

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"



Scuola politecnica e delle scienze di base
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER
L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

Abstract

CO₂ e Cambiamento Climatico: Politiche e Strategie per il controllo delle emissioni

Relatore:

Chiar.mo prof. Amedeo Lancia

Correlatore:

Ing. Alessandro Erto

Candidato:

Giuseppe Cecere N49/334

ANNO ACCADEMICO 2015/ 2016

INTRODUZIONE AL PROBLEMA

Le emissioni di anidride carbonica sono principalmente causate da processi di combustione; esse riguardano in particolare i processi a larga scala, come quelli legati alla **produzione di energia** elettrica mediante la combustione di carbone o combustibili fossili di varia natura. Nel presente lavoro è analizzato il problema derivante dalle emissioni mondiali di CO₂, partendo dai dati attuali e storici elaborati dall'IPCC e considerando anche le previsioni sugli scenari futuri. La trattazione segue due piani differenti, quello politico-economico, mediante la ricostruzione di tutti gli interventi normativi e le strategie politiche mondiali a partire dal Protocollo di Kyoto e fino alla recente COP21 e quello tecnico, mediante la descrizione delle principali tecnologie disponibili per la cattura della CO₂ e per la riduzione delle sue emissioni.

L'effetto serra è un fenomeno tramite il quale la superficie planetaria è riscaldata dalla sua atmosfera, per effetto di un'alterazione della sua naturale composizione, fino ad una temperatura maggiore di quella che normalmente il pianeta raggiungerebbe in assenza di tale modificazione. L'energia solare riflessa dalla superficie terrestre verso l'atmosfera è in parte assorbita dai gas che la compongono (circa il 65% delle radiazioni infrarosse vengono imprigionate) favorendo il riscaldamento dell'atmosfera stessa. Tale processo, normalmente attivo, assicura la vita sulla terra. Un'alterazione della composizione dell'atmosfera, in termini di eccesso di gas-serra quali la CO₂ rispetto ai valori naturali, determina un'accentuazione di tale fenomeno, con effetti di surriscaldamento proporzionali all'eccesso di tali gas. I gas che contribuiscono all'effetto serra (GHG) sono:

- Vapore acqueo (H₂O)
- Anidride carbonica (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Ozono (O₃)
- Protossido di azoto (N₂O)

Senza interventi atti a diminuire le emissioni di GHG la temperatura della superficie terrestre aumenterebbe nel 2100 in un range che va dai 3.7C° ai 4.8C°. Scenari che prevedono una diminuzione delle emissioni che va dal 40% al 70% rispetto alle emissioni del 2010, permetterebbero di mantenere il riscaldamento sotto i due gradi per tutto il ventunesimo secolo.

I ***Rappresentative concentration pathways*** costituiscono un ottimo modello predittivo per la valutazione dei possibili scenari.

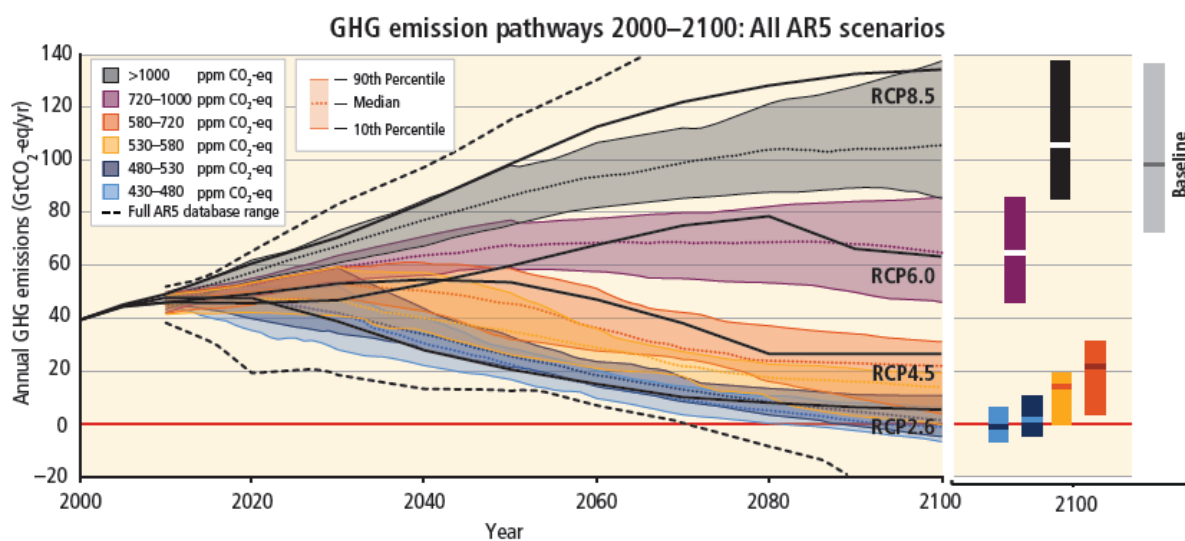


Figura 1 – Principali RCP e i relativi range di riferimento per quanto riguarda le emissioni annuali di gas serra (ordinate) in riferimento ad ogni singolo anno del prossimo secolo. (*Climate Change 2014: Synthesis Report, IPCC*)

