 | \$ 24.255,34 | \$ 28.300,46 | \$ 32.143,68  | \$ 36.382,51  | \$ 40.504,06  | \$ 44.659,90  | \$ 46.710,51  | \$ 40.876,31  | \$ 47.562,08  | \$ 52.223,70  |
| Cina            | \$ 1.053,11  | \$ 1.148,51  | \$ 1.288,64  | \$ 1.508,67   | \$ 1.753,41   | \$ 2.099,22   | \$ 2.693,96   | \$ 3.468,33   | \$ 3.832,23   | \$ 4.550,47   | \$ 5.614,39   |
| Cipro           | \$ 14.821,45 | \$ 16.093,21 | \$ 20.252,24 | \$ 23.792,62  | \$ 24.959,26  | \$ 26.729,32  | \$ 31.244,93  | \$ 35.397,36  | \$ 32.109,24  | \$ 31.023,27  | \$ 32.395,75  |
| Croazia         | \$ 5.364,01  | \$ 6.219,47  | \$ 8.192,32  | \$ 9.723,38   | \$ 10.446,36  | \$ 11.505,40  | \$ 13.762,46  | \$ 15.898,80  | \$ 14.421,17  | \$ 13.693,50  | \$ 14.655,87  |
| Danimarca       | \$ 30.751,65 | \$ 33.228,69 | \$ 40.458,78 | \$ 46.511,60  | \$ 48.799,83  | \$ 52.027,00  | \$ 58.487,05  | \$ 64.322,06  | \$ 58.163,28  | \$ 58.041,40  | \$ 61.753,65  |
| Estonia         | \$ 4.505,86  | \$ 5.341,63  | \$ 7.203,52  | \$ 8.914,10   | \$ 10.412,64  | \$ 12.639,40  | \$ 16.744,58  | \$ 18.204,97  | \$ 14.711,74  | \$ 14.663,04  | \$ 17.487,80  |
| Finlandia       | \$ 24.967,79 | \$ 26.997,75 | \$ 32.927,68 | \$ 37.772,18  | \$ 39.054,85  | \$ 41.222,60  | \$ 48.476,39  | \$ 53.772,79  | \$ 47.481,48  | \$ 46.505,30  | \$ 51.148,93  |
| Francia         | \$ 22.449,34 | \$ 24.288,27 | \$ 29.627,92 | \$ 33.797,16  | \$ 34.768,18  | \$ 36.470,21  | \$ 41.557,62  | \$ 45.515,96  | \$ 41.737,76  | \$ 40.676,06  | \$ 43.846,47  |
| Germania        | \$ 23.628,33 | \$ 25.197,27 | \$ 30.310,36 | \$ 34.106,66  | \$ 34.520,24  | \$ 36.353,88  | \$ 41.640,08  | \$ 45.612,71  | \$ 41.650,37  | \$ 41.572,46  | \$ 46.705,90  |
| Giappone        | \$ 34.406,18 | \$ 32.820,79 | \$ 35.387,04 | \$ 38.298,98  | \$ 37.812,90  | \$ 35.991,55  | \$ 35.779,02  | \$ 39.876,30  | \$ 41.309,00  | \$ 44.968,16  | \$ 48.760,08  |
| Grecia          | \$ 12.549,04 | \$ 14.177,57 | \$ 18.518,38 | \$ 21.995,48  | \$ 22.560,15  | \$ 24.821,94  | \$ 28.863,97  | \$ 32.127,98  | \$ 29.828,76  | \$ 26.716,65  | \$ 25.483,88  |
| India           | \$ 449,91    | \$ 468,84    | \$ 543,84    | \$ 624,11     | \$ 710,51     | \$ 802,01     | \$ 1.022,73   | \$ 993,50     | \$ 1.096,64   | \$ 1.350,63   | \$ 1.449,60   |
| Irlanda         | \$ 28.282,41 | \$ 32.705,43 | \$ 41.203,53 | \$ 47.754,20  | \$ 50.933,02  | \$ 54.329,16  | \$ 61.396,42  | \$ 61.353,11  | \$ 52.133,09  | \$ 48.663,60  | \$ 52.219,71  |
| Islanda         | \$ 28.897,44 | \$ 32.409,22 | \$ 39.476,70 | \$ 47.334,93  | \$ 56.794,85  | \$ 57.492,93  | \$ 69.495,73  | \$ 56.943,37  | \$ 41.301,27  | \$ 43.237,07  | \$ 47.714,59  |
| Italia          | \$ 20.500,95 | \$ 22.376,30 | \$ 27.526,32 | \$ 31.317,20  | \$ 32.055,09  | \$ 33.529,73  | \$ 37.870,75  | \$ 40.944,91  | \$ 37.226,76  | \$ 36.035,64  | \$ 38.649,64  |
| Lettonia        | \$ 3.578,00  | \$ 4.136,93  | \$ 5.145,20  | \$ 6.378,67   | \$ 7.594,90   | \$ 9.723,45   | \$ 14.113,53  | \$ 16.467,14  | \$ 12.331,93  | \$ 11.420,99  | \$ 13.338,96  |
| Liechtenstein   | \$ 74.658,45 | \$ 79.797,55 | \$ 90.317,74 | \$ 100.710,61 | \$ 105.751,50 | \$ 114.652,24 | \$ 130.908,39 | \$ 143.540,57 | \$ 126.261,40 | \$ 141.466,83 | \$ 158.603,61 |
| Lituania        | \$ 3.525,79  | \$ 4.141,59  | \$ 5.499,43  | \$ 6.700,33   | \$ 7.854,77   | \$ 9.230,71   | \$ 12.285,45  | \$ 14.945,00  | \$ 11.820,78  | \$ 11.987,51  | \$ 14.376,95  |
| Lussemburgo     | \$ 48.440,14 | \$ 53.005,73 | \$ 65.689,32 | \$ 76.544,92  | \$ 80.988,14  | \$ 90.788,80  | \$ 107.475,32 | \$ 120.422,14 | \$ 109.419,75 | \$ 110.885,99 | \$ 119.025,06 |
| Malta           | \$ 10.402,23 | \$ 11.289,89 | \$ 13.669,50 | \$ 15.197,06  | \$ 15.888,17  | \$ 16.723,88  | \$ 19.485,87  | \$ 22.205,36  | \$ 21.083,28  | \$ 21.798,91  | \$ 23.155,10  |
| Norvegia        | \$ 38.601,90 | \$ 43.170,56 | \$ 50.250,33 | \$ 57.768,70  | \$ 67.047,17  | \$ 74.434,50  | \$ 85.502,27  | \$ 97.503,54  | \$ 80.347,57  | \$ 88.163,21  | \$ 101.221,81 |
| Paesi Bassi     | \$ 26.896,55 | \$ 29.343,24 | \$ 35.750,97 | \$ 40.436,62  | \$ 41.994,71  | \$ 44.900,94  | \$ 51.799,21  | \$ 57.879,94  | \$ 52.722,21  | \$ 50.999,75  | \$ 54.230,31  |
| Polonia         | \$ 4.991,24  | \$ 5.207,13  | \$ 5.701,64  | \$ 6.681,31   | \$ 8.021,55   | \$ 9.035,53   | \$ 11.254,31  | \$ 13.995,78  | \$ 11.525,90  | \$ 12.504,25  | \$ 13.776,39  |
| Portogallo      | \$ 11.734,76 | \$ 12.936,69 | \$ 15.797,78 | \$ 18.064,16  | \$ 18.780,13  | \$ 19.839,45  | \$ 22.811,06  | \$ 24.949,04  | \$ 23.151,22  | \$ 22.520,64  | \$ 23.217,30  |
| Regno Unito     | \$ 27.906,57 | \$ 30.077,74 | \$ 34.442,69 | \$ 40.366,89  | \$ 42.104,79  | \$ 44.512,46  | \$ 50.397,69  | \$ 47.396,12  | \$ 38.744,13  | \$ 39.598,96  | \$ 42.109,64  |
| Repubblica Ceca | \$ 6.637,04  | \$ 8.060,87  | \$ 9.818,57  | \$ 11.749,85  | \$ 13.430,67  | \$ 15.261,80  | \$ 18.466,55  | \$ 22.804,58  | \$ 19.861,70  | \$ 19.960,07  | \$ 21.871,27  |
| Romania         | \$ 1.825,19  | \$ 2.119,86  | \$ 2.679,41  | \$ 3.494,99   | \$ 4.618,00   | \$ 5.757,53   | \$ 8.360,34   | \$ 10.435,22  | \$ 8.548,05   | \$ 8.397,81   | \$ 9.560,16   |
| Russia          | \$ 2.100,35  | \$ 2.377,53  | \$ 2.975,12  | \$ 4.102,36   | \$ 5.323,46   | \$ 6.920,20   | \$ 9.101,24   | \$ 11.635,28  | \$ 8.562,82   | \$ 10.674,99  | \$ 14.311,06  |
| Slovacchia      | \$ 5.722,17  | \$ 6.564,70  | \$ 8.731,94  | \$ 10.691,45  | \$ 11.690,11  | \$ 13.170,78  | \$ 16.106,06  | \$ 18.753,58  | \$ 16.597,21  | \$ 16.908,85  | \$ 18.509,74  |
| Slovenia        | \$ 10.479,76 | \$ 11.777,16 | \$ 14.849,04 | \$ 17.233,14  | \$ 18.098,91  | \$ 19.672,97  | \$ 23.817,89  | \$ 27.595,60  | \$ 24.792,13  | \$ 23.532,48  | \$ 25.128,02  |
| Spagna          | \$ 15.369,00 | \$ 17.106,69 | \$ 21.510,84 | \$ 24.907,00  | \$ 26.429,15  | \$ 28.389,08  | \$ 32.591,35  | \$ 35.510,72  | \$ 32.169,50  | \$ 30.532,48  | \$ 31.677,90  |
| Stati Uniti     | \$ 37.133,62 | \$ 37.997,76 | \$ 39.490,27 | \$ 41.724,63  | \$ 44.123,41  | \$ 46.302,00  | \$ 48.050,22  | \$ 48.570,05  | \$ 47.194,94  | \$ 48.650,64  | \$ 50.065,97  |
| Svezia          | \$ 27.247,86 | \$ 29.899,20 | \$ 37.321,80 | \$ 42.821,67  | \$ 43.437,06  | \$ 46.593,60  | \$ 53.700,01  | \$ 56.152,55  | \$ 46.946,96  | \$ 52.869,04  | \$ 60.755,76  |
| Ungheria        | \$ 5.276,03  | \$ 6.655,33  | \$ 8.419,43  | \$ 10.301,70  | \$ 11.223,40  | \$ 11.489,56  | \$ 13.940,91  | \$ 15.772,33  | \$ 13.077,31  | \$ 13.217,50  | \$ 14.234,47  |

