



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M. FANNO"**

DIPARTIMENTO DI SCIENZE STATISTICHE

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**"UN'ANALISI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI TRAMITE MISURE
STATISTICHE"**

RELATORE:

PROF.SSA LUISA BISAGLIA

LAUREANDA: REBECCA BELLINI

MATRICOLA N. 2003422

ANNO ACCADEMICO 2022 – 2023

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

Firma (signature)

SOMMARIO

INTRODUZIONE	5
CAPITOLO 1	7
IL CAMBIAMENTO CLIMATICO	7
1.1 L’Aumento della temperatura globale della superficie terrestre.	8
1.2 Lo scioglimento dei ghiacci polari artici.	9
1.3 Eventi meteorologici estremi e le conseguenti perdite economiche.....	11
CAPITOLO 2	13
I DRIVER DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI: UN’ANALISI DELLE EMISSIONI NEI SETTORI DI ORIGINE IN EUROPA.....	13
2.1 Emissioni totali ed emissioni di gas serra per settore di origine.	14
2.2 Combustione del carburante e i suoi sottosettori.....	17
2.3 Settori non energetici.....	24
CAPITOLO 3	29
L’IMPATTO DELLE GRANDI POTENZE MONDIALI: USA E CINA	29
3.1 Andamento delle emissioni di gas a effetto serra nei due paesi.	30
3.2 Perché le emissioni negli Stati Uniti continuano ad aumentare?.....	32
3.3 La Cina: il paese più inquinante del Pianeta Terra.....	34
3.4 Investimenti e previsioni.	36
CONCLUSIONI.....	38
BIBLIOGRAFIA	40
SITOGRAFIA	40

INTRODUZIONE

Il cambiamento climatico è un fatto innegabile, è diventato il problema più pressante e complesso che il Pianeta Terra sta affrontando nel ventunesimo secolo. Il riscaldamento globale sta avendo un impatto significativo su ecosistemi, comunità ed economie di tutto il mondo provocando danni gravissimi o addirittura irreparabili.

Sempre più frequentemente si sta assistendo ad eventi estremi sparsi più o meno in tutto il mondo, la prova lampante a ciò è stata l'estate di questo 2023 che ha colpito duramente l'Italia con forti tempeste, trombe d'aria e incendi boschivi.

Il mistero che sta dietro al cambiamento climatico è fonte sia di curiosità, quanto di preoccupazione. Ci si interroga su quali siano le cause di questi mutamenti e soprattutto, quale sia la strada giusta da percorrere con il fine di mitigarne gli effetti e non danneggiare ulteriormente il nostro ambiente. Come possiamo quindi controllare e ridurre gli effetti di questi cambiamenti?

Sebbene fattori naturali possano contribuire ai cambiamenti climatici e, sebbene questo cambiamento sia in atto già da molti anni, è innegabile che esso sia il risultato dell'azione dell'essere umano e che egli abbia un ruolo di primaria importanza nel determinare l'entità e l'accelerazione di questo fenomeno mondiale.

Uno dei fattori principali che contribuisce al cambiamento climatico è sicuramente lo sfruttamento senza riguardo delle risorse naturali, che come ben si sa, non sono illimitate. L'uso intensivo dei combustibili fossili, le deforestazioni, l'eccessiva urbanizzazione e ogni qualsivoglia azione umana, ha contribuito a scatenare questa reazione incontrollata del pianeta. L'egoismo umano, inteso come la tendenza ad accumulare sempre di più in termini di risorse, è un altro contributore della crisi climatica. La rincorsa alla massimizzazione del profitto e il consumo smisurato, hanno spesso portato a una scarsa considerazione per l'ambiente.

Tuttavia, mentre questo fenomeno colpisce duramente il mondo intero, vi sono significative differenze tra alcuni paesi nel contributo alle emissioni di gas serra globali e negli sforzi concreti per mitigare l'impatto climatico.

È pur sempre vero che non tutti noi siamo completamente disinteressati alla situazione climatica che stiamo vivendo, infatti, alcune regioni più di altre, contribuiscono concretamente e dimostrano allarmismo e preoccupazioni nei confronti dell'ambiente.

L'Europa in particolare ha raggiunto importantissimi obiettivi in termini di emissioni, confermando di essere all'avanguardia nella lotta contro il cambiamento climatico rispetto ad altre grandi potenze come USA e Cina. Questi ultimi, nonostante abbiano investito somme importanti nelle fonti rinnovabili, continuano imperterriti a perseguire il profitto e la massima

produzione, non curanti dei gravissimi effetti che provocano, e che continueranno a provocare a tutto il mondo.

Gli effetti dei cambiamenti climatici di oggi, se non mitigati, potrebbero portare, domani, a danni economici considerevoli che sarebbero difficili da gestire. Le conseguenze di una crisi ambientale possono essere molto più significative di una “semplice” crisi economica, influenzando vari aspetti della società. Il clima è un tassello fondamentale per la stabilità dei sistemi economici di tutto il mondo, e in assenza di tale stabilità, essi crollerebbero.

Per comprendere appieno le cause di questo fenomeno e capire come mitigarne gli effetti, è essenziale esaminare i dati statistici raccolti da diverse fonti e osservare quali fattori contribuiscono maggiormente al cambiamento climatico.

Questo elaborato si occupa di fornire una spiegazione di dati statistici incentrati sulle emissioni di gas serra, in particolare per comprenderne l’entità, l’origine e l’impatto che hanno sul Pianeta Terra. Un punto cruciale di questa tesi sarà la comparazione tra le emissioni Europee con le emissioni rilasciate dai due maggiori emettitori del pianeta: USA e Cina.

Solo con sforzi congiunti e azioni concrete sarà possibile preservare il nostro pianeta per le generazioni future.

CAPITOLO 1

IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Da anni ormai il pianeta Terra è continuamente sottoposto a fortissimi cambiamenti climatici i quali nel corso del tempo hanno portato a conseguenze disastrose, non solo sull'ambiente ma anche sulla società e sulla vita quotidiana.

Quando si parla di cambiamento climatico ci si riferisce a tutte quelle alterazioni, a lungo termine, nei modelli climatici della Terra, quali la temperatura, la pressione atmosferica, le precipitazioni e altri fattori del sistema climatico terrestre.

In effetti questo processo naturale perdura da milioni di anni, principalmente a causa delle variazioni del ciclo solare. Si ipotizza che l'inizio del mutamento climatico si collochi intorno al 1800, epoca caratterizzata dal boom dell'industrializzazione che si fondava esclusivamente sull'utilizzo dei combustibili fossili. Negli ultimi 2 secoli, tuttavia, è stato accelerato ed aggravato dall'attività umana che ha provocato un aumento significativo della concentrazione di gas serra nell'atmosfera, in particolare anidride carbonica e metano, che imprigionano il calore e provocano l'effetto serra. L'incremento di tali emissioni è la causa di un anomalo aumento della temperatura media della superficie terrestre, noto anche come surriscaldamento globale.

Il procedimento di analisi per capire quali siano effettivamente i cambiamenti climatici è molto complesso. Il contesto scientifico, in particolare, comprende un numero elevato di ricerche condotte da scienziati specializzati nel campo per comprendere le cause, i modelli e gli impatti del cambiamento. Tale approccio è sicuramente più complicato di quello che sembra, infatti gli esperti che se ne occupano devono scontrarsi con il continuo ed inevitabile mutamento dei parametri che condizionano il clima.

Dunque, quando si parla di cambiamenti climatici spesso si associa tale concetto solamente in relazione all'aumento delle temperature, in realtà la questione è più ampia ed articolata. Per capirne il significato è fondamentale considerare anche altri fenomeni e gli effetti che questi producono. Ad esempio si pensi all'innalzamento del livello del mare, allo scioglimento dei ghiacciai e delle calotte glaciali, all'aumento di eventi meteorologici estremi o al preoccupante incremento della siccità globale.

Come già detto, questi drammatici cambiamenti sono in gran parte dovuti alle azioni imprudenti e sconsiderate dell'uomo che ha inseguito la strada del progresso ignorandone gli effetti sull'ambiente in cui egli stesso vive. Possiamo quindi affermare che il benessere dell'ambiente

naturale è stato sacrificato per il temporaneo benessere dell'uomo. Così, un uomo si è rivelato essere la causa principale del peggioramento delle sue stesse condizioni di vita.

1.1 L'Aumento della temperatura globale della superficie terrestre.

Uno dei cambiamenti climatici più riconosciuti e attualmente indiscutibili, è sicuramente l'aumento della temperatura globale terrestre, infatti, soprattutto negli ultimi 20 anni, si sono registrati valori anomali come mai prima d'ora. In particolare quando si parla di temperature anomale si fa riferimento a tutti quei valori registrati che si discostano dalla temperatura media o di base. Le anomalie positive indicano temperature superiori alla media, mentre le anomalie negative indicano che la temperatura osservata è inferiore alla linea di base. Purtroppo, come lo si evince dal grafico sottostante, a partire dal 1980 si sono registrate solamente anomalie positive: la deviazione della temperatura annuale dalla media è stata costantemente positiva, come si può osservare in figura 1. L'inizio del declino si colloca quindi nel periodo della terza rivoluzione industriale, epoca caratterizzata dall'industrializzazione e dal progresso, il cui stesso ha portato a gravissimi danni per l'ambiente.

Come affermato dalla Commissione Europea *il periodo 2011-2020 è stato il decennio più caldo mai registrato, con una temperatura media globale di 1,1°C, inoltre il riscaldamento globale indotto dalle attività umane è attualmente in aumento a un ritmo di circa 0,2°C ogni 10 anni.* [(3) Commissione Europea climate.ec.europa.eu Le cause dei cambiamenti climatici]. Rispetto all'epoca preindustriale, la temperatura globale della superficie terrestre è aumentata di 0,9 gradi Celsius solo negli ultimi 50 anni. Apparentemente potrebbe sembrare un dato insignificante, in realtà tale valore è preoccupante perché indica una crescita piuttosto importante del calore accumulato dal nostro pianeta, che è la causa dei principali mutamenti climatici.

