

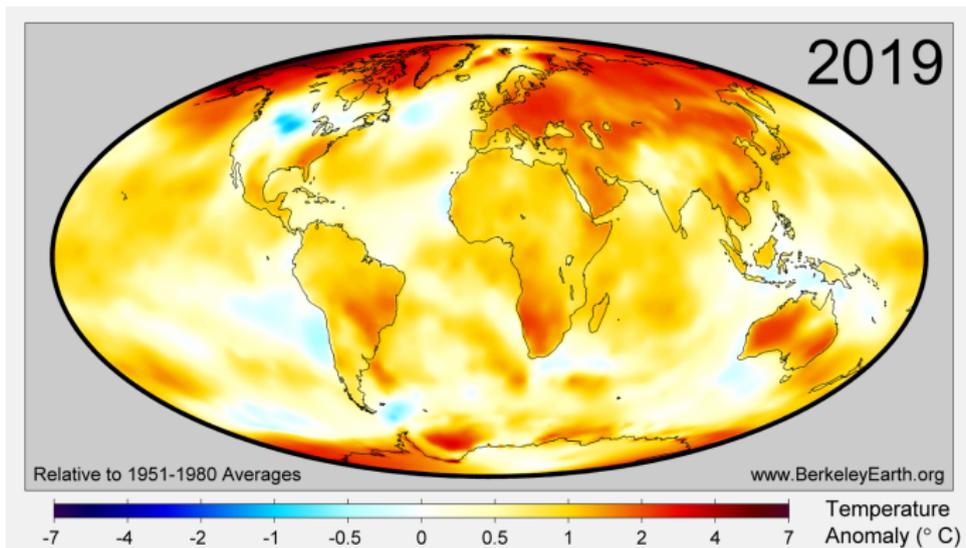
# Sostenibilità nel settore del trasporto aereo

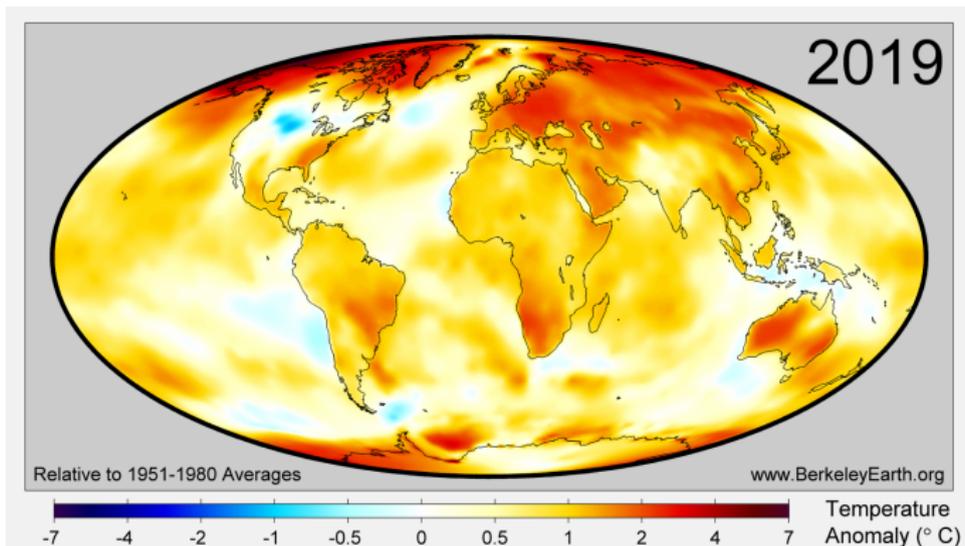
Flavio Porta

Università degli Studi of Bergamo

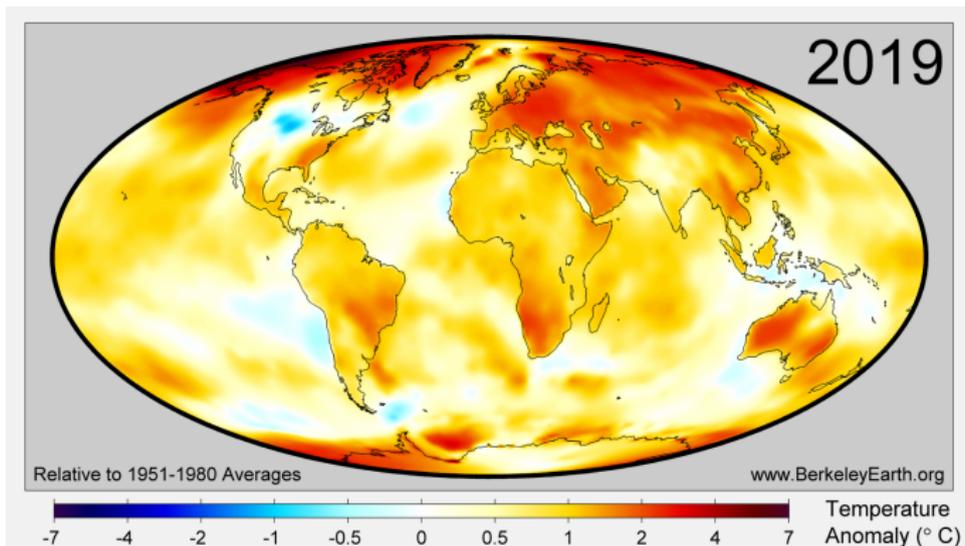
May 28, 2025

# Il cambiamento climatico

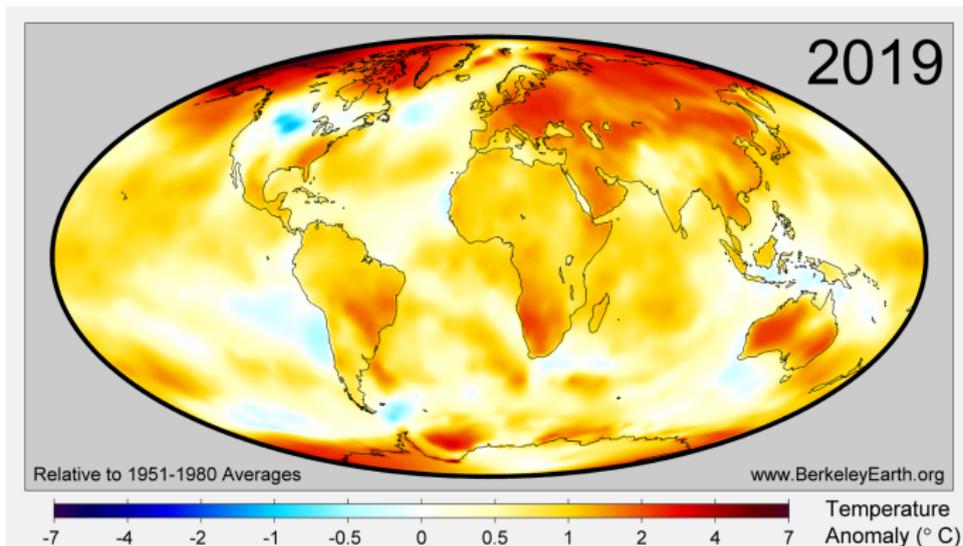




- Esiste un legame tra la temperatura e la concentrazione nell'atmosfera di gas serra
  - Gas serra generati dalla combustione di combustibili fossili



- Esiste un legame tra la temperatura e la concentrazione nell'atmosfera di gas serra
  - Gas serra generati dalla combustione di combustibili fossili
- Le temperature si sono alzate in media "solo" di 1 grado
  - Questa variazione non è omogenea



- Esiste un legame tra la temperatura e la concentrazione nell'atmosfera di gas serra
  - Gas serra generati dalla combustione di combustibili fossili
- Le temperature si sono alzate in media "solo" di 1 grado
  - Questa variazione non è omogenea
- La cosa preoccupante è la velocità con cui questo processo avviene

# I possibili scenari futuri

## Global greenhouse gas emissions and warming scenarios

Our World  
in Data

- Each pathway comes with uncertainty, marked by the shading from low to high emissions under each scenario.
- Warming refers to the expected global temperature rise by 2100, relative to pre-industrial temperatures.

Annual global greenhouse gas emissions  
in gigatonnes of carbon dioxide-equivalents

150 Gt

100 Gt

50 Gt

Greenhouse gas emissions  
up to the present

0

1990 2000 2010 2020 2030 2040 2050 2060 2070 2080 2090 2100

### No climate policies

4.1 – 4.8 °C

→ expected emissions in a baseline scenario if countries had not implemented climate reduction policies.

### Current policies

2.5 – 2.9 °C

→ emissions with current climate policies in place result in warming of 2.5 to 2.9°C by 2100.

### Pledges & targets (2.1 °C)

→ emissions if all countries delivered on reduction pledges result in warming of 2.1°C by 2100.

### 2°C pathways

1.5°C pathways

# Emissioni di CO<sub>2</sub> per area geografica

## Who emits the most CO<sub>2</sub>?

Global carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions were 36.2 billion tonnes in 2017.

Our World  
in Data

### Asia

19 billion tonnes CO<sub>2</sub>  
53% global emissions

### China

9.8 billion tonnes CO<sub>2</sub>  
27% global emissions

### India

2.5 billion tonnes  
6.8%

### North America

6.5 billion tonnes CO<sub>2</sub>  
18% global emissions

### USA

5.3 billion tonnes CO<sub>2</sub>  
15% global emissions

### Europe

6.1 billion tonnes CO<sub>2</sub>  
17% global emissions

### EU-28

3.5 billion tonnes CO<sub>2</sub>  
9.8% global emissions

### Japan

1.2 billion tonnes  
3.3%

### Saudi Arabia

635 million tonnes  
1.8%

### Thailand

331M tonnes  
0.9%

### UAE

232M tonnes  
0.6%

### Pakistan

196M tonnes  
0.55%

### Canada

573M tonnes  
1.6%

### Mexico

490M tonnes  
1.4%

### Russia

1.7 billion tonnes  
4.7%

### Turkey

448M tonnes  
1.2%

### Ukraine

214M tonnes  
0.6%

Belarus (51M tonnes)  
0.14%

Georgia (40M tonnes)  
0.11%

Norway (1M tonnes)  
0.003%

Denmark (0.8M tonnes)  
0.002%

### Iran

672 million tonnes  
1.9%

### South Korea

616 million tonnes  
1.7%

### Kazakhstan

293M tonnes  
0.8%

### Vietnam

198M tonnes  
0.55%

### Iraq

194M tonnes  
0.54%

Qatar (134M tonnes)  
0.4%

Bahrain (124M tonnes)  
0.3%

Yemen (124M tonnes)  
0.3%

Myanmar (124M tonnes)  
0.3%

Timor-Leste (124M tonnes)  
0.3%

Brunei (124M tonnes)  
0.3%

Maldives (124M tonnes)  
0.3%

Comoros (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

Senegal (124M tonnes)  
0.3%

Sierra Leone (124M tonnes)  
0.3%

Guinea (124M tonnes)  
0.3%

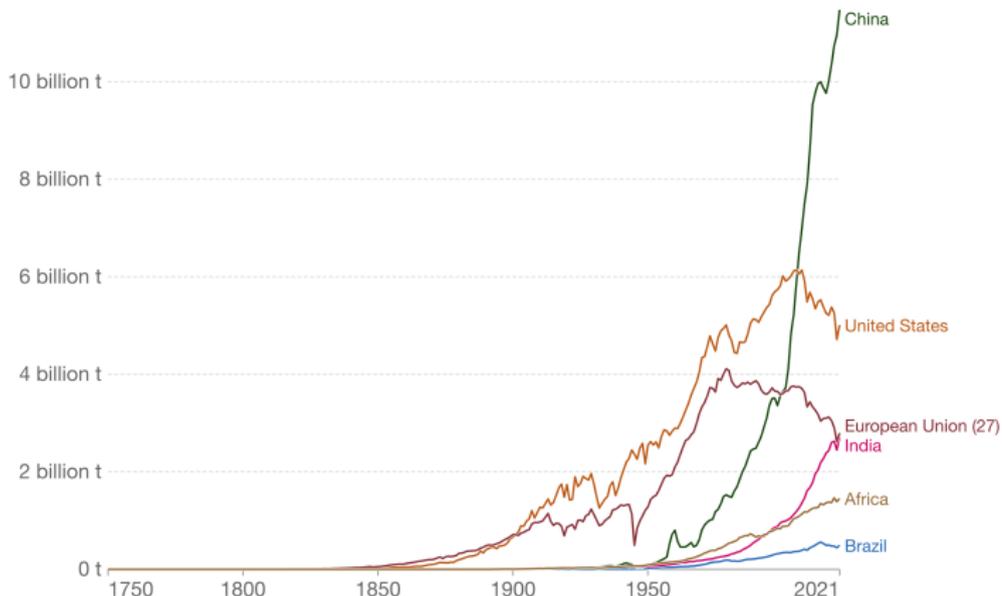
Equatorial Guinea (124M tonnes)  
0.3%

Ghana (124M tonnes)  
0.3%

# Il trend è preoccupante

## Annual CO<sub>2</sub> emissions

Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from fossil fuels and industry<sup>1</sup>. Land use change is not included.