**Appendice 10.1: PIL pro capite, espresso in dollari. Fonte: World Bank.**



**Variabile indipendente: PIL pro-capite (unità di misura: dollari)**

| Country         | 2012          | 2013          | 2014          | 2015          | 2016          | 2017          | 2018          | 2019          | 2020          | 2021          | 2022          |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Australia       | \$ 68.078,04  | \$ 68.198,42  | \$ 62.558,24  | \$ 56.758,87  | \$ 49.918,79  | \$ 53.954,55  | \$ 57.273,52  | \$ 55.049,57  | \$ 51.868,25  | \$ 60.697,25  | \$ 65.099,85  |
| Austria         | \$ 48.564,92  | \$ 50.731,13  | \$ 51.786,38  | \$ 44.195,82  | \$ 45.307,59  | \$ 47.429,16  | \$ 51.466,56  | \$ 50.067,59  | \$ 48.789,50  | \$ 53.517,89  | \$ 52.084,68  |
| Belgio          | \$ 44.670,56  | \$ 46.757,95  | \$ 47.764,07  | \$ 41.008,30  | \$ 42.012,62  | \$ 44.198,48  | \$ 47.544,98  | \$ 46.641,72  | \$ 45.609,00  | \$ 51.850,40  | \$ 49.926,83  |
| Bulgaria        | \$ 7.430,74   | \$ 7.687,71   | \$ 7.912,27   | \$ 7.078,86   | \$ 7.570,93   | \$ 8.381,88   | \$ 9.447,66   | \$ 9.874,34   | \$ 10.148,34  | \$ 12.219,34  | \$ 13.974,45  |
| Canada          | \$ 52.669,09  | \$ 52.635,17  | \$ 50.956,00  | \$ 43.596,14  | \$ 42.315,60  | \$ 45.129,43  | \$ 46.548,64  | \$ 46.374,15  | \$ 43.562,44  | \$ 52.515,20  | \$ 55.522,45  |
| Cina            | \$ 6.300,58   | \$ 7.020,39   | \$ 7.636,07   | \$ 8.016,45   | \$ 8.094,39   | \$ 8.817,05   | \$ 9.905,41   | \$ 10.143,86  | \$ 10.408,72  | \$ 12.617,51  | \$ 12.720,22  |
| Cipro           | \$ 28.910,75  | \$ 27.727,54  | \$ 27.162,32  | \$ 23.408,44  | \$ 24.605,35  | \$ 26.608,70  | \$ 29.335,05  | \$ 29.420,00  | \$ 28.281,43  | \$ 32.745,84  | \$ 32.048,24  |
| Croazia         | \$ 13.439,66  | \$ 13.979,19  | \$ 14.001,16  | \$ 12.098,51  | \$ 12.579,92  | \$ 13.592,25  | \$ 15.040,04  | \$ 15.120,90  | \$ 14.269,91  | \$ 17.809,03  | \$ 18.570,40  |
| Danimarca       | \$ 58.507,51  | \$ 61.191,19  | \$ 62.548,98  | \$ 53.254,86  | \$ 54.664,00  | \$ 57.610,10  | \$ 61.591,93  | \$ 59.592,98  | \$ 60.836,59  | \$ 69.268,65  | \$ 67.790,05  |
| Estonia         | \$ 17.403,21  | \$ 19.056,00  | \$ 20.261,07  | \$ 17.402,04  | \$ 18.295,34  | \$ 20.437,77  | \$ 23.165,85  | \$ 23.424,48  | \$ 23.595,24  | \$ 27.943,70  | \$ 28.247,10  |
| Finlandia       | \$ 47.708,06  | \$ 49.892,22  | \$ 50.327,24  | \$ 42.801,91  | \$ 43.814,03  | \$ 46.412,14  | \$ 49.987,63  | \$ 48.629,86  | \$ 49.169,72  | \$ 53.504,69  | \$ 50.871,93  |
| Francia         | \$ 40.870,85  | \$ 42.602,72  | \$ 43.068,55  | \$ 36.652,92  | \$ 37.062,53  | \$ 38.781,05  | \$ 41.557,85  | \$ 40.494,90  | \$ 39.179,74  | \$ 43.671,31  | \$ 40.886,25  |
| Germania        | \$ 43.855,85  | \$ 46.298,92  | \$ 48.023,87  | \$ 41.103,26  | \$ 42.136,12  | \$ 44.652,59  | \$ 47.939,28  | \$ 46.805,14  | \$ 46.749,48  | \$ 51.426,75  | \$ 48.717,99  |
| Giappone        | \$ 49.145,28  | \$ 40.898,65  | \$ 38.475,40  | \$ 34.960,64  | \$ 39.375,47  | \$ 38.834,05  | \$ 39.751,13  | \$ 40.415,96  | \$ 40.040,77  | \$ 40.058,54  | \$ 34.017,27  |
| Grecia          | \$ 21.913,00  | \$ 21.787,79  | \$ 21.616,71  | \$ 18.083,88  | \$ 17.923,97  | \$ 18.582,09  | \$ 19.756,99  | \$ 19.143,89  | \$ 17.617,29  | \$ 20.310,68  | \$ 20.867,27  |
| India           | \$ 1.434,02   | \$ 1.438,06   | \$ 1.559,86   | \$ 1.590,17   | \$ 1.714,28   | \$ 1.957,97   | \$ 1.974,38   | \$ 2.050,16   | \$ 1.913,22   | \$ 2.238,13   | \$ 2.410,89   |
| Irlanda         | \$ 48.943,82  | \$ 51.496,96  | \$ 55.752,76  | \$ 62.179,26  | \$ 62.784,07  | \$ 70.150,74  | \$ 79.446,94  | \$ 80.848,30  | \$ 85.973,09  | \$ 102.001,80 | \$ 103.983,29 |
| Islanda         | \$ 45.995,55  | \$ 49.804,98  | \$ 54.576,74  | \$ 52.951,68  | \$ 61.987,93  | \$ 72.010,15  | \$ 74.452,19  | \$ 68.452,24  | \$ 58.848,42  | \$ 68.710,24  | \$ 73.466,78  |