Global land and ocean temperature anomalies 1880-2021

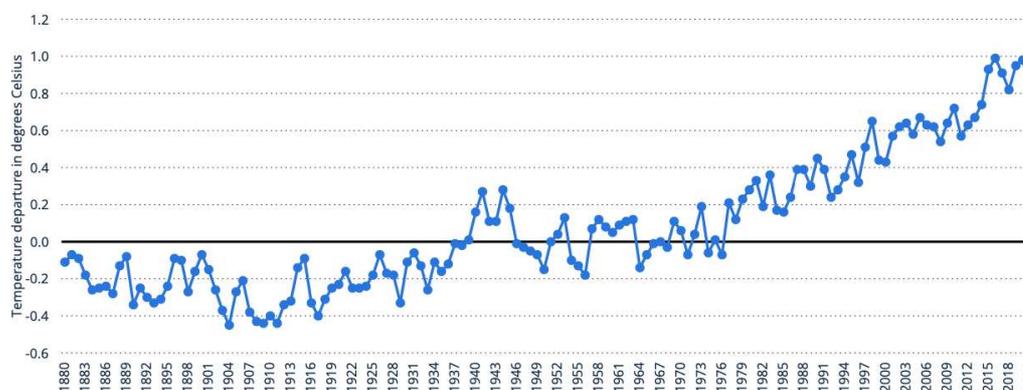


Figura 1: Andamento globale della temperatura della terra e degli oceani, 1880-2021. Fonte: Statista.

Come riporta il grafico di Statista, figura 1, il 2016 è stato l'anno più caldo mai verificatosi prima con la più alta anomalia registrata nell'ultimo decennio. In particolare i primi dieci mesi del 2016 sono stati caratterizzati da una temperatura globale superiore di $0,97^{\circ}\text{C}$ rispetto alla media, un record mai raggiunto dal momento in cui sono iniziate le rilevazioni meteo.

La "Berkeley Earth", un'organizzazione no-profit fondata da Richard Muller, focalizzata sull'analisi di dati riguardanti i mutamenti della temperatura terrestre, riporta risultati negativi anche per il 2023. A livello globale, il mese di marzo 2023 è stato nominalmente il secondo marzo più caldo dopo quello del 2016. L'anomalia di marzo ha mostrato un forte aumento della temperatura rispetto a febbraio, aumentando di oltre $0,2^{\circ}\text{C}$, ciò è stato determinato principalmente dal forte riscaldamento sulla terraferma e dal moderato riscaldamento negli oceani. Marzo 2023 è stato anche il mese più caldo dal 2020 e il decimo, nell'analisi della Terra di Berkeley, ad aver superato $1,5^{\circ}\text{C}$ sopra la media dal 1850 al 1900.

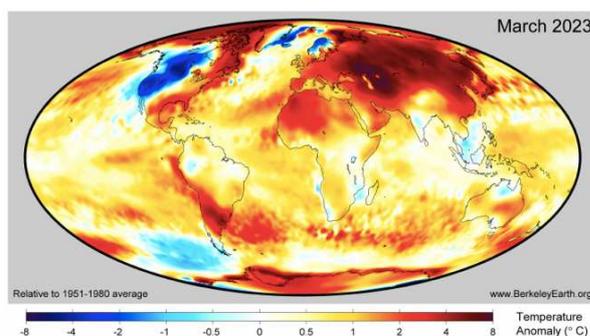


Figura 2: Temperatura globale di Marzo 2023. Fonte: Berkeley Earth.

Possiamo concludere affermando che il clima sta cambiando radicalmente e l'aumento della temperatura a cui sta assistendo la popolazione mondiale è conseguenza del continuo aumento delle emissioni di gas serra prodotte dall'attività umana. Il riscaldamento globale ha un impatto crescente sulla temperatura globale della Terra, tuttavia, se solo l'uomo lo volesse, le azioni umane per ridurre le emissioni possono attenuare gli effetti del riscaldamento globale e rallentare il trend della temperatura terrestre.

1.2 Lo scioglimento dei ghiacci polari artici.

Lo scioglimento dei ghiacci polari è un fenomeno di cui non si è mai parlato molto, attualmente, invece, sta attirando l'attenzione di tutto il mondo. Lo scioglimento delle calotte polari ha conseguenze significative non solo per l'ambiente e per il clima, ma anche per la vita degli esseri umani. Uno dei problemi principali è legato all'innalzamento del livello del mare che può causare inondazioni con la conseguente possibilità che alcune aree vengano sommerse, inoltre c'è il rischio che più infrastrutture siano danneggiate, provocando la perdita di vite umane e

portando a gravi danni economici. L'aumento del livello del mare ha un forte impatto anche nel clima globale, esso infatti può comportare mutamenti nelle temperature e provocare fenomeni atmosferici estremi come ad esempio alluvioni e tornado. Un altro effetto drammatico dello scioglimento dei ghiacci è sicuramente la riduzione della biodiversità: l'habitat naturale di molte specie è ormai cambiato ed esse non sono più in grado di adattarsi al cambiamento rischiando quindi di scomparire.

Da quanto emerge dagli ultimi studi lo scioglimento dei ghiacciai sta aumentando ad una velocità incredibile, sei volte più veloce rispetto agli anni Novanta. In particolare, come affermato dallo studio condotto dall'Università di Leeds, tale rapidità potrebbe portare ad un innalzamento del livello dei mari che lascerebbe 400 milioni di persone esposte alle inondazioni costiere, e questo entro pochi decenni.

Queste previsioni sono ulteriormente confermate dalle numerose analisi effettuate, riguardanti l'estensione dei ghiacci polari. Infatti, soprattutto a partire dagli anni 2000 indicativamente, l'estensione dei ghiacci artici ha raggiunto minimi mai registrati prima. Il grafico riportato in figura 3 mostra le misure relative al mese di settembre, mese in cui tipicamente il ghiaccio raggiunge il suo minimo dopo essersi sciolto durante l'estate.

In particolare nel 2012 l'Artico ha raggiunto un minimo storico mai registrato negli ultimi 42 anni con una superficie dei ghiacci di soli 3,4 milioni di chilometri quadrati, superando il record precedente del 2007. Questo numero rappresenta una diminuzione del 50% rispetto all'estensione media del ghiaccio relativa agli anni 1979-2000, infatti proprio a partire dal 1979, il ghiaccio marino artico è diminuito di circa il 13% per decennio provocando forti impatti nel clima. I satelliti mostrano non solo un calo nell'estensione dei ghiacci ma anche nello spessore: dal 2000 al 2012 è diminuito di quasi 60 centimetri per decennio. Si è inoltre preoccupati per la cosiddetta "amplificazione artica" fenomeno per cui con la diminuzione dei ghiacci polari, sempre più energia solare viene assorbita dall'oceano contribuendo ad un ulteriore aumento delle temperature del mare.

In seguito al 2012 l'estensione dei ghiacci ha finalmente subito una forte ripresa: nel 2013 l'estensione dell'Artico è aumentata del 60% recuperando di circa 2,5 milioni di chilometri quadrati. In un anno si è verificato un incremento mai visto prima, arrivando ad un'estensione di circa 5,2 milioni di chilometri quadrati.

Tuttavia, a partire dalla fine del 2013 l'estensione dei ghiacci polari ha ricominciato a diminuire velocemente fino al 2020 che ha registrato dei valori preoccupanti. L'estate del 2020 è stata una delle più calde verificatesi negli ultimi anni, ciò ha sicuramente causato un evidente scioglimento dei ghiacci polari i quali sono scesi a livelli impressionanti, addirittura al di sotto

di 4 milioni di chilometri quadrati. Il 2020 registra un'estensione di circa 3,7 milioni di chilometri quadrati, secondo record di estensione minima dopo quello del 2012.

La riduzione dei ghiacci polari nel corso degli anni ha effetti disastrosi sul clima, si è infatti preoccupati della cosiddetta “amplificazione artica”, fenomeno per cui, a causa dello scioglimento dei ghiacci, l'oceano assorbe sempre maggiori quantità di energia solare provocando un forte aumento nelle temperature.

La causa principale di tutto ciò è senza dubbio l'azione dell'uomo: la rapida riduzione delle calotte glaciali dovrebbe essere un campanello d'allarme per l'adozione di misure efficaci per mitigare il riscaldamento globale.



Figura 3: Estensione dei ghiacci polari artici, 2007-2022. Fonte: Statista.

1.3 Eventi meteorologici estremi e le conseguenti perdite economiche.

Quando si parla di eventi meteorologici estremi si fa riferimento a tutti quei fenomeni atmosferici che sono estranei alle normali condizioni meteorologiche. Per spiegare al meglio l'evento estremo ci si affida al metodo statistico: in una serie di eventi meteorologici che si sono verificati in un determinato periodo di tempo, o in una determinata regione, sono individuati quegli eventi che si discostano significativamente dalla media, quindi rispetto al clima medio o “normale” presentatosi nel campione analizzato. Una particolare caratteristica degli eventi estremi è che hanno un tempo di ritorno molto alto, ciò significa che possono presentarsi, ad esempio, una volta ogni dieci anni, non sono quindi fenomeni frequenti. Inoltre la durata di questi fenomeni è variabile, possono essere di breve durata come i tornado o le alluvioni, oppure possono essere di lunga durata come periodi di siccità e ondate di calore.