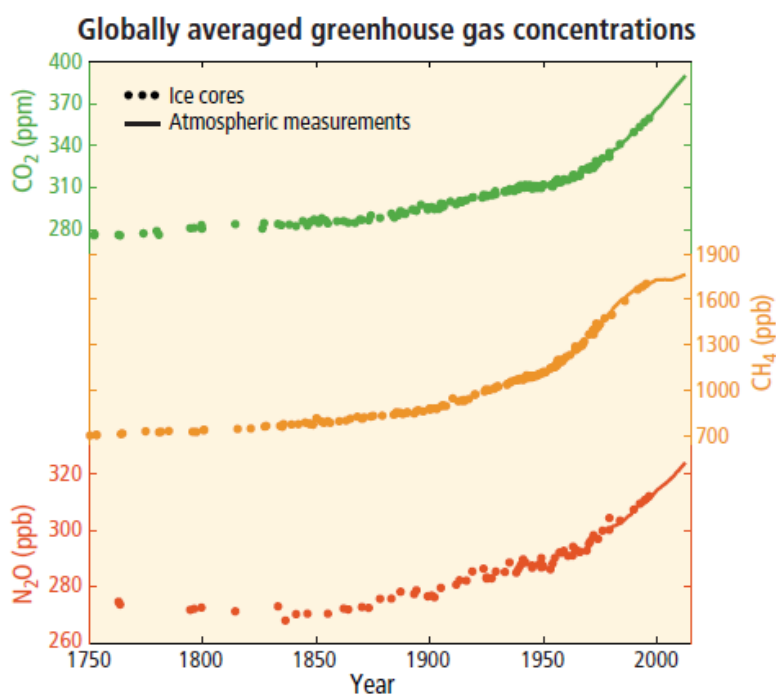


Figura 2 - Aumento globale dei gas serra. (*Climate Change 2014: Synthesis Report, IPCC*)

INTERVENTI NORMATIVI

Nell'ambito degli accordi e dei trattati internazionali volti a fronteggiare l'emergenza legata all'aumento delle emissioni di gas-serra, si segnalano:

- Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC)
- Conferenza delle Parti (COP)

COP-3, Protocollo di Kyoto sul Cambiamento Climatico, 1997

Il Protocollo ha smesso di essere valido per la sua prima fase nel 2012, ma le COP successive hanno costruito un ponte tra le nuove direttive e le vecchie azioni intraprese, promuovendo un periodo successivo del protocollo che, aggiornato, avrà validità in base agli accordi intrapresi anche in sede della COP-21, fino al 2020.

I meccanismi flessibili, componenti principali del trattato, sono strumenti basati sul mercato, nati allo scopo di aiutare i paesi industrializzati a gestire in maniera coerente con il proprio sviluppo industriale gli obblighi dettati dal protocollo. I tre meccanismi flessibili sono:

- **International Emission Trading (ET)**
- **Joint Implementation (JI):**
- **Clean Development Mechanism (CDM)**

Gli ERUs (*Emission i Reduction Units*) sono unità commerciabili generate in seguito all'implementazione di progetti JI nei Paesi dell'Annesso I, e possono essere utilizzate per l'adempimento agli obiettivi di riduzione.

I CERs (*Certified Emission Reductions*) sono unità commerciabili generate in seguito all'implementazione di progetti CDM nei Paesi non compresi nell'Annesso I, e possono essere utilizzate per l'adempimento agli obblighi di riduzione.

COP-21, Parigi, Francia, 2015

I risultati attesi dalle azioni intraprese dovrebbero permettere di mantenere l'aumento della temperatura sotto i 2°C fino al 2100, in particolar modo l'azione sottoscritta dai paesi spinge ad un limite di 1.5°C. Non è stato applicato un meccanismo di obbligo nella decisione di tale target, ma solo dei piani definiti “*name and encourage*” che terranno conto delle effettive possibilità di ogni nazione nella decurtazione delle proprie emissioni, invogliando quindi i paesi ad ottemperare al massimo delle loro possibilità.

Normative Europee

La **Direttiva comunitaria 2003/87/CE *Emission trading*** del 13 ottobre 2003 e successive modifiche istituisce lo scambio di quote d'emissioni di gas-serra nell'Unione Europea.