| Italia          | \$ 35.051,52  | \$ 35.560,08  | \$ 35.565,72  | \$ 30.242,39  | \$ 30.960,73  | \$ 32.406,72  | \$ 34.622,17  | \$ 33.673,75  | \$ 31.922,92  | \$ 36.449,26  | \$ 34.776,42  |
| Lettonia        | \$ 13.847,34  | \$ 15.007,49  | \$ 15.742,39  | \$ 13.786,46  | \$ 14.331,75  | \$ 15.695,12  | \$ 17.865,03  | \$ 17.883,35  | \$ 18.096,20  | \$ 20.930,40  | \$ 21.779,50  |
| Liechtenstein   | \$ 149.461,79 | \$ 173.659,41 | \$ 179.467,52 | \$ 167.809,27 | \$ 165.846,00 | \$ 170.875,68 | \$ 175.286,68 | \$ 167.259,16 | \$ 165.287,19 | \$ 197.504,55 |               |
| Lituania        | \$ 14.367,71  | \$ 15.729,65  | \$ 16.551,02  | \$ 14.263,96  | \$ 15.008,31  | \$ 16.885,41  | \$ 19.186,36  | \$ 19.615,55  | \$ 20.381,86  | \$ 23.849,62  | \$ 25.064,81  |
| Lussemburgo     | \$ 112.584,68 | \$ 120.000,14 | \$ 123.678,70 | \$ 105.462,01 | \$ 106.899,29 | \$ 110.193,21 | \$ 116.786,51 | \$ 112.726,44 | \$ 116.905,37 | \$ 133.711,79 | \$ 125.006,02 |
| Malta           | \$ 22.526,54  | \$ 24.769,60  | \$ 26.753,27  | \$ 24.921,71  | \$ 25.623,94  | \$ 28.813,19  | \$ 31.785,88  | \$ 31.727,01  | \$ 29.597,64  | \$ 34.881,29  | \$ 34.127,51  |
| Norvegia        | \$ 102.175,92 | \$ 103.553,84 | \$ 97.666,70  | \$ 74.809,97  | \$ 70.867,36  | \$ 76.131,84  | \$ 82.792,84  | \$ 76.430,59  | \$ 68.340,02  | \$ 93.072,89  | \$ 108.729,19 |
| Paesi Bassi     | \$ 50.070,14  | \$ 52.198,90  | \$ 52.900,54  | \$ 45.193,40  | \$ 46.039,11  | \$ 48.675,22  | \$ 53.044,53  | \$ 52.476,27  | \$ 52.162,57  | \$ 58.727,87  | \$ 57.025,01  |
| Polonia         | \$ 13.010,76  | \$ 13.558,34  | \$ 14.181,95  | \$ 12.560,05  | \$ 12.378,81  | \$ 13.815,50  | \$ 15.504,51  | \$ 15.700,01  | \$ 15.816,82  | \$ 18.050,28  | \$ 18.688,00  |
| Portogallo      | \$ 20.563,71  | \$ 21.653,20  | \$ 22.103,70  | \$ 19.250,11  | \$ 19.991,97  | \$ 21.490,43  | \$ 23.562,55  | \$ 23.330,82  | \$ 22.242,41  | \$ 24.661,17  | \$ 24.515,27  |
| Regno Unito     | \$ 42.497,34  | \$ 43.426,30  | \$ 47.439,62  | \$ 44.964,39  | \$ 40.985,24  | \$ 40.572,12  | \$ 43.203,81  | \$ 42.662,54  | \$ 40.217,01  | \$ 46.869,76  | \$ 46.125,26  |
| Repubblica Ceca | \$ 19.870,80  | \$ 20.133,17  | \$ 19.890,92  | \$ 17.829,70  | \$ 18.575,23  | \$ 20.636,20  | \$ 23.424,48  | \$ 23.664,85  | \$ 22.992,88  | \$ 26.822,51  | \$ 27.226,62  |
| Romania         | \$ 8.930,73   | \$ 9.497,21   | \$ 10.031,34  | \$ 8.976,95   | \$ 9.404,38   | \$ 10.727,97  | \$ 12.494,42  | \$ 12.958,00  | \$ 13.047,46  | \$ 14.946,62  | \$ 15.786,80  |
| Russia          | \$ 15.420,86  | \$ 15.974,62  | \$ 14.095,65  | \$ 9.313,02   | \$ 8.704,89   | \$ 10.720,33  | \$ 11.287,35  | \$ 11.536,26  | \$ 10.194,44  | \$ 12.532,05  | \$ 15.270,71  |
| Slovacchia      | \$ 17.498,35  | \$ 18.276,01  | \$ 18.719,99  | \$ 16.390,88  | \$ 16.563,44  | \$ 17.585,20  | \$ 19.486,39  | \$ 19.381,89  | \$ 19.552,09  | \$ 21.768,15  | \$ 21.256,81  |
| Slovenia        | \$ 22.641,81  | \$ 23.503,28  | \$ 24.247,17  | \$ 20.890,17  | \$ 21.678,36  | \$ 23.514,03  | \$ 26.123,75  | \$ 26.042,45  | \$ 25.558,43  | \$ 29.331,06  | \$ 28.439,33  |
| Spagna          | \$ 28.322,95  | \$ 29.077,18  | \$ 29.513,65  | \$ 25.754,36  | \$ 26.537,16  | \$ 28.185,32  | \$ 30.379,72  | \$ 29.581,52  | \$ 26.984,30  | \$ 30.488,82  | \$ 29.674,54  |
| Stati Uniti     | \$ 51.784,42  | \$ 53.291,13  | \$ 55.123,85  | \$ 56.762,73  | \$ 57.866,74  | \$ 59.907,75  | \$ 62.823,31  | \$ 65.120,39  | \$ 63.528,63  | \$ 70.219,47  | \$ 76.329,58  |
| Svezia          | \$ 58.037,82  | \$ 61.126,94  | \$ 60.020,36  | \$ 51.545,48  | \$ 51.965,16  | \$ 53.791,51  | \$ 54.589,06  | \$ 51.939,43  | \$ 52.837,90  | \$ 61.417,68  | \$ 56.424,28  |
| Ungheria        | \$ 12.984,84  | \$ 13.715,07  | \$ 14.294,26  | \$ 12.717,04  | \$ 13.104,70  | \$ 14.621,24  | \$ 16.425,21  | \$ 16.786,21  | \$ 16.125,61  | \$ 18.753,05  | \$ 18.390,18  |

