



Analisi delle implicazioni dell'applicazione dell'emission trading scheme al trasporto aereo

Francesca Scaturro¹, Giuseppe Siciliano²

¹ *CERTeT, Centro di Economia Regionale, dei Trasporti e del Turismo dell'Università Commerciale L. Bocconi, Milano*

² *CERTeT, Centro di Economia Regionale, dei Trasporti e del Turismo dell'Università Commerciale L. Bocconi, Milano*

Abstract

Al fine di valutare il contributo che il settore del trasporto aereo potrebbe offrire all'efficace perseguimento, su scala europea, degli obiettivi del Protocollo di Kyoto, il presente lavoro intende analizzare le caratteristiche del sistema di emissions trading e le implicazioni della sua futura estensione al settore del trasporto aereo. Il lavoro richiama le dinamiche che hanno informato il processo europeo di codecisione volto alla modifica della Direttiva ETS 2003/87/CE, per poi focalizzarsi sulla valutazione degli impatti che potranno prodursi, con specifico riferimento al quadro nazionale italiano, a seguito dell'applicazione del meccanismo agli operatori aerei.

In particolare, si evidenziano le criticità associate al funzionamento del sistema, essenzialmente riconducibili alla necessità di conciliare il carattere internazionale dell'attività del trasporto aereo con il ruolo oggi assunto dagli Stati Membri quali effettivi garanti del rispetto degli obiettivi ambientali. Più specificamente, il lavoro si articola a partire dall'analisi dei criteri che sono stati individuati per l'attribuzione delle responsabilità di gestione del sistema ETS, sottolineando quegli elementi che, attraverso l'estensione all'aviazione, ne accresceranno il "carattere comunitario", ridimensionando le competenze nazionali a favore di una maggior centralità delle istituzioni europee. Quindi, nell'intento di fornire un ordine di grandezza dei costi che l'estensione del sistema all'aviazione produrrà, si procede con la stima del contributo alle emissioni di gas serra prodotte dal trasporto aereo italiano, esaminandone le peculiarità a partire dall'osservazione e dall'analisi diretta di singoli dati specifici del settore.

Parole chiave: Protocollo di Kyoto, quote di emissione, trasporto aereo.

The present paper aims at assessing the contribution the aviation sector is going to provide to the implementation, at European level, of the Kyoto Protocol through the participation to the European Emission Trading Scheme (EU-ETS).

Firstly, the theoretical framework characterizing a system of emissions trading is described in order to properly frame the actual structure and functioning of the EU-ETS.

Then, the analysis focuses on the assessment of the implications originating from the future extension of the EU-ETS to the aviation sector, according to the recently adopted Directive 2008/101/CE. The paper carries out the computation of the impacts that the participation to the trading mechanism is going to produce with respect to the Italian aviation sector.

More specifically, the ultimate aim of the analysis is to provide an estimation of the monetary costs that the participation to the EU-ETS will determine for those airlines having Italy as reference State. To

achieve such an objective, a computation of the GHGs emissions that the considered air operators are expected to produce in the first year of implementation of the scheme (2012) is carried out, on the basis of specific data of the sector and according to the methodological procedures suggested at international and European levels.

Keywords: Kyoto Protocol, emission trading scheme, air transport.

1. Introduzione

1.1 Contesto (da UNFCCC a Kyoto)

La rilevanza su scala globale delle tematiche ambientali venne per la prima volta formalmente riconosciuta dalla comunità internazionale in occasione della Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente Umano che ebbe luogo a Stoccolma, nel 1972.

Negli anni che seguirono, l'evoluzione del complesso dibattito avente ad oggetto la questione ambientale e del cambiamento climatico vide nell'istituzione dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (1988) e nell'adozione della United Nations Framework Convention on Climate Change¹ (1992) due tappe fondamentali, che contribuirono alla formazione di una volontà condivisa sulla scena politica internazionale, successivamente formalizzata dall'adozione del Protocollo di Kyoto² (1997).

In rapporto agli strumenti e alle misure precedentemente implementati, la portata innovativa del Protocollo può essere individuata nel carattere vincolante degli obiettivi che, per la prima volta, le nazioni firmatarie scelsero di perseguire in materia di protezione ambientale e di lotta al cambiamento climatico.

Infatti, pur prevedendo un impegno, da parte degli Stati aderenti, a stabilizzare le concentrazioni di gas ad effetto serra³ nell'atmosfera ad un livello tale da "escludere qualsiasi pericolosa interferenza delle attività umane sul sistema climatico" (UNFCCC, Art. 2), la Convenzione delle Nazioni Unite non imponeva limiti obbligatori alle emissioni⁴. Tuttavia, il mancato perseguimento dell'auspicata stabilizzazione rese presto evidente la necessità di introdurre limitazioni legalmente vincolanti per garantire una maggiore efficacia degli impegni assunti.

In risposta a ciò, il Protocollo istituì l'obbligo, in capo ai Paesi industrializzati, di operare, nel periodo 2008-2012, una riduzione delle emissioni di elementi inquinanti in una misura non inferiore al 5% rispetto ai livelli registrati nel 1990.

¹ D'ora in avanti: UNFCCC.

² Il Protocollo di Kyoto venne adottato sulla base dell'Art. 17 della UNFCCC, in cui viene sancita la possibilità, per le Parti, di adottare nel tempo dei Protocolli al fine di aggiornare e/o integrare, qualora necessario, il complesso di misure e azioni volte all'efficace perseguimento degli obiettivi della Convenzione.

³ Biossido di carbonio (CO₂), metano (CH₄), ossido di diazoto (N₂O), esafluoruro di zolfo (SF₆), idrofluorocarburi e perfluorocarburi.

⁴ Pur in assenza di limiti obbligatori per le Parti, la Convenzione riconosce "responsabilità comuni ma differenziate" in capo agli Stati firmatari, distinguendo le responsabilità "generiche" che attengono a tutte le Parti da quelle specificamente imposte ai Paesi sviluppati e alle altre Parti elencate nell'Allegato I (Paesi industrializzati), e richiedendo a questi ultimi l'impegno specifico di ritornare "singolarmente o congiuntamente ai livelli del 1990 delle emissioni, causate dall'uomo, di biossido di carbonio e di altri gas ad effetto serra non inclusi nella convenzione di Montreal" (UNFCCC, Art. 17).