Data source: Global Carbon Budget (2022)

[OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions](https://OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions) | CC BY

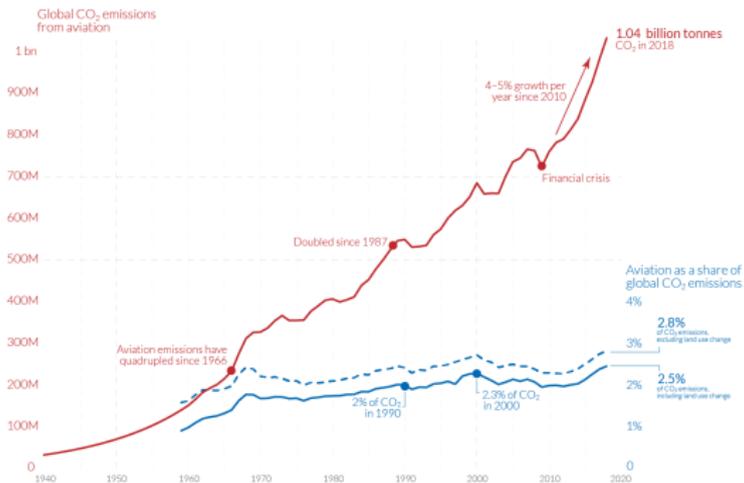
**1. Fossil emissions:** Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO<sub>2</sub> includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

# Il trasporto aereo contribuisce relativamente poco, oggi...

## Global carbon dioxide emissions from aviation

Aviation emissions includes passenger air travel, freight and military operations. It does not include non-CO<sub>2</sub> climate forcings, or a multiplier for warming effects at altitude.

Our World  
in Data



OurWorldInData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Source: Lee et al. (2020), The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018, based on Sausen and Schumann (2000) & IEA.

Share of global emissions calculated based on total CO<sub>2</sub> data from the Global Carbon Project.

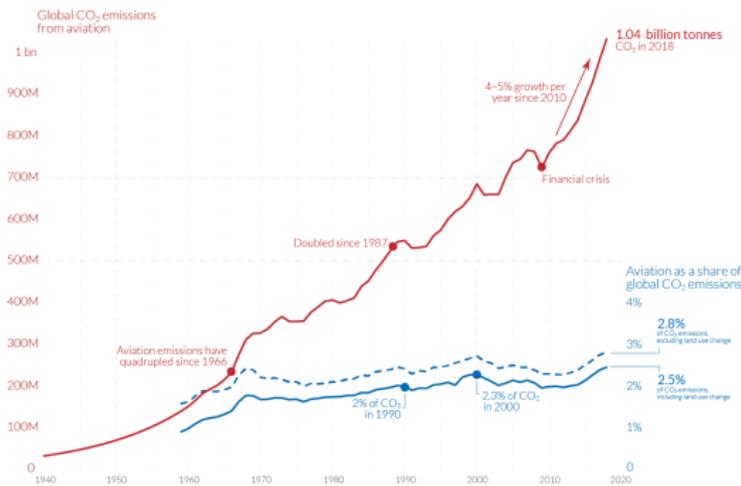
Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

# Il trasporto aereo contribuisce relativamente poco, oggi...

## Global carbon dioxide emissions from aviation

Aviation emissions includes passenger air travel, freight and military operations. It does not include non-CO<sub>2</sub> climate forcings, or a multiplier for warming effects at altitude.

Our World  
in Data



OurWorldInData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.  
Source: Lee et al. (2020), The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018, based on Sausen and Schumann (2000) & IEA.  
Share of global emissions calculated based on total CO<sub>2</sub> data from the Global Carbon Project. Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

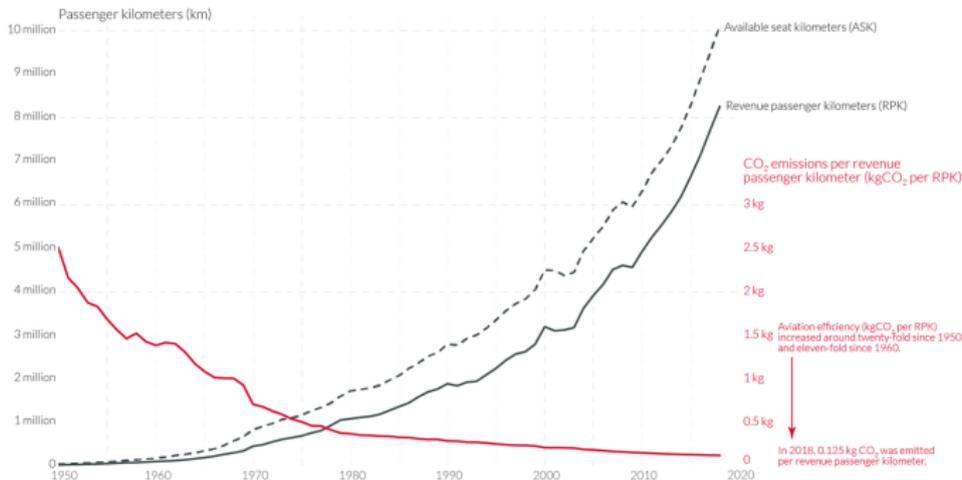
- Possibilità di sviluppo importanti, soprattutto in Asia e in Africa (Button, Porta, Scotti, *JTEP*, 2022 & Martini, Porta, Scotti, *JPA*, 2023)
  - L'Africa nel 2050 raddoppierà i suoi abitanti arrivando alla cifra di 2,5 miliardi. 1 abitante su 4 del pianeta sarà africano (stime UN, 2022)

# L'innovazione tecnologica ha ridotto le emissioni

## Global airline traffic and aviation efficiency

Revenue passenger kilometers (RPK) measures the number of paying customers multiplied by the distance traveled. Available seat kilometers (ASK) measures the total number of seats available. The ratio between RPK and ASK measures the passenger load factor. Aviation efficiency data does not include non-CO<sub>2</sub> climate forcings, or a multiplier for warming effects at altitude.

Our World  
in Data



OurWorldInData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Source: Lee et al. (2020). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018; based on Sausen and Schumann (2000) & IEA. Aviation efficiency calculated based on global aircraft traffic; data from the International Civil Aviation Organization (ICAO) via airlines.org.

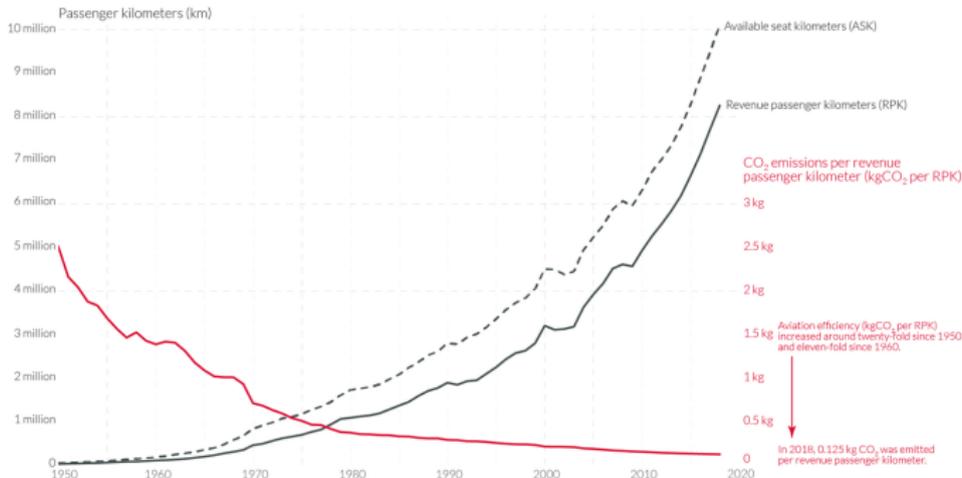
Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

# L'innovazione tecnologica ha ridotto le emissioni

## Global airline traffic and aviation efficiency

Revenue passenger kilometers (RPK) measures the number of paying customers multiplied by the distance traveled. Available seat kilometers (ASK) measures the total number of seats available. The ratio between RPK and ASK measures the passenger load factor. Aviation efficiency data does not include non-CO<sub>2</sub> climate forcings, or a multiplier for warming effects at altitude.

Our World  
in Data



OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Source: Lee et al. (2020). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018; based on Sausen and Schumann (2000) & IEA. Aviation efficiency calculated based on global aircraft traffic; data from the International Civil Aviation Organization (ICAO) via airlines.org.

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

- Liberalizzazione del mercato UE permesso la crescita di LCC, che hanno ridotto le emissioni di CO<sub>2</sub> per ASK
  - La liberalizzazione in Europa ha ridotto l'esternalità di CO<sub>2</sub> per passeggero (Porta et al., *Transport Policy*, 2020)

# L'impatto del trasporto aereo

- Crescita economica: L'aviazione è essenziale per il commercio globale, rappresentando oltre un terzo del commercio mondiale (in valore)

# L'impatto del trasporto aereo

- Crescita economica: L'aviazione è essenziale per il commercio globale, rappresentando oltre un terzo del commercio mondiale (in valore)
- Occupazione: L'industria dell'aviazione supporta decine di milioni di posti di lavoro in tutto il mondo

# L'impatto del trasporto aereo

- Crescita economica: L'aviazione è essenziale per il commercio globale, rappresentando oltre un terzo del commercio mondiale (in valore)
- Occupazione: L'industria dell'aviazione supporta decine di milioni di posti di lavoro in tutto il mondo
- In media coloro che si spostano con l'aereo spendono il 40% in più sul territorio
  - Questo effetto è di molto ridotto quando si vola con LCC (Porta e Pantelaki, WP, 2023)
  - Campante, F., Yanagizawa-Drott, D. (2018). Long-range growth: economic development in the global network of air links. *The Quarterly Journal of Economics*, 133(3), 1395-1458
  - Brugnoli, A., Dal Bianco, A., Martini, G., Scotti, D. (2018). The impact of air transportation on trade flows: A natural experiment on causality applied to Italy. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 112, 95-107

## Possibili soluzioni?

- Nel trasporto aereo, il pass-through (la % di quanto un aumento (o diminuzione) dei costi si riflette sui prezzi) è molto alto (Bontemps, Martini & Porta, WP, 2023)
  - Eventuali maggiori costi finiranno in gran parte nei prezzi dei biglietti aerei, diminuendo il numero dei passeggeri, il benessere dei consumatori e i profitti delle imprese

# Possibili soluzioni?

- Nel trasporto aereo, il pass-through (la % di quanto un aumento (o diminuzione) dei costi si riflette sui prezzi) è molto alto (Bontemps, Martini & Porta, WP, 2023)
  - Eventuali maggiori costi finiranno in gran parte nei prezzi dei biglietti aerei, diminuendo il numero dei passeggeri, il benessere dei consumatori e i profitti delle imprese
- ① Limitare i voli aerei
  - Attraverso un blocco
  - Sostituzione con treni ad alta velocità
  - Attraverso la tassazione

# Possibili soluzioni?

- Nel trasporto aereo, il pass-through (la % di quanto un aumento (o diminuzione) dei costi si riflette sui prezzi) è molto alto (Bontemps, Martini & Porta, WP, 2023)
  - Eventuali maggiori costi finiranno in gran parte nei prezzi dei biglietti aerei, diminuendo il numero dei passeggeri, il benessere dei consumatori e i profitti delle imprese
- ① Limitare i voli aerei
  - Attraverso un blocco
  - Sostituzione con treni ad alta velocità
  - Attraverso la tassazione
- ② Sviluppo di nuove soluzioni applicabili a flotta invariata
  - SAF (Sustainable Aviation Fuel)
  - Winglets (Alette)

# Possibili soluzioni?

- Nel trasporto aereo, il pass-through (la % di quanto un aumento (o diminuzione) dei costi si riflette sui prezzi) è molto alto (Bontemps, Martini & Porta, WP, 2023)
  - Eventuali maggiori costi finiranno in gran parte nei prezzi dei biglietti aerei, diminuendo il numero dei passeggeri, il benessere dei consumatori e i profitti delle imprese
- ① Limitare i voli aerei
  - Attraverso un blocco
  - Sostituzione con treni ad alta velocità
  - Attraverso la tassazione
- ② Sviluppo di nuove soluzioni applicabili a flotta invariata
  - SAF (Sustainable Aviation Fuel)
  - Winglets (Alette)
- ③ Sviluppo di nuovi aeromobili
  - Propulsione ad idrogeno

