



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M. FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**"CAMBIAMENTO CLIMATICO E PREZZO DELLE EMISSIONI DI
ANIDRIDE CARBONICA"**

RELATORE:

CH.MO PROF. Luciano Giovanni Greco

LAUREANDO: Andrea Varnier

MATRICOLA N. 2001228

ANNO ACCADEMICO 2022 – 2023

Dichiaro di aver preso visione del “Regolamento antiplagio” approvato dal Consiglio del Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali e, consapevole delle conseguenze derivanti da dichiarazioni mendaci, dichiaro che il presente lavoro non è già stato sottoposto, in tutto o in parte, per il conseguimento di un titolo accademico in altre Università italiane o straniere. Dichiaro inoltre che tutte le fonti utilizzate per la realizzazione del presente lavoro, inclusi i materiali digitali, sono state correttamente citate nel corpo del testo e nella sezione ‘Riferimenti bibliografici’.

I hereby declare that I have read and understood the “Anti-plagiarism rules and regulations” approved by the Council of the Department of Economics and Management and I am aware of the consequences of making false statements. I declare that this piece of work has not been previously submitted – either fully or partially – for fulfilling the requirements of an academic degree, whether in Italy or abroad. Furthermore, I declare that the references used for this work – including the digital materials – have been appropriately cited and acknowledged in the text and in the section ‘References’.

Firma (signature) 

INDICE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1	
PRINCIPALI NEGOZIATI SUL CAMBIAMENTO CLIMATICO	
1.1 Conferenza di Rio	3
1.2 Protocollo di Kyoto	4
1.3 Accordo di Parigi	5
1.4 COP 27	6
CAPITOLO 2	
CARBON PRICING	
2.1 Esternalità negative legate all'inquinamento	8
2.1.1 Soluzioni private alle esternalità negative	10
2.1.2 Soluzioni pubbliche alle esternalità negative	11
2.2 Strumenti e tipologie di Carbon Pricing	13
2.3 Carbon Pricing nel mondo	16
2.3.1 China National ETS	17
2.4 Criticità e problematiche dei sistemi di Carbon Pricing	19
CAPITOLO 3	
EU ETS	
3.1 Funzionamento e origini del sistema	22
3.2 Le 4 fasi dell'EU ETS	23
3.3 Risultati conseguiti dall'EU ETS	27
CONCLUSIONE	30
BIBLIOGRAFIA	32

Introduzione

Il mantenimento della vita sulla Terra lo si deve all'equilibrio armonico di numerosi fattori ambientali, tra i quali ha un'importanza fondamentale la presenza intorno alla Terra di un'atmosfera gassosa, responsabile dell'effetto serra naturale, descritto per la prima volta da Arrhenius, verso la fine dell'800. Arrhenius, premio Nobel per la Chimica, scoprì che quando la radiazione solare raggiunge la superficie terrestre, parte di essa viene assorbita e convertita in calore. In assenza dell'effetto serra naturale questo calore verrebbe irradiato completamente verso lo spazio sotto forma di radiazione infrarossa. I gas serra presenti nell'atmosfera catturano parte di questa radiazione infrarossa, rimandandola verso la superficie terrestre, riscaldandola ulteriormente. In tal modo, l'effetto serra naturale della nostra atmosfera risulta essenziale per non disperdere nello spazio extraterrestre il calore dell'irraggiamento solare. Si calcola che in assenza dell'effetto serra naturale dell'atmosfera, la temperatura media terrestre sarebbe di -18°C , anziché di circa $+15^{\circ}\text{C}$. Il 95% dell'effetto serra naturale è dato da 3 gas, vapore acqueo (70% del totale), CO_2 e metano (complessivamente 25% del totale). Il restante 5% dell'effetto serra naturale è fornito da altri gas, tra cui il protossido d'azoto. Fino al XIX secolo, i cambiamenti climatici erano fenomeni naturali, di lenta insorgenza, dovuti principalmente a variazioni del ciclo solare e ad eruzioni vulcaniche.

Dalla rivoluzione industriale del XIX secolo le attività dell'uomo, in particolare la combustione di combustibili fossili come il carbone, il petrolio e il gas metano hanno incrementato in modo esponenziale la concentrazione antropogenica di gas serra nell'atmosfera, in particolare di CO_2 metano, ossido d'azoto (N_2O) e gas fluorurati.

Nel 2019, è stato calcolato dal Global Energy Perspective di Mc Kinsey che le fonti fossili fossero responsabili dell'83% delle emissioni globali di CO_2 .

In particolare, la sua concentrazione è praticamente raddoppiata rispetto ai livelli pre-rivoluzione industriale (410-415 parti per milione vs 200-180 parti per milione). C'è ormai concordanza tra gli scienziati dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), nell'affermare che il riscaldamento globale terrestre e i relativi cambiamenti climatici derivino dall'effetto serra antropico, cioè innescato dalle attività dell'uomo. Le conseguenze del riscaldamento globale sono evidenti: scioglimento dei ghiacciai e delle calotte polari, incremento dei livelli dei mari, periodi di siccità prolungati con desertificazione di ampie aree terrestri, incendi sempre più intensi e più prolungati, incremento del numero di cicloni, tornadi e alluvioni con intensità devastanti, migrazioni di specie animali e vegetali con sconvolgimento di ecosistemi e conseguenti danni imprevedibili alle biodiversità. Abbattere

le emissioni antropogeniche di gas serra e attuare strategie di adattamento al cambiamento climatico e alle sue conseguenze potenzialmente devastanti, sono le azioni che l'umanità deve attuare con estrema urgenza.

All'interno di questo elaborato verranno approfondite le principali conferenze sul clima a livello mondiale, tra cui la storica di Rio nel 1992, il Protocollo di Kyoto del 1997, l'accordo di Parigi del 2015, e l'ultima Conferenza delle Parti (COP) avvenuta a Sharm el-Sheikh nel novembre 2022. Tali conferenze chiave hanno catalizzato gli sforzi collettivi a livello globale, per mitigare gli effetti dannosi delle emissioni di gas serra, rappresentando dei pilastri fondamentali nella lotta contro il cambiamento climatico. Mentre l'urgenza di agire cresce, si sta riconoscendo sempre di più l'importanza degli strumenti di Carbon Pricing per raggiungere al più presto l'obiettivo di decarbonizzazione. L'idea alla base del Carbon Pricing è quella di attribuire un valore economico alle emissioni di gas serra, creando così un incentivo per le aziende e le nazioni a ridurre le proprie emissioni. Nel corso dell'elaborato verrà esaminato il funzionamento e le caratteristiche di tali meccanismi e di come possano contribuire in modo significativo alla riduzione delle emissioni e all'accelerazione della transizione verso fonti di energia pulita e sostenibile.

Capitolo 1

Principali negoziati sul Cambiamento Climatico

Era il 1972 quando si tenne a Stoccolma la prima Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente. Nel preambolo della Dichiarazione che ne seguì, si affermò che l'uomo è «al tempo stesso creatura e artefice del suo ambiente» e che debba condurre «le proprie azioni con più prudente attenzione per le loro conseguenze sull'ambiente»[1]. Fu la prima volta in cui ufficialmente si riconobbe che i problemi ambientali influivano sugli standard di vita, e che potevano essere affrontati solo attraverso una cooperazione collettiva mondiale di tutte le nazioni. Nel 1990, l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), pubblicò il primo report intergovernativo che mise in evidenza il rischio di un riscaldamento globale e dei conseguenti impatti climatici, a causa dell'aumento delle emissioni antropogeniche di gas serra.

1.1 Conferenza di Rio

Durante la Conferenza delle Nazioni Unite su ambiente e sviluppo tenutasi a Rio de Janeiro (3-14 giugno 1992), conosciuta come “The Earth Summit”, si raggiunse il primo accordo globale sulla riduzione delle emissioni di gas serra. 172 rappresentanze governative, (tra cui 108 Capi di Stato), e 2.400 rappresentanti di organizzazioni non governative, parteciparono alla Conferenza di Rio, dove fu firmata la Convenzione quadro sui cambiamenti climatici delle Nazioni Unite (UNFCCC), probabilmente il testo storicamente più importante in materia ambientale. L'obiettivo di tale accordo fu la stabilizzazione delle concentrazioni dei gas serra nell'atmosfera, a dei livelli tali da poter prevenire interferenze antropogeniche pericolose per il sistema climatico terrestre. L'UNFCCC, in vigore dal 21 marzo 1994, non impose dei limiti obbligatori e quindi non fu legalmente vincolante, ma introdusse la possibilità di stabilire eventuali limiti nei protocolli successivi. Il principale protocollo applicativo fu senza dubbio il Protocollo di Kyoto, redatto nel 1997 e ratificato nel 2005. La Conferenza di Rio ebbe un enorme impatto mediatico ed emotivo, poiché concretizzò in un trattato la consapevolezza globale che fosse improrogabile la stabilizzazione delle concentrazioni atmosferiche dei gas serra, riducendone le emissioni, per evitare gravi conseguenze al sistema climatico terrestre.

I concetti che lo animavano costituirono le basi fondamentali delle successive conferenze sul clima. Oltre all'UNFCCC, alla conclusione della Conferenza vennero redatti altri documenti che da quel momento in poi hanno rappresentato le linee-guida per l'azione degli Stati membri, tra cui l'Agenda 21, l'Accordo sugli stock ittici, la Dichiarazione sulle foreste, e la Convenzione sulla biodiversità [2].

L'UNFCCC venne inoltre strutturato di un organo decisionale, la Conferenza delle Parti (COP), composto dai rappresentanti dei Paesi che ratificarono la Convenzione, i quali, dal 1995 si riuniscono annualmente al fine di promuovere l'effettiva attuazione della Convenzione. Complessivamente si sono svolte 27 COP, l'ultima delle quali si è tenuta a Sharm el-Sheikh nel novembre 2022 (COP 27). Dal 2005 le COP ospitano anche gli incontri per negoziare impegni vincolanti nel quadro del Protocollo di Kyoto (conferenze CMP¹) e dal 2016, anche gli incontri delle parti con riferimento all'Accordo di Parigi (conferenze CMA²).

1.2 Protocollo di Kyoto

L'11 dicembre 1997 in occasione della COP 3, fu adottato il Protocollo di Kyoto. Tuttavia, per la sua entrata in vigore si dovette attendere il 16 febbraio 2005, quando il protocollo fu ratificato dalla Russia e dal Canada. Difatti per la sua entrata in vigore era necessario che la somma delle emissioni dei Paesi aderenti superasse il 55% di quelle totali, cosa che è avvenuta con la ratifica da parte della Russia che da sola produceva il 17,6% delle emissioni. Gli Stati Uniti rappresentano il grande assente in quanto non hanno mai ratificato l'accordo, mentre il primo paese a uscirne nel 2011 è stato il Canada.

La Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), fu resa operativa dal Protocollo di Kyoto, il quale sulla base del principio di "responsabilità comune, ma differenziata in base alle rispettive capacità", vincolò esclusivamente i paesi industrializzati e i paesi con economie in fase di transizione a ridurre le emissioni di sei gas serra: anidride carbonica, protossido di azoto, metano, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoro di zolfo. In particolare 37 paesi industrializzati e la Comunità Europea si impegnarono a ridurre entro il 2012, di almeno il 5% le emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990. L'onere delle misure di mitigazione fu ristretto solamente ai paesi industrializzati in quanto si tenne in considerazione i bisogni di sviluppo economico dei Paesi emergenti e in via di sviluppo [3].

L'accordo per la prosecuzione del protocollo di Kyoto avvenne tramite l'emendamento di Doha, il quale impose ai paesi industrializzati, per il periodo compreso tra 2013-2020, una riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 18% rispetto ai livelli del 1990.

Un importante elemento introdotto dal protocollo di Kyoto furono i tre meccanismi flessibili basati sul mercato, i quali offrirono ai Paesi un mezzo supplementare per raggiungere i loro obiettivi di riduzione delle emissioni. Nello specifico vennero istituiti:

¹ "Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol"

² "Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Paris Agreement"

- l'Emission Trading (commercio dei diritti di emissione), che consente agli stati soggetti al vincolo, di acquistare crediti di emissione dai Paesi che hanno raggiunto una riduzione di emissioni superiore al loro obiettivo.
- il Clean Development Mechanisms (Meccanismo di Sviluppo Pulito), permette agli stati soggetti al vincolo di ottenere dei crediti di emissione (CERs)³, grazie alla realizzazione di progetti che generano benefici ambientali nei Paesi in via di sviluppo.
- la Joint Implementation (Attuazione Congiunta), invece permette agli stati soggetti al vincolo di ottenere crediti di emissione (ERUs)⁴, grazie alla realizzazione di progetti che generano benefici ambientali nei Paesi dello stesso gruppo.