Relativamente alle modalità di perseguimento di tale obiettivo, al fine di rendere meno onerosa per le Parti l'implementazione delle necessarie e specifiche misure nazionali, vennero delineati tre strumenti di coordinamento e cooperazione internazionale in materia ambientale, i cosiddetti "meccanismi flessibili" (Clean Development Mechanism, Joint Implementation Mechanism e Emission Trading). Alla base della loro definizione si colloca la volontà di consentire agli Stati soggetti all'imposizione di limiti la possibilità di ridurre le proprie emissioni in condizioni di quanto maggiori possibile economicità e contenimento dei costi.

Aperto alla firma a partire dal marzo del 1998, il Protocollo è entrato in vigore nel febbraio 2005, dopo il raggiungimento della duplice soglia prevista per la ratifica⁵. La Comunità Europea e i suoi Stati membri, ratificandolo nel maggio 2002, hanno assunto l'impegno a ridurre, nel primo quinquennio di implementazione, le emissioni dei gas serra dell'8% rispetto ai livelli del 1990⁶.

1.2 *Obiettivi del paper*

Muovendo dal richiamo del paradigma teorico che costituisce il presupposto alla configurazione e al funzionamento del meccanismo di emissions trading quale strumento economico di politica ambientale, il presente lavoro intende analizzare le implicazioni cui la futura estensione al settore del trasporto aereo del sistema europeo di scambio delle quote di emissione darà origine.

In particolare, riflettendo sulla stringente necessità di conciliare il carattere internazionale dell'attività del trasporto aereo con la sovranità degli Stati in materia ambientale, verranno evidenziate le peculiarità dell'attuale sistema nell'intento di cogliere gli elementi innovativi che, necessariamente, origineranno dalla partecipazione ad esso dell'aviazione.

In ultimo, sulla base della stima delle emissioni di gas serra prodotte dal trasporto aereo italiano, e del conseguente impegno richiesto al settore per contribuire al raggiungimento degli obiettivi comunitari, verranno elaborate alcune riflessioni in merito al ruolo che il settore dell'aviazione nel complesso sarà chiamato ad assumere nei prossimi anni con riferimento all'evoluzione del sistema europeo di emissions trading.

2. **Inquadramento teorico e metodologia**

2.1 *Analisi della letteratura e inquadramento teorico dell'ETS*

Appartenente alla categoria degli strumenti di politica ambientale "di carattere economico"⁷, il meccanismo di emissions trading si articola come risposta alla necessità

⁵ "Almeno 55 Parti della Convenzione, tra le quali i Paesi dell'Allegato I alla Convenzione le cui emissioni totali di biossido di carbonio rappresentano almeno il 55% della quantità totale emessa nel 1990 da questo gruppo di Paesi" (Protocollo, Art. 25).

⁶ Tale obiettivo unitario è stato disaggregato e ripartito, in virtù del Burden Sharing Agreement (1998), in contributi nazionali differenziati.

⁷ Agli strumenti "di carattere economico", volti a definire "incentivi" che possano rendere conveniente il perseguimento di obiettivi ambientali stabiliti, si contrappongono le misure di "comando e controllo", consistenti nell'emanazione di "regole" in materia ambientale e nella conseguente verifica di corretta applicazione. Appartenenti alla prima categoria, i permessi negoziabili si caratterizzano, in particolare, per la mancata pre-determinazione delle quantità di emissione consentite al singolo operatore, mentre prevedono la fissazione di un livello massimo di emissioni per il complesso delle imprese che partecipano al meccanismo di scambio (Franzini, 2007).

di superare alcune criticità che compromettono il corretto funzionamento del mercato e che risultano attribuibili all'esistenza di esternalità ambientali negative generate dallo svolgimento di alcune attività umane.

Tra i primi contributi all'elaborazione del concetto di un mercato dei diritti quale meccanismo in grado di garantire la massimizzazione del beneficio sociale anche in presenza di esternalità si richiama il teorema di Coase⁸, che identifica nella mancata definizione ed assegnazione di diritti di proprietà sulle risorse ambientali l'origine del fallimento di mercato. Assumendo tale prospettiva, l'inefficienza che deriva dalla presenza di costi esterni ambientali è ritenuta superabile, nel rispetto di specifiche ipotesi⁹, mediante l'attribuzione, agli agenti economici, di diritti di proprietà sulle risorse. In altri termini, il teorema riferisce che le esternalità possono essere corrette per mezzo dei meccanismi di mercato (libera contrattazione di compensazioni tra le parti) laddove si sia provveduto ad una preliminare e precisa definizione dei diritti di proprietà sulle risorse ambientali¹⁰.

Fu, tuttavia, attraverso i lavori di Crocker¹¹ e Dales¹² che una più strutturata formulazione del meccanismo di scambio dei diritti d'emissione quale possibile soluzione alla presenza di esternalità ambientali negative venne elaborata¹³. Muovendo dalla riflessione secondo cui la percezione delle risorse naturali come inesauribili e di comune proprietà ne causa il libero accesso allo sfruttamento, si riteneva necessario limitare tale accesso mediante l'attribuzione di diritti proprietari trasferibili, da attuarsi a mezzo di un intervento regolatorio. In particolare, Dales propose l'applicazione di tale meccanismo allo scarico di sostanze inquinanti nei corsi d'acqua: un'autorità di regolazione avrebbe dovuto stabilire la quantità massima di inquinanti il cui scarico era ammesso in un dato periodo di tempo, distribuendo contestualmente agli inquinatori delle quote, trasferibili, corrispondenti ad una certa quantità di inquinanti prodotti per cui si consentiva lo scarico in acqua.

Alla luce dei contributi teorici ora richiamati, agevole è l'identificazione degli elementi costitutivi di un sistema di emissions trading: muovendo dai principi ispiratori del teorema di Coase – secondo cui il mercato possiede la teorica capacità di superare le esternalità che ne distorcono il funzionamento – e riconoscendo la centralità dell'intervento pubblico quale presupposto all'effettivo perseguimento di obiettivi ambientali, trova definizione il mercato dei permessi di inquinamento, rispondente ad un modello di regolazione di tipo cap and trade). Nello specifico, si attribuisce all'operatore pubblico il potere di fissare un limite (cap) alle emissioni generate dagli operatori partecipanti al sistema, cui viene assegnato un numero di permessi ad emettere corrispondente al limite stabilito. Al fine di garantire che, al termine del periodo di

⁸ Coase (1960).

⁹ Assenza di costi di transazione, assenza di effetto reddito, perfetta concorrenzialità del mercato dei permessi.