## Possibili soluzioni? Limitare i voli aerei

## Blocco o riduzione dei voli

- Perdita di posti di lavoro e danni economici importanti
  - Blocco o riduzione degli investimenti
  - Mancato sviluppo di tecnologie sostenibili (utili anche in altri campi)
  - Se fatto in maniera asimmetrica, osserviamo grandi inefficienze

# Possibili soluzioni? Limitare i voli aerei

## Blocco o riduzione dei voli

- Perdita di posti di lavoro e danni economici importanti
  - Blocco o riduzione degli investimenti
  - Mancato sviluppo di tecnologie sostenibili (utili anche in altri campi)
  - Se fatto in maniera asimmetrica, osserviamo grandi inefficienze

## Sostituzione con treni ad alta velocità (TAV)

- Rotte a corto raggio dove esiste TAV
  - La coesistenza aereo e TAV garantisce maggiore concorrenza
- L'infrastruttura TAV è molto costosa
  - Le aree remote sarebbero escluse
  - L'aviazione ha dimostrato di essere un ottimo strumento per connettere le aree remote, soprattutto i LCCs (Porta et al., *Reg. Stud.*, 2020)

# Possibili soluzioni? Limitare i voli aerei

## Blocco o riduzione dei voli

- Perdita di posti di lavoro e danni economici importanti
  - Blocco o riduzione degli investimenti
  - Mancato sviluppo di tecnologie sostenibili (utili anche in altri campi)
  - Se fatto in maniera asimmetrica, osserviamo grandi inefficienze

## Sostituzione con treni ad alta velocità (TAV)

- Rotte a corto raggio dove esiste TAV
  - La coesistenza aereo e TAV garantisce maggiore concorrenza
- L'infrastruttura TAV è molto costosa
  - Le aree remote sarebbero escluse
  - L'aviazione ha dimostrato di essere un ottimo strumento per connettere le aree remote, soprattutto i LCCs (Porta et al., *Reg. Stud.*, 2020)

## Tassazione

- Compensazione (globale) per le esternalità negative → ideale dal punto di vista teorico
  - È difficile che tutti aderiscano (e.g., CORSIA)
  - Se non aderiscono tutti, possono emergere dinamiche distorsive

Opportuno dividere le soluzioni in 2 orizzonti temporali diverse

- Il ciclo di vita di un aeromobile è particolarmente lungo
  - Molto approssimativamente: la flotta 2050 è quella ordinata oggi
  - Zero emissioni nette entro il 2050 (ICAO)

# Possibili soluzioni? Innovazione

Opportuno dividere le soluzioni in 2 orizzonti temporali diverse

- Il ciclo di vita di un aeromobile è particolarmente lungo
  - Molto approssimativamente: la flotta 2050 è quella ordinata oggi
  - Zero emissioni nette entro il 2050 (ICAO)

Orizzonte post-2050: flotte e infrastrutture radicalmente cambiate

- Motori ad idrogeno come possibile soluzione a lungo termine
- Nuovi aeromobili, aeroporti e approvvigionamento energetico

# Possibili soluzioni? Innovazione

Opportuno dividere le soluzioni in 2 orizzonti temporali diverse

- Il ciclo di vita di un aeromobile è particolarmente lungo
  - Molto approssimativamente: la flotta 2050 è quella ordinata oggi
  - Zero emissioni nette entro il 2050 (ICAO)

Orizzonte post-2050: flotte e infrastrutture radicalmente cambiate

- Motori ad idrogeno come possibile soluzione a lungo termine
- Nuovi aeromobili, aeroporti e approvvigionamento energetico

Orizzonte pre-2050: flotte e infrastrutture "invariate"

- Winglets (retrofitting ROI  $\approx$  4-5 anni)
- Utilizzo di Sustainable Aviation Fuel (SAF)
  - SAF grande potenziale, ma il loro costo rimane elevato
  - I motori in uso possono utilizzare al massimo 50% di SAF
  - Attualmente rappresenta il 0.1% del jet fuel
  - I motori sviluppati oggi supportano il 100% SAF, 28 Novembre 2023  
Virgin Atlantic primo volo a lungo raggio interamente con SAF
  - SAF blending mandates (e.g., Singapore)

Una delle sfide più importanti di questo secolo è ridurre le emissioni senza ridurre la mobilità

- Diffusione e convenienza economica delle nuove tecnologie
- Favorire gli investimenti nella decarbonizzazione del settore aereo porterebbe benefici anche in altri settori
- Costruire un contesto economico-giuridico favorevole all'innovazione, alla concorrenza, alla diversificazione dell'offerta e sensibile al benessere dei consumatori e al profitto degli attori economici
- E in questo, giuristi ed economisti hanno uno spazio di dialogo importante su un tema rilevante

# Equilibrio in Concorrenza Perfetta

Mercato perfettamente  
concorrenziale:

- Numerosi acquirenti e venditori
- Prodotti omogenei
- Libera entrata e uscita
- Informazione perfetta

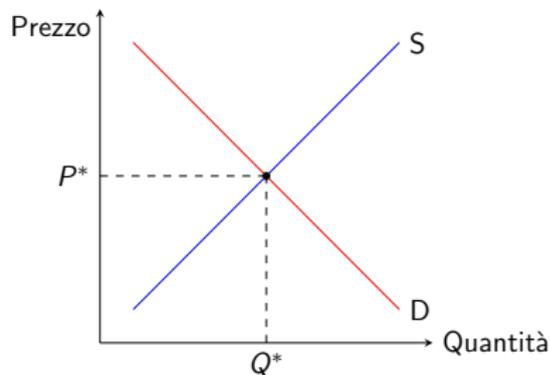
# Equilibrio in Concorrenza Perfetta

Mercato perfettamente concorrenziale:

- Numerosi acquirenti e venditori
- Prodotti omogenei
- Libera entrata e uscita
- Informazione perfetta

In equilibrio:

- $P = MC$
- MAX Benessere sociale ( $CS + \Pi$ )



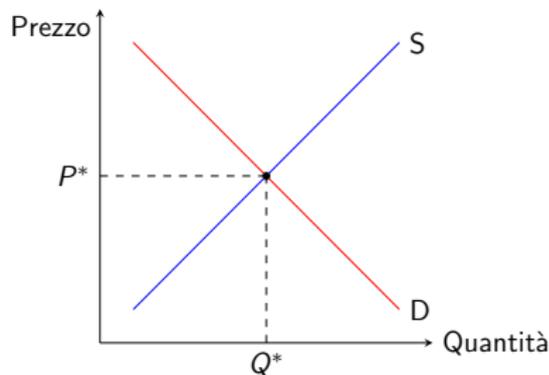
# Equilibrio in Concorrenza Perfetta

Mercato perfettamente concorrenziale:

- Numerosi acquirenti e venditori
- Prodotti omogenei
- Libera entrata e uscita
- Informazione perfetta

In equilibrio:

- $P = MC$
- MAX Benessere sociale ( $CS + \Pi$ )
  
- Le risorse sono allocate in funzione del loro migliore utilizzo



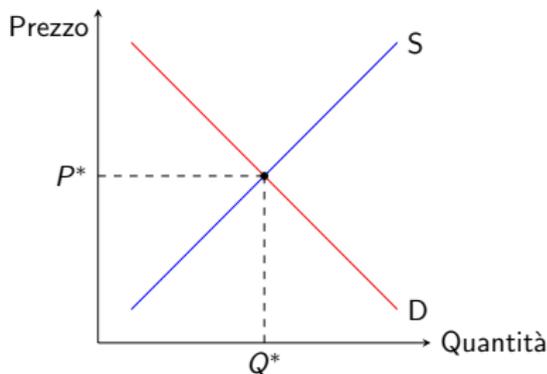
# Equilibrio in Concorrenza Perfetta

Mercato perfettamente concorrenziale:

- Numerosi acquirenti e venditori
- Prodotti omogenei
- Libera entrata e uscita
- Informazione perfetta

In equilibrio:

- $P = MC$
- MAX Benessere sociale ( $CS + \Pi$ )
  
- Le risorse sono allocate in funzione del loro migliore utilizzo
- Ogni unità del bene è valutata  $\geq$  al costo di produzione.



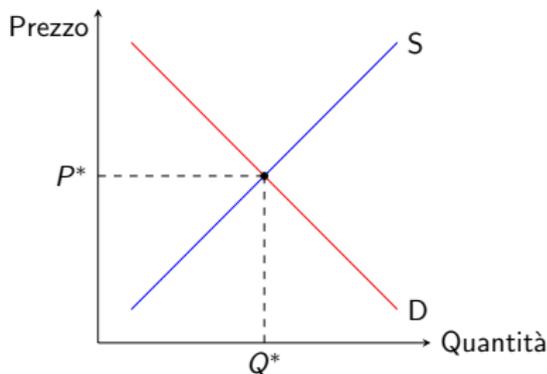
# Equilibrio in Concorrenza Perfetta

Mercato perfettamente concorrenziale:

- Numerosi acquirenti e venditori
- Prodotti omogenei
- Libera entrata e uscita
- Informazione perfetta

In equilibrio:

- $P = MC$
- MAX Benessere sociale ( $CS + \Pi$ )
  
- Le risorse sono allocate in funzione del loro migliore utilizzo
- Ogni unità del bene è valutata  $\geq$  al costo di produzione.
- **Sotto queste ipotesi  $Q^*$  è l'ottimo sociale**



# Equilibrio con Esternalità Negative

Esternalità negative (Costo per un terzo che non ha acconsentito):

- Costo Privato  $\neq$  Costo Sociale
- Costi esterni per la società
- Mercato non tiene conto di SC

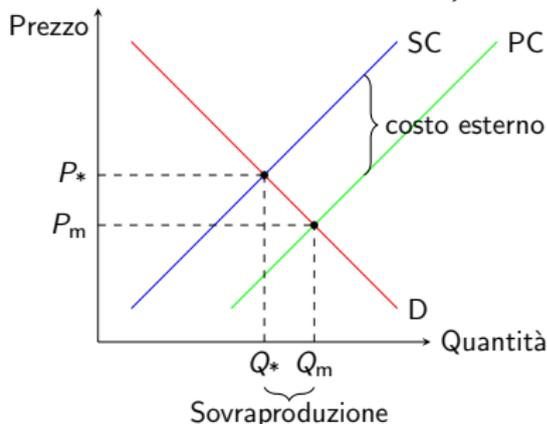
# Equilibrio con Esternalità Negative

Esternalità negative (Costo per un terzo che non ha acconsentito):

- Costo Privato  $\neq$  Costo Sociale
- Costi esterni per la società
- Mercato non tiene conto di SC

Al nuovo equilibrio:

- $P = PC$  ma  $SC > PC$
- Sovraproduzione ( $Q_m > Q^*$ )



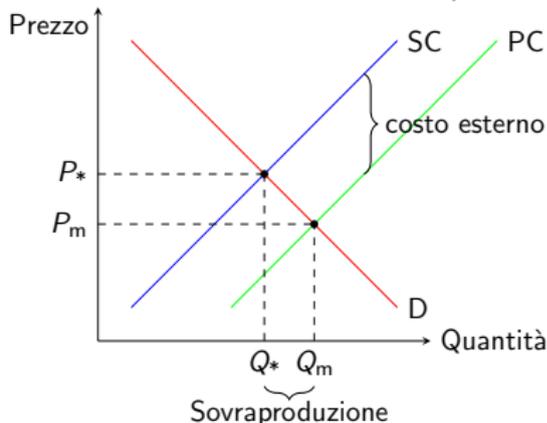
# Equilibrio con Esternalità Negative

Esternalità negative (Costo per un terzo che non ha acconsentito):

- Costo Privato  $\neq$  Costo Sociale
- Costi esterni per la società
- Mercato non tiene conto di SC

Al nuovo equilibrio:

- $P = PC$  ma  $SC > PC$
- Sovraproduzione ( $Q_m > Q^*$ )
- Misure correttive per allineare  $Q_m$  con  $Q^*$ 
  - Tassa Pigouviana =  $TAX_p = SC - PC$  (Pigou, 1920)