Il 2022 è stato un anno caratterizzato da questi eventi meteorologici, in particolare l'aumento delle temperature ha favorito la diffusione di incendi sempre più numerosi ed ha aggravato ulteriormente il problema della siccità. Ciò non solo porta a gravissimi danni per l'ambiente e

per gli umani, ma causa pesantissimi danni economici sia a livello locale che a livello globale. Il 2022 è stato uno degli anni economicamente più costosi, sono stati stanziati 313 miliardi di dollari, di cui 132 coperti da assicurazione, segnalando un aumento del 4% rispetto alla media calcolata nel corso del ventunesimo secolo. Inoltre nell'anno sono stati registrati 421 eventi di catastrofi naturali con la conseguente morte di 31.300 persone.

Dalle statistiche emerge che, in particolare, 2021 e 2017 sono stati due anni estremamente dannosi per l'economia globale. Nel 2021 sono stati registrati ben 432 eventi estremi nell'arco dell'anno, di cui la maggior parte sono imputabili ad inondazioni, si parla di 223 casi di inondazione i quali hanno provocato la perdita economica più elevata. Con particolare riferimento agli Stati Uniti, nel 2021 si sono verificate numerosissime catastrofi: l'uragano Ida che ha colpito la Louisiana e New York, ha causato perdite di numerose vite umane e ben 75 miliardi di dollari di danni classificandosi come il disastro più costoso per gli USA nel 2021. È importante notare che le stime delle perdite possono variare a seconda del luogo geografico e a seconda delle variabili utilizzate, infatti in questo caso la perdita effettiva del 2021 è stata di ben 343 miliardi di dollari. La motivazione di ciò è che all'interno della stima non si tengono in considerazione solamente beni capitali e infrastrutture, vanno prese in esame anche le perdite umane che possono cambiare notevolmente la struttura economica e la stima effettuata.

Global economic losses from weather catastrophes 2007-2021

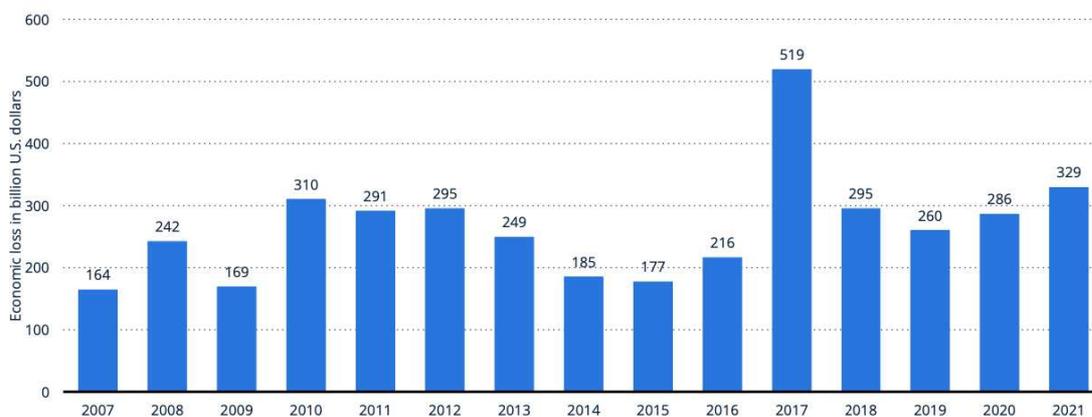


Figura 4: perdite economiche globali a causa di eventi meteorologici estremi, 2007-2021.
Fonte: Statista.

CAPITOLO 2

I DRIVER DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI: UN'ANALISI DELLE EMISSIONI NEI SETTORI DI ORIGINE IN EUROPA.

Il cambiamento climatico è una questione molto importante dei nostri tempi e, soprattutto in un passato piuttosto recente, si è cercato di spiegare quale fosse la causa principale delle innumerevoli anomalie climatiche. Tali cambiamenti hanno impatti di vasta portata, in particolare sugli ecosistemi, sull'economia e sul benessere umano. Si è giunti alla conclusione, anche abbastanza scontata, che la causa principale di questo fenomeno globale è l'azione umana. Proprio nel ventunesimo secolo, come mai prima, l'azione antropica ha alterato drasticamente il clima del Pianeta Terra, portando a gravissime conseguenze che ancora oggi non hanno trovato una soluzione efficace e durevole nel tempo. A partire dalla rivoluzione industriale, come già affermato, il mondo ha assistito non solo a progressi tecnologici senza precedenti ma anche ad una crescita esponenziale della popolazione.

Questi sviluppi hanno portato ad una rapida crescita di emissioni di gas a effetto serra (GHG), provenienti più che altro dalla combustione di combustibili fossili. Come mostra la figura 5 esistono diversi tipi di gas a effetto serra presenti nell'atmosfera, l'anidride carbonica costituisce l'80% dei gas, esso è il gas rilasciato in quantità maggiore e generalmente proveniente da attività umane. Altri gas come ad esempio il metano, nonostante sia rilasciato in misura minore risulta essere molto più potente rispetto alla CO₂ infatti possiede una capacità nettamente maggiore di trattenere il calore all'interno dell'atmosfera, di conseguenza anche se in piccola quantità, ha comunque un forte impatto nel clima.

Si può quindi affermare che i gas che provocano l'effetto serra sono i maggiori responsabili del cambiamento climatico: le emissioni di gas serra come risultato delle attività umane causano il cambiamento climatico antropogenico.

In questo capitolo si andranno ad analizzare le entità delle emissioni per ogni settore e in particolare verrà presa in considerazione la situazione in Europa e come il continente abbia finalmente intrapreso una strada di forte miglioramento, come vedremo infatti, le emissioni di GHG in UE stanno diminuendo di anno in anno. Inoltre l'Europa contribuisce attivamente allo sforzo globale per combattere il cambiamento climatico, infatti si pone un grande obiettivo ovvero di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050.

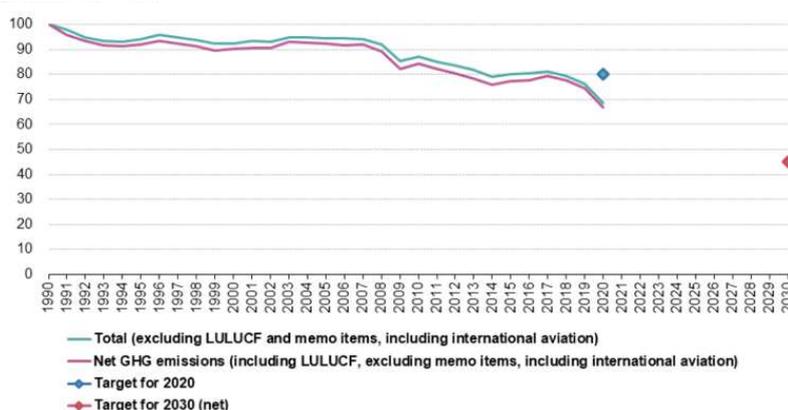


Figura 5: Emissioni di gas serra nell'UE suddivisi per inquinante. Fonte: sito del Parlamento Europeo.

2.1 Emissioni totali ed emissioni di gas serra per settore di origine.

Nel presente paragrafo, e nei successivi, saranno analizzate le principali forze trainanti che determinano la tendenza a lungo termine delle emissioni di gas a effetto serra nell'Unione Europea, basandosi principalmente sulle statistiche disponibili su Eurostat.

L'Europa consapevole della gravità della situazione ha adottato una serie di provvedimenti e di politiche volte a ridurre le emissioni di gas serra. Grazie all'azione dell'UE sono stati registrati dei notevoli cambiamenti rispetto al 1990, infatti le emissioni di gas a effetto serra sono diminuite di ben il 32% nel corso dei successivi 30 anni fino al 2020. Tuttavia è da sottolineare che il 2020 è stato un anno molto particolare, colpito da una pandemia che ha bloccato gran parte delle attività economiche portando a una forte diminuzione delle emissioni, nel 2021 infatti riprendono a salire tronando ai livelli pre-pandemici.



Source: EEA, republished by Eurostat (online data code: env_air_gge)

eurostat

Figura 6: Emissioni totali di gas serra nell'UE dal 1990 al 2020. Fonte: Eurostat.

La rappresentazione grafica (figura 6) mostra in modo inequivocabile la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra nell'Unione Europea nel corso degli ultimi tre decenni.

Il grafico presenta due linee distintive: la linea blu rappresenta le emissioni di gas a effetto serra totali, escludendo l'effetto dell'uso del suolo, del cambiamento di uso del suolo e della silvicoltura. Nel 2020 le emissioni totali ammontano a 3,35 miliardi di tonnellate di CO₂ equivalenti, rispetto alle 4,9 miliardi di tonnellate registrate nel 1990 con una notevole riduzione di 1,55 miliardi corrispondenti al 32%.

La linea rossa invece rappresenta le emissioni nette, che si attestano a 3,13 miliardi di tonnellate nel 2020 rispetto ai 4,7 miliardi di tonnellate di CO₂ equivalenti nel 1990, registrando una diminuzione del 33%. È comunque importante notare che, nonostante nel 2021 si sia tornati ai livelli antecedenti la pandemia, Eurostat ha stimato che già nel 2018 l'Europa ha raggiunto un significativo traguardo, riducendo del 20% le emissioni (rappresentato dal punto blu del grafico). Per il 2030 invece l'obiettivo proposto è di ridurre le emissioni del 55% facendo riferimento in questo caso alle emissioni nette (rappresentate dal punto rosso del grafico).

Le emissioni di gas serra rappresentate nella figura 6 hanno tutte origine da attività umane, il che potrebbe far supporre che un aumento della popolazione possa causare un incremento delle emissioni di gas serra. Inoltre gran parte di queste attività hanno natura economica, di conseguenza è ragionevole aspettarsi che un aumento delle attività economiche porti ad un aumento delle emissioni di GHG. L'indice che spiega la crescita economica di un determinato paese è il PIL (prodotto interno lordo). È quindi interessante comprendere come queste attività economiche influiscano sulla tendenza delle emissioni di gas serra. Dalla figura 7 emerge che nonostante sia stato registrato un aumento sia nel PIL che nella popolazione, anche se meno evidente, a partire dalla fine degli anni '90 fino al 2020, le emissioni di gas a effetto serra sono comunque diminuite. In particolare, sempre in questo periodo di riferimento, i tassi di crescita annui medi sono stati rispettivamente dell'1,4% e dello 0,2% mentre le emissioni di gas sono diminuite, mediamente di -1,4% all'anno.