¹⁰ Il teorema dimostra, inoltre, l'indipendenza dell'equilibrio dall'iniziale assegnazione dei diritti tra le parti diversamente interessate dall'esternalità (tuttavia, è significativo rilevare che l'irrilevanza dell'attribuzione iniziale per il raggiungimento di equilibri pareto-efficienti non implica che gli ottimi raggiunti "coincidano", esulando l'impianto del teorema da considerazioni di carattere distributivo ed equitativo).

¹¹ Crocker (1966).

¹² Dales (1968).

¹³ Per altri riferimenti ai fondamenti teorici degli strumenti economici in ambito ambientale e, specificamente, del concetto dei permessi scambiabili si vedano anche Baumol e Oates (1971) e Montgomery (1972).

riferimento, ciascun partecipante possieda un numero di diritti pari alle emissioni effettivamente prodotte, è ammesso lo scambio degli stessi permessi (trade). Più precisamente, una volta avvenuta l'assegnazione iniziale dei "diritti"¹⁴, questi possono essere liberamente venduti e acquistati dagli operatori¹⁵: coloro per i quali il numero di permessi assegnati è insufficiente a garantire la regolare conduzione della loro attività possono, alternativamente, ricorrere al mercato per integrarne l'iniziale dotazione (acquistando da quanti sono in grado di ridurre le proprie emissioni al di sotto del cap) o abbattere le emissioni non coperte da permessi (attraverso lo sviluppo e/o l'adozione di appropriate tecnologie)¹⁶.

Esito di tali dinamiche di scambio è il contenimento dell'onere di riduzione delle emissioni, e la realizzazione della condizione di efficacia di costo: la somma totale dei costi di abbattimento è minimizzata grazie al trasferimento dei permessi¹⁷, pur sotto il vincolo che la riduzione totale delle emissioni corrisponda al cap predeterminato¹⁸.

2.2 L'ETS nel trasporto aereo

Prendendo in considerazione le scelte di politica ambientale effettuate dall'Unione Europea nell'intento di rispettare gli impegni sanciti dal Protocollo di Kyoto, il meccanismo di emissions trading assume, nel più ampio contesto dei meccanismi flessibili, rilievo significativo.

Implementato a partire da un limitato numero di settori e di gas serra¹⁹, il meccanismo comunitario di scambio delle quote (EU-ETS) è stato, fin dall'origine, oggetto di un continuo processo di evoluzione, che ne ha determinato una progressiva estensione ed articolazione. Dimostrazione ultima di tale "approccio incrementale" promosso dalla Commissione Europea è la recente decisione di estendere l'EU-ETS al trasporto aereo.

In conseguenza al contributo crescente dell'aviazione alle emissioni di CO₂ a livello comunitario²⁰, infatti, nel dicembre 2006 la Commissione Europea ha elaborato una

¹⁴ Si definisce "primario" il mercato in cui si realizza l'assegnazione delle quote agli operatori da parte delle competenti autorità nazionali.

¹⁵ Si definisce "secondario" il mercato in cui hanno luogo gli scambi di quote tra partecipanti al sistema di *emissions trading*.

¹⁶ A partire dallo standard di inquinamento fissato dall'autorità regolatrice, viene a definirsi una funzione di offerta di permessi negoziabili rigida rispetto al prezzo. Dal lato della domanda, la struttura dei costi di ciascuna impresa e, specificamente, i costi marginali di abbattimento delle emissioni determinano l'ammontare di permessi richiesti e, data l'offerta, il prezzo di mercato degli stessi (p^*). Sulla base del confronto dei propri costi di disinquinamento con il prezzo dei permessi, ciascun operatore valuterà la convenienza delle proprie scelte: per costi di abbattimento superiori a p^* , il controllo delle emissioni risulterà più oneroso dell'acquisto dei permessi; diversamente, gli obiettivi di disinquinamento potranno meglio essere raggiunti a mezzo di un abbattimento delle emissioni.

¹⁷ La convenienza allo scambio si ha, per le parti, fino al livello in cui si realizza l'uguaglianza dei rispettivi costi marginali di abbattimento.

¹⁸ Ciò è possibile in quanto, dal punto di vista ambientale, rilevante è soltanto il totale degli abbattimenti e non anche il contributo dei singoli operatori.

¹⁹ Secondo quanto disposto dalla Direttiva 2003/87/CE, è il solo biossido di carbonio, tra i gas serra, a dover essere considerato ai fini del computo delle emissioni. Tra le ragioni che condussero a tale scelta si deve rilevare che, negli anni in cui gli studi preparatori della Direttiva furono elaborati, le emissioni di CO₂ rappresentavano la quota più significativa (80% circa nel 1999) delle complessive emissioni di gas serra nella Comunità.

²⁰ Nel 2005, il settore del trasporto aereo è il secondo maggior produttore di emissioni di CO₂ a livello comunitario, nonché quello ad aver registrato, nel periodo 1990-2005, l'incremento più significativo nella produzione di CO₂.

proposta di modifica della Direttiva 2003/87/CE²¹ al fine di includere il settore del trasporto aereo nel sistema europeo di emissions trading²².

Formalizzati nella Direttiva 2008/101/CE²³, gli elementi che regoleranno, a partire dal 2012, la partecipazione del settore aereo al meccanismo comunitario di scambio delle quote possono essere illustrati come segue:

- il sistema si applica all'attività degli operatori aerei che dispongono di licenza di esercizio rilasciata da uno Stato membro, relativamente a tutti i voli in arrivo o in partenza da un aeroporto comunitario e con riferimento alle sole emissioni di biossido di carbonio, a partire dal 1 gennaio 2012. Nelle ipotesi in cui esistano vettori che, pur svolgendo la loro attività in Europa, non dispongono di licenza rilasciata da uno Stato membro, lo Stato di riferimento sarà quello per il quale si stimano le più elevate emissioni associate ai voli effettuati da tali operatori;
- il limite alle emissioni imposto agli operatori aerei nel primo anno di partecipazione al EU-ETS è equivalente al 97% della media delle emissioni prodotte nel triennio 2004-2006; a partire dal 2013 (e fino ad eventuale e futura modifica della Direttiva), tale percentuale, sempre calcolata sullo stesso periodo di riferimento, scenderà al 95%;
- il numero di quote che ciascuno Stato dovrebbe assegnare tramite asta corrisponde al 15% della proporzione delle emissioni complessive attribuite al trasporto aereo di tutti gli Stati membri che ad esso è associata, computata sulle emissioni dell'anno di riferimento (per il 2012, il riferimento sarà il 2010, mentre a partire dal 2013, l'anno da considerarsi quale base per il calcolo sarà quello concluso 24 mesi prima dell'inizio del periodo cui l'asta si riferisce). La restante parte delle quote (dopo che sia stata comunque predisposta una riserva²⁴ per i “nuovi entranti” e per gli operatori che abbiano fatto registrare una particolare crescita della loro attività) sarà assegnata gratuitamente, in seguito ad apposita richiesta avanzata dalle compagnie, sulla base di un parametro di riferimento (benchmark)²⁵;
- relativamente allo scambio delle quote, le compagnie aeree potranno acquistare e/o vendere quote da e agli altri settori partecipanti all'EU-ETS e, come avviene nell'attuale sistema di scambio, anche gli operatori aerei saranno tenuti a monitorare le rispettive emissioni e a comunicarle all'autorità competente dello Stato membro di riferimento.