Tali meccanismi hanno incoraggiato idealmente l'abbattimento dei gas serra iniziando da dove fosse più conveniente, ad esempio nei Paesi in via di sviluppo. Fondamentale era ridurre le emissioni dall'atmosfera, non importava dove. Inoltre si incentivarono gli investimenti green nei paesi in via di sviluppo, coinvolgendo anche il settore privato, rendendo più economico il salto di qualità, ovvero la possibilità di bypassare l'uso di tecnologie più vecchie e più inquinanti per infrastrutture e sistemi più nuovi e puliti.

1.3 Accordo di Parigi

A dicembre 2015 si tenne a Parigi la Ventunesima Conferenza Mondiale sul Clima delle Nazioni Unite, durante la quale venne sancito l'Accordo di Parigi sul clima. L'obiettivo principale dell'accordo fu quello di mantenere, entro la fine del secolo, la crescita della temperatura media globale terrestre al di sotto dei 2 gradi centigradi rispetto ai valori dell'era preindustriale, perseguendo tutti gli sforzi per limitarla a 1,5°C. Venne lasciata libertà a ciascun governo di formulare un documento scritto, depositato prima del termine della conferenza, gli INDC (Intended Nationally Determined Contributions), ovvero la serie di impegni che ogni singolo Stato si prefiggeva e intendeva rispettare. Inoltre, ciascun Stato si impegnava a comunicare ogni cinque anni i rispettivi piani d'azione e a riferire l'un l'altro e all'opinione pubblica, i risultati raggiunti nell'attuazione degli obiettivi. Veniva inoltre mantenuto il principio di solidarietà, per cui gli Stati dell'Unione Europea e gli altri paesi sviluppati avrebbero continuato a fornire finanziamenti per il clima ai paesi in via di sviluppo, per aiutarli sia a ridurre le emissioni, che a contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici. Dal 2020, i Paesi hanno presentato i loro piani d'azione nazionali quinquennali per il clima, noti come NDC (Nationally Determined Contribution - contributi determinati a livello nazionale). Ogni NDC

³ "Certified Emission Reductions" (CERs)

⁴ "Emission Reduction Units" (ERUs)

successivo è destinato a riflettere un grado di ambizione di riduzione dei gas serra sempre più elevato rispetto alla versione precedente. L'accordo di Parigi invitò inoltre i Paesi a formulare e presentare strategie di sviluppo anche a lungo termine per abbattere le emissioni di gas serra (Long-Term Low-Emission Development Strategies, LT-LEDS)

1.4 COP 27

La più recente Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, la COP 27, si è tenuta in Egitto a Sharm el Sheikh dal 6 al 20 novembre 2022. Il successo più interessante della COP-27 è stato sicuramente l'accordo per la costituzione di un fondo economico mondiale, denominato "Loss and Damage". Tale Fondo, finanziato dalle sole economie industrializzate, ha come scopo primario l'aiuto economico-finanziario dei Paesi in via di sviluppo, in risposta a perdite (loss) e danni (damage) secondari agli effetti del cambiamento climatico. Il concetto di Loss and Damage non è recente: se ne discusse addirittura più di 30 anni fa nel 1991 a Ginevra nella Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, ma è stato nella COP13 del 2007 che il termine "Loss and Damage" fu incluso in tutte i documenti ufficiali COP. Da questo momento in poi, la discussione sulla responsabilità climatica e sul risarcimento, è diventata una parte centrale delle agende annuali delle COP. Tuttavia, dal 2007 i progressi sono stati lenti e non è stato possibile raggiungere un consenso per gli anni a venire. Nelle conferenze successive, le nazioni in via di sviluppo hanno continuato a spingere per la creazione di un fondo volto al finanziamento delle perdite legate al clima. Tale processo è stato ostacolato dalle nazioni più industrializzate (che sono storicamente responsabili della maggior parte delle emissioni di CO₂), che temevano di poter diventare legalmente responsabili per i danni derivanti dai cambiamenti climatici. Nonostante l'accordo raggiunto nella COP 27 esistono alcuni punti attuativi da risolvere: in particolare quali sono gli eventi climatici e quale è la soglia dell'evento climatico oltre la quale si può accedere al fondo? Inoltre, quali Paesi saranno responsabili del finanziamento del fondo? I finanziamenti ricadranno molto probabilmente sulle nazioni sviluppate, ma quale definizione verrà utilizzata per determinare questa soglia? Quanto deve essere l'ammontare totale del fondo e come dividere le quote del fondo Paese per Paese? Oltre alla possibilità di aggiungere, accanto ai pagamenti diretti, forme di rimborso assicurative, e la possibilità che anche fondi privati possano partecipare. Resta poi aperta la questione della Cina, paese considerato ancora in via di sviluppo, nonostante a tutt'oggi sia il primo per emissioni di CO₂. Per cercare di risolvere le problematiche sopracitate, è stato istituito un Comitato di Transizione. Tale Comitato, riunitosi per la prima volta nel marzo 2023 ha il compito di

sviluppare raccomandazioni in vista della COP 28 che si terrà a Dubai (Emirati Arabi Uniti) nel dicembre 2023.

Capitolo 2

Carbon Pricing

2.1 Esternalità negative dell’Inquinamento

Con il termine esternalità, s’intendono “gli effetti che l’attività di un’unità economica (ad esempio un individuo o un’impresa) esercita, al di fuori delle transazioni di mercato, sulla produzione o sul benessere di altre unità” [4].

Se l’attività dell’agente economico genera dei benefici per altri soggetti senza ricevere un compenso, siamo in presenza di esternalità positive. Se invece l’attività dell’agente economico genera dei costi o una perdita di benessere per altri soggetti senza sostenere un costo, siamo in presenza di esternalità negative. L’inquinamento atmosferico e in particolare le emissioni di gas serra, sono considerate una delle principali tipologie di esternalità negative. Difatti, l’inquinamento prodotto dalle attività economiche genera dei costi sociali per la collettività, che se non tenuti in considerazione dai produttori privati, portano ad un equilibrio di mercato non “efficiente”; ovvero sarebbe possibile, tramite una diversa allocazione delle risorse, migliorare il benessere di uno o più individui (in questo caso la collettività), in maniera tale che l’incremento di benessere ottenuto, potrebbe più che compensare la perdita di benessere subita dall’altro o dagli altri individui (in questo caso i produttori)⁵.

All’interno del mercato, la domanda di un prodotto sarà determinata dai benefici marginali che i soggetti ottengono dal consumo di un’unità aggiuntiva del bene, mentre l’offerta dipenderà dal costo marginale sostenuto dai produttori per generare un’unità aggiuntiva del bene.

L’equilibrio di mercato è costituito dal punto in cui i benefici e i costi marginali si equivalgono. Le inefficienze insorgono nel momento in cui i produttori non considerano all’interno dei loro costi marginali, i costi sociali causati dall’esternalità negativa, in questo caso l’inquinamento. Determinando così una quantità del bene prodotta superiore a quella efficiente, come si può vedere nella figura sottostante, dove:

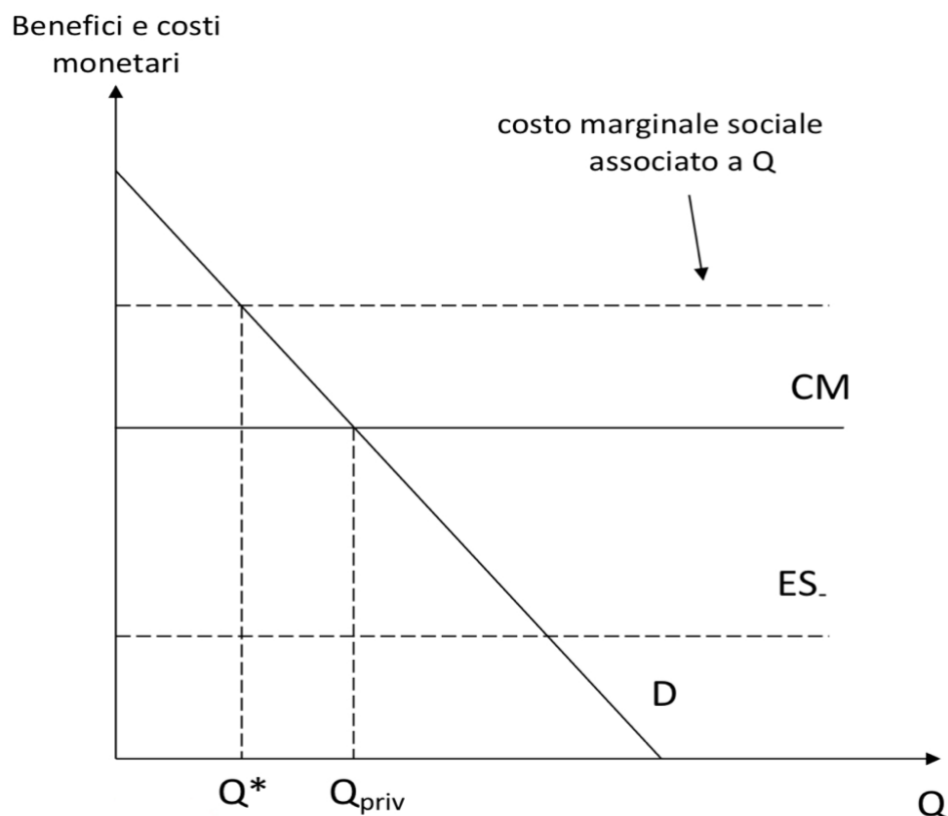
- Nell’asse delle ordinate vengono indicati i benefici e costi monetari, mentre nell’asse delle ascisse viene indicata la quantità.
- **CM**: indica il costo marginale del produttore⁶;

⁵ Principio di Compensazione elaborato da Hicks-Kaldor (1939), secondo cui l’adozione di una politica economica è giustificata se i beneficiari di tale politica (“i vincitori”), potrebbero più che compensare i danneggiati (“i perdenti”) indipendentemente che la compensazione abbia luogo.

⁶ Assumendo che i costi marginali del produttore siano costanti.

- **ES-** : indica l'esternalità negativa, ovvero i costi sociali subiti dalla collettività;
- **D**: indica la domanda del bene;
- **Q_{priv}**: indica la quantità prodotta nel caso in cui il produttore non consideri i costi sociali che causa;
- **Q***: indica la quantità prodotta efficiente;
- **Costo marginale sociale**: è dato dalla somma tra il costo marginale privato e il costo sopportato dalla collettività (CM+ES-).

Figura 1: *Rappresentazione grafica delle esternalità negative*



Fonte: Greco Luciano Giovanni (2021), slide del corso Scienze delle Finanze 2021-2022.

Se il produttore è costretto a tener in considerazione anche i costi marginali sociali sostenuti dalla collettività, la quantità offerta del bene, determinata dall'intersezione della curva della domanda (D) con la retta CM+ ES-, si riduce, generando un'offerta del bene "efficiente". La presenza di esternalità determina quindi un "fallimento di mercato", in quanto la quantità prodotta del bene (Q_{priv}) si discosta dalla quantità efficiente (Q^*).

2.1.1 Soluzioni private alle esternalità negative

La teoria economica prevede soluzioni sia private che pubbliche per affrontare il problema delle esternalità negative. Tra le soluzioni private va sicuramente citato il teorema elaborato da Ronald Coase nella sua pubblicazione “The Problem of Social Cost” del 1960.

In breve, secondo l'economista inglese, le esternalità negative sono causate dalla mancanza di diritti di proprietà da assegnare correttamente agli agenti economici. Difatti, se questi sono chiaramente definiti ed allocati e se sussistono bassi costi di transazione e negoziazione, le parti interessate possono raggiungere autonomamente un'allocazione efficiente delle risorse e risolvere il problema delle esternalità negative senza bisogno di interventi esterni. Per raggiungere il punto di equilibrio, non è rilevante a quale parte siano assegnati i diritti di proprietà (anche se determinerà un livello di benessere differente tra le parti). Nello specifico se i diritti di proprietà sono assegnati alla parte “danneggiata” dalle esternalità, egli potrà richiedere un risarcimento a colui che le causa. Viceversa, se i diritti appartengono al produttore dell'esternalità, il danneggiato potrà pagargli un indennizzo se desidera che l'attività dannosa cessi. Nell'analisi di Coase, quindi se uno dei due soggetti detiene i diritti di proprietà, non è necessario un intervento pubblico per correggere l'esternalità, in quanto le parti raggiungeranno sempre un accordo in cui la quantità prodotta sarà quella efficiente (Q^*).