**Appendice 10.2: PIL pro capite, espresso in dollari. Fonte: World Bank.**

**Variabile indipendente: crescita nazionale del PIL (unità di misura: valore percentuale)**

| Country         | 2001   | 2002   | 2003   | 2004   | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009    | 2010   | 2011    |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| Australia       | 2,03%  | 3,98%  | 3,09%  | 4,22%  | 3,15%  | 2,76%  | 3,77%  | 3,59%  | 1,89%   | 2,23%  | 2,41%   |
| Austria         | 1,27%  | 1,65%  | 0,94%  | 2,74%  | 2,24%  | 3,45%  | 3,73%  | 1,46%  | -3,76%  | 1,84%  | 2,92%   |
| Belgio          | 1,10%  | 1,71%  | 1,04%  | 3,57%  | 2,32%  | 2,55%  | 3,68%  | 0,45%  | -2,02%  | 2,86%  | 1,69%   |
| Bulgaria        | 3,82%  | 5,87%  | 5,24%  | 6,51%  | 7,06%  | 6,80%  | 6,65%  | 6,13%  | -3,35%  | 1,56%  | 2,09%   |
| Canada          | 1,88%  | 3,00%  | 1,81%  | 3,09%  | 3,21%  | 2,64%  | 2,05%  | 1,00%  | -2,92%  | 3,09%  | 3,14%   |
| Cina            | 8,34%  | 9,13%  | 10,04% | 10,11% | 11,39% | 12,72% | 14,23% | 9,65%  | 9,40%   | 10,64% | 9,55%   |
| Cipro           | 3,95%  | 3,72%  | 2,62%  | 5,03%  | 4,85%  | 4,71%  | 5,10%  | 3,65%  | -2,02%  | 2,01%  | 0,40%   |
| Croazia         | 3,12%  | 5,82%  | 5,60%  | 4,18%  | 4,31%  | 5,08%  | 5,08%  | 2,01%  | -7,22%  | -1,24% | -0,08%  |
| Danimarca       | 0,82%  | 0,47%  | 0,39%  | 2,67%  | 2,34%  | 3,91%  | 0,91%  | -0,51% | -4,91%  | 1,87%  | 1,34%   |
| Estonia         | 6,00%  | 6,77%  | 7,60%  | 6,80%  | 9,53%  | 9,77%  | 7,58%  | -5,13% | -14,63% | 2,44%  | 7,26%   |
| Finlandia       | 2,61%  | 1,71%  | 2,00%  | 3,99%  | 2,78%  | 4,03%  | 5,30%  | 0,78%  | -8,07%  | 3,19%  | 2,55%   |
| Francia         | 1,98%  | 1,14%  | 0,82%  | 2,83%  | 1,66%  | 2,45%  | 2,42%  | 0,25%  | -2,87%  | 1,95%  | 2,19%   |
| Germania        | 1,68%  | -0,20% | -0,70% | 1,18%  | 0,73%  | 3,82%  | 2,98%  | 0,96%  | -5,69%  | 4,18%  | 3,93%   |
| Giappone        | 0,39%  | 0,04%  | 1,54%  | 2,19%  | 1,80%  | 1,37%  | 1,48%  | -1,22% | -5,69%  | 4,10%  | 0,02%   |
| Grecia          | 4,13%  | 3,92%  | 5,79%  | 5,06%  | 0,60%  | 5,65%  | 3,27%  | -0,34% | -4,30%  | -5,48% | -10,15% |
| India           | 4,82%  | 3,80%  | 7,86%  | 7,92%  | 7,92%  | 8,06%  | 7,66%  | 3,09%  | 7,86%   | 8,50%  | 5,24%   |
| Irlanda         | 5,31%  | 5,90%  | 3,01%  | 6,79%  | 5,74%  | 4,99%  | 5,31%  | -4,48% | -5,10%  | 1,68%  | 1,28%   |
| Islanda         | 4,01%  | 0,56%  | 2,14%  | 7,80%  | 6,12%  | 6,32%  | 8,45%  | 2,21%  | -7,66%  | -2,83% | 1,85%   |
| Italia          | 1,95%  | 0,25%  | 0,14%  | 1,42%  | 0,82%  | 1,79%  | 1,49%  | -0,96% | -5,28%  | 1,71%  | 0,71%   |
| Lettonia        | 6,32%  | 7,09%  | 8,42%  | 8,28%  | 10,72% | 11,97% | 9,94%  | -3,25% | -14,26% | -4,46% | 2,57%   |
| Liechtenstein   | -0,73% | -0,99% | -1,94% | 3,04%  | 4,83%  | 8,64%  | 3,33%  | 1,80%  | -1,16%  | 0,00%  | 0,00%   |
| Lituania        | 6,53%  | 6,75%  | 10,57% | 6,57%  | 7,73%  | 7,41%  | 11,11% | 2,61%  | -14,84% | 1,65%  | 6,04%   |
| Lussemburgo     | 3,07%  | 3,23%  | 2,62%  | 4,23%  | 2,48%  | 6,02%  | 8,10%  | -0,30% | -3,24%  | 3,76%  | 1,04%   |
| Malta           | -1,17% | 2,57%  | 4,07%  | 0,14%  | 3,38%  | 2,51%  | 4,77%  | 3,83%  | -1,13%  | 5,54%  | 0,47%   |
| Norvegia        | 2,07%  | 1,38%  | 0,94%  | 4,01%  | 2,69%  | 2,46%  | 2,91%  | 0,48%  | -1,94%  | 0,79%  | 1,11%   |
| Paesi Bassi     | 2,33%  | 0,22%  | 0,16%  | 1,98%  | 2,05%  | 3,46%  | 3,77%  | 2,17%  | -3,67%  | 1,34%  | 1,55%   |
| Polonia         | 1,26%  | 2,04%  | 3,50%  | 4,98%  | 3,51%  | 6,13%  | 7,06%  | 4,20%  | 2,83%   | 2,93%  | 5,04%   |
| Portogallo      | 1,94%  | 0,77%  | -0,93% | 1,79%  | 0,78%  | 1,63%  | 2,51%  | 0,32%  | -3,12%  | 1,74%  | -1,70%  |
| Regno Unito     | 2,58%  | 1,79%  | 3,15%  | 2,43%  | 2,74%  | 2,39%  | 2,62%  | -0,23% | -4,61%  | 2,24%  | 1,15%   |
| Repubblica Ceca | 3,04%  | 1,57%  | 3,58%  | 4,81%  | 6,60%  | 6,77%  | 5,57%  | 2,69%  | -4,66%  | 2,43%  | 1,76%   |
| Romania         | 5,22%  | 5,70%  | 2,34%  | 10,43% | 4,67%  | 8,03%  | 7,23%  | 9,31%  | -5,52%  | -3,90% | 4,52%   |
| Russia          | 5,10%  | 4,70%  | 7,30%  | 7,20%  | 6,40%  | 8,20%  | 8,50%  | 5,20%  | -7,80%  | 4,50%  | 4,30%   |
| Slovacchia      | 3,25%  | 4,51%  | 5,50%  | 5,28%  | 6,62%  | 8,49%  | 10,83% | 5,57%  | -5,46%  | 6,72%  | 2,67%   |
| Slovenia        | 3,22%  | 3,51%  | 2,96%  | 4,36%  | 3,80%  | 5,75%  | 6,98%  | 3,51%  | -7,55%  | 1,34%  | 0,86%   |
| Spagna          | 3,93%  | 2,73%  | 2,98%  | 3,12%  | 3,65%  | 4,10%  | 3,60%  | 0,89%  | -3,76%  | 0,16%  | -0,81%  |
| Stati Uniti     | 0,95%  | 1,70%  | 2,80%  | 3,85%  | 3,48%  | 2,78%  | 2,01%  | 0,12%  | -2,60%  | 2,71%  | 1,55%   |
| Svezia          | 1,45%  | 2,20%  | 2,31%  | 4,34%  | 2,86%  | 4,66%  | 3,44%  | -0,45% | -4,34%  | 5,95%  | 3,20%   |
| Ungheria        | 4,07%  | 4,74%  | 4,07%  | 5,00%  | 4,29%  | 3,95%  | 0,28%  | 1,00%  | -6,60%  | 1,08%  | 1,87%   |