²¹ Direttiva del Parlamento e del Consiglio del 13 Ottobre 2003 che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas ad effetto serra nella Comunità (GU L275 del 25 ottobre 2003).

²² L'implementazione del sistema comunitario di *emissions trading* così come definito dalla Direttiva 2003/87/CE interessa (nella fase attuale 2008-2012, come pure in quella precedente 2005-2007) le attività energetiche, di produzione e trasformazione di metalli ferrosi, l'industria dei prodotti minerali e altre attività legate alla fabbricazione di pasta per carta, carta e cartoni.

²³ Direttiva del Parlamento e del Consiglio del 19 Novembre 2008 che modifica la Direttiva 2003/87/CE al fine di includere le attività di trasporto aereo nel sistema comunitario di scambio delle quote di emissioni dei gas ad effetto serra (GU L8 del 13 gennaio 2009).

²⁴ Tale riserva ammonta al 3% della quantità totale di quote di emissioni da assegnare.

²⁵ Il benchmark per l'assegnazione gratuita di quote è calcolato dividendo il numero di quote che lo Stato membro assegna gratuitamente per il totale delle tonnellate-chilometro associato alle compagnie che avanzano la richiesta per l'assegnazione gratuita.

2.3 Metodologia per la quantificazione degli impatti

La metodologia utilizzata per la determinazione degli impatti derivanti dall'applicazione dell'EU-ETS al trasporto aereo fa riferimento, oltre alla Direttiva 2008/101/CE, alle Linee Guida IPCC (2006) per la redazione degli inventari nazionali delle emissioni e all'EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (2006) redatto dall'Agenzia Europea dell'Ambiente²⁶.

Secondo quanto indicato in tali documenti, il primo passo dell'analisi consiste nella quantificazione dei volumi di traffico aereo registrati, nel periodo di riferimento²⁷, su base nazionale²⁸.

A tale scopo sarà, innanzitutto, necessario individuare i vettori associati a ciascuno Stato (secondo i criteri illustrati all'Art. 18 della Direttiva 2003/87/CE così come modificata dalla Direttiva 2008/101/CE). Successivamente, per ciascuno di questi, occorrerà considerare, per tutti i voli effettuati, le specifiche rotte (domestiche, continentali, intercontinentali) e le corrispondenti distanze, nonché le tipologie di aeromobili utilizzati e i relativi consumi di carburante²⁹.

In seguito, applicando ai consumi quantificati con riferimento a ciascun volo il fattore di emissione associato al carburante utilizzato per l'aviazione³⁰, si procederà con la determinazione delle emissioni prodotte, su base nazionale, dal trasporto aereo.

In sintesi, per ciascuna tipologia di aeromobile utilizzata dai vettori associati a ciascuno Stato nello svolgimento delle proprie attività, la struttura di calcolo dei relativi contributi alle emissioni nazionali sarà la seguente:

$$\begin{aligned} \text{Consumo carburante}_{\text{CCD}}^{31} + \text{Consumo carburante}_{\text{LTO}}^{32} &= \text{Consumo carburante}_{\text{TOTALEVOLO}} \\ \text{Consumo carburante}_{\text{TOTALEVOLO}} * \text{Fattore emissione} &= \text{Emissioni}_{\text{TOTALEVOLO}} \\ \text{Emissioni}_{\text{TOTALEVOLO}} * \text{Frequenza}^{33} &= \text{Emissioni}_{\text{TOTALI}} \end{aligned}$$

Compute le emissioni, la valorizzazione dell'impatto, in termini monetari, dell'inclusione nell'EU-ETS del trasporto aereo impone che si determinino il cap europeo relativo alle emissioni dell'aviazione e il numero di quote, a livello comunitario

²⁶ In particolare, i metodi utilizzati sono il "TIER 3A" con riferimento al documento dell'IPCC e la "Detailed methodology" definita dell'AEA.

²⁷ Per l'EU-ETS, il computo delle emissioni e la determinazione delle corrispondenti quote da assegnare avviene su base annuale.

²⁸ La necessità di procedere assumendo una prospettiva nazionale è motivata dal fatto che la gestione operativa del sistema europeo di scambio delle quote risulta ad oggi ancora rimessa agli Stati membri, ciascuno dei quali, attraverso la propria "autorità competente", è chiamato a compilare un registro nazionale delle emissioni, provvedere all'assegnazione delle quote per gli operatori ad esso associati, verificare la regolarità dei meccanismi di scambio.

²⁹ Tali informazioni sono necessarie per l'analisi in quanto il metodo adottato per la stima delle emissioni utilizza valori medi di consumo di carburante associati a categorie rappresentative di velivoli, distinguendo tra fase di decollo e atterraggio e fase di volo.

³⁰ Secondo quanto suggerito nella metodologia di riferimento, unico è il fattore da utilizzare per il computo delle emissioni prodotte dal trasporto aereo (3,157 kg CO₂ / kg carburante) in quanto unica è la tipologia di carburante (cherosene) utilizzato nell'aviazione.

³¹ Climb/Cruise/Descendent.

³² Landing/Take-off.

³³ Si considerano i piani di volo annuali delle compagnie.

e nazionale, che saranno assegnate agli operatori a titolo oneroso, tramite asta. Ciò in quanto tali valori influenzano direttamente l'ultima fase del processo di calcolo, ovvero la determinazione dell'ammontare dei costi che i vettori dovranno sostenere.