Ciò significa che l'Europa ha cambiato significativamente il modo in cui vengono svolte tali attività, così che pur avendo una crescita economica continua le emissioni di gas mostrano comunque una tendenza al ribasso.

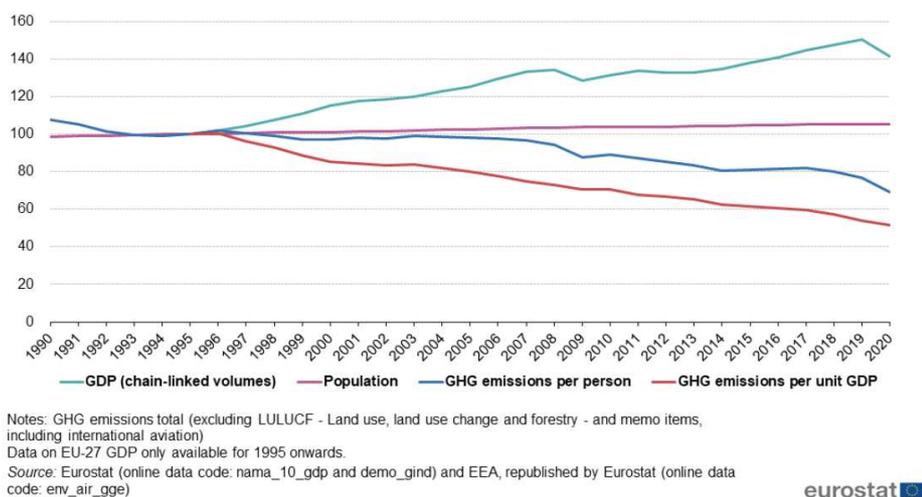


Figura 7: Evoluzione delle emissioni di GHG rispetto al PIL e alla popolazione, UE, 1990-2020. Fonte: Eurostat.

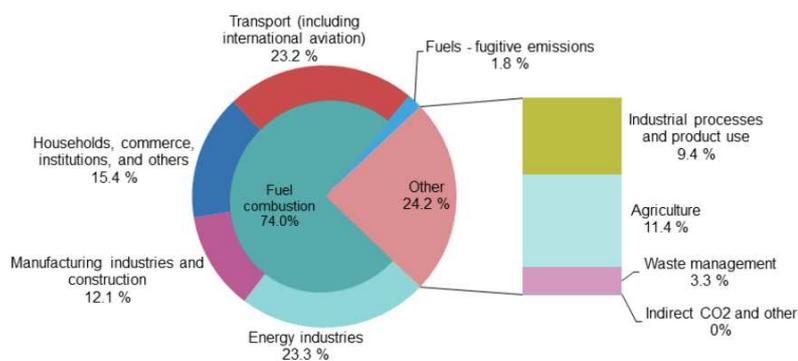
Per comprendere quali siano le forze trainanti alla base della riduzione delle emissioni di gas serra, è necessario esaminare più approfonditamente le fonti di queste emissioni e le attività umane coinvolte. Le statistiche fornite da Eurostat riportate (figura 8), mostrano una suddivisione dei settori responsabili delle emissioni di gas serra.

Il 74,0% delle emissioni, corrispondente a circa i tre quarti del totale, sono dovute alla combustione del carburante, che rilascia anidride carbonica e altri gas a effetto serra nell'atmosfera. Quest'ampia fetta comprende differenti attività che sono principalmente legate all'utilizzo dell'energia.

Ad esempio la combustione di combustibili per generare calore ed elettricità nelle industrie energetiche (settore energetico-industriale) rappresenta una quota significativa di ben il 23,3% delle emissioni complessive.

Inoltre, il riscaldamento degli edifici e l'uso di carburanti per riscaldare l'acqua delle abitazioni ha un forte impatto nelle emissioni. Allo stesso modo anche il settore manifatturiero e delle costruzioni, che include la produzione di beni e la realizzazione di edifici e infrastrutture, utilizza carburanti per alimentare i processi industriali. Un altro settore rilevante è sicuramente quello dei trasporti, il secondo più rilevante nelle emissioni contribuendo al 23,2% del totale.

La restante quota delle emissioni totali di gas serra del 24,2%, pari a circa un quarto, è attribuibile ad altre attività che in questo caso non coinvolgono la combustione di combustibili. Tali attività comprendono i processi industriali e gli usi dei prodotti, questi ultimi in particolare rilasciano emissioni attraverso la produzione di materiali come cemento, plastica e acciaio. Le attività agricole e anche la gestione dei rifiuti producono gas a effetto serra molto dannosi e il più noto è il metano.



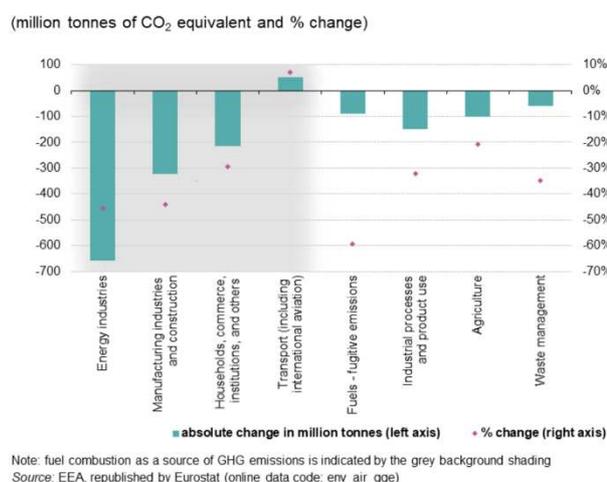
Source: EEA, republished by Eurostat (online data code: env_air_gge)

eurostat

Figura 8: Emissioni di gas serra per settore. Fonte: Eurostat.

Complessivamente le emissioni di gas a effetto serra sono diminuite in ogni settore di origine ad eccezione del settore dei trasporti, infatti, come verrà analizzato meglio più avanti, è stato registrato un aumento nelle emissioni di GHG nel 2020 rispetto al 1990.

I due settori principali che hanno avuto maggior impatto nella riduzione delle emissioni sono stati il settore energetico e manifatturiero.



Note: fuel combustion as a source of GHG emissions is indicated by the grey background shading
Source: EEA, republished by Eurostat (online data code: env_air_gge)

eurostat

Figura 9: Cambiamenti nelle emissioni di gas serra per settore di origine, UE 1990-2020.

Fonte: Eurostat.

2.2 Combustione del carburante e i suoi sottosectori.

Con particolare riferimento alle emissioni rilasciate dalla combustione del carburante, nel 2020 sono stati raggiunti grandi obiettivi: a partire dal 1990, in trent'anni le emissioni sono diminuite di ben 1144 milioni di tonnellate, raggiungendo le 2482 milioni di tonnellate di emissioni totali. Non solo Eurostat si è espresso in merito, infatti da quanto emerge da un report pubblicato dall'EEA nel 2023, tra il 2004 e il 2021 le emissioni dei grandi impianti di combustione, in

Europa, sono diminuite. Il calo delle emissioni è attribuibile principalmente alla politica europea, la quale di anno in anno stabilisce dei “valori limite” che sono giuridicamente vincolanti. Inoltre, poiché oggi la produzione di energia non si basa più solo ed esclusivamente sull’utilizzo dei combustibili fossili bensì sull’impiego di fonti rinnovali rispettose del clima, la quantità di combustibili è diminuita del 35%, il carbone infatti non è più la fonte di energia principale nelle grandi industrie.

Entrando nello specifico, la combustione del carburante è suddivisa in quattro sottosettori differenti:

- Industrie energetiche.
- Industrie manifatturiere e costruzioni.
- Famiglie, commercio, istituzioni e altro.
- Settore dei trasporti.

INDUSTRIE ENERGETICHE. Le emissioni complessive di gas serra derivanti dalla combustione di carburanti nelle industrie energetiche hanno subito una riduzione significativa a partire dal 1990 fino al 2020 pari a 657 milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti, corrispondenti al 46% (figura 9) e, contemporaneamente, la produzione di elettricità e calore nelle industrie è aumentata del 13%.

La figura 10 confronta, per tipologia di combustibile, la produzione di elettricità e calore nel 1990 e nel 2020. Il risultato più notevole è sicuramente l’aumento della produzione da 258 a 291 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (MTEP).

Questo andamento positivo, caratterizzato dalla diminuzione delle emissioni contrapposto all’aumento della produzione è causato principalmente dal cambiamento nella miscela di carburanti nel settore energetico. In particolare i combustibili fossili solidi e liquidi, fortemente inquinanti, sono stati sostituiti da fonti energetiche rinnovabili e da gas naturale il quale rilascia meno gas inquinanti rispetto alla combustione di carburante.

Per poter capire appieno il significato del grafico è importante innanzitutto spiegare il concetto di “tonnellate equivalenti”. La tonnellata(e) di petrolio equivalente, abbreviata in tep, (*toe* in inglese), è un’unità di misura standardizzata che consente di mettere a confronto l’energia generata da diverse fonti. Per convenzione essa equivale alla quantità approssimata di energia che può essere estratta da una tonnellata di petrolio. Questa unità di misura risulta molto utile perché fonti differenti hanno poteri calorifici diversi, e in questo modo possono essere convertite in un’unica unità di misura che sia uguale per tutte. Nel grafico in questione, infatti, si parla di tonnellate di petrolio equivalenti per le sei fonti di energia riportate, al fine di valutare

la produzione di elettricità e calore a seconda della fonte energetica utilizzata, questo metodo permette di confrontare i dati in modo uniforme e significativo.