**Appendice 11.1: Crescita percentuale del PIL nazionale. Fonte: World Bank.**

**Variabile indipendente: crescita nazionale del PIL (unità di misura: valore percentuale)**

| Country         | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018  | 2019   | 2020    | 2021   | 2022   |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|--------|
| Australia       | 3,92%  | 2,61%  | 2,61%  | 2,20%  | 2,78%  | 2,32%  | 2,91% | 2,18%  | -0,33%  | 2,11%  | 4,27%  |
| Austria         | 0,68%  | 0,03%  | 0,66%  | 1,01%  | 1,99%  | 2,26%  | 2,43% | 1,45%  | -6,63%  | 4,24%  | 4,81%  |
| Belgio          | 0,74%  | 0,46%  | 1,58%  | 2,04%  | 1,27%  | 1,62%  | 1,79% | 2,24%  | -5,26%  | 6,85%  | 3,01%  |
| Bulgaria        | 0,75%  | -0,54% | 0,95%  | 3,40%  | 3,03%  | 2,75%  | 2,69% | 4,04%  | -3,97%  | 7,66%  | 3,93%  |
| Canada          | 1,76%  | 2,33%  | 2,87%  | 0,65%  | 1,04%  | 3,03%  | 2,74% | 1,91%  | -5,04%  | 5,29%  | 3,82%  |
| Cina            | 7,86%  | 7,77%  | 7,43%  | 7,04%  | 6,85%  | 6,95%  | 6,75% | 5,95%  | 2,24%   | 8,45%  | 2,99%  |
| Cipro           | -3,45% | -6,55% | -1,83% | 3,38%  | 6,45%  | 5,85%  | 5,69% | 5,84%  | -3,39%  | 9,91%  | 5,06%  |
| Croazia         | -2,34% | -0,40% | -0,43% | 2,52%  | 3,56%  | 3,40%  | 2,82% | 3,40%  | -8,59%  | 13,78% | 6,35%  |
| Danimarca       | 0,23%  | 0,93%  | 1,62%  | 2,34%  | 3,25%  | 2,82%  | 1,99% | 1,49%  | -2,42%  | 6,84%  | 2,73%  |
| Estonia         | 3,23%  | 1,46%  | 3,01%  | 1,85%  | 3,16%  | 5,79%  | 3,78% | 3,74%  | -0,55%  | 8,01%  | -1,29% |
| Finlandia       | -1,40% | -0,90% | -0,36% | 0,54%  | 2,81%  | 3,19%  | 1,14% | 1,22%  | -2,35%  | 2,84%  | 1,63%  |
| Francia         | 0,31%  | 0,58%  | 0,96%  | 1,11%  | 1,10%  | 2,29%  | 1,87% | 1,84%  | -7,54%  | 6,44%  | 2,45%  |
| Germania        | 0,42%  | 0,44%  | 2,21%  | 1,49%  | 2,23%  | 2,68%  | 0,98% | 1,08%  | -3,83%  | 3,16%  | 1,81%  |
| Giappone        | 1,37%  | 2,01%  | 0,30%  | 1,56%  | 0,75%  | 1,68%  | 0,64% | -0,40% | -4,15%  | 2,56%  | 0,95%  |
| Grecia          | -7,09% | -2,52% | 0,48%  | -0,20% | -0,49% | 1,09%  | 1,67% | 1,88%  | -9,32%  | 8,38%  | 5,56%  |
| India           | 5,46%  | 6,39%  | 7,41%  | 8,00%  | 8,26%  | 6,80%  | 6,45% | 3,87%  | -5,83%  | 9,05%  | 7,24%  |
| Irlanda         | -0,13% | 1,17%  | 8,83%  | 24,48% | 1,77%  | 9,31%  | 8,47% | 5,30%  | 6,62%   | 15,13% | 9,43%  |
| Islanda         | 1,06%  | 4,55%  | 1,69%  | 4,44%  | 6,30%  | 4,19%  | 4,89% | 1,86%  | -7,22%  | 4,51%  | 7,24%  |
| Italia          | -2,98% | -1,84% | 0,00%  | 0,78%  | 1,29%  | 1,67%  | 0,93% | 0,48%  | -8,97%  | 8,31%  | 3,72%  |
| Lettonia        | 7,04%  | 2,01%  | 1,90%  | 3,89%  | 2,37%  | 3,31%  | 3,99% | 0,59%  | -3,51%  | 6,73%  | 3,36%  |
| Liechtenstein   |        |        |        |        |        |        |       |        |         |        |        |
| Lituania        | 3,84%  | 3,55%  | 3,54%  | 2,02%  | 2,52%  | 4,28%  | 3,99% | 4,67%  | -0,02%  | 6,28%  | 2,44%  |
| Lussemburgo     | 1,65%  | 3,17%  | 2,62%  | 2,27%  | 4,98%  | 1,32%  | 1,22% | 2,92%  | -0,91%  | 7,17%  | 1,38%  |
| Malta           | 4,12%  | 5,47%  | 7,63%  | 9,61%  | 3,38%  | 10,87% | 7,42% | 7,06%  | -8,08%  | 12,30% | 6,92%  |
| Norvegia        | 2,72%  | 1,02%  | 2,05%  | 1,86%  | 1,16%  | 2,46%  | 0,83% | 1,12%  | -1,28%  | 3,91%  | 3,02%  |
| Paesi Bassi     | -1,03% | -0,13% | 1,42%  | 1,96%  | 2,19%  | 2,91%  | 2,36% | 1,96%  | -3,89%  | 6,19%  | 4,33%  |
| Polonia         | 1,55%  | 0,86%  | 3,84%  | 4,38%  | 2,95%  | 5,14%  | 5,95% | 4,45%  | -2,02%  | 6,93%  | 5,26%  |
| Portogallo      | -4,06% | -0,92% | 0,79%  | 1,79%  | 2,02%  | 3,51%  | 2,85% | 2,68%  | -8,30%  | 5,74%  | 6,83%  |
| Regno Unito     | 1,51%  | 1,79%  | 3,20%  | 2,22%  | 1,92%  | 2,66%  | 1,40% | 1,64%  | -10,36% | 8,67%  | 4,35%  |
| Repubblica Ceca | -0,79% | -0,05% | 2,26%  | 5,39%  | 2,54%  | 5,17%  | 3,22% | 3,03%  | -5,50%  | 3,55%  | 2,35%  |
| Romania         | 1,92%  | 0,27%  | 4,12%  | 3,16%  | 2,86%  | 8,20%  | 6,03% | 3,85%  | -3,68%  | 5,71%  | 4,60%  |
| Russia          | 4,02%  | 1,76%  | 0,74%  | -1,97% | 0,19%  | 1,83%  | 2,81% | 2,20%  | -2,65%  | 5,61%  | -2,07% |
| Slovacchia      | 1,32%  | 0,63%  | 2,70%  | 5,17%  | 1,94%  | 2,94%  | 4,03% | 2,51%  | -3,34%  | 4,79%  | 1,75%  |
| Slovenia        | -2,64% | -1,03% | 2,77%  | 2,21%  | 3,19%  | 4,82%  | 4,45% | 3,52%  | -4,24%  | 8,23%  | 2,46%  |
| Spagna          | -2,96% | -1,40% | 1,40%  | 3,84%  | 3,04%  | 2,98%  | 2,28% | 1,98%  | -11,17% | 6,40%  | 5,77%  |
| Stati Uniti     | 2,28%  | 1,84%  | 2,29%  | 2,71%  | 1,67%  | 2,24%  | 2,95% | 2,29%  | -2,77%  | 5,95%  | 1,94%  |
| Svezia          | -0,59% | 1,19%  | 2,66%  | 4,49%  | 2,07%  | 2,57%  | 1,95% | 1,99%  | -2,17%  | 6,15%  | 2,91%  |
| Ungheria        | -1,25% | 1,80%  | 4,23%  | 3,71%  | 2,20%  | 4,27%  | 5,36% | 4,86%  | -4,54%  | 7,09%  | 4,55%  |