Più specificamente, infatti, l'impatto monetario complessivo dell'implementazione del sistema si determina come somma di tre distinte categorie di costo: i costi per l'assegnazione a titolo oneroso delle quote corrispondenti alle emissioni consentite (il cui ammontare è definito dal *cap*, determinato a livello europeo), gli eventuali costi per l'acquisto, sul mercato dei permessi, delle quote necessarie a "coprire" le emissioni eccedenti il limite stabilito, e le eventuali sanzioni previste dal sistema nell'ipotesi in cui, al termine del periodo di riferimento, gli operatori non dispongano di un ammontare di quote corrispondente alle emissioni effettivamente prodotte. In sintesi:

$$\text{Costo}_{\text{EU-ETS}} = \text{Costo}_{\text{mercato primario}} + \text{Costo}_{\text{mercato secondario}} + \text{Costo}_{\text{sanzione}}$$

$$\begin{aligned} \text{dove} \quad \text{Costo}_{\text{mercato primario}} &= Q_{\text{asta}} * p_{\text{primario}} \\ \text{Costo}_{\text{mercato secondario}} &= Q_{E(\text{consentite} - \text{prodotte})} * p_{\text{secondario}} \\ \text{Costo}_{\text{sanzione}} &= Q_{\text{non restituite}} * \text{sanzione unitaria}^{34} \end{aligned}$$

| | | | |
|-----|--|---|--|
| con | Q_{asta} | : | numero di quote che l'autorità competente assegna, a titolo oneroso, agli operatori; |
| | p_{primario} | : | prezzo d'asta; |
| | $Q_{E(\text{consentite} - \text{prodotte})}$ | : | numero di quote pari alla differenza tra tonnellate di emissioni consentite (definite dal <i>cap</i>) e tonnellate di emissioni prodotte; |
| | $p_{\text{secondario}}$ | : | prezzo di scambio delle quote; |
| | $Q_{\text{non restituite}}$ | : | numero di quote mancanti, al termine del periodo di riferimento, alla completa copertura delle tonnellate di emissioni prodotte. |

Dopo aver richiamato tutti gli elementi necessari alla quantificazione degli impatti dell'estensione all'aviazione dell'EU-ETS, si procederà ad applicare la metodologia descritta al settore del trasporto aereo italiano per il 2012, primo anno di partecipazione al sistema di scambio delle quote.

3. Applicazione e risultati

Al fine di determinare il contributo del trasporto aereo nazionale alle emissioni di CO₂ prodotte dall'aviazione a livello europeo, si è proceduto all'individuazione dei vettori che dispongono di una licenza d'esercizio rilasciata da ENAC³⁵.

³⁴ Gli operatori che non restituiranno un numero di quote sufficiente a coprire le emissioni rilasciate durante ciascun periodo di assegnazione saranno soggetti ad un'ammenda per le emissioni in eccesso. Più precisamente, per ciascuna tonnellata di biossido di carbonio emessa per la quale l'operatore non ha restituito le quote di emissione, l'ammenda per le emissioni in eccesso corrisponde a 100 EUR (Art. 16 della Direttiva 2003/87/CE così come modificato dalla Direttiva 2008/101/CE).

³⁵ E' opportuno precisare che, nel febbraio 2009, la Commissione ha individuato, per ciascuno Stato membro, le compagnie aeree ad esso associate nel rispetto dei criteri dell'Art. 18 della Direttiva

Con riferimento a questi operatori, sono stati considerati i tutti i voli operati³⁶, computando le distanze percorse (km) e i corrispondenti consumi di carburante (kg), come quanto di seguito riportato illustra a titolo esemplificativo:

Tabella 1: Volo Milano (LIN) – Parigi (CDG): distanza (km), aeromobile utilizzato e corrispondente classe rappresentativa di aeromobili

| DepAirport | ArrAirport | Km | Specific aircraft | Representative Aircraft |
|------------|------------|-----|------------------------|-------------------------|
| LIN | CDG | 644 | Boeing (Douglas) MD 80 | MD 81-88 |

Fonte: Piani di volo annuali delle compagnie aeree considerate (anni 2007-2008) e *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook* (2006).

Tabella 2: Consumi di carburante relativi alla classe rappresentativa di aeromobili MD 81-88 riferiti in funzione delle distanze percorse e delle differenti fasi di volo

| MD81-88 | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Distance (km) | | 231,5 | 463 | 926 | 1389 | 1852 | 2778 | 3704 |
| Fuel (kg) | Flight total | 2.102,9 | 3.111,0 | 4.563,9 | 5.913,1 | 7.469,8 | 10.523,3 | 13.738,7 |
| | LTO | 1.003,1 | 1.003,1 | 1.003,1 | 1.003,1 | 1.003,1 | 1.003,1 | 1.003,1 |
| | Climb/cruise/descent | 1.099,8 | 2.107,9 | 3.560,9 | 4.910,0 | 6.466,7 | 9.520,3 | 12.735,6 |

Fonte: *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook* (2006).

$$2.107,9 + (3.560,9 - 2.107,9) * (644 - 463) / (926 - 463) = 2.675,9 \text{ Kg FUEL (CCD)}$$

$$1.003,1 + 2.675,9 = 3.679 \text{ Kg FUEL (LTO + CCD)}$$

Successivamente, utilizzando il fattore di emissione del cherosene, è stato quantificato l'ammontare di emissioni di biossido di carbonio prodotte. Per il volo considerato si avrà:

$$3.679 * 3.157 = 11.614,6 \text{ Kg CO}_2$$

Applicando la metodologia all'attività delle compagnie considerate, sono state determinate le emissioni nazionali che, per il 2008, ammontano a 5,8 milioni di tonnellate e rappresentano il 3,58% del totale delle emissioni europee (EU-27) stimate per lo stesso anno³⁷.

Relativamente alla definizione del cap europeo, la Direttiva stabilisce che, per il 2012, il limite alle emissioni prodotte dal trasporto aereo sia pari al 97% delle emissioni storiche³⁸ e che, delle emissioni consentite, la proporzione da assegnare agli operatori a titolo oneroso sia del 15%. La tabella che segue riporta il limite massimo di emissioni

2003/87/CE come modificata dalla 2008/101/CE. In rapporto alla lista pubblicata da ENAC, l'elenco europeo comprende un più ampio numero di vettori, considerando anche quelli che non operano voli commerciali schedati. In quanto di marginale rilevanza in termini di contributo alle emissioni prodotte, l'attività di tali compagnie non costituisce oggetto della presente analisi.

³⁶ Per la determinazione dei volumi di traffico delle compagnie associate all'Italia, si è proceduto con l'elaborazione dei dati relativi alla stagione invernale 2007-2008 e alla stagione estiva 2008.

³⁷ In merito al dato europeo, è stato utilizzato il valore per il 2005, applicando ad esso il medesimo tasso di crescita utilizzato per la definizione del *baseline scenario* (dal 2005 al 2020 il tasso medio di crescita annua è stimato pari al 2,7%) nel documento "Model-based analysis of the 2008 EU Policy Package on Climate Change and Renewables".