Tuttavia, è importante notare che ci sono due assunzioni cruciali su cui si basa il teorema di Coase che restringono la sua applicabilità. Innanzitutto, i costi di contrattazione non devono scoraggiare le parti a trattare tra loro. Inoltre, i proprietari delle risorse dovrebbero aver la possibilità di identificare i danni subiti e poter prevenirli legalmente. Chiaramente tali condizioni non si verificano nel caso dell'inquinamento atmosferico, dove le parti coinvolte sono molte e con differenti poteri di contrattazione. In aggiunta, il bene su cui dovrebbero essere assegnati i diritti di proprietà sarebbe l'aria “pulita” e gli eventuali proprietari avrebbero più di qualche difficoltà nell'individuare i responsabili e la quantità di inquinamento prodotta da ognuno. Tuttavia, la tesi di Coase rappresenta un risultato fondamentale per la mitigazione dell'esternalità, ed è la base da cui traggono ispirazione i sistemi di scambio di quote di emissione, gli “Emissions Trading System” (ETS) che verranno trattati più ampiamente in seguito.

Un'ulteriore soluzione alle esternalità negative, senza l'intervento statale, consiste “nell'internalizzare” il costo sociale tramite una fusione tra il produttore dell'esternalità e il danneggiato, in un'unica entità. In tal modo il singolo soggetto, nel gestire la sua attività, terrà in considerazione il costo sociale generato, massimizzando i benefici per entrambe le parti.

Anche in questo caso, per quanto riguarda le emissioni di gas serra, la fusione risulta impraticabile per via dell'elevato numero di attori coinvolti.

2.1.2 Soluzioni pubbliche alle esternalità negative

Per fenomeni estesi come le emissioni di gas serra o l'inquinamento, le soluzioni pubbliche sono sicuramente più diffuse ed efficaci. Possono essere suddivise in regolamentazione (*Command&Control*) o soluzioni basate sul mercato (*Market Based Instruments*). Questi strumenti vengono istituiti seguendo il principio di "chi inquina paga" meglio conosciuto come "*Polluter Pays Principles*", adottato nel 1972 dall'OECD (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico), con la finalità di far ricadere i costi sociali dell'inquinamento sui responsabili delle emissioni.

I Sistemi Command&Control

La regolamentazione delle autorità governative rappresenta l'approccio tradizionale e più diffuso per disciplinare l'inquinamento ambientale. Mira a influenzare il comportamento degli operatori economici, e si articolano appunto in due fasi:

- il "*Command*" che consiste nelle imposizioni di standard, obblighi e divieti.
- il "*Control*" in cui l'autorità governativa verifica il rispetto delle norme imposte, che se non rispettate, causano l'erogazione di multe o sanzioni.

Alcuni esempi di tali strumenti includono la fissazione di standard tecnologici, tramite i quali l'autorità obbliga le imprese ad utilizzare specifiche tecnologie per ridurre le emissioni.

Viceversa, possono essere introdotti degli standard di performance, che si basano sulla determinazione di un limite alle emissioni, che le imprese devono rispettare per non incorrere in sanzioni.

Le soluzioni Market Based Instruments

I meccanismi di mercato per correggere le esternalità negative legate all'inquinamento comprendono principalmente, l'introduzione di imposte e la creazione di un mercato delle emissioni.

Imposta Pigouviana

Nella sua pubblicazione "The Economics of Welfare" del 1920, Arthur C. Pigou sosteneva che fosse necessario l'intervento dello Stato per "internalizzare" i costi sociali sostenuti dalla collettività. A tal fine, propose l'introduzione di un'imposta che grava sulle unità prodotte dalle attività economiche che generano esternalità negative. L'importo dell'imposta pigouviana deve

essere pari al costo marginale sostenuto dalla collettività, cosicché il produttore sia costretto a tener in considerazione il costo sociale che genera. Di conseguenza, quest'ultimo sarà incentivato a ridurre la propria offerta, rendendola uguale al livello ottimale in cui il benessere della società è massimizzato. La soluzione di Pigou risulta però di difficile applicazione nel mondo reale. Il problema sussiste nel quantificare in modo preciso il danno sociale provocato dalle esternalità, soprattutto quando si tratta di fenomeni estesi come l'inquinamento e l'emissioni di gas serra. Tali complessità rendono problematico definire il valore esatto dell'imposta da applicare. Tuttavia, va sottolineato che, l'introduzione di imposte pigouviane può portare notevoli benefici nella riduzione delle emissioni e nel contenimento dell'inquinamento. Pertanto, nonostante sia difficile raggiungere il livello di produzione socialmente ottimo nel mondo reale, questa soluzione è stata spesso adottata dai governi per mitigare gli effetti delle esternalità negative.

Imposte sulle emissioni

Le imposte Pigouviane dato che gravano sulle unità produttive, costringono le imprese a ridurre il loro output al fine di diminuire l'impatto dell'imposta, non incentivandole a dotarsi di tecnologie e processi innovativi che consentano di limitare le emissioni.

Al contrario, l'introduzione di un'imposta sulle emissioni inquinanti, oltre ad imporre alle imprese di tener in considerazione il costo sociale che generano, fornisce un incentivo ad investire e ad utilizzare tecnologie sostenibili e a basse emissioni (con lo scopo di contenere l'impatto dell'imposta). Il valore ideale dell'imposta, (come nella soluzione ipotizzata da Pigou), deve essere pari al costo sociale generato dalle emissioni. Essendo tutt'altro che semplice determinare tale valore, le autorità governative, in alternativa, potrebbero istituire un'imposta che permetta di conseguire un obiettivo di riduzione dell'inquinamento ritenuto "socialmente accettabile". Eventualmente modificando il valore dell'imposta in base al raggiungimento o meno dello standard ambientale stabilito. Un esempio rilevante di imposta sulle emissioni è la "Carbon Tax", la quale gode di un ampio utilizzo nelle attuali politiche ambientali.

La creazione di un mercato delle emissioni

La presenza di esternalità può verificarsi nel momento in cui non esiste un mercato per determinate risorse. Quindi, l'istituzione di un mercato per la negoziazione di risorse associate ad esternalità (come ad esempio le emissioni di gas serra), può rappresentare una soluzione efficace ed efficiente, consentendo di internalizzare i costi delle esternalità nel processo decisionale degli operatori economici. L'esempio più rilevante, è costituito dagli Emissions

Trading System i quali sono ampiamente diffusi a livello internazionale e rappresentano una delle principali soluzioni adottate per ridurre le emissioni inquinanti.

2.2 Strumenti e tipologie di Carbon Pricing

Nella definizione di “Carbon Pricing” rientrano tutte quelle politiche che stabiliscono un prezzo per le emissioni di carbonio, con l'obiettivo di diminuire la produzione di gas inquinanti nell'atmosfera. Tali strumenti, detti anche "market-based", si basano su meccanismi di mercato anziché imporre obiettivi di riduzione delle emissioni prefissati alle imprese. Attraverso segnali di prezzo, essi creano degli incentivi sia per le imprese che per i consumatori, ad un utilizzo più sostenibile delle risorse. Le Carbon Tax e gli Emissions Trading System costituiscono gli strumenti principali di Carbon Pricing e qui di seguito verranno approfonditi.

Emissions Trading System (ETS)

La maggior parte degli Emissions Trading System si basano sul principio del "cap and trade". Le autorità governative stabiliscono un tetto massimo, noto come “cap”, alle emissioni consentite in un determinato periodo, generalmente annuale. Contestualmente alle imprese vengono assegnati dei permessi di emissione (c.d. allowances), ciascuno rappresentante il diritto ad emettere una certa quantità di gas serra. I permessi possono essere distribuiti gratuitamente o tramite un'asta, e la loro somma totale corrisponde al “cap” prestabilito.

All'interno dei sistemi ETS si crea un incentivo a ridurre le emissioni inquinanti e ad adottare tecnologie più sostenibili, in quanto se un'azienda, nel periodo di riferimento, emette meno gas serra delle sue quote assegnate, può vendere i diritti rimanenti sul mercato. Al contrario, se un'azienda supera i permessi attribuiti, dovrà acquistare le quote aggiuntive per coprire le emissioni in eccesso. Il prezzo dei permessi sarà determinato dalla creazione di una domanda e di un'offerta di allowances che si forma all'interno del sistema. Infine, per incoraggiare una maggiore riduzione delle emissioni, il “cap” può essere ridotto gradualmente nel tempo.

Il primo sistema ETS di larga scala, risale agli anni 90 del secolo scorso, quando gli Stati Uniti tramite una modifica legislativa al “Clean Air Act” stabilirono un programma di negoziazione dei diritti di inquinamento, noto come “Acid Rain Program”. Questo programma ha avuto l'obiettivo di ridurre le emissioni di ossidi di zolfo (SOx) e diossidi di azoto (NOx), i principali responsabili dell'acidificazione delle piogge.

Il funzionamento dell'Acid Rain Program si basava pressoché su un sistema ETS basato sul "cap and trade". Grazie alla sua implementazione, gli Stati Uniti sono riusciti a ridurre in modo significativo le emissioni e a combattere efficacemente il problema dell'acidificazione delle

piogge [5]. Questo sistema di negoziazione dei diritti di inquinamento è stato un esempio pionieristico di come un sistema ETS basato sul "cap and trade" possa essere utilizzato con successo per affrontare particolari problemi ambientali e promuovere la riduzione delle emissioni in settori specifici dell'economia.

Carbon Tax

La carbon tax è uno strumento mediante il quale l'autorità governativa stabilisce un'aliquota fiscale sulle emissioni di gas serra, o più comunemente, sul contenuto di carbonio dei combustibili fossili utilizzati, fornendo un incentivo finanziario per ridurre l'impatto ambientale [6]. In questo meccanismo, le autorità governative invece di limitare il numero di emissioni, attribuiscono ad esse un prezzo definito. Le imprese, come all'interno dei sistemi ETS, saranno incentivate a migliorare la loro efficienza energetica e ad adottare tecnologie a basse emissioni di carbonio, in maniera tale da ridurre l'impatto della carbon tax.

La decisione di istituire una carbon tax o un sistema ETS dipende da una serie di fattori, che includono le specifiche condizioni e ambizioni di ciascun Paese o regione. Elementi come la struttura industriale, la fattibilità politica, i livelli d'inquinamento, la capacità amministrativa e il consenso pubblico, possono influenzare il processo decisionale. In particolare, una carbon tax può rappresentare un approccio più semplice e trasparente per stabilire il prezzo del carbonio. D'altro canto, i Paesi possono optare per un sistema ETS se si ricerca una soluzione basata sul mercato che fornisca una maggiore elasticità ed efficienza dei costi [7].