**Appendice 11.2: Crescita percentuale del PIL nazionale. Fonte: World Bank.**

**Variabile indipendente: inflazione (unità di misura: valore percentuale)**

| Country         | 2001   | 2002   | 2003   | 2004   | 2005   | 2006  | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Australia       | 4,41%  | 2,98%  | 2,73%  | 2,34%  | 2,69%  | 3,56% | 2,33%  | 4,35%  | 1,77%  | 2,92%  | 3,30%  |
| Austria         | 2,65%  | 1,81%  | 1,36%  | 2,06%  | 2,30%  | 1,44% | 2,17%  | 3,22%  | 0,51%  | 1,81%  | 3,29%  |
| Belgio          | 2,47%  | 1,65%  | 1,59%  | 2,10%  | 2,78%  | 1,79% | 1,82%  | 4,49%  | -0,05% | 2,19%  | 3,53%  |
| Bulgaria        | 7,36%  | 5,81%  | 2,35%  | 6,15%  | 5,04%  | 7,26% | 8,40%  | 12,35% | 2,75%  | 2,44%  | 4,22%  |
| Canada          | 2,53%  | 2,26%  | 2,76%  | 1,86%  | 2,21%  | 2,00% | 2,14%  | 2,37%  | 0,30%  | 1,78%  | 2,91%  |
| Cina            | 0,72%  | -0,73% | 1,13%  | 3,82%  | 1,78%  | 1,65% | 4,82%  | 5,93%  | -0,73% | 3,18%  | 5,55%  |
| Cipro           | 1,97%  | 2,80%  | 4,14%  | 2,29%  | 2,56%  | 2,30% | 2,37%  | 4,67%  | 0,33%  | 2,43%  | 3,29%  |
| Croazia         | 3,78%  | 1,67%  | 1,77%  | 2,06%  | 3,32%  | 3,19% | 2,90%  | 6,08%  | 2,38%  | 1,03%  | 2,27%  |
| Danimarca       | 2,34%  | 2,42%  | 2,08%  | 1,15%  | 1,82%  | 1,92% | 1,69%  | 3,42%  | 1,30%  | 2,31%  | 2,76%  |
| Estonia         | 5,75%  | 3,57%  | 1,33%  | 3,05%  | 4,08%  | 4,44% | 6,60%  | 10,36% | -0,08% | 2,97%  | 4,98%  |
| Finlandia       | 2,58%  | 1,57%  | 0,88%  | 0,19%  | 0,62%  | 1,57% | 2,51%  | 4,07%  | 0,00%  | 1,18%  | 3,42%  |
| Francia         | 1,63%  | 1,92%  | 2,10%  | 2,14%  | 1,75%  | 1,68% | 1,49%  | 2,81%  | 0,09%  | 1,53%  | 2,11%  |
| Germania        | 1,98%  | 1,42%  | 1,03%  | 1,67%  | 1,55%  | 1,58% | 2,30%  | 2,63%  | 0,31%  | 1,10%  | 2,08%  |
| Giappone        | -0,74% | -0,92% | -0,26% | -0,01% | -0,28% | 0,25% | 0,06%  | 1,38%  | -1,35% | -0,73% | -0,27% |
| Grecia          | 3,37%  | 3,63%  | 3,53%  | 2,90%  | 3,55%  | 3,20% | 2,90%  | 4,15%  | 1,21%  | 4,71%  | 3,33%  |
| India           | 3,78%  | 4,30%  | 3,81%  | 3,77%  | 4,25%  | 5,80% | 6,37%  | 8,35%  | 10,88% | 11,99% | 8,91%  |
| Irlanda         | 4,87%  | 4,61%  | 3,49%  | 2,20%  | 2,43%  | 3,93% | 4,90%  | 4,06%  | -4,48% | -0,92% | 2,56%  |
| Islanda         | 6,41%  | 5,20%  | 2,06%  | 3,16%  | 3,99%  | 6,69% | 5,05%  | 12,69% | 12,00% | 5,40%  | 4,00%  |
| Italia          | 2,79%  | 2,47%  | 2,67%  | 2,21%  | 1,99%  | 2,09% | 1,83%  | 3,35%  | 0,77%  | 1,53%  | 2,78%  |
| Lettonia        | 2,49%  | 1,94%  | 2,94%  | 6,19%  | 6,75%  | 6,54% | 10,09% | 15,40% | 3,53%  | -1,08% | 4,37%  |
| Liechtenstein   |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |
| Lituania        | 1,37%  | 0,28%  | -1,13% | 1,16%  | 2,66%  | 3,74% | 5,74%  | 10,93% | 4,45%  | 1,32%  | 4,13%  |
| Lussemburgo     | 2,66%  | 2,07%  | 2,05%  | 2,23%  | 2,49%  | 2,67% | 2,31%  | 3,40%  | 0,37%  | 2,27%  | 3,41%  |
| Malta           | 2,93%  | 2,19%  | 1,30%  | 2,79%  | 3,01%  | 2,77% | 1,25%  | 4,26%  | 2,08%  | 1,52%  | 2,96%  |
| Norvegia        | 3,00%  | 1,29%  | 2,49%  | 0,45%  | 1,53%  | 2,33% | 0,71%  | 3,75%  | 2,20%  | 2,42%  | 1,28%  |
| Paesi Bassi     | 4,16%  | 3,29%  | 2,09%  | 1,26%  | 1,69%  | 1,10% | 1,61%  | 2,49%  | 1,19%  | 1,28%  | 2,34%  |
| Polonia         | 5,41%  | 1,91%  | 0,68%  | 3,38%  | 2,18%  | 1,28% | 2,46%  | 4,16%  | 3,80%  | 2,58%  | 4,24%  |
| Portogallo      | 4,37%  | 3,60%  | 3,22%  | 2,37%  | 2,28%  | 3,11% | 2,45%  | 2,59%  | -0,84% | 1,40%  | 3,65%  |
| Regno Unito     | 1,53%  | 1,52%  | 1,38%  | 1,39%  | 2,09%  | 2,46% | 2,39%  | 3,52%  | 1,96%  | 2,49%  | 3,86%  |
| Repubblica Ceca | 4,66%  | 1,90%  | 0,12%  | 2,76%  | 1,86%  | 2,53% | 2,85%  | 6,36%  | 1,02%  | 1,47%  | 1,92%  |
| Romania         | 34,48% | 22,54% | 15,27% | 11,87% | 9,01%  | 6,56% | 4,84%  | 7,85%  | 5,59%  | 6,09%  | 5,79%  |
| Russia          | 21,48% | 15,79% | 13,66% | 10,89% | 12,69% | 9,67% | 9,01%  | 14,11% | 11,65% | 6,85%  | 8,44%  |
| Slovacchia      | 7,33%  | 3,13%  | 8,55%  | 7,55%  | 2,71%  | 4,48% | 2,76%  | 4,60%  | 1,62%  | 0,96%  | 3,92%  |
| Slovenia        | 8,38%  | 7,48%  | 5,54%  | 3,59%  | 2,45%  | 2,46% | 3,66%  | 5,65%  | 0,84%  | 1,80%  | 1,80%  |
| Spagna          | 3,59%  | 3,07%  | 3,04%  | 3,04%  | 3,37%  | 3,52% | 2,79%  | 4,08%  | -0,29% | 1,80%  | 3,20%  |
| Stati Uniti     | 2,83%  | 1,59%  | 2,27%  | 2,68%  | 3,39%  | 3,23% | 2,85%  | 3,84%  | -0,36% | 1,64%  | 3,16%  |
| Svezia          | 2,41%  | 2,16%  | 1,93%  | 0,37%  | 0,45%  | 1,36% | 2,21%  | 3,44%  | -0,49% | 1,16%  | 2,96%  |
| Ungheria        | 9,12%  | 5,27%  | 4,66%  | 6,74%  | 3,56%  | 3,93% | 7,96%  | 6,04%  | 4,21%  | 4,86%  | 3,93%  |