# Equilibrio con Esternalità Negative

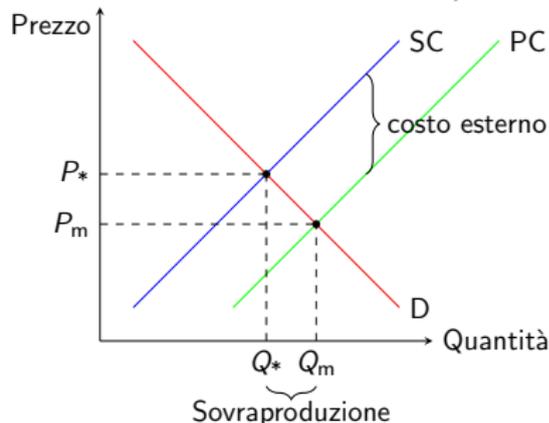
Esternalità negative (Costo per un terzo che non ha acconsentito):

- Costo Privato  $\neq$  Costo Sociale
- Costi esterni per la società
- Mercato non tiene conto di SC

Al nuovo equilibrio:

- $P = PC$  ma  $SC > PC$
- Sovraproduzione ( $Q_m > Q^*$ )

- Misure correttive per allineare  $Q_m$  con  $Q^*$ 
  - **Tassa Pigouviana** =  $TAX_p = SC - PC$  (Pigou, 1920)
  - $P^*$  dipende dall'elasticità della domanda [▶ Dimostrazione](#)



# Equilibrio con Esternalità Negative

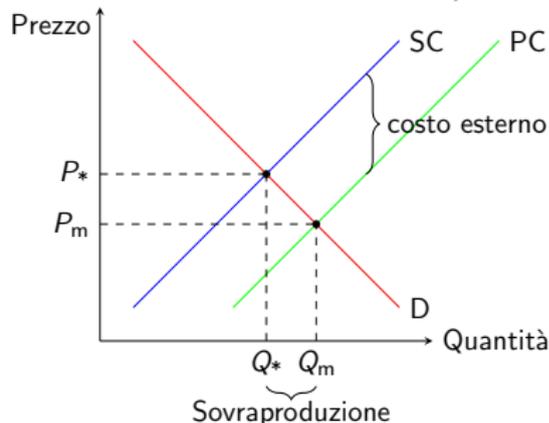
Esternalità negative (Costo per un terzo che non ha acconsentito):

- Costo Privato  $\neq$  Costo Sociale
- Costi esterni per la società
- Mercato non tiene conto di SC

Al nuovo equilibrio:

- $P = PC$  ma  $SC > PC$
- Sovraproduzione ( $Q_m > Q^*$ )

- Misure correttive per allineare  $Q_m$  con  $Q^*$ 
  - **Tassa Pigouviana** =  $TAX_p = SC - PC$  (Pigou, 1920)
  - $P^*$  dipende dall'elasticità della domanda [▶ Dimostrazione](#)
- **Problema 1:** Osserviamo solo  $Q_m$ : qual è  $Q^*$ ?



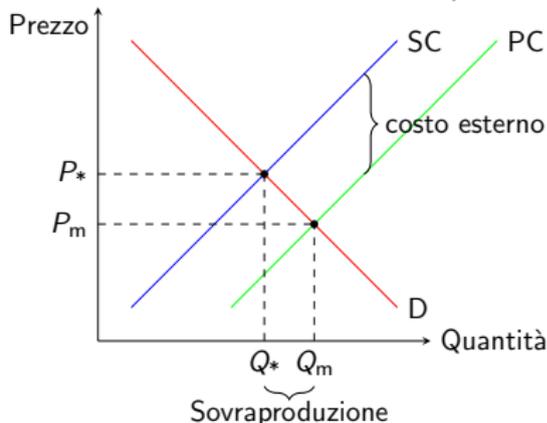
# Equilibrio con Esternalità Negative

Esternalità negative (Costo per un terzo che non ha acconsentito):

- Costo Privato  $\neq$  Costo Sociale
- Costi esterni per la società
- Mercato non tiene conto di SC

Al nuovo equilibrio:

- $P = PC$  ma  $SC > PC$
- Sovraproduzione ( $Q_m > Q^*$ )



- Misure correttive per allineare  $Q_m$  con  $Q^*$ 
  - **Tassa Pigouviana** =  $TAX_p = SC - PC$  (Pigou, 1920)
  - $P^*$  dipende dall'elasticità della domanda [► Dimostrazione](#)
- **Problema 1:** Osserviamo solo  $Q_m$ : qual è  $Q^*$ ?
- **Problema 2:** Si suppone che un'inquinante è generata proporzionalmente alla quantità prodotta  $\rightarrow$  L'unico modo per ridurre l'inquinamento è ridurre la produzione

## Problema 1: Cos'è $Q^*$ ?

- **Esternalità:** Costi/benefici non riflessi nei prezzi di mercato ( $Q \neq Q^*$ )

# Problema 1: Cos'è $Q^*$ ?

- **Esternalità:** Costi/benefici non riflessi nei prezzi di mercato ( $Q \neq Q^*$ )
  - **Esternalità negative:** ( $Q > Q^*$ )
    - Costo per una terza parte che non ha acconsentito
    - e.g., cena in cui si paga alla romana

# Problema 1: Cos'è $Q^*$ ?

- **Esternalità:** Costi/benefici non riflessi nei prezzi di mercato ( $Q \neq Q^*$ )
  - **Esternalità negative:** ( $Q > Q^*$ )
    - Costo per una terza parte che non ha acconsentito
    - e.g., cena in cui si paga alla romana
  - **Esternalità positive:** ( $Q < Q^*$ )
    - Beni pubblici: beni non escludibili e non rivali
    - Esternalità di rete
    - Mercati a 2 versanti [▶ Grafico](#)

# Problema 1: Cos'è $Q^*$ ?

- **Esternalità:** Costi/benefici non riflessi nei prezzi di mercato ( $Q \neq Q^*$ )
  - **Esternalità negative:** ( $Q > Q^*$ )
    - Costo per una terza parte che non ha acconsentito
    - e.g., cena in cui si paga alla romana
  - **Esternalità positive:** ( $Q < Q^*$ )
    - Beni pubblici: beni non escludibili e non rivali
    - Esternalità di rete
    - Mercati a 2 versanti [▶ Grafico](#)
- **Potere di mercato:** ( $Q < Q^*$ )
  - La mancanza di concorrenza porta a prezzi più alti e minor produzione

# Problema 1: Cos'è $Q^*$ ?

- **Esternalità:** Costi/benefici non riflessi nei prezzi di mercato ( $Q \neq Q^*$ )
  - **Esternalità negative:** ( $Q > Q^*$ )
    - Costo per una terza parte che non ha acconsentito
    - e.g., cena in cui si paga alla romana
  - **Esternalità positive:** ( $Q < Q^*$ )
    - Beni pubblici: beni non escludibili e non rivali
    - Esternalità di rete
    - Mercati a 2 versanti [▶ Grafico](#)
- **Potere di mercato:** ( $Q < Q^*$ )
  - La mancanza di concorrenza porta a prezzi più alti e minor produzione
- **Asimmetria informativa:**
  - Una parte ha più o migliori informazioni dell'altra
  - Rischio morale ( $Q > Q^*$ )

# Problema 1: Cos'è $Q^*$ ?

- **Esternalità:** Costi/benefici non riflessi nei prezzi di mercato ( $Q \neq Q^*$ )
  - **Esternalità negative:** ( $Q > Q^*$ )
    - Costo per una terza parte che non ha acconsentito
    - e.g., cena in cui si paga alla romana
  - **Esternalità positive:** ( $Q < Q^*$ )
    - Beni pubblici: beni non escludibili e non rivali
    - Esternalità di rete
    - Mercati a 2 versanti [▶ Grafico](#)
- **Potere di mercato:** ( $Q < Q^*$ )
  - La mancanza di concorrenza porta a prezzi più alti e minor produzione
- **Asimmetria informativa:**
  - Una parte ha più o migliori informazioni dell'altra
  - Rischio morale ( $Q > Q^*$ )
- **Input fissi:** ( $Q \neq Q^*$ )

Dove si trova il  $Q^*$  nel trasporto aereo? Alcuni esempi...

# Dove si trova il $Q^*$ nel trasporto aereo? Alcuni esempi...

- **Esternalità nell'Aviazione:**

- **Negative:** Impatto ambientale globale (emissioni di CO<sub>2</sub>)
- **Negative:** Impatto ambientale locale (Rumore, inquinanti locali)
- **Positive:** Crescita economica (Campante & Yanagizawa-Drott, 2018)
- **Positive:** Esternalità di rete (Porta et al., 2020)
- **Positive:** Mercato a due versanti: ricavi aviation e non aviation negli aeroporti (Ivaldi et al., 2015; Malavolti & Marty, 2017)

# Dove si trova il $Q^*$ nel trasporto aereo? Alcuni esempi...

## ● **Esternalità nell'Aviazione:**

- **Negative:** Impatto ambientale globale (emissioni di CO<sub>2</sub>)
- **Negative:** Impatto ambientale locale (Rumore, inquinanti locali)
- **Positive:** Crescita economica (Campante & Yanagizawa-Drott, 2018)
- **Positive:** Esternalità di rete (Porta et al., 2020)
- **Positive:** Mercato a due versanti: ricavi aviation e non aviation negli aeroporti (Ivaldi et al., 2015; Malavolti & Marty, 2017)

## ● **Potere di mercato nell'Aviazione:**

- Alte barriere all'entrata
- Economie di densità
- Slot limitati nei principali aeroporti
- Alleanze tra compagnie aeree e accordi di code-sharing

# Dove si trova il $Q^*$ nel trasporto aereo? Alcuni esempi...

## ● **Esternalità nell'Aviazione:**

- **Negative:** Impatto ambientale globale (emissioni di CO<sub>2</sub>)
- **Negative:** Impatto ambientale locale (Rumore, inquinanti locali)
- **Positive:** Crescita economica (Campante & Yanagizawa-Drott, 2018)
- **Positive:** Esternalità di rete (Porta et al., 2020)
- **Positive:** Mercato a due versanti: ricavi aviation e non aviation negli aeroporti (Ivaldi et al., 2015; Malavolti & Marty, 2017)

## ● **Potere di mercato nell'Aviazione:**

- Alte barriere all'entrata
- Economie di densità
- Slot limitati nei principali aeroporti
- Alleanze tra compagnie aeree e accordi di code-sharing

## ● **Asimmetria informativa nell'Aviazione:**

- Moral hazard per i passeggeri business (Basso et al., 2009)

# Dove si trova il $Q^*$ nel trasporto aereo? Alcuni esempi...

## ● **Esternalità nell'Aviazione:**

- **Negative:** Impatto ambientale globale (emissioni di CO<sub>2</sub>)
- **Negative:** Impatto ambientale locale (Rumore, inquinanti locali)
- **Positive:** Crescita economica (Campante & Yanagizawa-Drott, 2018)
- **Positive:** Esternalità di rete (Porta et al., 2020)
- **Positive:** Mercato a due versanti: ricavi aviation e non aviation negli aeroporti (Ivaldi et al., 2015; Malavolti & Marty, 2017)

## ● **Potere di mercato nell'Aviazione:**

- Alte barriere all'entrata
- Economie di densità
- Slot limitati nei principali aeroporti
- Alleanze tra compagnie aeree e accordi di code-sharing

## ● **Asimmetria informativa nell'Aviazione:**

- Moral hazard per i passeggeri business (Basso et al., 2009)

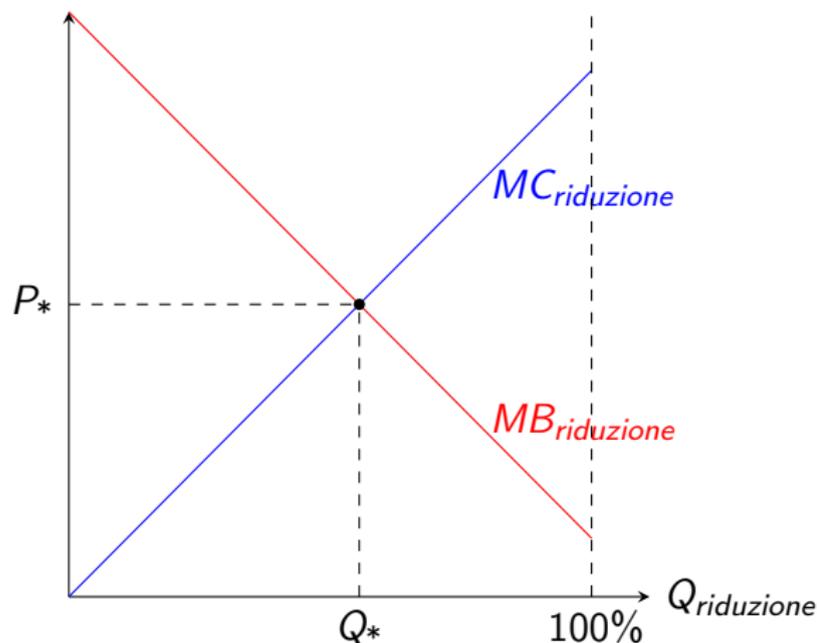
## ● **Input fissi nell'Aviazione:**

- Lavoro specializzato → significative esigenze di formazione
- Grandi investimenti in capitale in aerei e infrastrutture