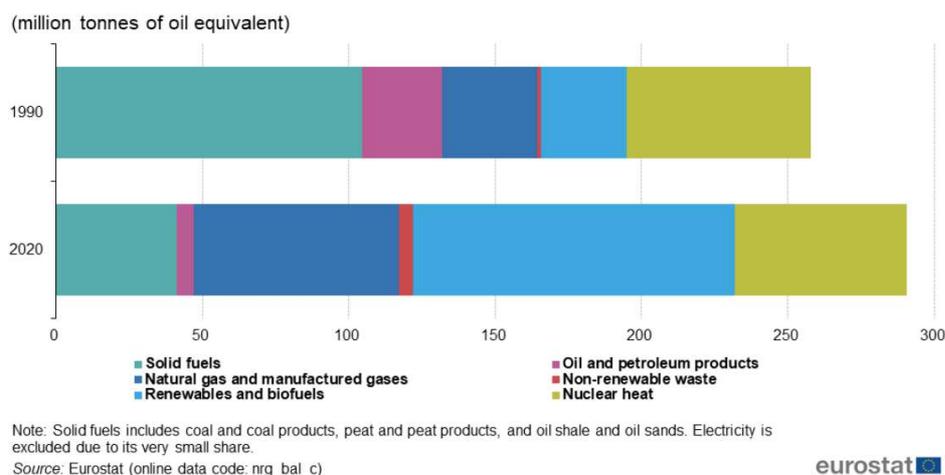


Figura 10: Produzione di elettricità e calore per mezzo dei combustibili, UE 1990-2020.

Fonte: Eurostat.

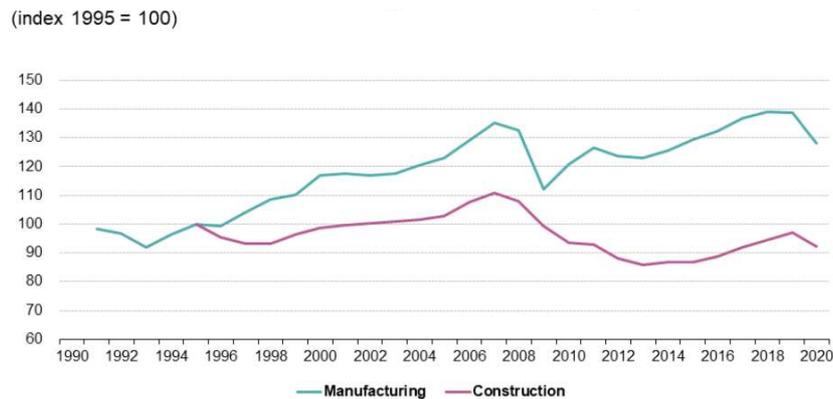
Dalla figura 10 emerge inoltre che le fonti energetiche che hanno maggiormente contribuito all'incremento di energia registrato, del 13%, sono quelle rinnovabili con 80 Mtep, mentre il gas con 38 Mtep. Ne consegue quindi che l'uso di combustibili solidi, petrolio greggio e prodotti petroliferi è diminuito significativamente nel corso di trent'anni.

L'energia rinnovabile sta prendendo il posto della combustione del carburante non solo nelle grandi industrie, anche nella vita quotidiana, dove l'uso dell'elettricità generata da fonti rinnovabili è in continua crescita. Ad esempio le auto elettriche oppure la cucina elettrica che non bruciano combustibili, pertanto l'elettricità da fonti rinnovabili ha un grande potenziale nel ridurre le emissioni di gas serra derivanti dalla combustione.

INDUSTRIE MANIFATTURIERE E COSTRUZIONI. Il settore manifatturiero e delle costruzioni si è posizionato come il secondo settore che ha registrato il più forte calo nelle emissioni di gas a effetto serra tra il 1990 e il 2020, con una riduzione di 322 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente (Figura 9).

È opportuno notare che nonostante si sia verificato un aumento della produzione nel settore, come mostra la figura 11, le emissioni sono diminuite. Tuttavia ci sono comunque stati dei periodi eccezionali in cui la produzione ha subito un forte calo, come nel 2009 a causa della crisi finanziaria e nel 2020 a causa della pandemia. Relativamente al settore manifatturiero, in generale, la produzione è aumentata nel corso degli anni, registrando una breve riduzione nel 2009. Per quanto riguarda il settore delle costruzioni, successivamente la crisi, la produzione

ha subito una diminuzione prolungata fino al 2013, per poi aumentare lentamente, e diminuire nuovamente a causa dell'impatto del COVID-19.



Source: Eurostat (online data code: sts_inpr_a and sts_copr_a)

eurostat

Figura 11: Volume di produzione nel settore manifatturiero e delle costruzioni, UE 1990-2020. Fonte: Eurostat.

Sebbene la produzione sia aumentata nelle industrie manifatturiere, le emissioni di gas serra sono diminuite, il che significa che l'intensità dei gas delle varie attività è stata ridotta. Come mostra la figura 12, i due fattori principali che hanno contribuito alla riduzione delle emissioni di gas serra sono l'efficienza energetica e il cambiamento nel mix di combustibili.

Nello specifico, l'efficienza energetica è aumentata: le imprese producono di più utilizzando meno quantità di energia. Dal 1990 al 2020 il consumo totale di energia si è ridotto del 25%, pari a una diminuzione di circa 80 milioni di tonnellate di petrolio equivalente. A differenza del settore energetico, nel settore manifatturiero e delle costruzioni, il cambiamento nel mix dei combustibili è meno evidente. Tuttavia il consumo di combustibili solidi e di prodotti petroliferi si è più che dimezzato nel corso degli anni, mentre l'utilizzo di energia rinnovabile è aumentato di tre quarti.

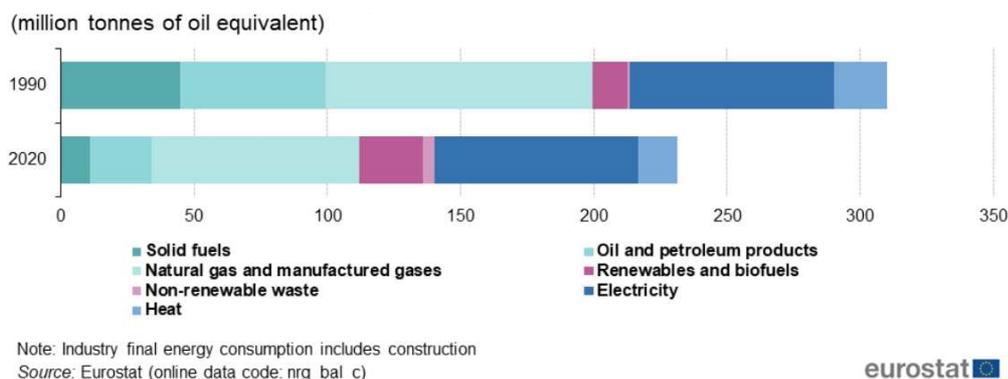


Figura 12: Composizione del consumo di energia nel settore manifatturiero e delle costruzioni, UE 1990-2020. Fonte: Eurostat.

FAMIGLIE, COMMERCIO, ISTITUZIONI E ALTRO. Le emissioni di gas serra derivanti dalla combustione di combustibili da parte di famiglie, del commercio, delle istituzioni e di altri soggetti, sono principalmente associate al riscaldamento degli ambienti domestici e dell'acqua. Queste attività hanno contribuito nella riduzione delle emissioni, con una diminuzione complessiva di 215 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, pari al 29%, dal 1990 fino al 2020, influenzando positivamente sulle riduzioni totali di emissioni di gas a effetto serra (figura 9).

Anche in questo caso, si può osservare una contrapposizione tra il trend delle emissioni e quello del consumo finale di energia, infatti, dalla figura 13 emerge che, nel corso di trent'anni, fino al 2020, il consumo di energia è aumentato del 4%. Questo notevole miglioramento è da attribuire al cambiamento nel mix di combustibili utilizzati: l'utilizzo di combustibili solidi è diminuito di oltre il 70%, mentre l'uso di prodotti petroliferi si è dimezzato. Dall'altra parte, un aspetto particolarmente positivo, è il crescente impiego di fonti rinnovabili da parte delle famiglie le quali stanno adottando un approccio più sostenibile nei consumi. Allo stesso tempo, si è registrato un aumento nell'utilizzo di gas naturale e di energia elettrica.

Le emissioni di gas serra nel 2021, in Italia, hanno registrato un lieve aumento pari al 6,2% rimanendo comunque sotto i livelli del periodo pre-pandemico. Nel complesso la tendenza del paese indica chiaramente una significativa diminuzione delle emissioni, seguendo un percorso simile a quello dell'Unione Europea.

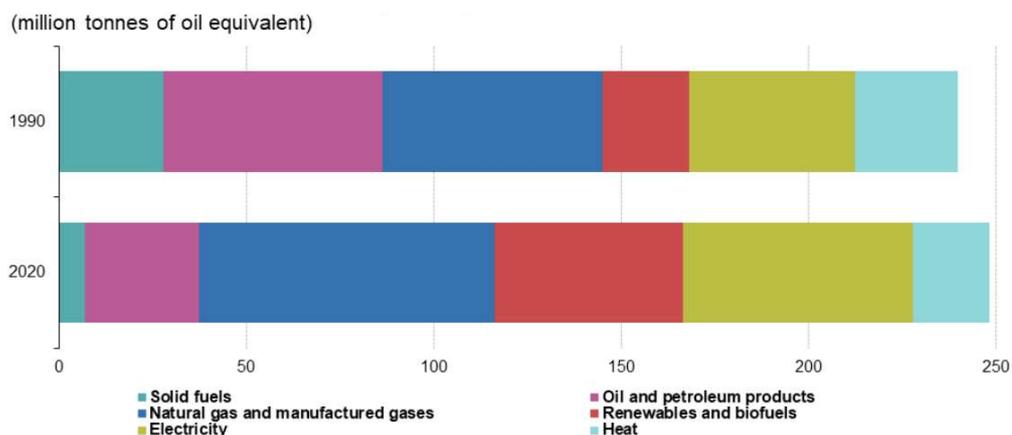


Figura 13: Consumo energetico finale delle famiglie suddiviso per combustibile, UE, 1990-2020. Fonte: Eurostat.