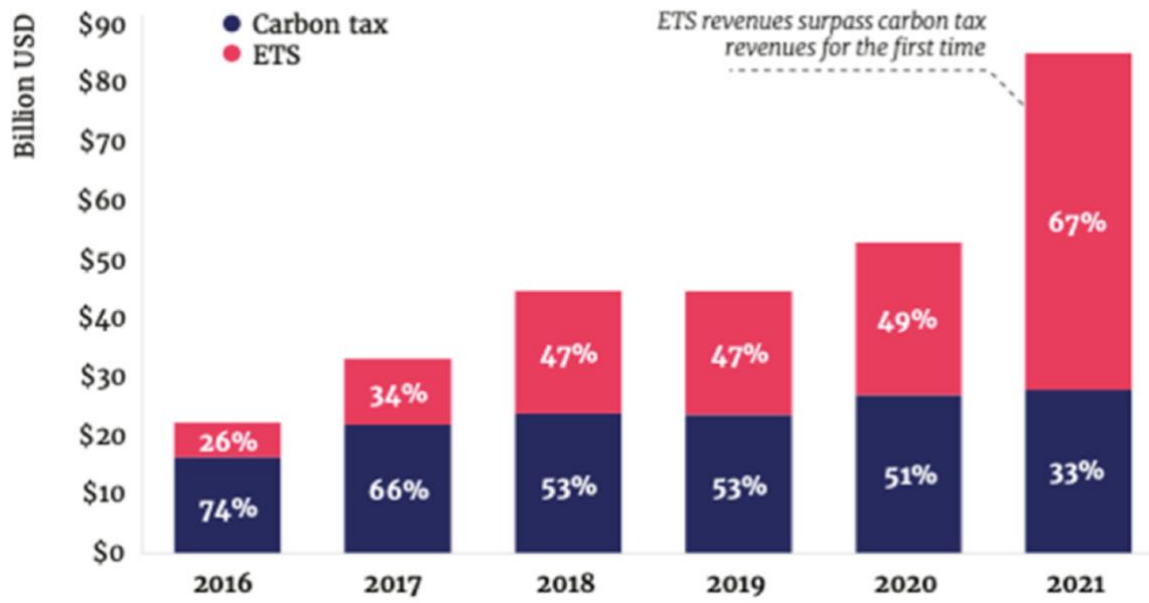
Va evidenziato inoltre che le carbon tax e gli ETS sono meccanismi che dal punto di vista teorico permettono di raggiungere lo stesso obiettivo ideale di riduzioni delle emissioni. Tuttavia, nella pratica, esistono delle differenze strutturali che emergono anche a seconda delle condizioni economiche esistenti. Dato che con l'applicazione di una carbon tax si fissa il prezzo delle emissioni ma non un limite massimo, queste potrebbero variare a seconda dell'andamento dell'economia.

In particolare, in una fase di crescita economica, le emissioni potrebbero aumentare dato che il potere d'acquisto pro capite è maggiore e conseguentemente l'impatto della carbon tax sarà minore. Viceversa durante periodi di recessione l'imposta può gravare pesantemente sulle famiglie a medio-basso reddito. A seconda quindi delle fasi congiunturali dell'economia può essere necessario modificare le aliquote della carbon tax.

D'altro canto all'interno dei sistemi ETS, seppur il limite alle emissioni sia stabile, ciò che può variare anche sensibilmente, è il prezzo dei permessi di emissione. In particolare, nel caso in cui diminuisse eccessivamente, l'efficacia del sistema potrebbe risultare compromessa [8].

Concludendo sia la carbon tax che i sistemi ETS (in caso di messa all'asta delle quote) garantiscono un'entrata alle autorità governative che può essere utilizzata per finanziare progetti sostenibili o per ammortizzare il costo sociale di tali strumenti, tramite ad esempio delle politiche redistributive fra la popolazione.

Figura 2: Evoluzione nel tempo dei proventi globali generati dal Carbon Pricing

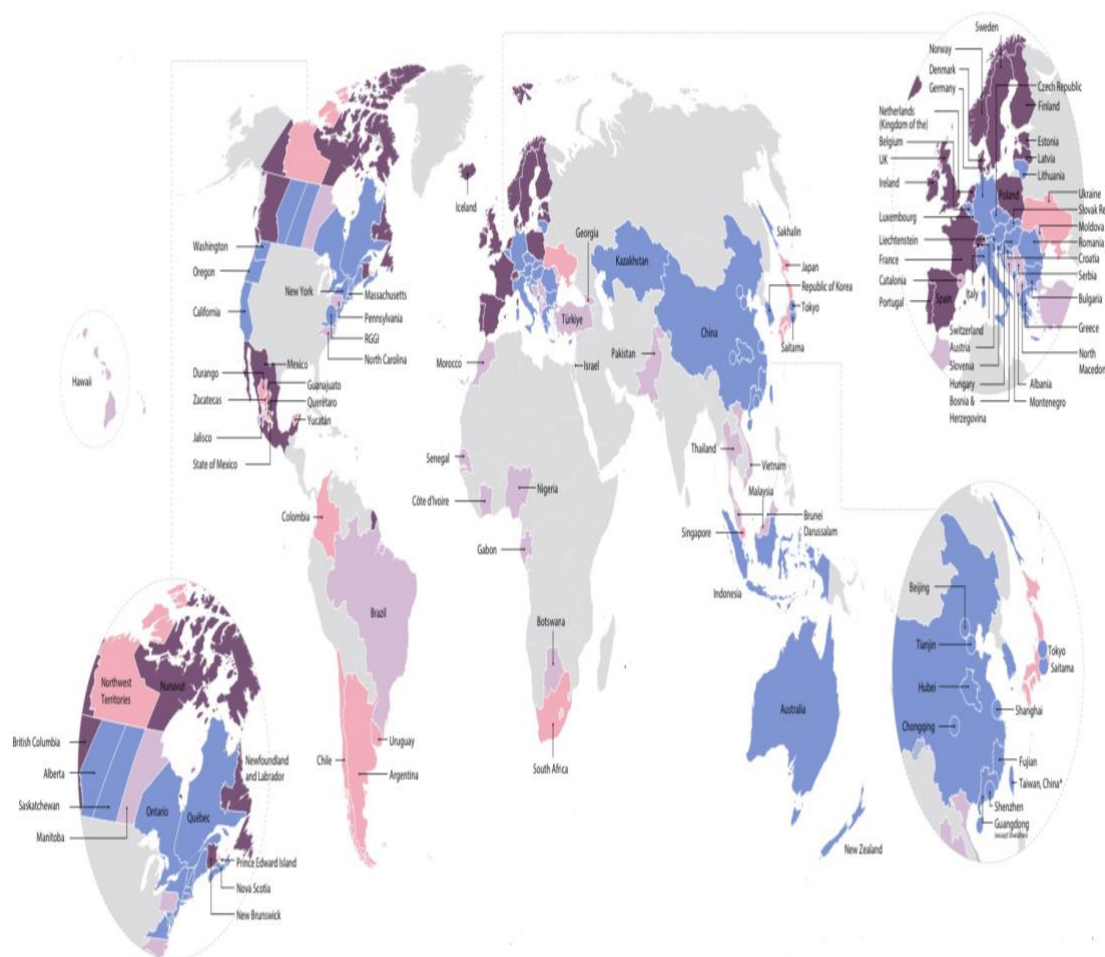


Fonte: Aruna Xiayimulati 2023, *Implications and Challenges of Carbon Pricing*

2.3 Carbon Pricing nel mondo

Secondo il rapporto pubblicato dalla World Bank nel 2023, al giorno d'oggi, nel mondo sono operativi 73 strumenti di Carbon Pricing, tra carbon tax e sistemi ETS, che insieme coprono circa il 23% delle emissioni globali di gas serra [9].

Figura 3: Carbon Tax e ETS adottati nel mondo



Fonte: World Bank 2023, State and Trends of Carbon Pricing 2023

Nell'ultimo anno sono stati avviati nuovi ETS nello stato di Washington (negli Stati Uniti) e in Austria. L'Indonesia ha annunciato l'istituzione di un ETS nazionale il quale coprirà 99 centrali elettriche a carbone che rappresentano l'81,4% della capacità di generazione di energia del paese. A livello subnazionale sono state implementate tre nuove tasse sul carbonio negli Stati del Messico (Yucatán, Stato del Messico e Querétaro). Aldilà di questi nuovi strumenti, nel gennaio 2023 l'ETS nazionale tedesco è stato ampliato per coprire alcuni impianti a carbonio attualmente al di fuori dell'Emissions Trading System dell'Unione Europea (EU ETS). I Paesi Bassi hanno introdotto prezzi minimi del carbonio per le emissioni coperte dall'EU ETS, nei

settori dell'elettricità e dell'industria. L'Unione Europea stessa ha raggiunto un accordo per un'importante riforma del suo sistema ETS, rafforzandone l'ambizione.

Un'importante novità è stata la recente introduzione di un ETS nazionale in Cina. Secondo Our World In Data (2023), la Cina al giorno d'oggi è responsabile del 27% delle emissioni di CO₂ globali. Per tale ragione risulta interessante approfondire la struttura e le prospettive future del suo nuovo sistema ETS.

2.3.1 China National ETS

Il China National ETS è il più grande al mondo in termini di emissioni coperte. È entrato in funzione nel 2021, a seguito dell'esperienza di successo di diversi progetti pilota lanciati in 8 regioni del paese⁷. Inizialmente coprirà solo le emissioni di CO₂ del settore energetico, ma queste ad oggi rappresentano:

- più di 4 miliardi di tCO₂;
- 2225 impianti;
- oltre il 40% delle emissioni nazionali [10].

Il sistema di mercato si pone al centro per la realizzazione degli NDC cinesi; ovvero di raggiungere il picco di emissioni di CO₂ nel 2030 e la neutralità climatica entro il 2060.

Nonostante ciò, ad oggi sussistono delle perplessità sull'efficacia a breve termine del China National ETS, e in particolare fanno riferimento:

- all'assenza di un cap alle emissioni, il limite massimo non viene determinato a priori ma è definito secondo un sistema *bottom-up*, ovvero viene calcolato sommando il numero totale di quote effettivamente allocate.

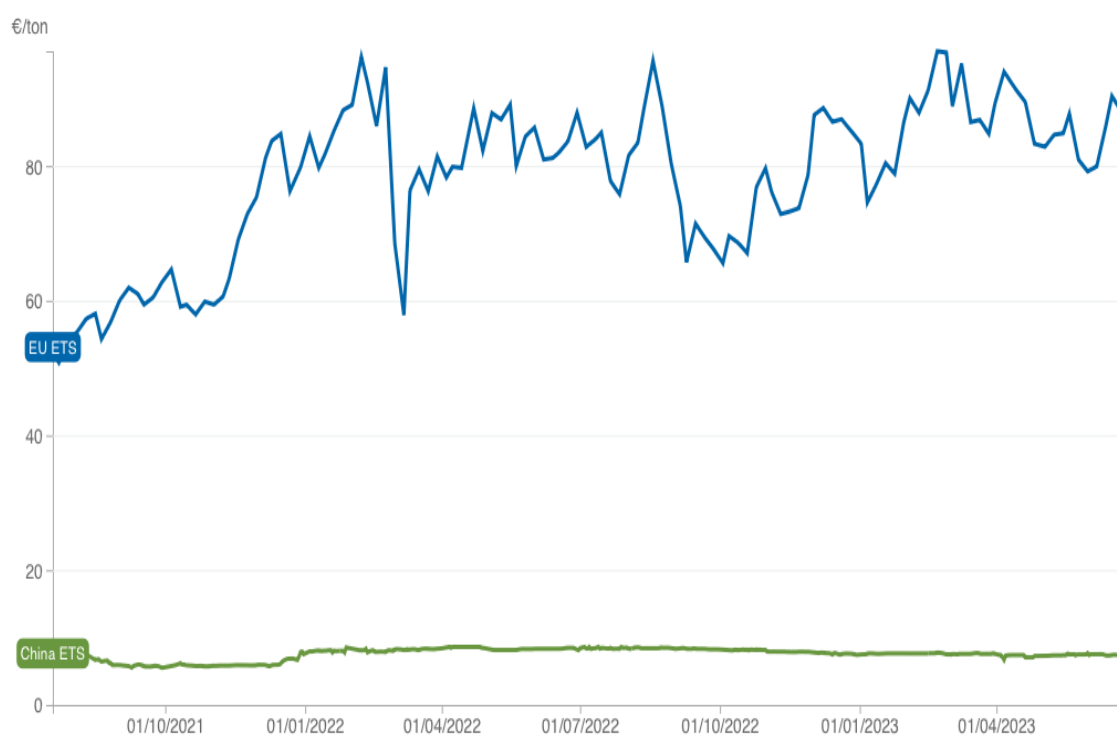
- le quote di emissione vengono assegnate gratuitamente tramite un metodo di "benchmarking". Nello specifico sono stati determinati 4 benchmark di riferimento⁸, a cui corrispondono dei limiti di intensità di carbonio per ogni unità di energia elettrica generata dall'impianto. Le centrali elettriche, che producono con un'intensità di carbonio inferiore al valore di riferimento, otterranno la completa assegnazione gratuita delle quote e potranno vendere quelle in eccesso. Viceversa, gli impianti che superano il benchmark, saranno costretti ad acquistare le quote aggiuntive. Riassumendo quindi con l'implementazione di un *intensity-based cap*, la strategia cinese è quella di incentivare gli impianti a produrre in modo più efficiente, facendo così calare le emissioni senza imporre un limite massimo.