## Problema 2: Un altro modo di pensare a questo problema...

- **Un'impresa produce 2 prodotti:** 1) voli e 2) riduzione dell'inquinamento

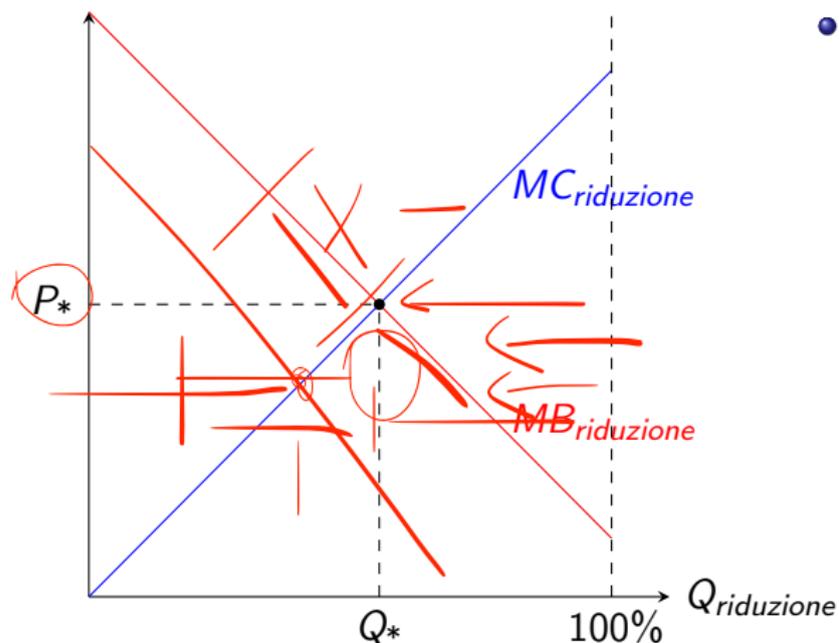
$P_{\text{riduzione}}$



## Problema 2: Un altro modo di pensare a questo problema...

- **Un'impresa produce 2 prodotti:** 1) voli e 2) riduzione dell'inquinamento

$P_{\text{riduzione}}$

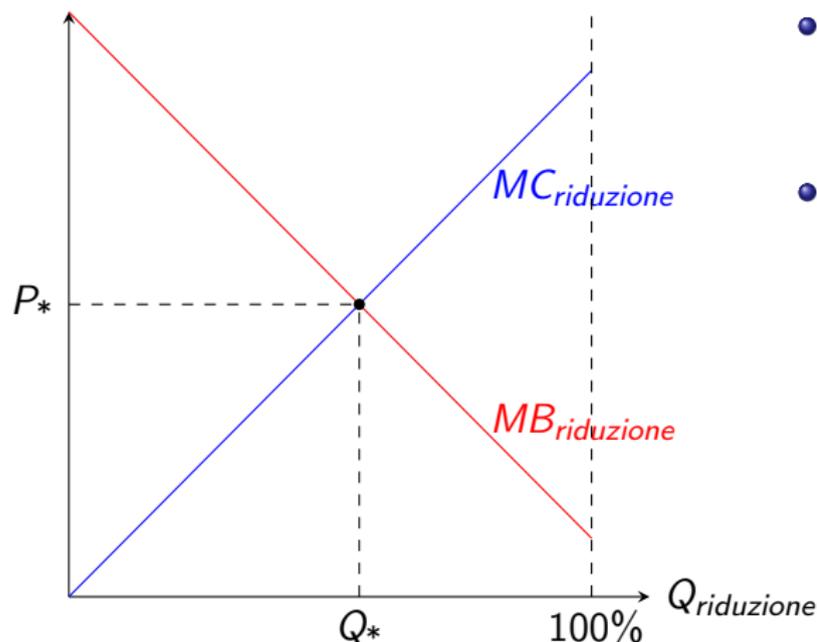


- Ridurre l'inquinamento fino a quando  $MC = MB$

## Problema 2: Un altro modo di pensare a questo problema...

- **Un'impresa produce 2 prodotti:** 1) *voli* e 2) *riduzione dell'inquinamento*

$P_{\text{riduzione}}$

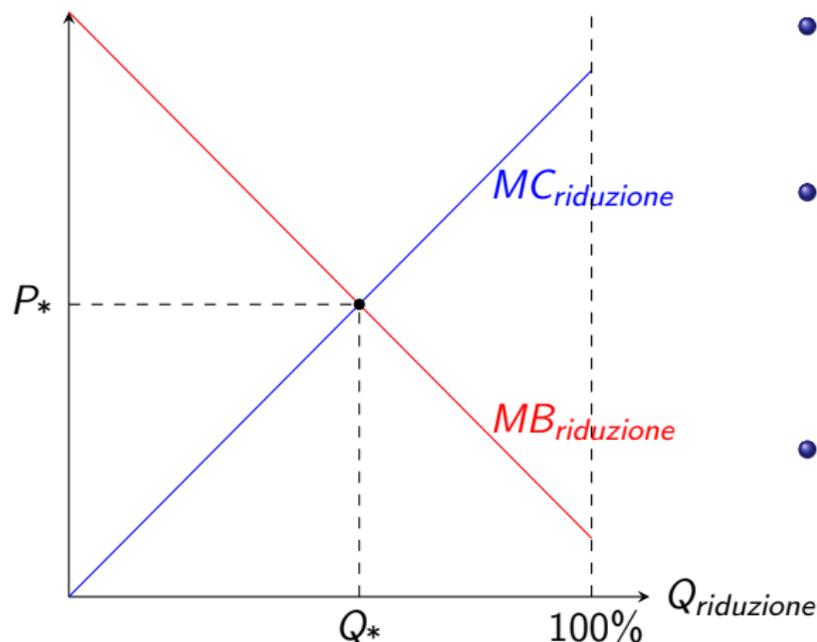


- Ridurre l'inquinamento fino a quando  $MC = MB$
- $Q^*$  è la quantità ottimale di riduzione dell'inquinamento (non è il 100%)

## Problema 2: Un altro modo di pensare a questo problema...

- Un'impresa produce 2 prodotti: 1) voli e 2) riduzione dell'inquinamento

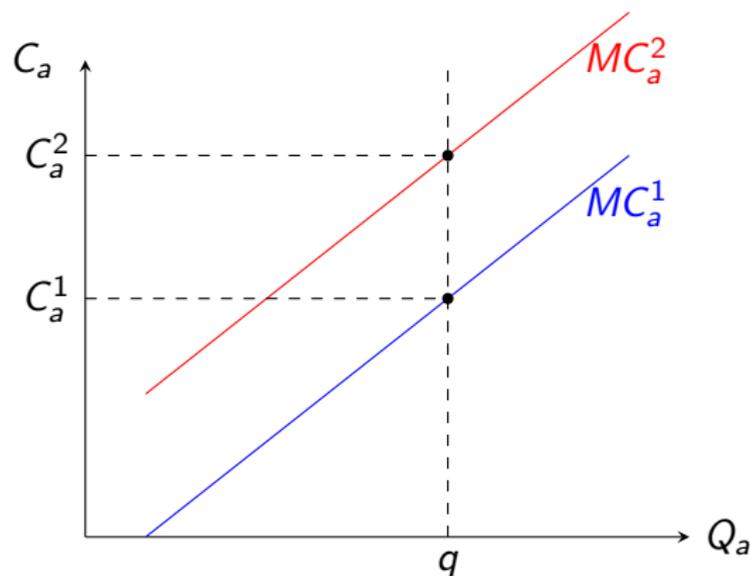
$P_{\text{riduzione}}$



- Ridurre l'inquinamento fino a quando  $MC = MB$
- $Q^*$  è la quantità ottimale di riduzione dell'inquinamento (non è il 100%)
- 3 strategie possibili:
  - 1 Controlli diretti
  - 2 Tassazione
  - 3 Cap and trade

# Strategia 1: Controlli diretti

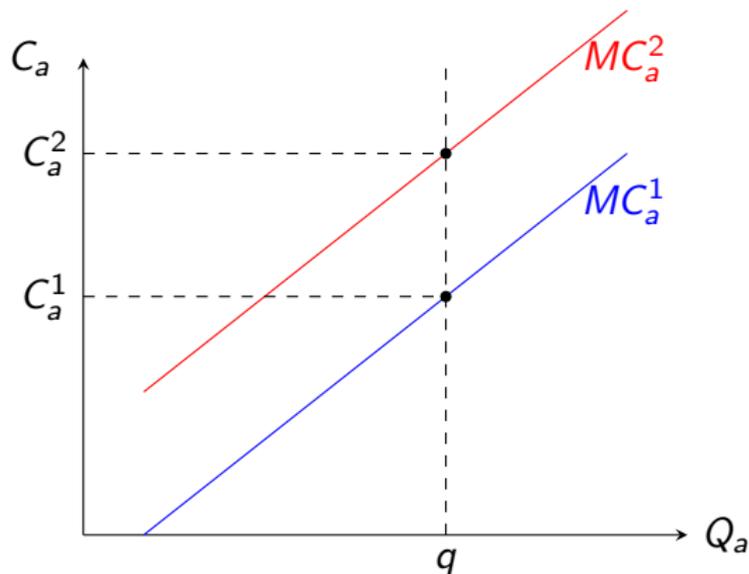
- Di solito assume la forma di standard tecnologici (o di performance)
- ad es., SAF blending mandate, sostituzione volo-TAV



(ad es., mandato di miscelazione 10%)

# Strategia 1: Controlli diretti

- Di solito assume la forma di standard tecnologici (o di performance)
- ad es., SAF blending mandate, sostituzione volo-TAV



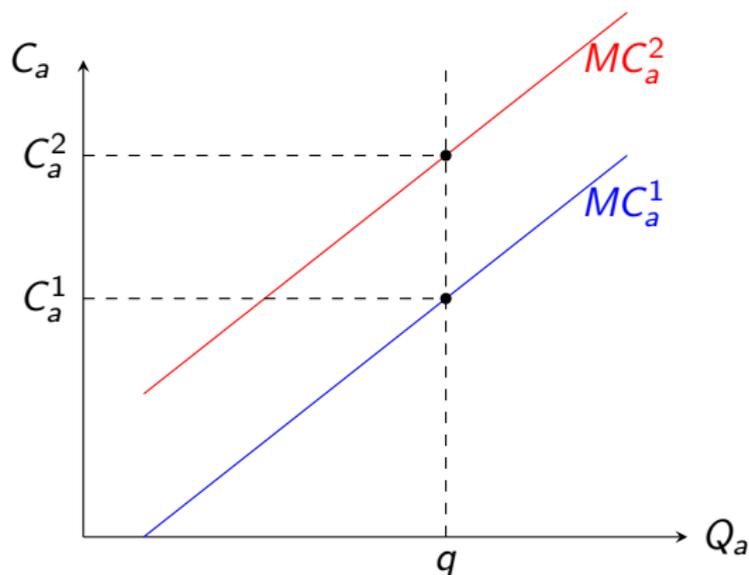
(ad es., mandato di miscelazione 10%)

- Non minimizza il costo di abbattimento

► Dimostrazione

# Strategia 1: Controlli diretti

- Di solito assume la forma di standard tecnologici (o di performance)
- ad es., SAF blending mandate, sostituzione volo-TAV



(ad es., mandato di miscelazione 10%)