SETTORE DEI TRASPORTI. Le emissioni provenienti dal settore dei trasporti, tra il 1990 e il 2019 sono aumentate, registrando un aumento di 242 milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti, corrispondenti al 33% del totale.

Il settore dei trasporti, inclusa l'aviazione internazionale, è l'unico sottosettore compreso nella combustione dei combustibili che non ha portato nessun miglioramento negli ultimi decenni. L'unica eccezione si è presentata nel 2020, anno in cui a causa della pandemia di COVID-19, le emissioni di gas serra sono diminuite notevolmente, registrando una riduzione significativa di oltre 200 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente.

La figura 14 analizza in maniera più dettagliata l'andamento delle emissioni in base alla tipologia di trasporto. Per fornire un quadro completo, il grafico include anche l'aviazione internazionale, responsabile del 10-15% delle emissioni totali di gas serra prodotte dai trasporti. Dare importanza anche all'aviazione è fondamentale poiché essa influisce sulle emissioni di gas a effetto serra, infatti nel corso degli ultimi trent'anni, le emissioni provenienti da questo sottosettore sono aumentate di oltre il doppio. Ciò nonostante il settore del trasporto stradale rimane il principale contributore delle emissioni di gas serra, rappresentando quasi tre quarti delle emissioni totali legate al settore dei trasporti.

Un articolo presente nel sito del Parlamento Europeo afferma che, in particolare il settore dei trasporti stradali svolge un ruolo significativo nelle emissioni di gas serra. È interessante evidenziare che le emissioni di CO₂ all'interno del settore dei trasporti passeggeri variano notevolmente a seconda del mezzo utilizzato per spostarsi. In Europa le autovetture rappresentano uno dei maggiori colpevoli dell'inquinamento, generando circa il 60,6% del totale delle emissioni di CO₂ nel settore del trasporto su strada.

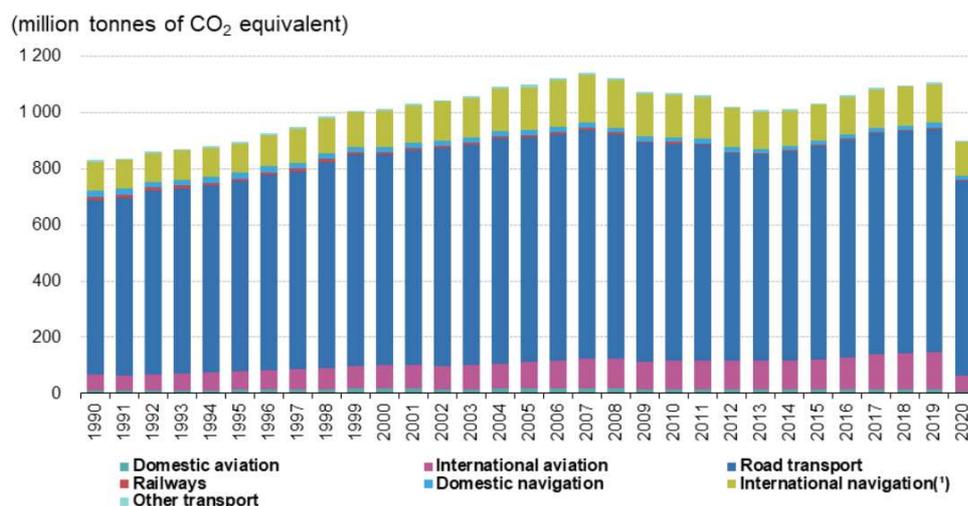


Figura 14: Emissioni di gas serra dei trasporti, UE, 1990-2020. Fonte: Eurostat.

Lo sviluppo delle emissioni di gas serra è strettamente legato all'intensità dell'attività di trasporto, comunemente chiamata prestazione o volume dei trasporti, che viene misurata in tonnellate-chilometro e passeggeri-chilometro, la figura 15 di basa su queste unità di misura.

Per comprendere al meglio il grafico, è necessario chiarire il significato di queste particolari misurazioni. La "tonnellata-chilometro" (tkm) è un'unità di misura che rappresenta il trasporto di una tonnellata di merci mediante un determinato metodo di trasporto (stradale, ferroviario, aereo ecc), su una distanza complessiva di un chilometro. Allo stesso modo, il "passeggero-chilometro", abbreviato in pkm, è l'unità di misura che indica il trasporto di un passeggero utilizzando un determinato metodo di trasporto su una distanza di un chilometro. In questo caso, avendo l'indice base di 100 per l'anno 1995 è possibile visualizzare i cambiamenti percentuali nel tempo rispetto a un punto di riferimento, infatti dal 1995 fino al 2019 si è registrato un aumento del 40% di tonnellate-chilometro per quanto riguarda il trasporto di merci, per il trasporto di passeggeri invece è stato registrato un aumento di circa il 35% di passeggeri-chilometro. Il che significa che il numero di merci e il numero di passeggeri "trasportati" ha avuto una crescita continua nell'arco temporale di riferimento.

Si può concludere dunque che il volume dei trasporti è complessivamente aumentato negli ultimi decenni: il trasporto passeggeri è cresciuto costantemente mentre il trasporto merci ha risentito degli effetti della crisi finanziaria per poi avere una ripresa fino al 2019. È importante notare che le statistiche si fermano al 2019 in quanto nel 2020 è scoppiata la pandemia da COVID-19, la quale ha chiaramente bloccato il settore dei trasporti.

Inoltre il consumo di energia nei trasporti è aumentato parallelamente all'incremento dell'attività di trasporto, complessivamente il settore ha fatto pochi progressi inerenti

all'efficienza energetica. La quasi totalità del carburante utilizzato, deriva da prodotti petroliferi e si è registrato solo un modesto spostamento verso le fonti rinnovabili.

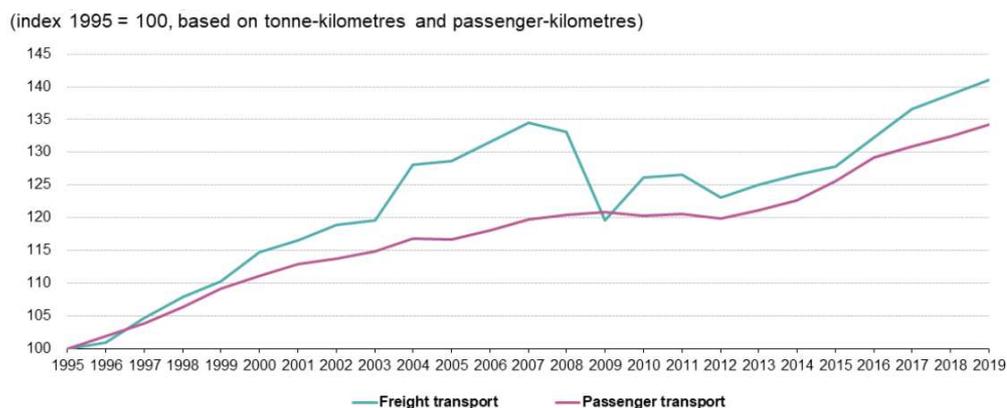


Figura 15: Attività dei trasporti, UE, 1990-2020. Fonte: Eurostat.

Concludendo, è evidente che i cambiamenti nella composizione energetica sono la principale forza trainante alla base della riduzione delle emissioni, in particolare nel settore energetico e manifatturiero sono stati raggiunti importanti traguardi nell'aumento dell'efficienza energetica.

2.3 Settori non energetici.

PROCESSI INDUSTRIALI ED USI DEL PRODOTTO. I processi industriali esercitano un impatto considerevole sulle emissioni di gas serra in Europa. Si pensi agli impianti industriali utilizzati per la produzione di materiali come acciaio, cemento o carta, essi molto spesso richiedono processi che rilasciano gas serra nell'atmosfera. Diversamente dagli altri settori analizzati in precedenza, questo settore di origine esclude le emissioni derivanti dalla combustione di carburante (figura 8).

In particolare il sottosettore dei processi industriali contribuisce per circa il 9% alle emissioni complessive di gas a effetto serra, inoltre è l'unico dei tre settori non energetici ad aver registrato la maggiore riduzione di emissioni di GHG tra il 1990 e il 2020, pari a 149 milioni di tonnellate di CO2 equivalente (figura9).

Questo ambito racchiude un'ampia gamma di processi produttivi e attività economiche in diversi settori (vedi tabella 1). Per comprendere meglio cosa conduce alla riduzione delle emissioni di GHG, è utile osservare i sottosettori più rilevanti. La tabella 1 presenta una selezione dei principali sottosettori legati ai processi industriali alle fonti d'uso del prodotto. Tutti i processi produttivi che generalmente hanno contribuito significativamente alle emissioni totali, come la produzione di materiali minerali, prodotti chimici e metalli, hanno registrato

notevoli riduzioni nelle emissioni di gas serra. Soprattutto le emissioni di gas serra rilasciate dalla produzione di acido nitrico sono state drasticamente ridotte addirittura a una piccola frazione di quelle che erano in passato.