⁷ Gli otto ETS pilota che operano in Cina, coprono settori e impianti non inclusi nel sistema nazionale, ma è previsto che saranno gradualmente integrati.

⁸ Centrali a carbone convenzionali con potenza inferiore a 300 MW, centrali a carbone convenzionali con potenza superiore a 300 MW, centrali a carbone non convenzionali e centrali a gas naturale.

Secondo l'analista di Morgan Stanley, Simon Lee, il valore del Benchmark deciso da Pechino di 0,877tCO₂/MWh, risulta essere non così ambizioso, in quanto nel 2018 e nel 2019, le emissioni medie di CO₂ degli impianti energetici superiori a 300MW erano già inferiori a tale parametro. Inoltre, il prezzo medio delle allowances cinesi, dalla sua istituzione, è oscillato tra i 41-61 Yuan per tCO₂, equivalente circa a 5,19-7,72 euro, decisamente più basso rispetto al prezzo medio dei permessi dell'EU ETS che nel 2023 è stato ben al di sopra di 80 euro per tCO₂ [11].

Figura 4: Confronto tra i prezzi (€/tCO₂) dell'EU ETS e del China National ETS



Fonte: International Carbon Action Partnership, 2023

Recentemente le autorità cinesi si sono poste l'obiettivo di attribuire all'ETS un quadro giuridico più solido. In particolare, hanno in programma di estendere il sistema ad altri settori come l'acciaio e il cemento, di introdurre gradualmente la vendita all'asta delle quote, di migliorare il sistema di Monitoraggio Verifica e Comunicazione delle emissioni (MRV)⁹ e di passare alla definizione di un limite massimo. Seguire attentamente le evoluzioni strutturali del China National ETS sarà di grande interesse, poiché se implementato efficacemente e con successo, potrebbe rappresentare un notevole contributo nella riduzione delle emissioni globali di CO₂ e nella lotta contro il cambiamento climatico.

⁹ "Monitoring Reporting and Verification, MRV"

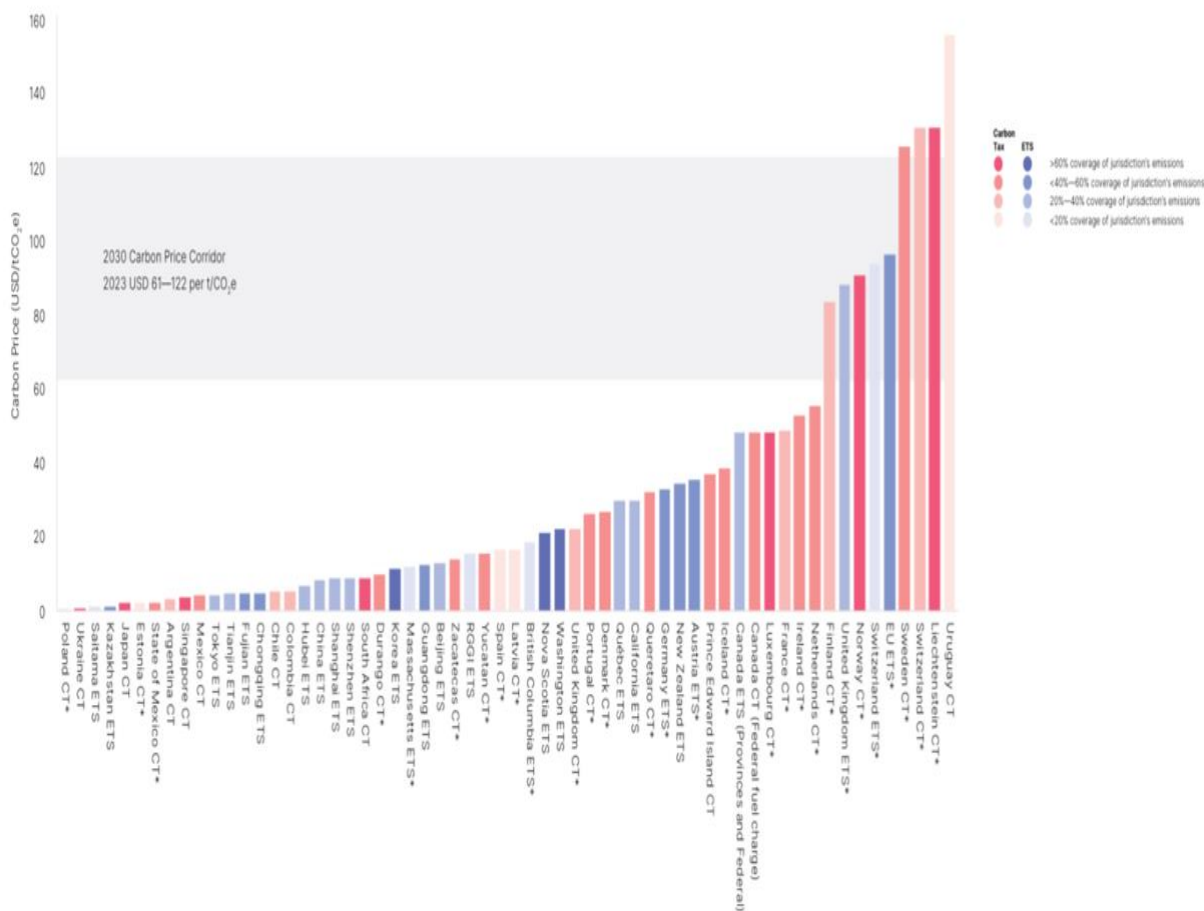
2.4 Criticità e problematiche dei sistemi di Carbon Pricing

L'implementazione degli strumenti di Carbon Pricing è stata una delle principali strategie messe in atto a livello globale per affrontare il cambiamento climatico. Questi meccanismi che mirano a internalizzare i costi sociali delle emissioni di carbonio, possono risultare non sempre così efficaci, con il rischio di generare effetti regressivi in particolare sulla popolazione a medio-basso reddito o di alterare la competitività delle imprese coinvolte.

L'efficacia di tali strumenti dipende da numerosi fattori; uno fra tutti è sicuramente l'entità del prezzo che viene applicato (nelle carbon tax) o che si viene a formare liberamente nel mercato (nei sistemi ETS). Un prezzo del carbonio troppo basso, infatti, potrebbe non fornire abbastanza incentivi alle imprese per ridurre le loro emissioni di gas serra, avendo quindi un impatto limitato sulle decisioni di investimento. Le imprese sono spinte ad investire in tecnologie e processi più sostenibili, solamente se il costo di questi investimenti è inferiore al prezzo del carbonio. Diversamente risulta più conveniente per le imprese pagare le imposte sulle emissioni o comprare i relativi permessi.

Nel corso degli ultimi anni i prezzi del carbonio sono generalmente aumentati, ma nonostante ciò, la maggior parte degli attuali strumenti è ancora ben al di sotto dei livelli necessari per raggiungere gli obiettivi dell'accordo di Parigi. La High-Level Commission on Carbon Prices nel 2017 sosteneva che i prezzi del carbonio devono essere compresi tra 50-100 dollari per tCO₂ entro il 2030 per riuscire a mantenere le temperature al di sotto dei 2°C. Tenendo conto degli attuali livelli d'inflazione, i prezzi del carbonio dovrebbero essere compresi tra i 61 e i 122 dollari per tCO₂. Ad aprile 2023, meno del 5% delle emissioni globali di gas serra era coperto da un prezzo del carbonio superiore o pari a tale intervallo.

Figura 5: Rappresentazione grafica ETS e Carbon Tax nel mondo



Fonte: World Bank 2023, State and Trends of Carbon Pricing 2023.

Come evidenziato dal grafico, ad eccezione dell'Uruguay carbon tax, solamente alcuni strumenti adottati in Europa rientrano nell'intervallo consigliato per il 2030.

Dato che il prezzo del carbonio è tutt'altro che uniforme a livello globale, sussiste il rischio di carbon leakage, ovvero "ricollocazione delle emissioni", nel momento in cui c'è la possibilità che le imprese spostino la loro produzione in paesi con regolamentazioni ambientali meno rigorose, o in alternativa, che preferiscano l'importazione di tali prodotti per sfruttare i prezzi bassi della CO₂, applicati nei paesi esportatori. La ricollocazione delle emissioni di gas ad effetto serra, oltre a generare una mancata riduzione delle stesse a livello globale¹⁰, può portare anche ad una perdita dei posti di lavoro nei settori coperti dai sistemi di Carbon Pricing [12]. Tale rischio è maggiore nei settori ad alta intensità di carbonio, e difatti una delle soluzioni che l'Unione Europea ha storicamente implementato, è stata quella di assegnare i permessi di

¹⁰ Rendendo così inefficace la politica contro il cambiamento climatico adottata dal paese, in quanto il danno derivante dalle emissioni gas serra, non dipende dall'ubicazione delle emissioni [12].

emissione gratuitamente alle imprese interessate, permettendole di rimanere competitive anche operando all'interno dell'EU ETS.

Un'altra soluzione che può essere applicata per arginare il fenomeno del carbon leakage, si basa sull'istituzione di un Border Carbon Adjustment, ovvero un meccanismo di “adeguamento del carbonio alla frontiera” (BCA). Questo meccanismo, si basa sull'imposizione di un prezzo del carbonio all'importazione di alcuni beni fabbricati in Paesi con standard ambientali meno severi. L'obiettivo principale è quello di equiparare il prezzo del carbonio dei beni importati con quello applicato ai beni prodotti all'interno del Paese, al fine di uniformare le condizioni di concorrenza e prevenire la rilocalizzazione delle emissioni di carbonio. In tal senso, l'implementazione di un BCA può essere considerata un'estensione di una carbon tax o di un ETS, ai beni importati da altre giurisdizioni [10]. Nell'aprile 2023, proprio l'Unione Europea all'interno della riforma del suo Emissions Trading System ha formalmente approvato la creazione di una carbon tax alla frontiera.

Capitolo 3

European Union Emissions Trading System

L'EU ETS, il sistema di scambio di quote di emissione dell'Unione Europea, lanciato nel 2005 è un ambizioso strumento di mercato che ha come obiettivo quello di supportare l'Unione Europea nel raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra in modo efficace ed efficiente. Di seguito verrà approfondito il funzionamento e le caratteristiche del sistema, facendo riferimento alla sua evoluzione storica e ai risultati ottenuti dall'ETS nel tempo.

3.1 Funzionamento e origini del sistema

L'EU ETS si basa sul principio del "cap and trade". Viene stabilito un tetto massimo delle emissioni di gas serra consentite sul territorio europeo, il quale viene suddiviso in quote di emissione (EUA)¹¹. Ogni quota garantisce alle imprese proprietarie il diritto ad emettere una quantità di gas serra pari ad una tonnellata di CO₂ equivalente. Entro il 30 aprile di ogni anno, le imprese che fanno parte del sistema, devono restituire un numero di allowances pari alle emissioni prodotte nell'anno precedente. Se le emissioni non hanno superato le quote assegnate, l'impresa potrà venderle sul mercato, o in alternativa, potrà conservarle per il successivo periodo di compliance [13]. Al contrario se l'azienda ha generato gas serra oltre le quote consentite, dovrà acquistare le EUA mancanti.

Per monitorare accuratamente le emissioni, esse devono essere contabilizzate secondo un Piano di Monitoraggio approvato dall'Autorità Nazionale Competente¹². La contabilità delle compensazioni invece è tenuta presso il Registro Unico dell'Unione Europea.

Le origini dell'Emission Trading System (ETS) dell'Unione Europea sono strettamente connesse al Protocollo di Kyoto. Questo trattato introdusse due principi cardine:

- Definì obiettivi quantitativi assoluti di riduzione delle emissioni per le nazioni industrializzate.
- Incorporò un insieme di "meccanismi flessibili" che consentivano lo scambio di unità di emissioni tra i paesi.