**Appendice 12.1:** Tasso di inflazione nazionale, in valore percentuale. **Fonte:** World Bank.

**Variabile indipendente: inflazione (unità di misura: valore percentuale)**

| Country         | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017  | 2018  | 2019  | 2020   | 2021   | 2022   |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Australia       | 1,76%  | 2,45%  | 2,49%  | 1,51%  | 1,28%  | 1,95% | 1,91% | 1,61% | 0,85%  | 2,86%  | 6,59%  |
| Austria         | 2,49%  | 2,00%  | 1,61%  | 0,90%  | 0,89%  | 2,08% | 2,00% | 1,53% | 1,38%  | 2,77%  | 8,55%  |
| Belgio          | 2,84%  | 1,11%  | 0,34%  | 0,56%  | 1,97%  | 2,13% | 2,05% | 1,44% | 0,74%  | 2,44%  | 9,60%  |
| Bulgaria        | 2,95%  | 0,89%  | -1,42% | -0,10% | -0,80% | 2,06% | 2,81% | 3,10% | 1,67%  | 3,30%  | 15,33% |
| Canada          | 1,52%  | 0,94%  | 1,91%  | 1,13%  | 1,43%  | 1,60% | 2,27% | 1,95% | 0,72%  | 3,40%  | 6,80%  |
| Cina            | 2,62%  | 2,62%  | 1,92%  | 1,44%  | 2,00%  | 1,59% | 2,07% | 2,90% | 2,42%  | 0,98%  | 1,97%  |
| Cipro           | 2,39%  | -0,40% | -1,35% | -2,10% | -1,43% | 0,53% | 1,44% | 0,25% | -0,64% | 2,45%  | 8,40%  |
| Croazia         | 3,41%  | 2,22%  | -0,22% | -0,46% | -1,13% | 1,13% | 1,50% | 0,77% | 0,15%  | 2,55%  | 10,78% |
| Danimarca       | 2,40%  | 0,79%  | 0,56%  | 0,45%  | 0,25%  | 1,15% | 0,81% | 0,76% | 0,42%  | 1,85%  | 7,70%  |
| Estonia         | 3,93%  | 2,78%  | -0,11% | -0,49% | 0,15%  | 3,42% | 3,44% | 2,28% | -0,44% | 4,65%  | 19,40% |
| Finlandia       | 2,81%  | 1,48%  | 1,04%  | -0,21% | 0,36%  | 0,75% | 1,08% | 1,02% | 0,29%  | 2,19%  | 7,12%  |
| Francia         | 1,95%  | 0,86%  | 0,51%  | 0,04%  | 0,18%  | 1,03% | 1,85% | 1,11% | 0,48%  | 1,64%  | 5,22%  |
| Germania        | 2,01%  | 1,50%  | 0,91%  | 0,51%  | 0,49%  | 1,51% | 1,73% | 1,45% | 0,14%  | 3,07%  | 6,87%  |
| Giappone        | -0,04% | 0,34%  | 2,76%  | 0,80%  | -0,13% | 0,48% | 0,99% | 0,47% | -0,02% | -0,23% | 2,50%  |
| Grecia          | 1,50%  | -0,92% | -1,31% | -1,74% | -0,83% | 1,12% | 0,63% | 0,25% | -1,25% | 1,22%  | 9,65%  |
| India           | 9,48%  | 10,02% | 6,67%  | 4,91%  | 4,95%  | 3,33% | 3,94% | 3,73% | 6,62%  | 5,13%  | 6,70%  |
| Irlanda         | 1,70%  | 0,51%  | 0,18%  | -0,29% | 0,01%  | 0,34% | 0,49% | 0,94% | -0,33% | 2,36%  | 7,81%  |
| Islanda         | 5,19%  | 3,87%  | 2,04%  | 1,63%  | 1,70%  | 1,76% | 2,68% | 3,01% | 2,85%  | 4,44%  | 8,31%  |
| Italia          | 3,04%  | 1,22%  | 0,24%  | 0,04%  | -0,09% | 1,23% | 1,14% | 0,61% | -0,14% | 1,87%  | 8,20%  |
| Lettonia        | 2,26%  | -0,03% | 0,62%  | 0,17%  | 0,14%  | 2,93% | 2,53% | 2,81% | 0,22%  | 3,28%  | 17,31% |
| Liechtenstein   |        |        |        |        |        |       |       |       |        |        |        |
| Lituania        | 3,09%  | 1,05%  | 0,10%  | -0,88% | 0,91%  | 3,72% | 2,70% | 2,33% | 1,20%  | 4,68%  | 19,71% |
| Lussemburgo     | 2,66%  | 1,73%  | 0,63%  | 0,47%  | 0,29%  | 1,73% | 1,53% | 1,74% | 0,82%  | 2,53%  | 6,34%  |
| Malta           | 2,38%  | 1,18%  | 0,31%  | 1,10%  | 0,64%  | 1,36% | 1,16% | 1,64% | 0,64%  | 1,50%  | 6,15%  |
| Norvegia        | 0,70%  | 2,12%  | 2,04%  | 2,17%  | 3,55%  | 1,88% | 2,76% | 2,17% | 1,29%  | 3,48%  | 5,76%  |
| Paesi Bassi     | 2,46%  | 2,51%  | 0,98%  | 0,60%  | 0,32%  | 1,38% | 1,70% | 2,63% | 1,27%  | 2,68%  | 10,00% |
| Polonia         | 3,56%  | 0,99%  | 0,05%  | -0,87% | -0,66% | 2,08% | 1,81% | 2,23% | 3,37%  | 5,06%  | 14,43% |
| Portogallo      | 2,77%  | 0,27%  | -0,28% | 0,49%  | 0,61%  | 1,37% | 0,99% | 0,34% | -0,01% | 1,27%  | 7,83%  |
| Regno Unito     | 2,57%  | 2,29%  | 1,45%  | 0,37%  | 1,01%  | 2,56% | 2,29% | 1,74% | 0,99%  | 2,52%  | 7,92%  |
| Repubblica Ceca | 3,29%  | 1,44%  | 0,34%  | 0,31%  | 0,68%  | 2,45% | 2,15% | 2,85% | 3,16%  | 3,84%  | 15,10% |
| Romania         | 3,33%  | 3,98%  | 1,07%  | -0,59% | -1,54% | 1,34% | 4,63% | 3,83% | 2,63%  | 5,05%  | 13,80% |
| Russia          | 5,07%  | 6,75%  | 7,82%  | 15,53% | 7,04%  | 3,68% | 2,88% | 4,47% | 3,38%  | 6,69%  | 0,00%  |
| Slovacchia      | 3,61%  | 1,40%  | -0,08% | -0,33% | -0,52% | 1,31% | 2,51% | 2,66% | 1,94%  | 3,15%  | 12,77% |
| Slovenia        | 2,60%  | 1,77%  | 0,20%  | -0,53% | -0,05% | 1,43% | 1,74% | 1,63% | -0,05% | 1,92%  | 8,83%  |
| Spagna          | 2,45%  | 1,41%  | -0,15% | -0,50% | -0,20% | 1,96% | 1,67% | 0,70% | -0,32% | 3,09%  | 8,39%  |
| Stati Uniti     | 2,07%  | 1,46%  | 1,62%  | 0,12%  | 1,26%  | 2,13% | 2,44% | 1,81% | 1,23%  | 4,70%  | 8,00%  |
| Svezia          | 0,89%  | -0,04% | -0,18% | -0,05% | 0,98%  | 1,79% | 1,95% | 1,78% | 0,50%  | 2,16%  | 8,37%  |
| Ungheria        | 5,65%  | 1,73%  | -0,23% | -0,06% | 0,39%  | 2,35% | 2,85% | 3,34% | 3,33%  | 5,11%  | 14,61% |