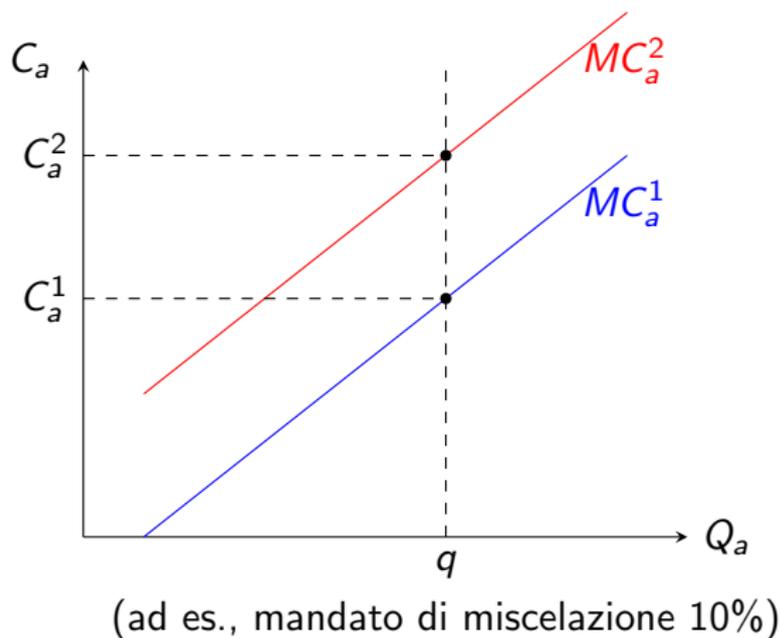
- Non minimizza il costo di abbattimento

► Dimostrazione

- $MC_a^1 \neq MC_a^2$

# Strategia 1: Controlli diretti

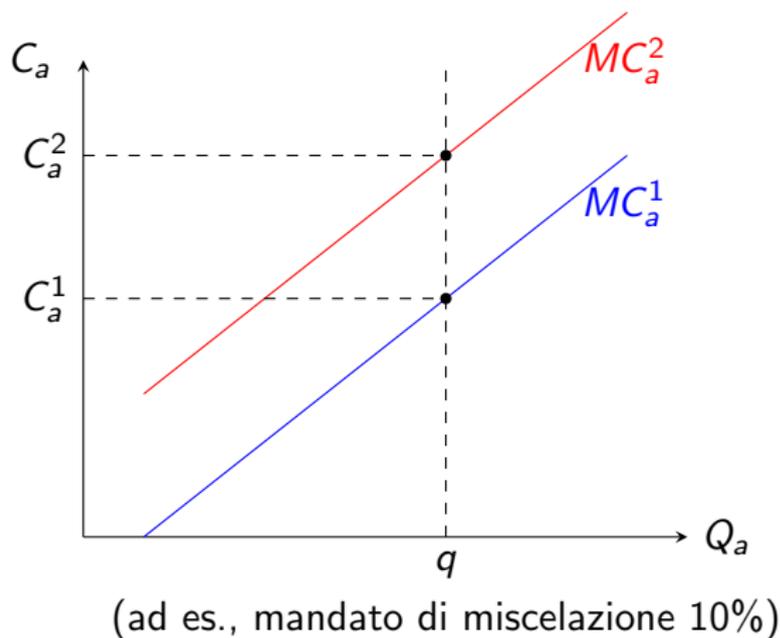
- Di solito assume la forma di standard tecnologici (o di performance)
- ad es., SAF blending mandate, sostituzione volo-TAV



- Non minimizza il costo di abbattimento
- Dimostrazione
- $MC_a^1 \neq MC_a^2$
  - PRO: Strumento pratico contro un tipo specifico di inquinamento (es., Amianto)

# Strategia 1: Controlli diretti

- Di solito assume la forma di standard tecnologici (o di performance)
- ad es., SAF blending mandate, sostituzione volo-TAV

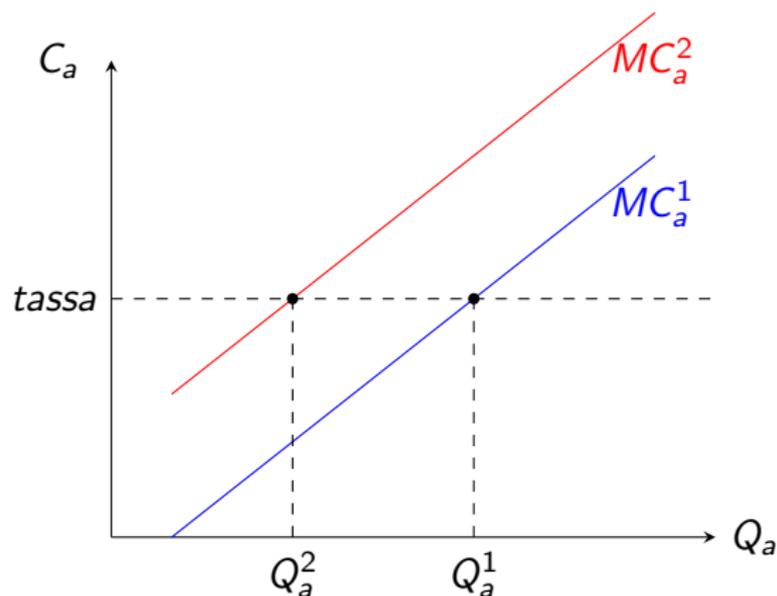


- Non minimizza il costo di abbattimento
- Dimostrazione
- $MC_a^1 \neq MC_a^2$
  - PRO: Strumento pratico contro un tipo specifico di inquinamento (es., Amianto)
  - CONTRO: L'inefficienza di questa policy aumenta quanto più i  $MC_a$  variano tra le imprese

## Strategia 2: Tasse sull'inquinamento (es. carbon tax)

- Imporre una tassa su ogni unità di inquinamento
  - Le imprese possono 1) ridurre o 2) pagare la tassa
  - Costringe un'impresa a internalizzare l'esternalità

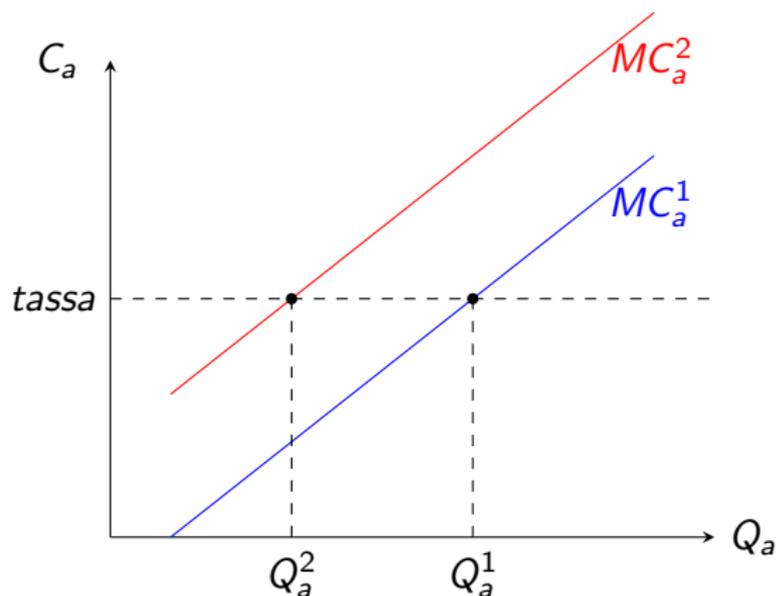
► Meccanismo



## Strategia 2: Tasse sull'inquinamento (es. carbon tax)

- Imporre una tassa su ogni unità di inquinamento
  - Le imprese possono 1) ridurre o 2) pagare la tassa
  - Costringe un'impresa a internalizzare l'esternalità

▶ Meccanismo

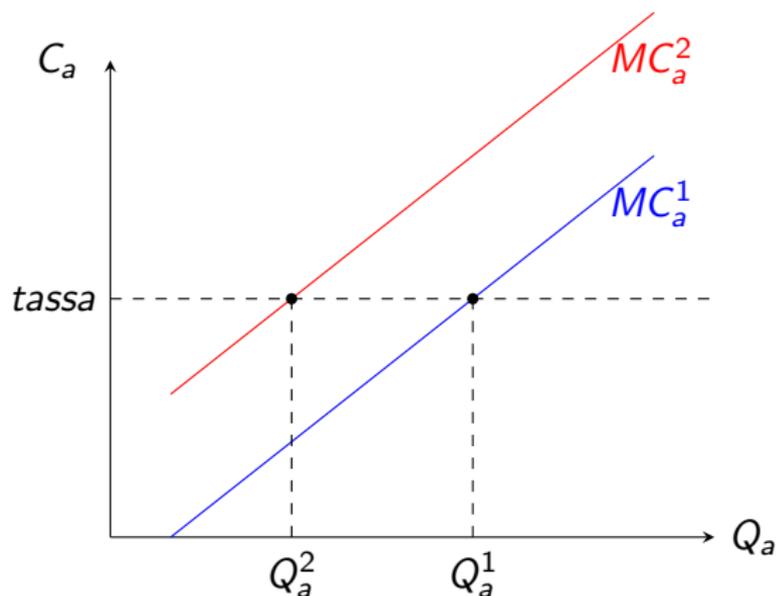


- l'impresa 1 abbatte fino a  $Q_1$ , poi paga la tassa

## Strategia 2: Tasse sull'inquinamento (es. carbon tax)

- Imporre una tassa su ogni unità di inquinamento
  - Le imprese possono 1) ridurre o 2) pagare la tassa
  - Costringe un'impresa a internalizzare l'esternalità

► Meccanismo

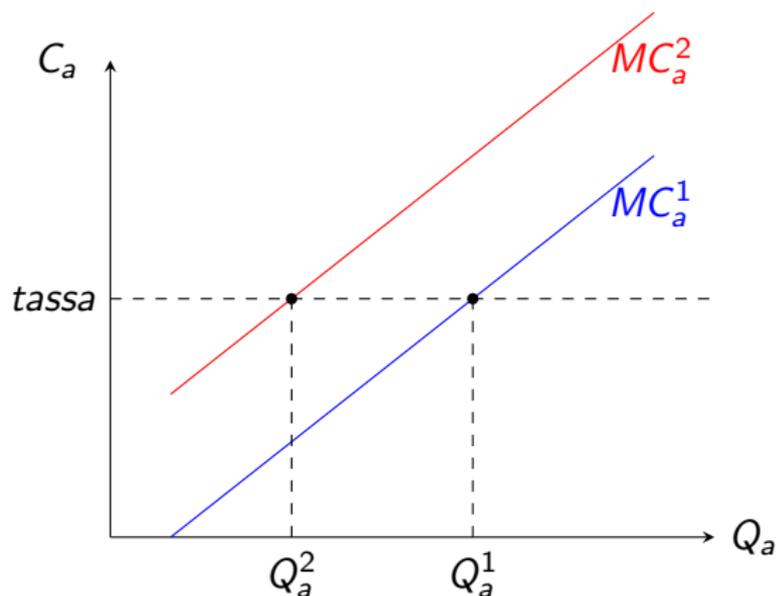


- l'impresa 1 abbate fino a  $Q_1$ , poi paga la tassa
- l'impresa 2 abbate fino a  $Q_2$ , poi paga la tassa

## Strategia 2: Tasse sull'inquinamento (es. carbon tax)

- Imporre una tassa su ogni unità di inquinamento
  - Le imprese possono 1) ridurre o 2) pagare la tassa
  - Costringe un'impresa a internalizzare l'esternalità

▶ Meccanismo

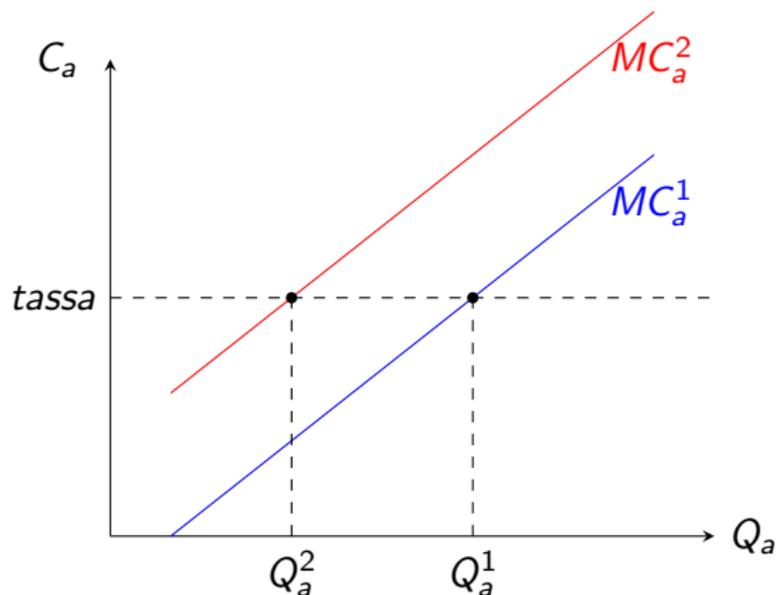


- l'impresa 1 abbate fino a  $Q_1$ , poi paga la tassa
- l'impresa 2 abbate fino a  $Q_2$ , poi paga la tassa
- *Riduzione* =  $Q_1 + Q_2$