Sotto il Protocollo di Kyoto, l'UE composta allora da 15 Stati membri, si impegnò congiuntamente a ridurre dell'8% le emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990, nel quadriennio 2008-2012 [14]. Tuttavia, all'epoca mancavano gli strumenti politici per attuare

¹¹ "European Union Allowances", (EUA)

¹² In Italia è il "Comitato ETS" costituito presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

tale riduzione. Mentre alcuni Paesi stavano avanzando con politiche nazionali di riduzione delle emissioni, come il sostegno alle energie rinnovabili, altri attendevano l'implementazione di politiche e misure comuni e coordinate a livello dell'UE. In questo contesto generale, la Commissione Europea iniziò a elaborare una proposta per un Emissions Trading Scheme mirato a contrastare le emissioni dei settori economici chiave, in particolare energia e industria. Come esito di tali riflessioni, l'EU ETS fu introdotto come una delle principali politiche per conseguire gli obiettivi del Protocollo di Kyoto. Attualmente il sistema copre oltre 11.000 impianti e le compagnie aeree che operano nello spazio economico europeo (SEE), per un totale di circa il 45% delle emissioni totali di gas ad effetto serra dell'UE [15].

3.2 Le fasi dell'EU ETS

L'EU ETS, dalla sua entrata in vigore, è stato oggetto di numerose riforme che hanno modificato la sua operatività, la quale nello specifico può essere suddivisa in 4 fasi o periodi di scambio:

Fase 1: 2005-2007

Nell'ottobre 2003, il Parlamento europeo approvò la legge attuativa dell'ETS e definì i contorni della prima e della seconda fase di scambio. La prima fase dell'EU ETS è stata un periodo di sperimentazione per testare l'efficacia del sistema. Gli Stati membri avevano l'autonomia di determinare la quantità totale di EUA da assegnare a ciascun impianto nel loro territorio, elaborando i piani nazionali di assegnazione (NAP).

La maggior parte delle allowances è stata assegnata gratuitamente, basandosi sulle emissioni storiche, noto come meccanismo del *grandfathering*. In tale fase, il sistema ha coperto le emissioni di CO₂ prodotte dai generatori di energia e dagli impianti ad alta intensità energetica. Durante questo periodo iniziale si è determinato il prezzo delle allowances, tramite il libero scambio in tutta l'UE e si è stabilita un'infrastruttura per il monitoraggio, la comunicazione e la verifica delle effettive emissioni degli impianti inclusi nel sistema (MRV)¹³. Inoltre, è stata prevista una sanzione di 40 euro per tonnellata di CO₂, per le aziende inadempienti.

Tuttavia, durante la prima fase, data l'assenza di dati affidabili sulle emissioni delle imprese, le quote sono state assegnate sulla base di stime, portando ad un eccesso d'offerta di queste e ad un conseguente calo del loro prezzo, che si è azzerato alla fine del periodo. Per tale motivo le quote in eccesso della prima fase, non hanno potuto essere riutilizzate per le fasi successive.

¹³ “Monitoraggio, Rapporto e Verifica” (Monitoring, Reporting, and Verification) è l'insieme delle procedure che le imprese partecipanti al EU ETS devono seguire per monitorare accuratamente le proprie emissioni di gas a effetto serra e per riportare tali dati alle autorità competenti.

Fase 2: 2008-2012

La seconda fase coincise con il primo periodo di adempimento del Protocollo di Kyoto, in ottemperanza al quale l'UE impose un limite alle emissioni più rigoroso, riducendo del 6,5% il volume totale di quote rispetto al 2005. Durante questa fase, l'Islanda, la Norvegia e il Liechtenstein si unirono al sistema ETS e l'ambito di applicazione venne esteso per includere l'ossido di azoto. Inoltre, a partire dal 1° gennaio 2012, i voli all'interno dei confini dell'UE vennero inclusi nel sistema ETS. Fino al 10% delle quote poteva essere messo all'asta dagli Stati membri anziché essere assegnato gratuitamente e la sanzione per l'inadempienza delle imprese salì a 100 euro per tonnellata di CO₂. Alle aziende fu permesso di acquistare i crediti provenienti dal Meccanismo di Sviluppo Pulito (CDM) e dall'Attuazione Congiunta (JI) del Protocollo di Kyoto, fino a un totale di 1,4 miliardi di tonnellate di crediti di CO₂. Tale strategia aveva l'obiettivo di fornire alle aziende opzioni di mitigazione economicamente vantaggiose e pose l'EU ETS al centro del mercato internazionale del carbonio. Tuttavia, tali crediti aggiuntivi e la crisi economica del 2008, che ridusse le emissioni delle aziende dell'UE, portarono ad un'ampia eccedenza di quote, causando una diminuzione del loro prezzo da 30 a meno di 7 euro [14].

Fase 3: 2013-2020

La Commissione Europea, nel 2009, ha rivisto con scrupolosa attenzione il sistema ETS per il terzo periodo di scambio. Le ragioni di tali modifiche sono varie:

-In primo luogo, l'affidabilità dell'ETS è stata gravemente compromessa durante la seconda fase, a causa della riduzione delle emissioni verificate e la conseguente caduta del prezzo delle EUA

-In secondo luogo, le trasformazioni e i progressi verso industrie a basse emissioni di carbonio o fonti di energia rinnovabili, attesi come risultato dell'ETS, si sono rivelati meno incisivi di quanto sperato.

Per fronteggiare le intrinseche debolezze e massimizzare l'efficacia del sistema, la terza fase ha previsto l'introduzione di un tetto massimo di emissioni comune sull'intero territorio dell'UE, che diminuiva progressivamente dell'1,74% annuo. La Croazia è entrata a far parte dell'ETS e l'ambito di applicazione è stato esteso per includere ulteriori settori industriali e gas inquinanti¹⁴. Il metodo principale di assegnazione delle quote è stato rivoluzionato, passando dal *grandfathering* alla vendita all'asta, garantendo inoltre alcune assegnazioni gratuite tramite

¹⁴ Nello specifico la legislazione è stata estesa alle emissioni di perfluorocarburi derivanti dalla produzione di alluminio, e ai seguenti settori: petrolchimico, ammonio, produzione di acido nitrico, adipico e gliossilico, acquisizione di CO₂, trasporto in gasdotti e deposito geologico di CO₂.

dei parametri di riferimento, c.d. “*Benchmark*” (BM) basati sugli impianti che emettono meno gas serra. In tal modo si è permesso alle imprese meno inquinanti di ricevere le quote gratuitamente, viceversa le imprese non conformi al *Benchmark*, hanno dovuto acquistare le quote per coprire le loro emissioni, incentivandole a migliorare la loro performance ambientale. Inoltre, gli impianti operanti in settori considerati ad alto rischio di delocalizzazione verso paesi con politiche ambientali meno rigorose (carbon leakage), hanno continuato a ricevere le allowances gratuitamente. In generale, durante tutto il terzo periodo di scambio, circa il 43% dei permessi di emissione è stato assegnato gratuitamente [16].

L’elevata eccedenza di quote provenienti dalla seconda fase ha ostacolato l’efficacia del sistema nella prima parte della fase 3. Per far fronte a tale situazione, l’UE ha adottato una strategia di “backloading”, posticipando la messa all’asta di 900 milioni di quote al 2019-2020. Successivamente, all’istituzione del Market Stability Reserve (MSR), i 900 milioni di permessi sono stati destinati direttamente nella riserva. Nello specifico la MSR è un meccanismo che permette di ridurre l’eccedenza di quote e di stabilizzare il prezzo delle allowances, in quanto se si supera il limite di 833 milioni di permessi in circolazione, il 12% viene messo a riserva. Recentemente la riserva è stata potenziata innalzando la percentuale al 24%, fino al 2030.

Fase 4: 2021-2030

Protagonista della quarta fase del periodo di scambio è l’importante riforma adottata nell’aprile 2023 dal Consiglio Europeo, che fa parte dell’insieme di proposte legislative del pacchetto “Pronti per il 55%”, che mirano a ridurre di almeno il 55% le emissioni di gas ad effetto serra entro il 2030 e a conseguire la neutralità climatica nell’UE entro il 2050.

Il principale obiettivo della riforma dell’EU ETS è quello ridurre le emissioni di gas serra dei settori coperti di almeno il 62% rispetto ai livelli del 2005. Attualmente si è raggiunta una riduzione delle emissioni pari al 41% [17]. A seguito della riforma e in vista del raggiungimento di tale obiettivo, le principali caratteristiche della quarta fase del periodo di scambio riguarderanno:

- Una riduzione di 117 milioni di quote nel corso di due anni;
- Una diminuzione del numero complessivo di quote di emissioni del 4,3% annuo per il periodo che va dal 2024-2027 e del 4,4% per il periodo 2028-2030, invece dell’attuale 2.2% previsto originariamente per tutta la fase 4;
- L’estensione dell’EU ETS al trasporto marittimo a partire dal 2024;
- La creazione di ETS separati, denominati “EU ETS II”, per gli edifici commerciali e il trasporto stradale dal 2027, supportati da un apposito Fondo Sociale per il Clima per limitare gli impatti sociale di questa misura;

- Nuove norme per l'assegnazione delle quote a titolo gratuito per i settori a rischio "carbon leakage" e la contestuale introduzione del CBAM (Carbon Border Adjustments Mechanism)
- L'utilizzo dei proventi derivanti dalla vendita all'asta delle quote dell'EU ETS, per finanziare progetti innovativi e sostenibili.

La riforma dell'aprile 2023 ha stabilito un importante cambiamento nel modo in cui vengono assegnate le quote alle imprese a rischio di "carbon leakage". Fino ad ora, per evitare la delocalizzazione delle industrie in paesi terzi con politiche ambientali meno stringenti e rigorose, la vendita di tutte le quote tramite asta non è mai stata applicata. Tuttavia, a partire dal 2026, una graduale eliminazione delle quote gratuite è prevista, partendo da un taglio iniziale del 2,5% fino ad arrivare alla completa eliminazione nel 2034.

Questa modifica sarà sostenuta dalla creazione di una carbon tax alla frontiera (CBAM), che graverà sul prezzo sulle merci provenienti da paesi che non rispettano gli standard ecologici e sociali dell'UE. Questa misura, come già spiegato in precedenza, mira a contrastare in modo efficace il "carbon leakage" e a preservare al contempo la competitività e l'occupazione delle imprese europee. Settori a rischio di delocalizzazione, tra cui ferro, acciaio, cemento, fertilizzanti, alluminio e produzione di elettricità, saranno coinvolti dal CBAM.

Tramite l'eliminazione graduale delle quote gratuite, l'EU ETS riuscirà in modo più efficace a premiare le imprese più virtuose in termini di riduzione delle emissioni di carbonio, istituendo un commercio più equo e sostenibile.

3.3 Risultati conseguiti dall'EU ETS

L'obiettivo principale dell'EU ETS, come chiarito dalla direttiva UE 2003/87/CE, è quello di promuovere la riduzione di emissioni di gas ad effetto serra secondo criteri di validità in termini di costi e di efficienza economica. Un altro fondamentale scopo del sistema, sebbene non sia esplicitamente enunciato nella direttiva, consiste nell'instaurare incentivi per promuovere investimenti in nuove tecnologie e processi innovativi con un minor impatto ambientale. Nel paragrafo seguente verranno approfonditi i risultati dell'EU ETS in termini di riduzioni delle emissioni; non verrà invece trattato l'impatto del sistema sulla capacità dei settori di sviluppare tecnologie e processi a basse emissioni di carbonio.