L'”utilizzo di sostanze alternative al fine di ridurre l'ozono stratosferico” ha una direzione completamente opposta agli altri settori, all'interno di questo sottosectore i sistemi di raffreddamento e climatizzazione registrano il più grande aumento assoluto con 71 milioni di tonnellate di CO2 equivalente. La richiesta di refrigerazione e condizionamento dell'aria molto probabilmente aumenterà in avvenire, quindi è cruciale ridurre l'intensità delle emissioni di gas serra provenienti da questa fonte.

		(million tonnes of CO ₂ equivalent)		% share in total		change 1990-2020	
		1990	2020	1990	2019	million tonnes	%
CRF2	Industrial processes and product use	462	314	100	100	-149	-32
CRF2A	Mineral industry	134	99	29	32	-35	-26
CRF2A1	Cement production	95	70	21	22	-25	-26
CRF2B	Chemical industry	167	55	36	17	-113	-67
CRF2B2	Nitric acid production	46	3	10	1	-43	-94
CRF2C	Metal industry	136	64	29	20	-71	-53
CRF2C1	Iron and steel production	104	57	22	18	-46	-45
CRF2F	Product uses as substitutes for ozone depleting substances	0	78	0	25	78	1 161 424
CRF2F1	Refrigeration and air conditioning	0	71	0	23	71	1 408 004

Tabella 1: Emissioni di gas serra provenienti dai processi industriali suddivise per industria di origine, UE, 1990 e 2020. Fonte: Eurostat.

AGRICOLTURA. Il settore agricolo fa parte di quella categoria che non coinvolge la combustione di combustibili, in particolare le emissioni agricole rappresentano l'11% del totale (figura 8). Nel periodo compreso tra il 1990 e il 2020, il settore agricolo ha ridotto le sue emissioni di CO2 equivalenti di 100 milioni di tonnellate, pari a una diminuzione del 21% (figura 9). La figura 16 pone a confronto le emissioni di gas serra nel 1990 e nel 2020 per diverse attività agricole.

Tra le principali fonti di gas serra nell'agricoltura vi è la fermentazione enterica, che riguarda la produzione di metano durante il processo digestivo degli animali. Tali emissioni sono state ridotte di 47 milioni di tonnellate di CO2 equivalente, pari al 22% nel 2020 rispetto ai livelli del 1990. Nel corso dei trent'anni le emissioni sono diminuite ma la maggior parte della riduzione è stata ottenuta solo nel primo decennio. Infatti, dal 2001 al 2020 la riduzione delle emissioni si è limitata a solo il 6% nonostante sia stata registrata una diminuzione dell'8% del numero complessivo di capi bovini (figura 17). Le emissioni di metano (CH4) dipendono principalmente dal comparto zootecnico in quanto la fermentazione enterica assieme alla gestione delle deiezioni contribuiscono alla maggior parte delle emissioni. Nello specifico le

emissioni derivanti dalla gestione delle deiezioni sono diminuite di 16 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, pari al 22%.

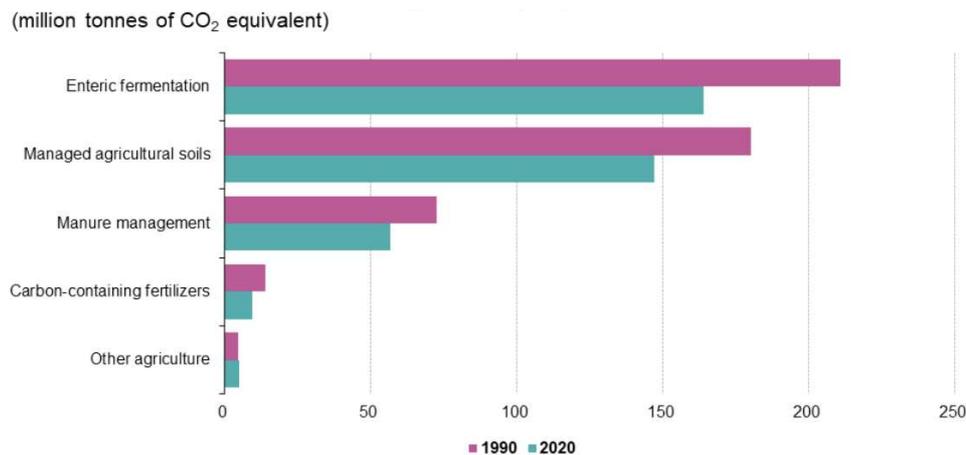


Figura 16: Emissioni di gas serra agricole, UE, 1990 E 2020. Fonte: Eurostat.

Tali significative riduzioni nell'ambito dell'agricoltura sono attribuibili a una combinazione di diversi fattori. Uno dei quali è la riduzione della consistenza zootecnica, infatti da quanto emerge dalla figura 17, dal 2001 al 2021 la quantità di bovini e suini è diminuita. Una minore presenza di animali ha contribuito a diminuire la quantità di metano prodotta attraverso la fermentazione enterica. Inoltre sono stati introdotti importanti cambiamenti nella gestione delle deiezioni ed è calato il numero delle superfici coltivate e delle produzioni agricole. Infine con l'attuazione dei programmi della Politica Agricola Comune, sono state introdotte delle normative per promuovere pratiche agricole sostenibili e a basse emissioni di carbonio.

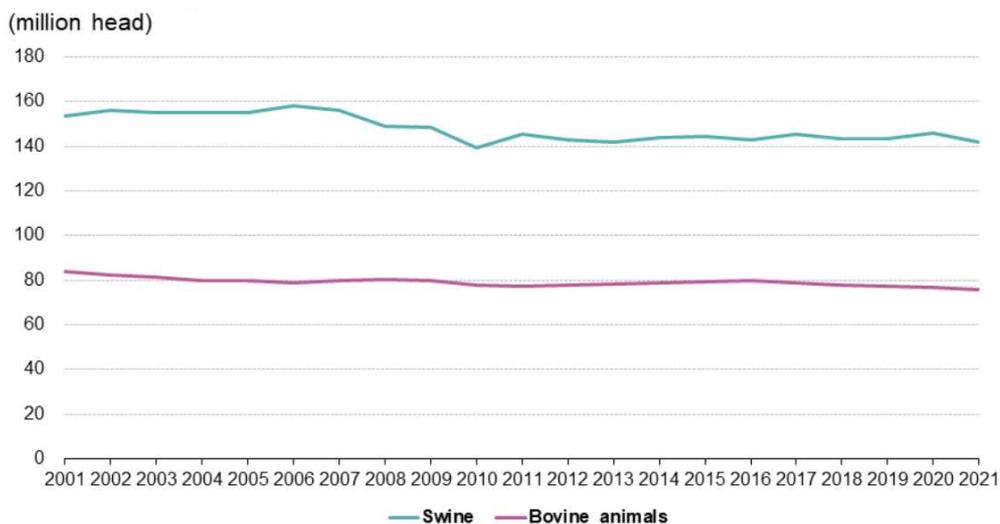


Figura 17: Andamento del bestiame, UE, 2001-2021. Fonte: Eurostat.

GESTIONE DEI RIFIUTI. Le emissioni rilasciate dai rifiuti sono calate notevolmente, specialmente grazie a una significativa riduzione delle GHG derivanti dal trattamento dei rifiuti solidi. Questo risultato è da attribuire all'attuazione di nuove pratiche di gestione, mirate a ridurre la quantità di rifiuti smaltiti in discarica. L'atto di deporre rifiuti nel terreno o sulla superficie è estremamente dannoso, infatti la decomposizione di essi produce metano, un potente gas a effetto serra che trattiene il calore nell'atmosfera.

Nel 2020 il settore della gestione dei rifiuti rappresenta solo il 3,3% del totale delle emissioni (figura 8), nonostante la percentuale sia relativamente bassa sono stati comunque ottenuti ottimi risultati in termini assoluti. Le emissioni di gas serra sono state diminuite di 60 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, pari a una riduzione del 35% a partire dal 1990 fino al 2020.

Complessivamente la riduzione delle emissioni provenienti dalla gestione dei rifiuti è diminuita in maniera abbastanza stabile, in particolar modo si è registrata una forte riduzione nello smaltimento dei rifiuti solidi di ben 45 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, pari al 36%.

La figura 19 rappresenta le statistiche riguardanti il trattamento dei rifiuti urbani, che sembrano contrastare apparentemente con la figura 18. Mettendo a confronto i due grafici, emerge che, nonostante le emissioni provenienti dall'incenerimento siano diminuite (figura 18), l'incenerimento totale con recupero di energia è invece aumentato (figura 19). La spiegazione a questa potenziale discrepanza sta nel fatto che le emissioni di gas serra derivanti dall'incenerimento con recupero di energia non sono registrate nel settore delle fonti dei rifiuti, ma nel settore delle fonti energetiche, inoltre le emissioni di anidride carbonica rilasciate dalla combustione non sono incluse nel valore totale delle emissioni di gas serra.

A sostegno del fatto che l'incenerimento con recupero di energia sia aumentato, la figura 10 mostra che i rifiuti utilizzati come combustibile per produrre elettricità e calore sono quasi triplicati in trent'anni e, in generale, dal 1990 al 2020 c'è stata una forte crescita nell'utilizzo di fonti rinnovabili.

È anche importante considerare che il conferimento in discarica dei rifiuti è diminuito di oltre la metà negli ultimi decenni. Questo è dovuto principalmente all'aumento delle pratiche di riciclaggio e compostaggio, incoraggiato dalla costante crescita economica. Le risorse a disposizione sono limitate, il che rende necessaria la riduzione dell'utilizzo di materie prime e la riutilizzazione e il riciclo dei materiali.