Nella Direttiva 2009/29/CE è contenuto il **piano 20 20 20**, che entrò in vigore nel giugno 2009 e che sarà valido fino al 2020. Il piano ha lo scopo di ridurre le emissioni di gas serra del 20%, alzare al 20% la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e portare al 20% il risparmio energetico.

La **Direttiva europea 2004/101/CE**, più comunemente nota come “*direttiva Linking*”, ha creato un collegamento tra il sistema europeo (EU-ETS) per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra, disciplinato dalla direttiva 2003/87/CE, e gli altri meccanismi flessibili previsti dal Protocollo di Kyoto: Joint Implementation (JI) e Clean Development Mechanism (CDM).

La Direttiva *Carbon Capture and Storage 2009/31/CE* e successive modifiche definisce un quadro regolatore comune a livello europeo per la sperimentazione e lo sviluppo su scala industriale di progetti di cattura, trasporto e stoccaggio di CO₂, secondo il gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico delle Nazioni Unite, tali tecnologie potrebbero eliminare fino all'80-90% delle emissioni di CO₂ prodotte da centrali elettriche a combustibili fossili.

Nel *Quadro 2030 per il clima e l'energia* l'UE si è impegnata a conseguire i seguenti obiettivi entro il 2030: ridurre le emissioni di gas a effetto serra almeno del 40% al di sotto dei livelli del 1990, migliorare l'efficienza energetica del 27% (obiettivo indicativo da rivedere nel 2020) ed aumentare la quota di consumo finale di energia proveniente da fonti rinnovabili del 27%.

Normative Italiane

- *Decreto Interministeriale dell'8 marzo 2013, la Strategia Energetica Nazionale* che al 2020 si pone obiettivi più ambiziosi di quelli del cosiddetto pacchetto Clima-Energia della Commissione Europea.
- I Certificati Verdi sono titoli negoziabili, rilasciati dal GSE in misura proporzionale all'energia prodotta da un impianto qualificato IAFR (impianto alimentato da fonti rinnovabili), entrato in esercizio entro il 31 dicembre 2012 ai sensi di quanto previsto dal D. Lgs. 28/2011, in numero variabile a seconda del tipo di fonte rinnovabile e di intervento impiantistico realizzato (nuova costruzione, riattivazione, potenziamento e rifacimento).
- I certificati bianchi, anche noti come "Titoli di Efficienza Energetica" (TEE), sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi energetici negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento di efficienza energetica.

MERCATO DELLE EMISSIONI

Al fine di rispettare il target di riduzioni di emissioni stabiliti, nel Protocollo di Kyoto, furono delineati tre strumenti di mercato (*meccanismi flessibili*), che hanno lo scopo di realizzare progetti di abbattimento delle emissioni di gas serra dove più è conveniente economicamente; *l'International emission trading* è uno dei tre strumenti approvati in seno all'*UNFCCC* per una riduzione delle emissioni a livello globale.

International Emission Trading

Grazie a questo meccanismo, introdotto dal Protocollo di Kyoto, i Paesi Industrializzati con obblighi di riduzione (*Allegato I* del Protocollo di Kyoto) che diminuiscono le emissioni di gas serra in misura maggiore rispetto al loro target obiettivo, possono vendere il loro surplus, rappresentato da *Assigned Amount Units (AAUs)*, ad altri paesi dello stesso Allegato. La possibilità di acquistare *AAUs* è utile per i paesi che, nonostante le riduzioni interne, non siano stati in grado a rientrare nei target emissivi.

European emission trading

In base agli impegni sanciti dalla ratifica del Protocollo di Kyoto, l'Unione Europea ha istituito, con la direttiva *2003/87/CE*, un sistema per lo scambio di quote di emissione di gas serra all'interno del territorio dell'Unione, chiamato *European Emission Trading Scheme (EU ETS)*.

- “*Cap and Trade*” Nel sistema “*Cap and Trade*” viene precedentemente stabilito un limite complessivo delle emissioni per il gruppo di soggetti interessati da ottemperare in un determinato periodo di tempo. Questo limite è definito come *Cap* massimo dal sistema. Le emissioni autorizzate e sottostanti al *Cap* totale, vengono suddivise e assegnate ai partecipanti ammessi al sistema di commercio delle emissioni per il libero scambio.
- L’allocazione dei permessi e la distribuzione delle quote tra i soggetti partecipanti al sistema (le diverse nazioni), sono due i metodi di allocazione iniziale adottati:
 - Attribuzione gratuita
 - Le aste

Una volta che la Commissione Europea ha definito le quote di emissione massime per ogni paese, l’Autorità Nazionale competente di ogni paese può distribuire tali quote tra le aziende che necessitano di permessi di emissione, successivamente esse possono essere liberamente vendute sul mercato europeo, nel caso di surplus. Il soggetto partecipante obbligatoriamente al sistema EU ETS (quindi il soggetto *autorizzato* ad emettere) può rivestire il ruolo di “venditore” delle quote quando decide di mettere in vendita sul mercato una parte delle proprie, grazie ad esempio a politiche aziendali che prevedano la diminuzione delle emissioni proprie. Il soggetto che, invece, deciderà di acquistare delle quote, per motivi di necessità per rientrare nei cap assegnati, è definito “acquirente”.