**Appendice 12.2: Tasso di inflazione nazionale, in valore percentuale. Fonte: World Bank.**



## Variabile indipendente: Prezzo dell'energia elettrica (unità di misura: chilowattora)

| Country         | 2008     | 2009     | 2010     | 2011     | 2012     | 2013     | 2014     | 2015     | 2016     | 2017     | 2018     | 2019     | 2020     | 2021     | 2022     |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Australia       |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Austria         | \$ 0,107 | \$ 0,118 | \$ 0,113 | \$ 0,112 | \$ 0,108 | \$ 0,107 | \$ 0,103 | \$ 0,099 | \$ 0,095 | \$ 0,089 | \$ 0,096 | \$ 0,105 | \$ 0,114 | \$ 0,127 | \$ 0,194 |
| Belgio          | \$ 0,100 | \$ 0,110 | \$ 0,101 | \$ 0,109 | \$ 0,103 | \$ 0,101 | \$ 0,102 | \$ 0,102 | \$ 0,103 | \$ 0,099 | \$ 0,101 | \$ 0,107 | \$ 0,106 | \$ 0,127 | \$ 0,207 |
| Bulgaria        | \$ 0,058 | \$ 0,064 | \$ 0,065 | \$ 0,064 | \$ 0,072 | \$ 0,074 | \$ 0,073 | \$ 0,073 | \$ 0,085 | \$ 0,072 | \$ 0,082 | \$ 0,089 | \$ 0,085 | \$ 0,130 | \$ 0,185 |
| Canada          | \$ 0,089 | \$ 0,092 | \$ 0,095 | \$ 0,097 | \$ 0,100 | \$ 0,103 | \$ 0,105 | \$ 0,108 | \$ 0,110 | \$ 0,111 | \$ 0,113 | \$ 0,114 | \$ 0,115 | \$ 0,116 | \$ 0,117 |
| Cina            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | \$ 0,096 | \$ 0,103 | \$ 0,097 | \$ 0,091 |
| Cipro           | \$ 0,163 | \$ 0,134 | \$ 0,164 | \$ 0,193 | \$ 0,238 | \$ 0,207 | \$ 0,187 | \$ 0,142 | \$ 0,117 | \$ 0,143 | \$ 0,169 | \$ 0,181 | \$ 0,149 | \$ 0,186 | \$ 0,301 |
| Croazia         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Danimarca       | \$ 0,101 | \$ 0,092 | \$ 0,098 | \$ 0,099 | \$ 0,100 | \$ 0,104 | \$ 0,097 | \$ 0,091 | \$ 0,095 | \$ 0,082 | \$ 0,816 | \$ 0,719 | \$ 0,067 | \$ 0,106 | \$ 0,206 |
| Estonia         | \$ 0,055 | \$ 0,060 | \$ 0,073 | \$ 0,077 | \$ 0,082 | \$ 0,097 | \$ 0,091 | \$ 0,090 | \$ 0,087 | \$ 0,086 | \$ 0,089 | \$ 0,091 | \$ 0,083 | \$ 0,125 | \$ 0,221 |
| Finlandia       | \$ 0,072 | \$ 0,075 | \$ 0,075 | \$ 0,082 | \$ 0,082 | \$ 0,082 | \$ 0,079 | \$ 0,077 | \$ 0,075 | \$ 0,073 | \$ 0,076 | \$ 0,077 | \$ 0,079 | \$ 0,074 |          |
| Francia         | \$ 0,068 | \$ 0,074 | \$ 0,076 | \$ 0,082 | \$ 0,086 | \$ 0,089 | \$ 0,092 | \$ 0,095 | \$ 0,086 | \$ 0,089 | \$ 0,086 | \$ 0,095 | \$ 0,093 | \$ 0,100 | \$ 0,130 |
| Germania        | \$ 0,107 | \$ 0,112 | \$ 0,113 | \$ 0,125 | \$ 0,127 | \$ 0,139 | \$ 0,147 | \$ 0,143 | \$ 0,136 | \$ 0,133 | \$ 0,130 | \$ 0,141 | \$ 0,166 | \$ 0,171 | \$ 0,214 |
| Giappone        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | \$ 0,126 | \$ 0,121 | \$ 0,119 | \$ 0,161 |
| Grecia          | \$ 0,086 | \$ 0,091 | \$ 0,096 | \$ 0,102 | \$ 0,116 | \$ 0,119 | \$ 0,116 | \$ 0,106 | \$ 0,103 | \$ 0,108 | \$ 0,099 | \$ 0,105 | \$ 0,102 | \$ 0,155 | \$ 0,234 |
| India           |          |          | \$ 0,043 | \$ 0,048 | \$ 0,055 | \$ 0,060 | \$ 0,062 | \$ 0,063 | \$ 0,065 | \$ 0,066 | \$ 0,067 | \$ 0,072 | \$ 0,074 | \$ 0,074 | \$ 0,075 |
| Irlanda         | \$ 0,138 | \$ 0,115 | \$ 0,104 | \$ 0,111 | \$ 0,129 | \$ 0,131 | \$ 0,128 | \$ 0,129 | \$ 0,118 | \$ 0,117 | \$ 0,128 | \$ 0,125 | \$ 0,124 | \$ 0,162 | \$ 0,253 |
| Istlanda        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Italia          | \$ 0,144 | \$ 0,140 | \$ 0,138 | \$ 0,154 | \$ 0,166 | \$ 0,166 | \$ 0,168 | \$ 0,156 | \$ 0,152 | \$ 0,146 | \$ 0,130 | \$ 0,151 | \$ 0,136 | \$ 0,163 | \$ 0,303 |
| Lettonia        | \$ 0,073 | \$ 0,092 | \$ 0,094 | \$ 0,108 | \$ 0,113 | \$ 0,119 | \$ 0,122 | \$ 0,118 | \$ 0,119 | \$ 0,117 | \$ 0,098 | \$ 0,100 | \$ 0,098 | \$ 0,113 | \$ 0,143 |
| Liechtenstein   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Lituania        | \$ 0,082 | \$ 0,084 | \$ 0,103 | \$ 0,112 | \$ 0,126 | \$ 0,136 | \$ 0,128 | \$ 0,100 | \$ 0,090 | \$ 0,083 | \$ 0,087 | \$ 0,092 | \$ 0,096 | \$ 0,116 | \$ 0,257 |
| Lussemburgo     | \$ 0,107 | \$ 0,099 | \$ 0,092 | \$ 0,088 | \$ 0,091 | \$ 0,088 | \$ 0,087 | \$ 0,079 | \$ 0,072 | \$ 0,065 | \$ 0,069 | \$ 0,074 | \$ 0,076 | \$ 0,085 | \$ 0,125 |
| Malta           | \$ 0,129 | \$ 0,133 | \$ 0,171 | \$ 0,172 | \$ 0,173 | \$ 0,172 | \$ 0,173 | \$ 0,147 | \$ 0,138 | \$ 0,135 | \$ 0,128 | \$ 0,132 | \$ 0,130 | \$ 0,134 | \$ 0,125 |
| Norvegia        | \$ 0,077 | \$ 0,075 | \$ 0,095 | \$ 0,095 | \$ 0,081 | \$ 0,085 | \$ 0,105 | \$ 0,115 | \$ 0,110 | \$ 0,098 | \$ 0,080 | \$ 0,086 | \$ 0,044 | \$ 0,097 | \$ 0,182 |
| Paesi Bassi     | \$ 0,103 | \$ 0,107 | \$ 0,094 | \$ 0,092 | \$ 0,092 | \$ 0,094 | \$ 0,088 | \$ 0,084 | \$ 0,079 | \$ 0,078 | \$ 0,078 | \$ 0,086 | \$ 0,094 | \$ 0,110 | \$ 0,184 |
| Polonia         |          |          | \$ 0,136 | \$ 0,141 | \$ 0,147 | \$ 0,146 | \$ 0,141 | \$ 0,143 | \$ 0,134 | \$ 0,145 | \$ 0,140 | \$ 0,136 | \$ 0,149 | \$ 0,156 | \$ 0,153 |
| Portogallo      | \$ 0,086 | \$ 0,089 | \$ 0,088 | \$ 0,096 | \$ 0,113 | \$ 0,112 | \$ 0,111 | \$ 0,111 | \$ 0,108 | \$ 0,110 | \$ 0,113 | \$ 0,112 | \$ 0,107 | \$ 0,120 | \$ 0,148 |
| Regno Unito     |          |          |          |          |          | \$ 0,065 | \$ 0,054 | \$ 0,052 | \$ 0,054 | \$ 0,059 | \$ 0,074 | \$ 0,056 | \$ 0,047 | \$ 0,162 | \$ 0,269 |
| Repubblica Ceca | \$ 0,106 | \$ 0,108 | \$ 0,108 | \$ 0,115 | \$ 0,108 | \$ 0,107 | \$ 0,089 | \$ 0,083 | \$ 0,075 | \$ 0,071 | \$ 0,075 | \$ 0,083 | \$ 0,088 | \$ 0,093 | \$ 0,190 |
| Romania         |          |          | \$ 0,114 | \$ 0,118 | \$ 0,116 | \$ 0,142 | \$ 0,138 | \$ 0,143 | \$ 0,136 | \$ 0,136 | \$ 0,144 | \$ 0,151 | \$ 0,158 | \$ 0,171 | \$ 0,315 |
| Russia          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Slovacchia      | \$ 0,121 | \$ 0,137 | \$ 0,118 | \$ 0,127 | \$ 0,130 | \$ 0,127 | \$ 0,115 | \$ 0,112 | \$ 0,109 | \$ 0,113 | \$ 0,119 | \$ 0,130 | \$ 0,133 | \$ 0,139 | \$ 0,252 |
| Slovenia        | \$ 0,088 | \$ 0,092 | \$ 0,095 | \$ 0,095 | \$ 0,094 | \$ 0,094 | \$ 0,084 | \$ 0,082 | \$ 0,080 | \$ 0,075 | \$ 0,081 | \$ 0,090 | \$ 0,093 | \$ 0,097 | \$ 0,190 |
| Spagna          | \$ 0,096 | \$ 0,107 | \$ 0,103 | \$ 0,106 | \$ 0,113 | \$ 0,113 | \$ 0,110 | \$ 0,108 | \$ 0,099 | \$ 0,101 | \$ 0,107 | \$ 0,107 | \$ 0,100 | \$ 0,101 |          |
| Stati Uniti     | \$ 0,097 | \$ 0,098 | \$ 0,098 | \$ 0,099 | \$ 0,098 | \$ 0,101 | \$ 0,104 | \$ 0,104 | \$ 0,103 | \$ 0,105 | \$ 0,105 | \$ 0,105 | \$ 0,106 | \$ 0,111 | \$ 0,125 |
| Svezia          | \$ 0,072 | \$ 0,067 | \$ 0,083 | \$ 0,083 | \$ 0,076 | \$ 0,075 | \$ 0,067 | \$ 0,058 | \$ 0,061 | \$ 0,061 | \$ 0,067 | \$ 0,069 | \$ 0,060 | \$ 0,083 | \$ 0,132 |
| Ungheria        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | \$ 0,043 | \$ 0,124 | \$ 0,295 |

Appendice 14: prezzo dell'energia elettrica, espresso in dollari per chilowattora. Fonte: Statista.