³⁸ Per emissioni storiche si intende "la media delle emissioni annue prodotte negli anni 2004, 2005 e 2006" (Art. 3 della Direttiva 2003/87/CE così come modificata dalla Direttiva 2008/101/CE).

consentite all'aviazione nel sistema ETS e il numero di quote da assegnare, a livello comunitario e nazionale³⁹, tramite asta⁴⁰:

Tabella 3: Trasporto aereo: emissioni storiche, cap e quote da assegnare tramite asta

| Anno | 2004 | 2005 | 2006 | 2012 |
|---|-------|-------|--------------|----------------------|
| Emissioni CO ₂ prodotte dal trasporto aereo europeo (milioni di tonnellate) | 142,0 | 149,7 | 157,6 | |
| Emissioni storiche del trasporto aereo europeo (milioni di tonnellate) | | | 149,8 | |
| Cap europeo (milioni di tonnellate) | | | | 149,8 * 0,97 = 145,3 |
| Proporzione europea di quote da assegnare tramite asta | | | | 15% |
| Quote da assegnare, a livello aggregato UE, tramite asta (milioni di tonnellate) | | | | 21,795 |
| Quote nazionali (IT) da assegnare tramite asta (milioni di tonnellate) | | | | 0,780 |

Fonte: Elaborazioni da *EU Energy and Transport in figures 2007/2008*

Al fine di quantificare i costi che la partecipazione al sistema di emissions trading imporrà, nel primo anno, agli operatori aerei, si definiscono due scenari di riferimento: ipotesi di base del primo (A) è un adattamento parziale della struttura dell'attuale EU-ETS alla partecipazione dell'aviazione, tale per cui si assume che le compagnie aeree siano in grado di reperire, attraverso il ricorso al mercato secondario, soltanto le quote corrispondenti al 90% della differenza tra emissioni previste ed emissioni consentite; quanto al secondo (B), si assume, invece, una piena integrazione tra i settori partecipanti e, dunque, che gli operatori del trasporto aereo siano in grado di soddisfare integralmente la propria domanda di quote sul mercato secondario.

Comuni ad entrambi gli scenari sono il valore d'asta e il prezzo delle quote sul mercato secondario, che si assumono, per il 2012, di ammontare pari a 20 euro/ ton CO₂⁴¹.

Tenendo conto delle ipotesi assunte e applicando i parametri di riferimento stabiliti dalla normativa, i risultati dei due scenari per l'Italia, relativamente all'anno 2012, risultano essere:

Tabella 4: Emissioni previste e cap alle emissioni per gli operatori aerei aventi l'Italia quale Stato di riferimento (anno 2012)

| | |
|---|-----------|
| Emissioni effettive previste IT (ton) ⁴² | 6.441.244 |
|---|-----------|

³⁹ Alla base della determinazione del numero di quote assegnate a livello nazionale a titolo oneroso si colloca l'ipotesi per cui il contributo del trasporto aereo italiano alle emissioni di CO₂ dell'aviazione europea è ritenuto invariante negli anni considerati nell'analisi (3,58%).

⁴⁰ Relativamente all'assegnazione a titolo gratuito, la quantità di quote da allocare viene determinata in modo residuale, dopo aver sottratto al totale delle emissioni consentite a livello nazionale, oltre al volume messo all'asta, anche la riserva di quote per i nuovi entranti, fissata al 3% del totale delle quote da allocare.

⁴¹ Sulla base delle previsioni al 2012 elaborate da Point Carbon in merito al prezzo spot di una tonnellata di CO₂ (20 €/ton CO₂ costituisce, inoltre, il valore base dello scenario medio di prezzo assunto nel modello utilizzato dal Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research dell'Università di Cambridge ai fini della valutazione degli impatti economici ed ambientali dell'inclusione dell'aviazione nell'EU-ETS).

⁴² Valore ricavato per l'Italia a partire dal *baseline scenario* europeo, definito, come già riferito, applicando un tasso di crescita medio annuo alle emissioni di CO₂ prodotte dall'aviazione pari al 2,7% per il periodo 2005-2020 (il medesimo riferimento relativamente alla definizione del baseline scenario europeo è stato assunto dal già richiamato modello utilizzato dall'Università di Cambridge). Il valore di

| | |
|--|------------|
| Emissioni CO ₂ consentite IT (ton) | 5.201.955 |
| Emissioni consentite - effettive previste IT (ton) | -1.239.289 |

Fonte: Elaborazioni da *EU Energy and Transport in figures 2007/2008* e *Model-based analysis of the 2008 EU Policy Package on Climate Change and Renewables*.

Tabella 5: Costi per l'acquisto delle quote sul mercato secondario e per l'eventuale sanzione: determinanti e valorizzazione per gli operatori aerei aventi l'Italia quale Stato di riferimento (Scenario A, anno 2012)

| | |
|--|-------------------|
| Quote da reperire sul mercato secondario | 1.239.289 |
| % quote disponibili sul mercato secondario | 90% |
| Numero di quote disponibili sul mercato secondario | 1.115.361 |
| Prezzo unitario di mercato secondario (euro) | 20 |
| Costo dell'acquisto sul mercato secondario (euro) | 22.307.210 |
| % quote non disponibili sul mercato secondario | 10% |
| Numero di quote assoggettate a sanzione | 123.929 |
| Sanzione unitaria (euro) | 100 |
| Costo della sanzione (euro) | 12.392.895 |

Fonte: Elaborazioni da *EU Energy and Transport in figures 2007/2008* e dati Point Carbon (2008).

Tabella 6: Costi della partecipazione all'ETS per gli operatori aerei aventi l'Italia quale Stato di riferimento (Scenario A, anno 2012)

| | |
|--|-------------------|
| Costo dell'asta (euro) | 15.605.864 |
| Costo dell'acquisto sul mercato secondario (euro) | 22.307.210 |
| Costo della sanzione (euro) | 12.392.895 |
| Costo totale della partecipazione all'ETS dell'aviazione (euro) | 50.305.969 |

Fonte: Elaborazioni da *EU Energy and Transport in figures 2007/2008* e dati Point Carbon (2008).