La prima direttiva (2003/87/CE) del sistema di European Emission Trading ha subito alcune rilevanti modifiche a seguito dell’emanazione della *Direttiva 2009/29/CE*.

La nuova normativa ha mantenuto il modello *Cap and Trade*, ma è stata sottratta agli Stati membri la discrezionalità nella determinazione del quantitativo complessivo di quote da assegnare.

La seconda innovazione riguarda il metodo di allocazione iniziale delle quote, infatti in prima istanza veniva preferita l’attribuzione gratuita dei permessi (*grandfathering*), con la modifica al sistema viene attribuita una quota molto maggiore al sistema di aste sull’intero mercato europeo. Per quanto riguarda i proventi derivanti dalla vendita all’asta delle quote è stato deciso che gli Stati membri ne stabiliscano la destinazione, tuttavia è stato stabilito un vincolo di investimento di almeno il 50% dei ricavi in misure a sostegno dell’ambiente.

La Direttiva europea 2004/101/CE, più comunemente nota come “*direttiva Linking*”, è nata per creare e gestire un collegamento tra il sistema europeo (EU-ETS) per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra e gli altri meccanismi flessibili previsti dal Protocollo di Kyoto: *Joint Implementation (JI)* e *Clean Development Mechanism (CDM)*.

Le fasi storiche del mercato delle emissioni europeo sono state suddivise in tre periodi principali:

- **Analisi del prezzo delle Allowances** nelle prime due fasi

Durante la III fase il *cap* è diminuito ogni anno, fino ad oggi, di un fattore lineare del 1,74% e continuerà con questo decremento cumulato fino al 2020. L’andamento dei prezzi delle EUA è stato in linea con le previsioni formulate a fine 2014, assestandosi a cavallo tra lo scenario previsionale e lo scenario minimo previsti dal GSE, rispettivamente 8,64 euro e 7,15 euro, con un prezzo medio ponderale di 7,86 euro (Rapporto GSE 2015).

La quarta fase attuativa prenderà luogo il primo gennaio del 2021. Nel gennaio del 2014 sono state proposte due riforme strutturali dell’ETS che prevedono:

- Un aumento del fattore lineare di riduzione dal 1,74% al 2,2% per ogni anno, al fine di ridurre al 43% le emissioni di CO₂ rispetto ai dati del 2005
- La costituzione di un fondo di circa il 12% dei diritti di emissioni il cui prezzo sarà deciso anno per anno dal Direzione Generale per il Cambiamento Climatico della Commissione Europea.

Un'ulteriore strumento per il controllo delle emissioni è stato proposto nell'ottica di penalizzare le aziende che fanno consumo di ingenti quantità di combustibili fossili.

La **Carbon Tax** è una tassa imposta sui sistemi di produzione energetici che emettono grosse quantità di CO₂ nell'atmosfera e su attività che utilizzano grosse quantità di energia provenienti da produzioni fossili, non accompagnate da adeguate misure di cattura della CO₂ stessa. Tale tassa si propone come obiettivo quello di appesantire economicamente produzioni non sostenibili, costituendo una spinta indiretta verso lo sviluppo di sistemi di produzione adeguati ai nuovi target emissivi.

CARBON CAPTURE AND STORAGE

Gli obiettivi di riduzione sanciti dal Protocollo di Kyoto e dai successivi accordi internazionali possono essere raggiunti attraverso interventi di carattere tecnico che comprendono il miglioramento delle efficienze energetiche dei processi industriali e civili e l'adozione di tecniche di cattura e successivo stoccaggio della CO₂.

Con il termine *Carbon Capture and Storage (CCS)* si indicano i processi che hanno come obiettivo la cattura ed il confinamento delle emissioni di CO₂ prodotta dagli impianti che la producono, tra cui quelli di combustione.

- cattura post-combustione
- Cattura pre-combustione
- L'ossi-combustione

Una volta catturata, la CO₂ può essere stoccata in appositi siti controllati, al fine di diminuire al minimo il rischio di re-immissione in atmosfera e dispersione dei gas. Il trasporto dai siti di cattura a quelli di stoccaggio avviene rendendo liquido il gas tramite pressurizzazione.

Esistono diverse metodologie per lo stoccaggio di anidride carbonica:

- *trappola geologica*
- Il confinamento oceanico
- Lo stoccaggio industriale