## Strategia 2: Tasse sull'inquinamento (es. carbon tax)

- Imporre una tassa su ogni unità di inquinamento
  - Le imprese possono 1) ridurre o 2) pagare la tassa
  - Costringe un'impresa a internalizzare l'esternalità

▶ Meccanismo

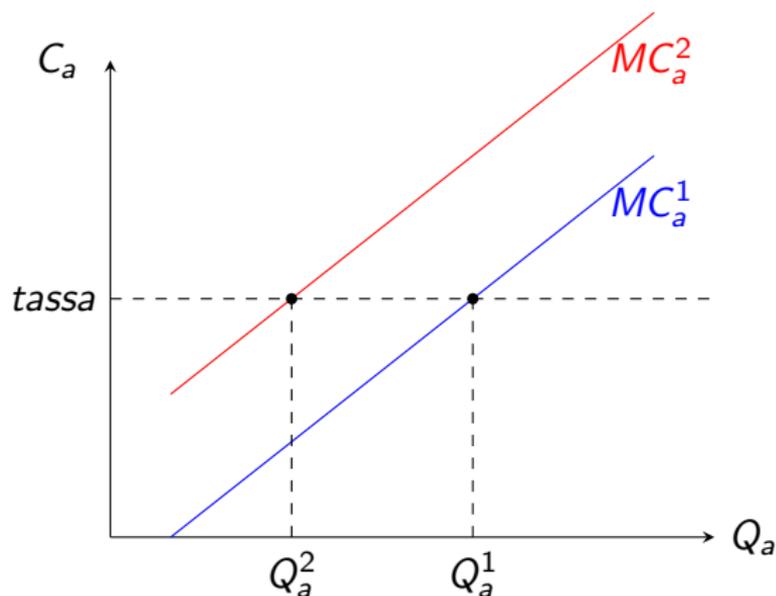


- l'impresa 1 abbate fino a  $Q_1$ , poi paga la tassa
- l'impresa 2 abbate fino a  $Q_2$ , poi paga la tassa
- *Riduzione* =  $Q_1 + Q_2$
- $MC_a$  uguale tra le imprese

## Strategia 2: Tasse sull'inquinamento (es. carbon tax)

- Imporre una tassa su ogni unità di inquinamento
  - Le imprese possono 1) ridurre o 2) pagare la tassa
  - Costringe un'impresa a internalizzare l'esternalità

► Meccanismo



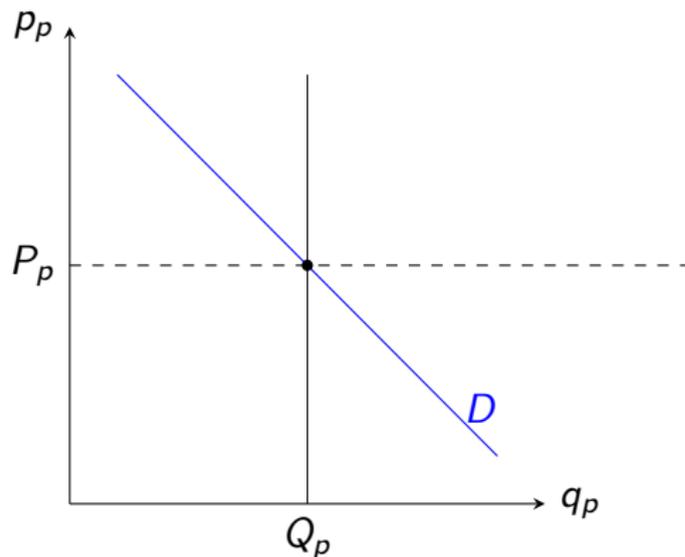
- l'impresa 1 abbate fino a  $Q_1$ , poi paga la tassa
- l'impresa 2 abbate fino a  $Q_2$ , poi paga la tassa
- *Riduzione* =  $Q_1 + Q_2$
- $MC_a$  uguale tra le imprese
- riduce l'inquinamento al minimo costo

## Strategia 3: Cap and Trade

- Il governo potrebbe emettere (o mettere all'asta) permessi per inquinare  $Q_p$
- Si consente la negoziazione di questi permessi

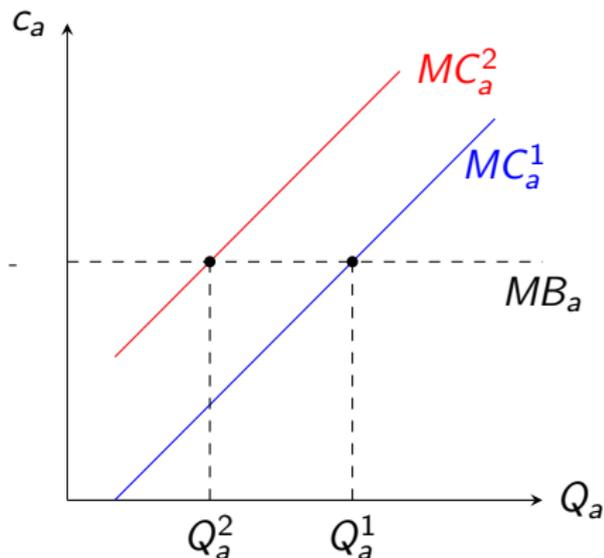
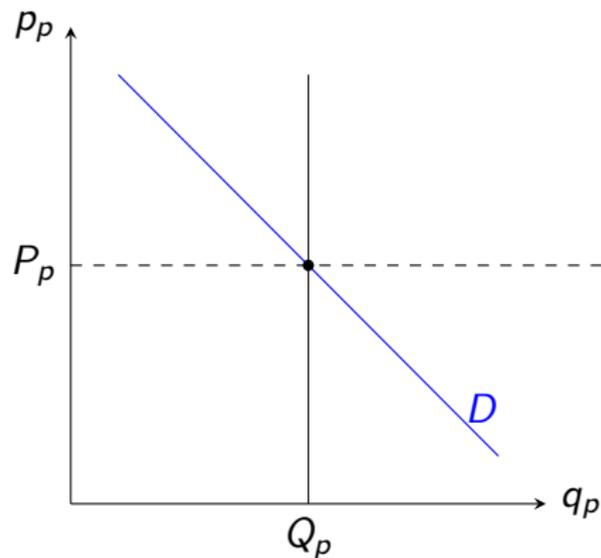
## Strategia 3: Cap and Trade

- Il governo potrebbe emettere (o mettere all'asta) permessi per inquinare  $Q_p$
- Si consente la negoziazione di questi permessi

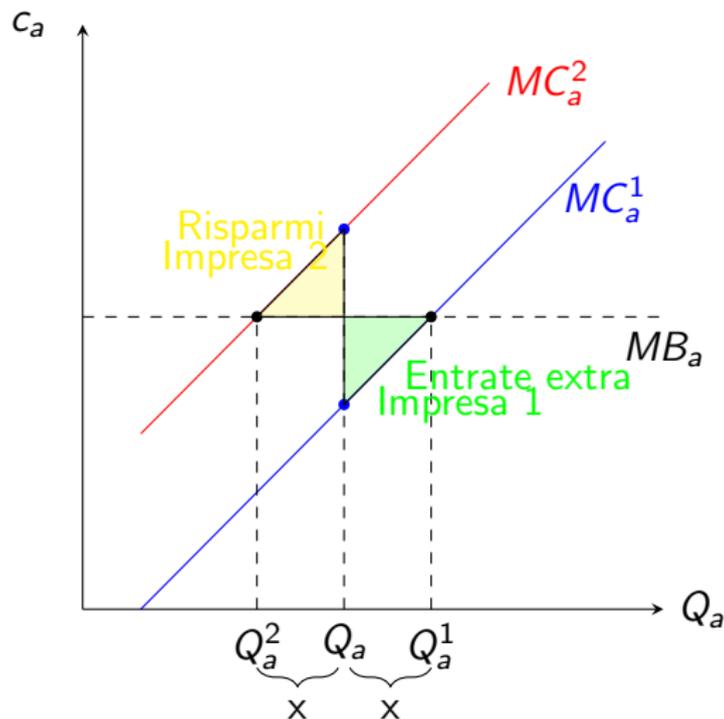


## Strategia 3: Cap and Trade

- Il governo potrebbe emettere (o mettere all'asta) permessi per inquinare  $Q_p$
- Si consente la negoziazione di questi permessi



## Strategia 3: Cap and Trade



- L'impresa 2 abbate fino a  $Q_a^2$  e compra  $x$  permessi dall'Impresa 1
- L'impresa 1 vende  $x$  permessi e abbate più inquinamento

- Cap and Trade è efficace in termini di costi (come la tassa)
- L'allocazione di equilibrio dei permessi tra le imprese è indipendente dall'allocazione iniziale (se non c'è potere di mercato nel mercato dei permessi)

# Cap and Trade

- Cap and Trade è efficace in termini di costi (come la tassa)
- L'allocazione di equilibrio dei permessi tra le imprese è indipendente dall'allocazione iniziale (se non c'è potere di mercato nel mercato dei permessi)
- Il regolatore non ha bisogno di conoscere  $MC_a^f$  per ottenere  $Q_a$  (a differenza del sistema a tassazione)
  - incentivo per le imprese a dichiarare un alto  $MC_a$

# Cap and Trade

- Cap and Trade è efficace in termini di costi (come la tassa)
- L'allocazione di equilibrio dei permessi tra le imprese è indipendente dall'allocazione iniziale (se non c'è potere di mercato nel mercato dei permessi)
- Il regolatore non ha bisogno di conoscere  $MC_a^f$  per ottenere  $Q_a$  (a differenza del sistema a tassazione)
  - incentivo per le imprese a dichiarare un alto  $MC_a$
- Le soluzioni market-based promuovono il cambiamento tecnologico
  - Nel lungo termine, la tecnologia di abbattimento non è fissa
  - Le imprese possono ridurre i loro costi di abbattimento sviluppando e/o adottando nuove tecnologie

## Il problema Hot Spot

- Con approcci basati sul mercato, le emissioni variano tra le imprese
  - le imprese con  $MC_a$  basso emettono meno rispetto a quelle con  $MC_a$  alto
- Se i danni marginali delle emissioni sono gli stessi tra le imprese →  
NESSUN PROBLEMA

# Il problema Hot Spot

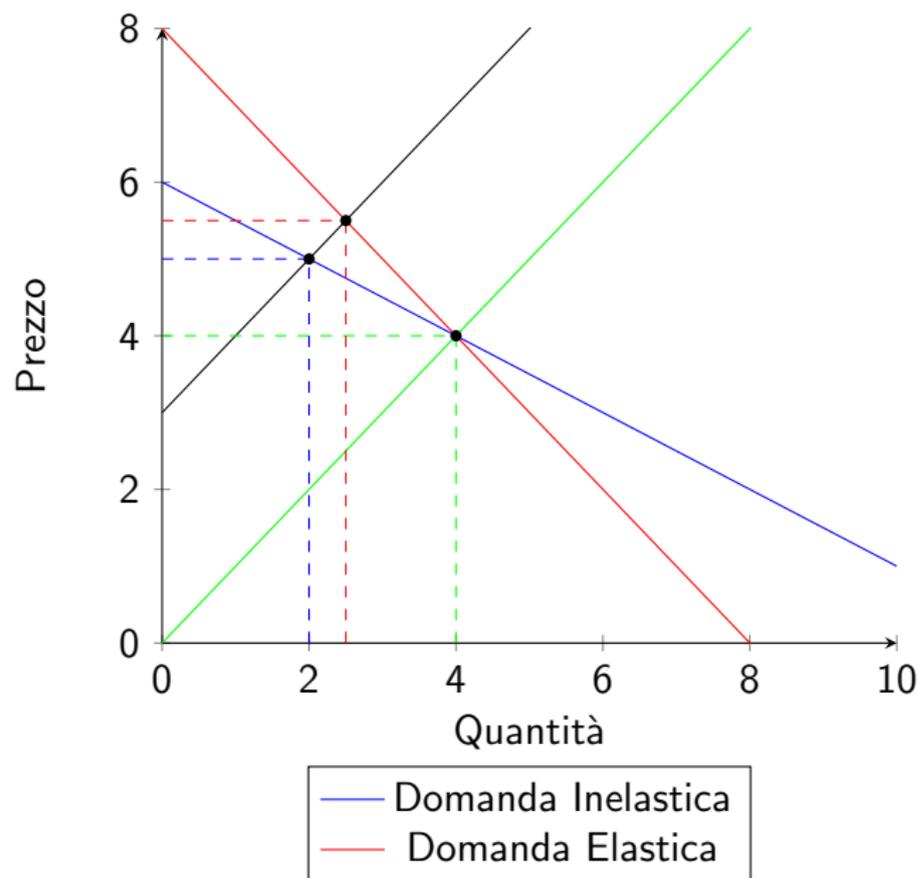
- Con approcci basati sul mercato, le emissioni variano tra le imprese
  - le imprese con  $MC_a$  basso emettono meno rispetto a quelle con  $MC_a$  alto
- Se i danni marginali delle emissioni sono gli stessi tra le imprese → NESSUN PROBLEMA
- In caso contrario, tasse e trading possono creare "Hot Spot" di inquinamento. Se le imprese con danni elevati hanno anche costi di abbattimento elevati, si compromette l'efficienza; non solo l'efficacia in termini di costi
  - Le emissioni dell'aviazione rappresentano circa il 2,5% delle emissioni globali ma contribuiscono circa il 7,2% al riscaldamento globale a causa degli effetti atmosferici ad alta quota (Lee et al., 2018)
  - Incentivo uguale per ridurre le emissioni di GHG durante il rullaggio e il volo
  - Se le imprese con danni elevati hanno anche costi di abbattimento elevati → nessuna efficienza né efficacia in termini di costi
  - È possibile limitare la quantità totale di danni in termini di riscaldamento globale? ...