Tabella 7: Costi per l'acquisto delle quote sul mercato secondario e per l'eventuale sanzione: determinanti e valorizzazione per gli operatori aerei aventi l'Italia quale Stato di riferimento (Scenario B, anno 2012)

| | |
|--|-------------------|
| Quote da reperire sul mercato secondario | 1.239.289 |
| % quote disponibili sul mercato secondario | 100% |
| Numero di quote disponibili sul mercato secondario | 1.239.289 |
| Prezzo unitario di mercato secondario (euro) | 20 |
| Costo dell'acquisto sul mercato secondario (euro) | 24.785.789 |
| % quote non disponibili sul mercato secondario | 0% |
| Numero di quote assoggettate a sanzione | 0 |
| Sanzione unitaria (euro) | 100 |
| Costo della sanzione (euro) | 0 |

Fonte: Elaborazioni da *EU Energy and Transport in figures 2007/2008* e dati Point Carbon (2008).

Tabella 8: Costi della partecipazione all'ETS per gli operatori aerei aventi l'Italia quale Stato di riferimento (Scenario B, anno 2012)

| | |
|--|-------------------|
| Costo dell'asta (euro) | 15.605.864 |
| Costo dell'acquisto sul mercato secondario (euro) | 24.785.789 |
| Costo della sanzione (euro) | 0 |
| Costo totale della partecipazione all'ETS dell'aviazione (euro) | 40.391.653 |

Fonte: Elaborazioni da *EU Energy and Transport in figures 2007/2008* e dati Point Carbon (2008).

emissioni attribuite al trasporto aereo europeo nell'anno 2012 che in tal modo si determina è pari a circa 180 milioni di tonnellate.

Al fine di fornire una valutazione in termini comparativi del costo stimato per l'aviazione italiana quale conseguenza della partecipazione all'EU-ETS⁴³ si ritiene, infine, utile riportare tale dato al valore del fatturato delle compagnie analizzate:

Tabella 9: Incidenza del costo di partecipazione all'EU-ETS sul fatturato degli operatori aerei aventi l'Italia quale Stato di riferimento (anno 2012)

| | |
|---|--------------|
| Fatturato 2007 compagnie analizzate (milioni euro) ⁴⁴ | 6.891 |
| Fatturato 2012 compagnie analizzate (milioni euro) ⁴⁵ | 6.262 |
| Incidenza sul fatturato del costo di partecipazione all'EU-ETS 2012 – SCENARIO A | 0,80% |
| Incidenza sul fatturato del costo di partecipazione all'EU-ETS 2012 – SCENARIO B | 0,64% |

Fonte : Elaborazioni dai bilanci delle compagnie aeree considerate (2007) e a partire dalle previsioni, per l'Italia, relative al traffico passeggeri riferite da AEA (2008) e Eurocontrol (2009-2012).

Come si evince dai valori riportati nella tabella sovrastante, il costo di partecipazione al sistema europeo di emissions trading per le compagnie aeree analizzate rappresenterà, per il 2012, una percentuale compresa tra lo 0,64% e lo 0,80% del fatturato.

4. Conclusioni

La metodologia applicata per lo svolgimento del presente lavoro ha consentito, a partire dalla diretta analisi del caso italiano, dapprima la quantificazione dei volumi di emissione di biossido di carbonio prodotti dal trasporto aereo, e in seguito l'individuazione delle determinanti del costo imposto agli operatori aerei dalla partecipazione all'EU-ETS.

Nel condurre l'analisi, è stato possibile cogliere alcuni aspetti della complessità che caratterizza strutturalmente il settore dell'aviazione, in cui una domanda in crescita e l'espansione dei traffici che ne consegue impattano sulla complessiva performance ambientale, fino a compromettere i progressi, sul piano tecnologico e dell'efficienza, generati nel tempo dall'industria aeronautica⁴⁶. Come conseguenza, la possibilità che l'aviazione possa strutturalmente, nel complesso, contribuire attivamente al perseguimento degli obiettivi prefigurati a livello comunitario o assorbire, invece, i

⁴³ Secondo uno studio condotto da RDC Aviation and Point Carbon (2009), per l'anno 2012 il costo di partecipazione all'EU-ETS stimato per l'aviazione europea ammonta a 1,1 miliardi di euro. Tale dato è determinato considerando il prezzo spot di una tonnellata di CO₂ del Luglio 2009 (pari a €14,4). Riproporzionando il risultato al fine di renderlo confrontabile con i valori determinati dall'analisi oggetto del presente paper (e assumendo, quindi, un valore di 20 €/ton_{CO2} per il 2012), si determina un costo per l'Italia pari a 53 milioni di euro circa (calcolato applicando alla stima di costo prodotta dallo studio la proporzione di emissioni di CO₂ attribuita all'Italia sul totale dell'aviazione europea, pari al 3,58%).

⁴⁴ I dati relativi al fatturato delle compagnie sono stati tratti dai rispettivi bilanci per l'anno 2007.

⁴⁵ Il valore del fatturato è stato stimato, per il 2012, a partire dal dato 2007, utilizzando le previsioni per l'Italia relative al traffico passeggeri elaborate da AEA (2008) e Eurocontrol (2009-2012) e tenendo conto del rapporto tra variazioni percentuali annuali di fatturato e traffico passeggeri registrate e previste a livello internazionale.

⁴⁶ E' opportuno richiamare che la quantificazione delle emissioni annuali di biossido di carbonio prodotte dal trasporto aereo è stata ottenuta moltiplicando il consumo unitario di carburante per le distanze percorse con riferimento a tutti i voli operati nel periodo considerato, e applicando, poi, il fattore di emissione dell'aviazione al valore ottenuto. Da ciò è agevole rilevare che le variabili che impattano sulla performance ambientale complessiva del settore del trasporto aereo sono molteplici (tra queste, dal lato dell'offerta, la maggiore o minore efficienza energetica, la tipologia di carburante utilizzato, la configurazione delle rotte ed il sistema di gestione dei traffici, nonché, dal lato della domanda, i volumi di attività) e forniscono contributi diversi (talvolta configgenti).

benefici realizzati in altri settori, dipenderà dall'intensità con cui l'evoluzione della domanda, da un lato, e le dinamiche legate all'offerta, dall'altro, si manifesteranno.

Ampliando la prospettiva ad una valutazione dell'EU-ETS nel complesso, ciò che si ritiene più significativo rilevare, a conclusione dell'analisi, sono gli aspetti che sembrano fare dell'aviazione il riflesso di un approccio in parte diverso rispetto a quello attualmente adottato per i settori che partecipano al meccanismo di scambio, riavvicinandolo ai criteri e ai principi ispiratori che, all'origine, avevano informato l'ambizioso progetto comunitario di creazione di un mercato europeo dei permessi di emissione.