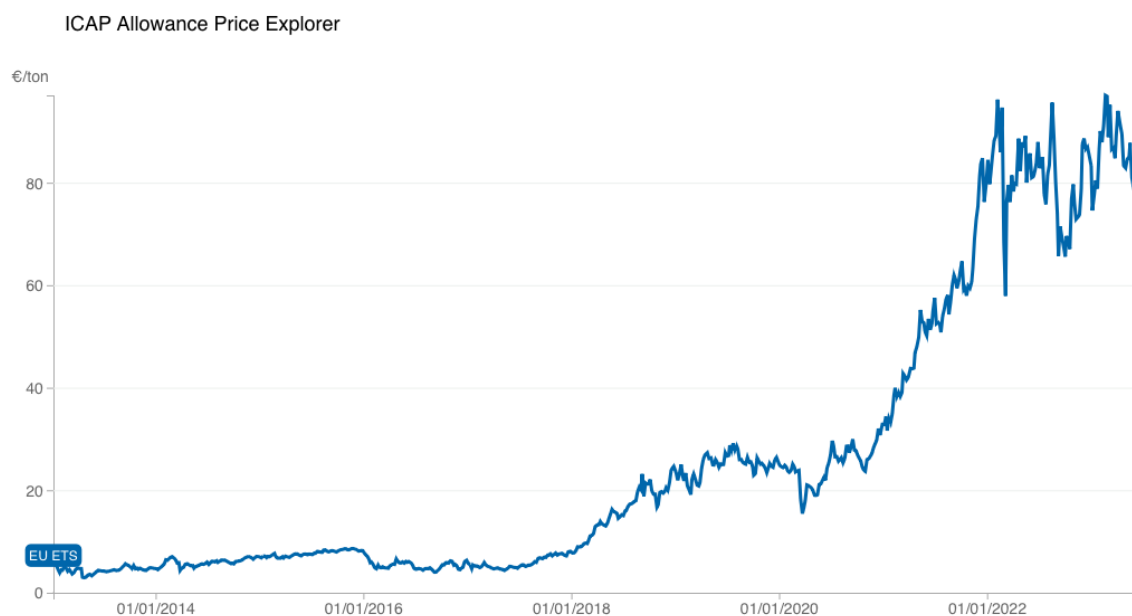
Dal momento della sua entrata in vigore, le emissioni nei settori coperti dall'EU ETS si sono ridotte del 41% rispetto ai livelli del 2005. Risulta interessante approfondire se tale risultato sia direttamente attribuibile al sistema ETS, o se invece altre variabili abbiano inciso in modo marcato. In particolare, la complessità di questa analisi sta nel separare l'effetto dell'ETS da quello di altre politiche o eventi esterni¹⁵. Ad aumentarne la difficoltà inoltre è la mancanza di dati completi sulle emissioni per il periodo antecedente al 2005. Tuttavia, considerando parte della letteratura esistente e i dati ufficiali messi a disposizione dall'Unione Europea, è possibile effettuare alcune considerazioni sull'andamento delle emissioni dei settori coinvolti dall'EU ETS. Per quanto riguarda le prime due fasi del sistema, nonostante le problematiche operative legate principalmente ad una eccedenza di quote e alla mancanza di un tetto massimo comune sul territorio europeo, le analisi e i dati di seguito citati mostrano comunque dei risultati, seppur moderati, ma positivi. Durante la prima fase, circa 200 milioni di tonnellate di CO₂, pari al 3% delle emissioni totali verificate, sono state ridotte grazie al sistema ETS [14].

Lo studio effettuato da Bayer & Alin (2020), sostiene che il sistema ha permesso di ridurre circa 1,2 miliardi di tonnellate di CO₂ nel periodo 2008-2016, all'incirca il 3,8% delle emissioni totali in quel periodo, specificando l'impatto positivo dell'ETS aldilà della crisi economica del 2008/2009. Nachtigall & Venmans (2018) affermano che l'ETS abbia ridotto le emissioni UE di circa il 10% rispetto a uno scenario "business as usual" nel periodo 2005-2012.

Durante la terza e l'attuale quarta fase l'ambizione del sistema ETS è stata notevolmente rafforzata. Le riforme citate precedentemente hanno reso l'EU ETS in grado di fornire un segnale di prezzo in linea con gli obiettivi di riduzione delle emissioni.

¹⁵ Come, ad esempio, la crisi economica del 2008/2009 e la pandemia da COVID-19.

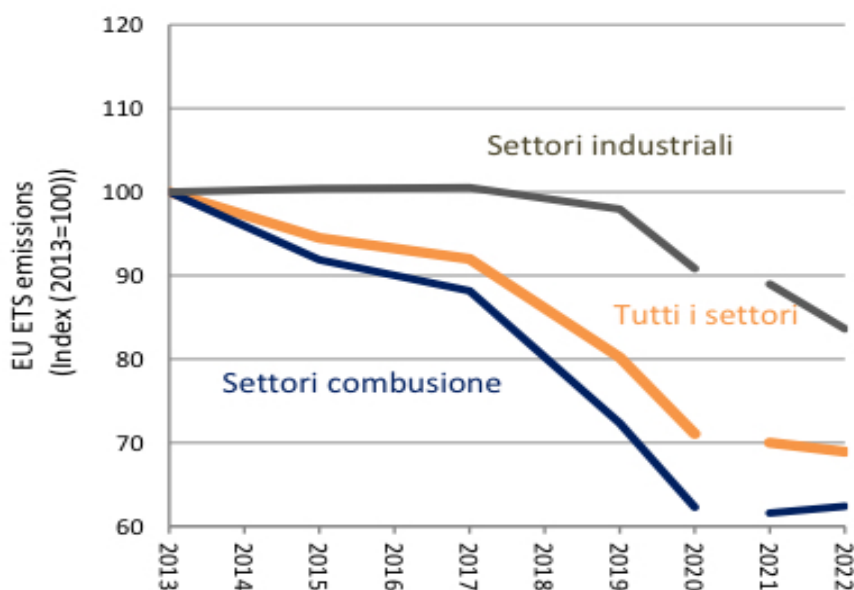
Figura 6: Evoluzione del prezzo €/tCO₂ nell'EU ETS (1/01/2013-30/06/2023)



Fonte: International Carbon Action Partnership, 2023

Il backloading delle quote messe all'asta, la progressiva riduzione dell'assegnazione gratuita e la successiva istituzione della Riserva di Stabilità del Mercato (MSR), sono i principali strumenti con cui l'Unione Europea ha affrontato l'eccedenza di quote derivanti dalla seconda fase. L'obiettivo per la fase tre dell'EU ETS di una riduzione del 21% dei gas ad effetto serra rispetto ai livelli del 2005 era stato già raggiunto nel 2014. In particolare, durante la suddetta fase, secondo i dati dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA), le emissioni di CO₂ di tutti gli impianti fissi sono diminuite del 29%. Tale risultato è in gran parte attribuibile agli impianti di combustione le cui emissioni sono diminuite del 38%, mentre le emissioni degli altri impianti fissi sono diminuite del 9%. Va evidenziato però che la più grande riduzione di emissioni annuali, in particolare dell'11%, si è verificata tra il 2019 e il 2020 a causa dell'impatto sulle attività economiche della pandemia da COVID-19 [18].

Figura 7: Emissioni dei settori industriali e della combustione dall'inizio della Fase 3



Fonte: ERCST, 2023. 2023 State of the EU ETS Report.

Come mostrato in figura, le emissioni del settore industriale, risultano essere relativamente stabili fino al 2019, mentre le emissioni derivanti dal settore della combustione¹⁶ mostrano una continua e considerevole diminuzione [19].

Inoltre, durante la terza Fase dell'EU ETS, si è manifestato un chiaro avvio del processo di decarbonizzazione. L'intensità di carbonio degli impianti di combustione si è ridotta del 30% tra il 2013 e il 2019. Tale risultato è frutto principalmente dell'aumento delle energie rinnovabili nel mix energetico dell'UE e del passaggio dal carbone al gas.

Va sottolineato quindi che gran parte delle riduzioni delle emissioni durante la terza fase, è avvenuta nel settore dell'energia elettrica, dove l'EU ETS ha avuto un ruolo guida ma non preponderante. Le politiche e le misure adottate e un livello significativo di sovvenzioni nell'ambito dell'energia elettrica hanno trainato questi risultati [19].

Sebbene quindi non sia così chiaro l'effettivo impatto dell'EU ETS, è possibile affermare, alla luce degli studi e dei dati sopraccitati, che abbia ottenuto dei risultati tangibili nel campo delle riduzioni di emissioni. Inoltre, è auspicabile che con le riforme implementate per la Fase 4, l'ETS possa contribuire in modo ancor più significativo agli obiettivi climatici posti dall'Unione Europea.

¹⁶ Il settore della combustione comprende la produzione di energia elettrica e tutte le attività economiche che utilizzano caldaie, bruciatori, turbine, riscaldatori, forni, inceneritori, calcinatori, essiccatori, motori, celle a combustibile, unità di combustione ad anello chimico, flare e unità di postcombustione termiche o catalitiche che superano la soglia di partecipazione di 20 MW [19].

Conclusione

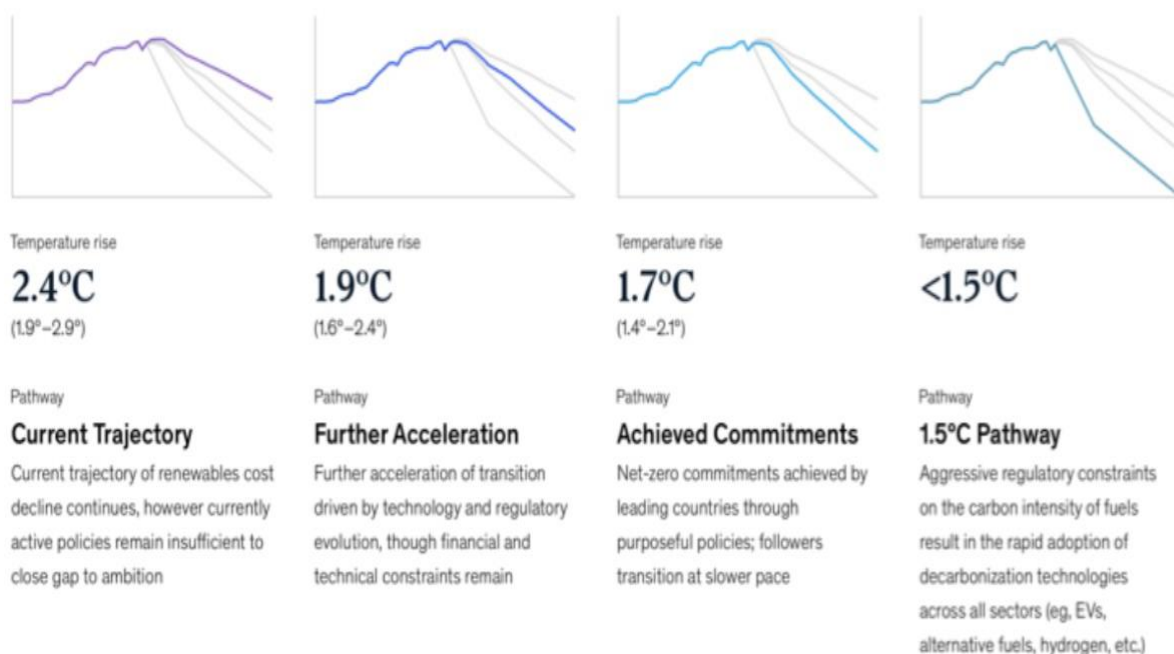
Sono trascorsi ormai più di 50 anni da quando le problematiche legate al cambiamento climatico sono state portate all'attenzione della comunità internazionale per la prima volta. Sebbene nel tempo siano stati fatti significativi passi avanti, essi si dimostrano ancora insufficienti a scongiurare il rischio di una potenziale crisi climatica imminente. La Global Energy Perspective di Mc Kinsey del 2022 prospetta diversi scenari di crescita della temperatura terrestre per fine secolo, a seconda degli impegni dei singoli paesi nella riduzione della produzione di CO₂ da fonti carbon-fossili. Il range di crescita delle temperature per il 2100:

-supererebbe quasi certamente i 2.4 °C, qualora non si intervenisse sul consumo carbon-fossile;
-sarebbe intorno ad un +2.4 °C (con un range di 1.9-2.9 °C), se mantenessimo le strategie attuali;

-crescerebbe di +1.7 °C (range 1.4-2.1 °C) con la neutralità carbonica, ovvero con emissioni di carbonio allo zero-netto e con il rispetto degli attuali NDC;

Solo con una decarbonizzazione globale, che coinvolgesse tutti i paesi, e con un bilancio negativo tra carbonio prodotto ed assorbito si potrebbero raggiungere valori di crescita inferiori a 1.5 °C.

Figura 8: Scenari di crescita della temperatura terrestre per fine secolo



Fonte: McKinsey's Global Energy Perspective 2022

L'obiettivo dell'elaborato è quello di evidenziare come i meccanismi di Carbon Pricing, in particolare i sistemi ETS e le carbon tax, possano rappresentare un'importante strategia nella

lotta contro il cambiamento climatico. Sebbene negli ultimi anni, vi sia una grande crescita degli strumenti adottati nel mondo, appare evidente che qualcosa in più debba essere fatto. Ad oggi il 23% delle emissioni globali di gas serra è coperto da strumenti di Carbon Pricing e per meno del 5% delle emissioni globali è applicato un prezzo del carbonio ritenuto adeguato per raggiungere gli obiettivi concordati nell'accordo di Parigi.