# Conclusioni

- Tassa Pigouviana: internalizza l'esternalità, ma l'unico modo per ridurre l'esternalità è produrre di meno
- Preferibile pensare a un'impresa come produttrice di un bene e di abbattimento di inquinamento
- Il controllo diretto, come il mandato di miscelazione SAF, è più inefficiente quanto più diverso è il costo di abbattimento tra le imprese
- Tassa e Cap and Trade sono più efficienti
  - Nel breve termine: sfruttano le differenze nei costi tra le imprese
  - Nel lungo termine: forniscono incentivi al cambiamento tecnologico
  - Se i danni marginali delle emissioni sono diversi tra le imprese (imprese con danni elevati → costi di abbattimento elevati) → no efficienza
- È necessario stimare:
  - Quanto diverso è il costo di abbattimento tra i vettori (efficienza del mandato di miscelazione SAF)
  - Quanta inefficienza è generata dal fatto che il danno marginale nell'aviazione è diverso (es. emissioni a terra vs emissioni in volo)

Grazie

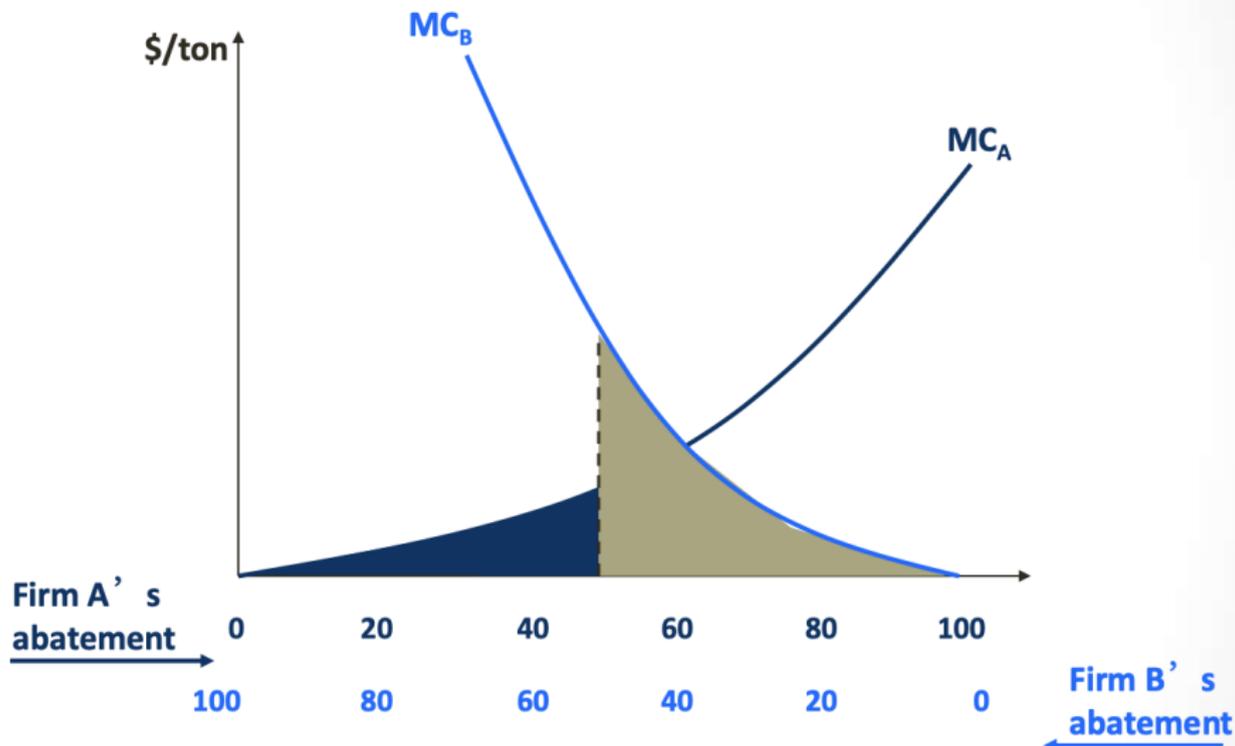
# Trasferimento della Tassa ed Elasticità della Domanda



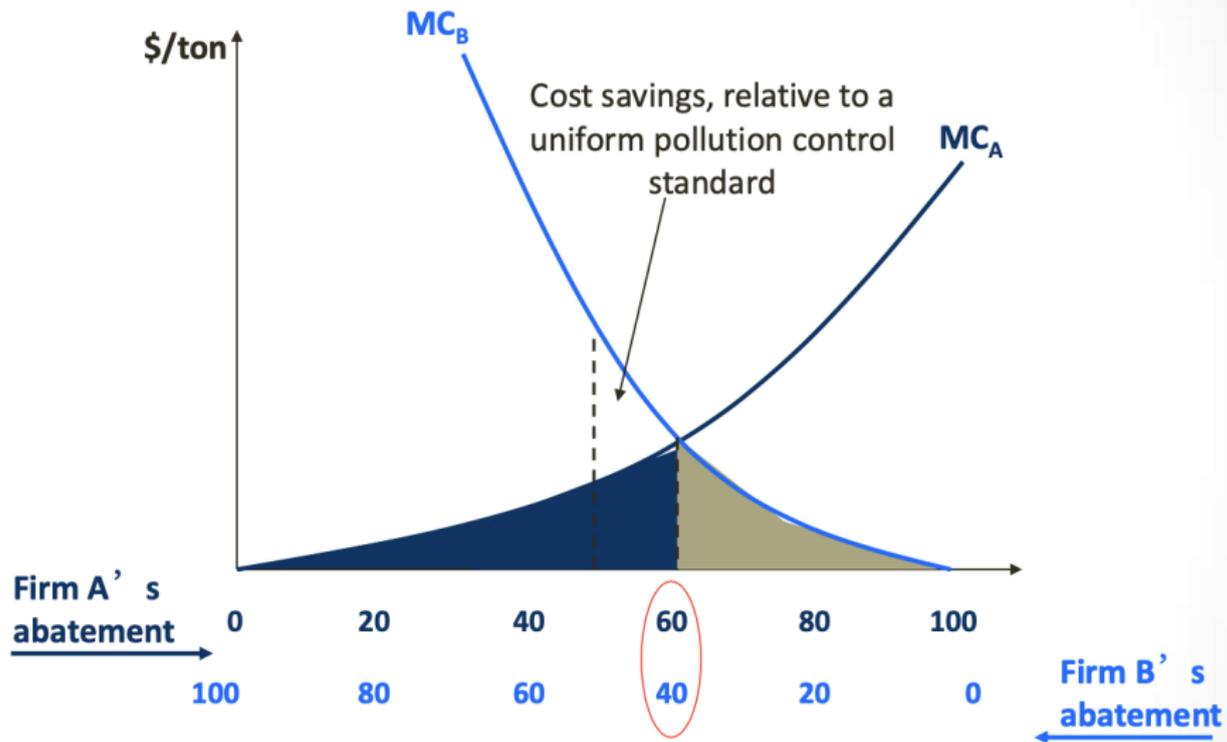
# Strategia 1: Controlli diretti

- Standard tecnologico
  - Non efficace in termini di costi perché:
  - Le diverse imprese hanno diversi costi di "adozione"
  - Non minimizza i costi nemmeno per gli inquinatori individuali
- Standard di performance
  - Lo standard uniforme non è efficace in termini di costi.
  - Lo standard specifico per l'impresa può esserlo, ma solo se i regolatori conoscono le curve di costo marginale delle imprese.
- E gli approcci basati sul mercato?

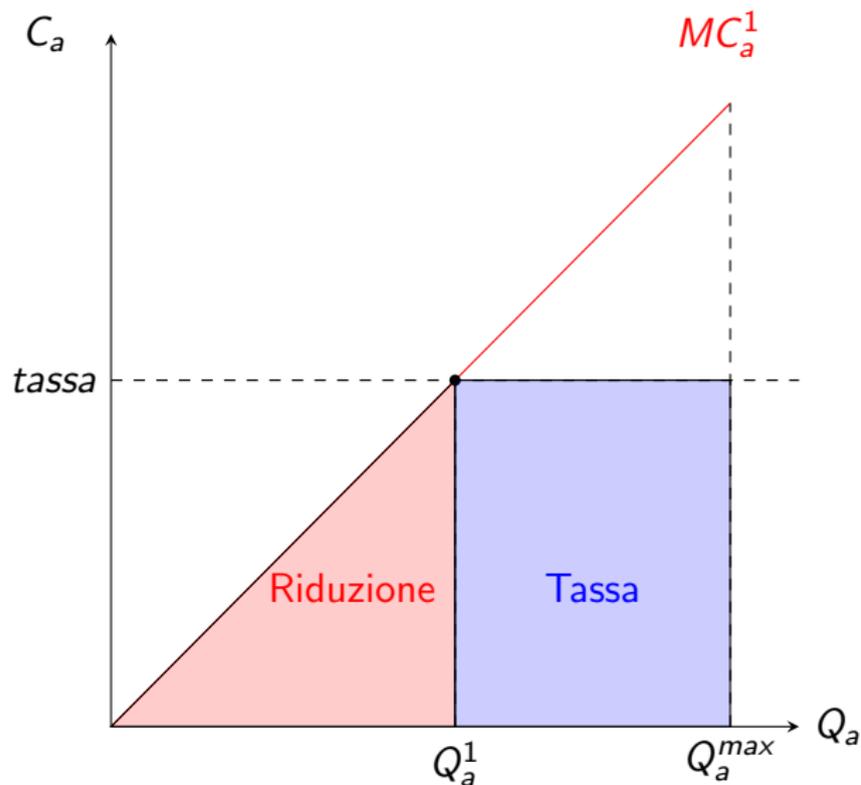
# Inefficienza dei controlli diretti



# Inefficienza dei controlli diretti

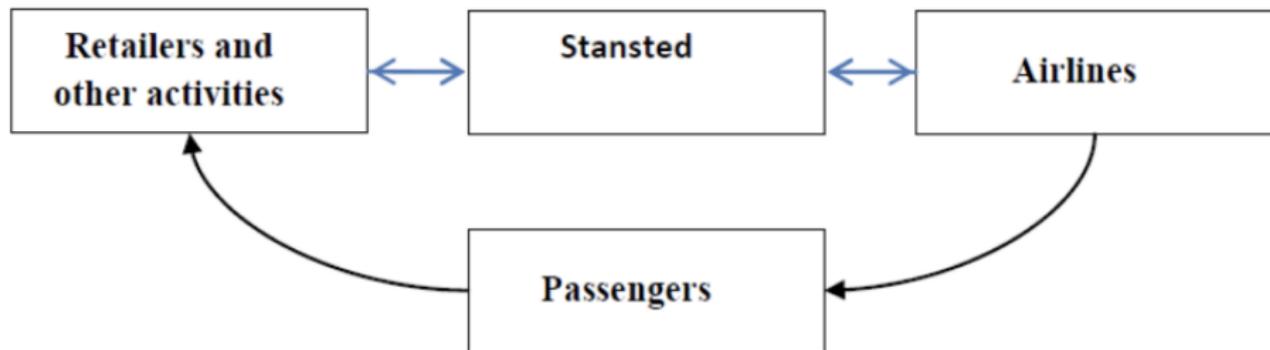


## Strategia 2: Tasse sull'inquinamento (Comportamento dell'Impresa 1)



► Indietro

# Two Sided Market



▶ Indietro