In particolare, si sottolinea il maggior grado di armonizzazione che la disciplina specificamente formulata per l'inclusione del trasporto aereo intende imporre, riducendo il peso decisionale e la discrezionalità che gli Stati membri hanno esercitato nella prima fase di applicazione, ed oggi ancora assumono, relativamente alla gestione delle variabili che regolano il funzionamento del sistema⁴⁷.

I recenti sviluppi che hanno interessato l'evoluzione della politica ambientale a livello europeo sembrano aver rafforzato tale approccio condiviso e aggregato alla gestione delle criticità ambientali. Nuovi e più ambiziosi obiettivi sono stati definiti, per il periodo post-Kyoto, nel nuovo "pacchetto clima-energia"⁴⁸, rendendo le istituzioni comunitarie protagoniste del relativo perseguimento, e garantendo un avanzamento del processo di europeizzazione dell'EU-ETS che l'estensione di questo al trasporto aereo ha avviato.

Riferimenti bibliografici

Airbus (2007) "Global Market Forecast 2007-2026".

Amici della terra (2005) "I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia", V Rapporto.

Andrews, P. (2008) "ETS and Aviation – Making It Work for Regulators and Operators", Department of Energy and Climate Change, presentazione all'"Air Transport Emissions Trading Scheme Workshop", Manchester Metropolitan University, Londra.

Anger, A. (2008) "Aviation in the EU ETS: economic and environmental impacts", Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research - University of Cambridge, presentazione all'"Air Transport Emissions Trading Scheme Workshop", Manchester Metropolitan University, Londra.

Batchelor, D. (2008) "Extending the EU Emissions Trading Scheme to Aviation", DG Energy and Transport, presentazione all'"Air Transport Emissions Trading Scheme Workshop", Manchester Metropolitan University, Londra.

⁴⁷ Tra gli aspetti che favoriranno il processo di "comunitarizzazione" dell'EU-ETS si consideri, ad esempio, il medesimo limite massimo alle emissioni per tutti gli Stati membri, o l'uniformità dei metodi da applicare per l'allocatione delle quote agli operatori aerei.

⁴⁸ Tra gli strumenti definiti per realizzare gli obiettivi del "pacchetto" adottato dal Consiglio UE nell'aprile 2009, oltre alla riduzione dei gas ad effetto serra al di fuori del sistema di scambio delle quote e allo sviluppo di efficienza energetica ed energie rinnovabili, vi è l'aggiornamento del sistema EU-ETS (disciplinato dalla futura Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che modifica la Direttiva 2003/87/CE al fine di perfezionare ed estendere il sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas ad effetto serra, il cui testo è stato approvato nel marzo 2009).

- Baumol, W. J. e Oates, W. E. (1971) “The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment”, *Swedish Journal of Economics*, vol.73.
- Boeing (2008) “Current Market Outlook 2008-2027”.
- Capros P., Mantzos L., Papandreou V. and Tasios N. (2008) “Model-based analysis of the 2008 EU Policy Package on Climate Change and Renewables”, Report to the European Commission – DG ENV.
- Coase, R. H. (1960) “The problem of social cost”, *Journal of Law and Economics*, vol.3.
- Crocker, T. D. (1966) *The Structuring of Atmospheric Pollution Control Systems*, The Economics of Air Pollution, H. Wolozin, New York, W.W.Norton & Co.
- Dales, D. H. (1968) *Pollution, Property and Prices*, University of Toronto Press, Toronto.
- Dales, D. H. (1968) “Land, Water and Ownership”, *Canadian Journal of Economics*, vol.1.
- Danielis, R. (1996) *I trasporti e l'ambiente. Aspetti di economia e politica dei trasporti*, G. Giappichelli editore.
- Delft, CE (2005) “Giving wings to emission trading. Inclusion of aviation under the European emission trading system (ETS): design and impacts”, Report to the European Commission – DG ENV.
- Delft, CE (2008) “Handbook on estimation of external costs in the transport sector”, produced within the study “Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT). Version 1.1”.
- European Environment Agency (2008) “Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2008”, EEA report n. 5/2008.
- European Environment Agency (2008) “Application of the Emissions Trading Directive by EU Member States”, EEA technical report n. 13/2008.
- Franzini, M. (2007) *Mercato e politiche per l'ambiente*, Carocci editore, Roma.
- Montgomery, W. D. (1972) “Markets in Licenses and Efficient Pollution Control Program”, *Journal of Economic Theory*, 5.
- Musu, I. a cura di (1993) *Introduzione all'economia dell'ambiente*, Il Mulino, Bologna.
- Panella, G. (2002) *Economia e politiche dell'ambiente*, Carocci editore, Roma.
- Pireddu, G. (2002) *Economia dell'ambiente: un'introduzione in equilibrio generale*, Apogeo, Milano.
- Point Carbon (2008) “Carbon 2008 - Post-2012 is now”, Røine, K., Tvinnereim, E. and Hasselknippe, H (eds.) 60 pages.
- Point Carbon and RDC Aviation (2009) “Aviation CO2 Data Monitor”, Point Carbon publication.
- Tietenberg, T. (2006) *Economia dell'ambiente*, ed. italiana a cura di Maria Concetta Chiuri, Alessio D'Amato; trad. a cura di Carla Hosnar, McGraw-Hill, Milano.

Unione Europea (1996) “Direttiva 96/61/CE del Consiglio sulla prevenzione e la riduzione integrate dell’inquinamento”.

Unione Europea (2000) Libro Verde sullo scambio dei diritti di emissione di gas ad effetto serra all’interno dell’Unione europea.

Unione Europea (2003) “Direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e Consiglio che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dai gas ad effetto serra nella Comunità”.

Unione Europea (2005) Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento europeo, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni “Vincere la battaglia contro i cambiamenti climatici” COM(2005)35.

Unione Europea (2005) Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento europeo, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni “Reducing the Climate Change Impact on Aviation” COM(2005) 459.

Unione Europea (2008) Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni “Due volte 20 per il 2020”, COM(2008)30.

Unione Europea (2008) “Direttiva 2008/101/CE che modifica la direttiva 2003/87/CE al fine di includere le attività di trasporto aereo nel sistema comunitario di scambio delle quote di emissione dei gas ad effetto serra”.

Siti consultati:

<http://www.aea.be>

<http://www.airbus.com>

<http://www.boeing.com>

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport

<http://ec.europa.eu/dgs/environment>

<http://www.eea.europa.eu>

<http://www.enac-italia.it>

<http://www.icao.int>

<http://www.mercatoelettrico.org>

<http://www.minambiente.it>

<http://www.pointcarbon.com>

<http://www.rati.it>

<http://www.unfccc.int>