In questo contesto, l'International Monetary Fund (IMF) sostiene che l'unico scenario che permetta di limitare le emissioni di CO₂, sufficientemente da contenere l'incremento delle temperature sotto i 2°C, sia l'implementazione di un prezzo globale minimo per le emissioni di carbonio (ICPF). In particolare, la proposta dell'IMF sarebbe quella di istituire un prezzo minimo per tonnellata di carbonio di 25 dollari per i paesi a basso reddito, di 50 dollari per i Paesi a medio reddito e di 75 dollari per i Paesi ad alto reddito. Sebbene ad oggi le prospettive di una cooperazione internazionale, dopo l'aggressione militare russa nei confronti dell'Ucraina, possano sembrare scarse, come evidenziato dall'IMF, il cambiamento climatico è una sfida globale che può – e deve – concentrare le menti, dato che inondazioni, siccità e disastri meteorologici più frequenti aggravano le crisi alimentari e impongono alti costi economici e umani. Alla luce di ciò, gli interventi in questione non possono più attendere. Preservare il diritto delle generazioni future a vivere in un mondo sano e prospero richiede l'azione responsabile e collaborativa non solo di Governi e Istituzioni, ma anche di ogni singolo cittadino, più che mai in questo momento.

Bibliografia

UCAR CENTER FOR SCIENCE EDUCATION. *The Greenhouse Effect*.

Disponibile su <<https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/greenhouse-effect>>

[Data di accesso: 1/07/2023].

IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change), 2023. *Synthesis Report: Climate Change 2023*.

Disponibile su <<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>>

[Data di accesso: 1/07/2023].

IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change), 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Disponibile su <<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>>

[Data di accesso: 1/07/2023].

MCKINSEY & COMPANY, 2019. *Global Energy Perspective 2019: Reference case*.

Disponibile su

<https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/oil%20and%20gas/our%20insights/global%20energy%20perspective%202019/mckinsey-energy-insights-global-energy-perspective-2019_reference-case-summary.ashx>

[Data di accesso: 15/07/2023].

MCKINSEY & COMPANY, 2022. *Global Energy Perspective 2022*.

Disponibile su <<https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2022>>

[Data di accesso: 15/07/2023].

UNEP (United Nations Environment Programme), 2022. *Planetary Action: Climate, Nature, Chemicals & Pollution*.

Disponibile su

<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/41679/Annual_Report_2022.pdf?sequence=3>

[Data di accesso: 15/07/2023].

[1] ARPAL (Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure). *Dichiarazione di Stoccolma 1972*.

Disponibile su <https://www.arpal.liguria.it/images/stories/Dichiarazione_di_Stoccolma.pdf>
[Data di accesso: 20/07/2023].

[2] TRECCANI. *Rio de Janeiro, conferenza di*.

Disponibile su <https://www.treccani.it/enciclopedia/rio-de-janeiro-conferenza-di_%28Lessico-del-XXI-Secolo%29/>

[Data di accesso: 20/08/2023].

UNITED NATIONS. *Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, 3-14 June 1992*.

Disponibile su <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>

[Data di accesso: 22/07/2023].

BRITANNICA, 2023. *United Nations Conference on Environment and Development – International Conference 1992*.

Disponibile su <<https://www.britannica.com/event/United-Nations-Conference-on-Environment-and-Development>>

[Data di accesso: 22/07/2023].

[3] PARLAMENTO ITALIANO, *L'attuazione del Protocollo di Kyoto*.

Disponibile su <<https://leg16.camera.it/561?appro=9>>

[Data di accesso: 21/08/2023].

UNITED NATIONS, 1998. *Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change*.

Disponibile su:<<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>

[Data di accesso: 23/07/2023].

UNCC (United Nations Climate Change). *What is the Kyoto Protocol?*

Disponibile su <https://unfccc.int/kyoto_protocol>

[Data di accesso: 23/07/2023].

UNCC (United Nations Climate Change). *Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period.*

Disponibile su <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>>

[Data di accesso: 23/07/2023].

BRITANNICA, 2023. *Kyoto Protocol - International Treaty 1997*

Disponibile su <<https://www.britannica.com/event/Kyoto-Protocol>>

[Data di accesso: 21/08/2023].

UNITED NATIONS, 2022. *Marking the Kyoto Protocol's 25th anniversary.*

Disponibile su <<https://www.un.org/en/climatechange/marking-kyoto-protocol%E2%80%99s-25th-anniversary>>

[Data di accesso: 24/07/2023].

UNCC (United Nations Climate Change). *The Paris Agreement - What is the Paris Agreement?*

Disponibile su <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>>

[Data di accesso: 28/07/2023].

EUROPEAN COMMISSION, *Paris Agreement.*

Disponibile su <https://climate.ec.europa.eu/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_en>

[Data di accesso: 28/07/2023].

BRITANNICA, 2023. *Paris Agreement - International Treaty 2015.*

Disponibile su <<https://www.britannica.com/topic/Paris-Agreement-2015>>

[Data di accesso: 29/07/2023].

UNCC (United Nations Climate Change), 2022. *Sharm El-Sheikh Climate Change Conference - November 2022.*

Disponibile su <<https://unfccc.int/cop27>>

[Data di accesso: 29/07/2023].

EUROPEAN COUNCIL, 2022. *UN climate change conference (COP27), climate implementation summit, Sharm El-Sheikh, Egypt, 7-8 November 2022.*

Disponibile su

<<https://www.consilium.europa.eu/en/meetings/internationalsummit/2022/11/07-08/>>

[Data di accesso: 25/07/2023].

UNEP (United Nations Environment Programme). *UN Climate Change Conference (UNFCCC COP 27) - 6 - 18 November 2022 - Sharm el-Sheikh, Egypt.*

Disponibile su <<https://www.unep.org/events/conference/un-climate-change-conference-unfccc-cop-27>>

[Data di accesso: 29/07/2023].

[4] TRECCANI, *Esternalità*.

Disponibile su <<https://www.treccani.it/enciclopedia/esternalita>>

[Data di accesso: 7/07/2023].

[5] EPA (United States Environmental Protection Agency), 2023. *The Clean Air Act – Highlights of the 1990 Amendments.*

Disponibile su <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/the_clean_air_act_-_highlights_of_the_1990_amendments.pdf>

[Data di accesso: 10/07/2023].

[6] WORLD BANK, 2023. *What is Carbon Pricing.*

Disponibile su <<https://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon>>

[Data di accesso: 12/07/2023].

[7] JASMED ALI, 2023. *Road map for sustainable and effective carbon pricing: bridging the gap of realities and ambitions.* Environ Sci Pollut Res Int. 2023 Aug 1.

Disponibile su <<https://doi.org/10.1007/s11356-023-29034-2>>

Epub ahead of print. PMID: 37526821.

[8] JAMIE MORGANA HEIKKI PATOMÄKI, 2021. *Planetary good governance after the Paris Agreement: The case for a global greenhouse gas tax*. J Environ Manage. 2021 Aug 15;292:112753.

Disponibile su <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112753>>

Epub 2021 May 17. PMID: 34015613.

[9] WORLD BANK, 2023. *State and Trends of Carbon Pricing 2023*.

Disponibile su <<https://openknowledge.worldbank.org/bitstreams/bdd449bb-c298-4eb7-a794-c80bfe209f4a/download>>.

[10] INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP, 2023. *China National ETS*.

Disponibile su <<https://icapcarbonaction.com/en/ets/china-national-ets>>

[Data di accesso: 10/08/2023].

[11] INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP, 2023. *ICAP Allowance Price Explorer*

Disponibile su <<https://icapcarbonaction.com/en/ets-prices>>

[Data di accesso: 10/08/2023].

[12] BANCA D'ITALIA, 2022. *Gli effetti del cambiamento climatico sull'economia italiana*.

Disponibile su <<https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/altri-atti-convegni/2022-effetti-camb-climatico/index.html?dotcache=refresh>>

[13] EUROPEAN COMMISSION, 2022. *Sistema di scambio di quote di emissione dell'UE (EU ETS)*

Disponibile su <https://climate-ec-europa-eu.translate.google/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=it&_x_tr_hl=it&_x_tr_pto=sc>

[Data di accesso: 1/08/2023].

[14] CLIMATE POLICY INFO HUB, 2015. *The EU Emissions Trading System: an Introduction*.

Disponibile su <<https://www.climatepolicyinfohub.eu/eu-emissions-trading-system-introduction.html>>

[Data di accesso: 3/08/2023].

[15] Dlgs. 9 giugno 2020, n. 47. In attuazione della Direttiva del Parlamento Europeo e Consiglio Europeo 2018/410 del 14 marzo 2018 che modifica la direttiva 2003/87/CE per sostenere una riduzione delle emissioni più efficace sotto il profilo dei costi e promuovere investimenti a favore di basse emissioni di carbonio e la decisione (UE) 2015/1814.

Disponibile su <https://www.governo.it/sites/new.governo.it/files/DLGS_2018_410-2020_01_29_RI.pdf>

[Data di accesso: 10/08/2023].

[16] GME (Gestore Mercati Energetici), 2020. *EU ETS dalla fase 3 alla fase 4: risultati e obiettivi per il 2030*.

Disponibile su <<https://www.mercatoelettrico.org/Newsletter/20201216Newsletter.pdf>>

[Data di accesso: 10/08/2023].

[17] EUROPEAN COUNCIL, 2023. *Infografica - Pronti per il 55%: riforma del sistema di scambio di quote di emissione dell'UE*.

Disponibile su <<https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-eu-emissions-trading-system/>> [Data di accesso: 5/08/2023].

[18] ERCST (European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition), 2023. *2023 State of the EU ETS Report*.

Disponibile su <<https://ercst.org/2023-state-of-the-eu-ets-report/>>

[Data di accesso: 15/08/2023].

[19] ERCST (European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition), 2022. *2022 State of the EU ETS Report*.

Disponibile su <<https://ercst.org/state-of-the-eu-ets-report-2022/>>

[Data di accesso: 11/08/2023].

ERCST (European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition), 2021. *2021 State of the EU ETS Report*.

Disponibile su <<https://ercst.org/2021-state-of-the-eu-ets-report/>>

[Data di accesso: 11/08/2023].

EUROPEAN COUNCIL(2023), *“Pronti per il 55%”: il Consiglio adotta atti legislativi chiave verso gli obiettivi climatici del 2030.*

Disponibile su <<https://www.consilium.europa.eu/it/press/press-releases/2023/04/25/fit-for-55-council-adopts-key-pieces-of-legislation-delivering-on-2030-climate-targets/>>

[Data di accesso: 20/07/2023].

BAYER, P. AND AKLIN, M. (2020), *The European Union Emission Trading System reduced CO2 emissions despite low prices.* 117 (16) 8804-8812

Disponibile su <<https://doi.org/10.1073/pnas.1918128117>>

BORDIGNON, M. AND GAMANNOSSI DEGL'INNOCENTI, D. (2023), *Third Time's a Charm? Assessing the Impact of the Third Phase of the EU ETS on CO2 Emissions and Performance.* Sustainability 2023, 15(8), 6394.

Disponibile su <<https://doi.org/10.3390/su15086394> >

License: CC BY 4.0

EUROPEAN COMMISSION, 2022. *Fasi 1 e 2 (2005-2012).*

Disponibile su <https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_it>

[Data di accesso: 20/07/2023].

CORTE DEI CONTI EUROPEA, 2020. *Il sistema di scambio di quote di emissioni dell'UE: l'assegnazione gratuita di quote doveva essere più mirata.*

Disponibile su <<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/emissions-trading-system-18-2020/it/>>

[Data di accesso: 17/08/2023].

GSE (Gestore dei Servizi Energetici), 2022. *Rapporto aste CO2 2022.*

Disponibile su

<https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20ASTE%20CO2/Rapporto%20aste%20annuale%20sulle%20quote%20di%20emissione%202022.pdf#pag6>

[Data di accesso: 6/08/2023].

EUROPEAN COMMISSION 2023. *Revisione per la fase 4 (2021-2030)*.

Disponibile su <https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030_it>

[Data di accesso: 4/08/2023].

INTERNATIONAL MONETARY FUND, 2022. *Why Countries Must Cooperate on Carbon Prices*.

Disponibile su: <<https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2022/05/19/blog-why-countries-must-cooperate-on-carbon-prices>>

[Data di accesso: 10/08/2023].