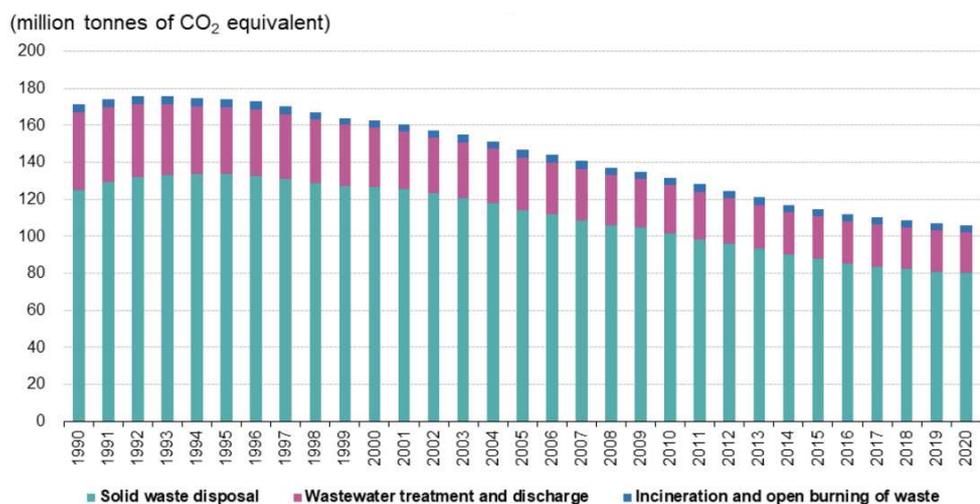


Figura 18: Emissioni di gas serra provenienti dalla gestione dei rifiuti, UE, 1990-2020. Fonte: Eurostat.

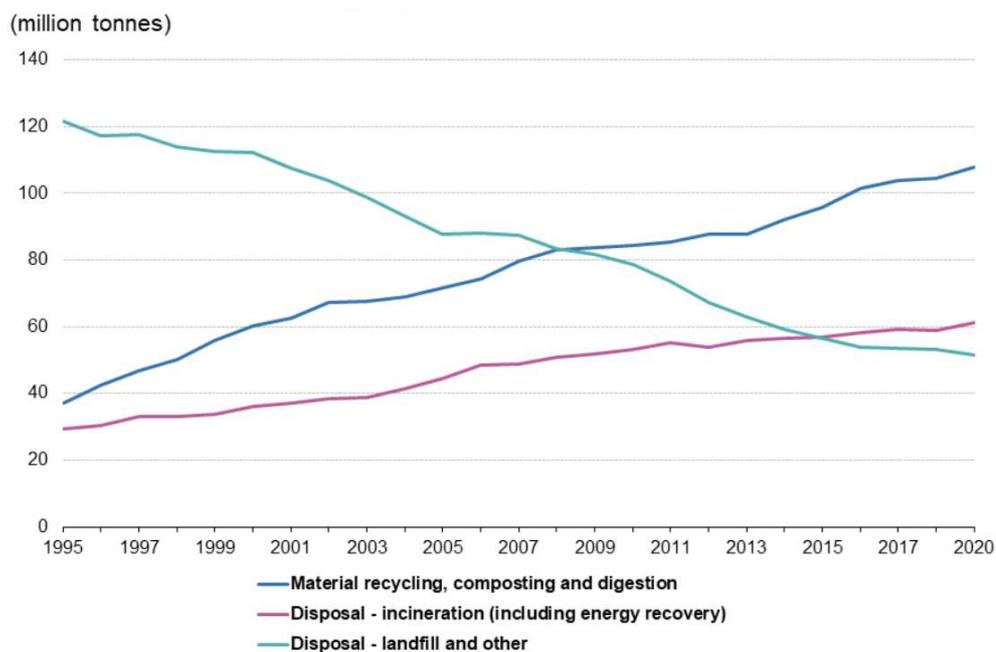


Figura 19: Trattamento dei rifiuti urbani, UE, 2000-2020. Fonte: Eurostat.

CAPITOLO 3

L'IMPATTO DELLE GRANDI POTENZE MONDIALI: USA E CINA

Nel corso del 2021, le emissioni globali di anidride carbonica derivanti dai combustibili fossili e dalle attività industriali hanno raggiunto le 37,12 miliardi di tonnellate metriche (GtCO₂). Questo dato, al quanto preoccupante, è stato oggetto di analisi da parte di scienziati e organizzazioni ambientali poiché l'impatto di tali emissioni sul cambiamento climatico è significativo e disastroso. Anche le prospettive per il 2022 non sono migliori, è previsto un aumento dello 0,9% delle emissioni, portandole a raggiungere la cifra di 37,5 GtCO₂, il livello più elevato mai registrato prima d'ora.

Risulta abbastanza scontato intuire che i principali contribuenti alle emissioni globali siano la Cina e gli Stati Uniti che nel 2021 hanno prodotto rispettivamente 11,47 GtCO₂ e 5,01 GtCO₂.

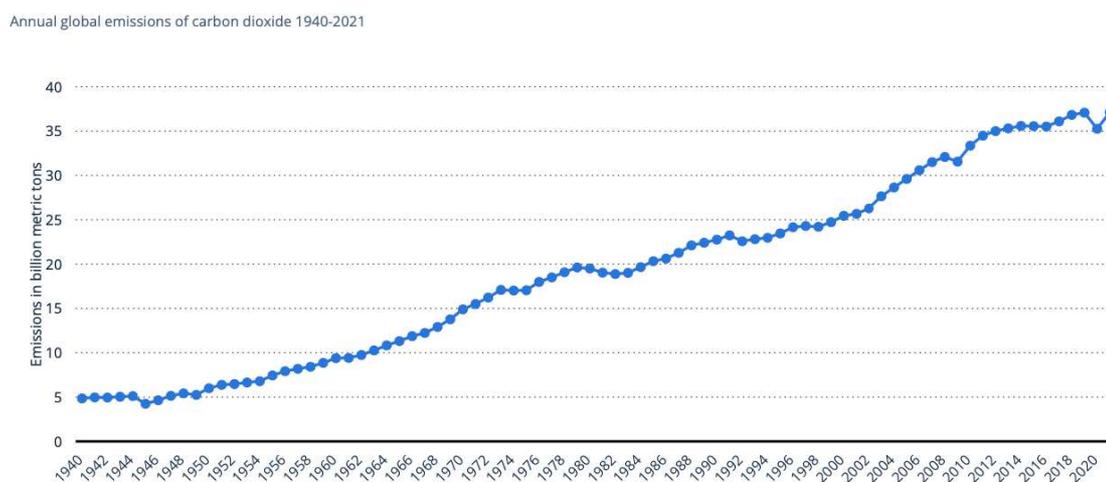


Figura 20: Emissioni globali di anidride carbonica, 1940-2020. Fonte: Statista.

Come lo si evince dal grafico (figura 20), le emissioni, a partire dal 1940, sono aumentate ogni anno fino al 2020, una delle cause principali di questo incremento è correlata allo sviluppo economico e industriale dei paesi di tutto il mondo, in modo particolare dell'Asia. Nello specifico, la Cina, che in passato non rappresentava il maggiore emettitore del mondo, ha visto un velocissimo aumento delle emissioni a causa della rapida crescita economica. Nel periodo compreso tra il 1990 e il 2021, le emissioni di CO₂ in Cina sono aumentate in maniera esponenziale, con un incremento di oltre il 400%. Anche in India la situazione è somigliante, infatti il paese ha registrato un tasso di crescita molto simile a quello della Cina durante lo stesso periodo. È importante sottolineare che l'aumento delle emissioni di particolari paesi dell'Asia,

come appunto Cina e India, è stato in gran parte dovuto alla costante crescita di domanda energetica e di risorse a sostegno della forte crescita economica.

Lo scoppio della pandemia di COVID-19 ha provocato una brusca discesa delle emissioni, registrando una diminuzione del 5%. Le restrizioni e i blocchi imposti hanno contribuito a questo calo senza precedenti, tuttavia questa non è stata l'unica volta nella storia in cui un grande evento globale ha ridotto le emissioni. Ad esempio, la recessione del 2009 ha generato una riduzione del 2% dei livelli di CO₂, come anche la crisi dei primi anni '80 ha avuto un notevole impatto sulle emissioni. In percentuale, l'impatto maggiore è stato osservato alla fine della seconda guerra mondiale nel 1945, quando le emissioni subirono una forte riduzione del 17% rispetto ai livelli precedenti al conflitto.

Nel 2021, successivamente il blocco causato dalla pandemia, le emissioni globali di CO₂ sono aumentate del 5,3% rispetto al 2020. Come si vede dalla figura 21 la Cina è il paese che produce più emissioni, il 33% del totale nel 2021.

In questo capitolo verranno analizzate nel dettaglio le statistiche inerenti alle emissioni di CO₂ degli Stati Uniti e della Cina.

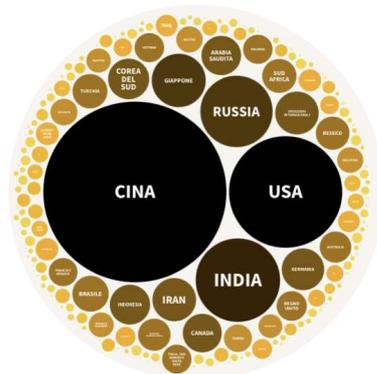


Figura 21: Emissioni di CO₂ per paese nel 2021. Fonte: Il Sole 24 ore.

3.1 Andamento delle emissioni di gas a effetto serra nei due paesi.

La Cina e gli Stati Uniti sono i principali inquinatori al mondo, avendo rilasciato rispettivamente 11,5 e 5,0 miliardi di tonnellate di emissioni di anidride carbonica nel 2021. In particolar modo la Cina è stata il principale emittore di CO₂ nel 2021, rappresentando circa il 31% delle emissioni globali.

Sebbene la Cina emetta attualmente i livelli più alti mai registrati prima di CO₂, è importante evidenziare che dal 1750 gli Stati Uniti hanno rilasciato oltre 400 miliardi di tonnellate di CO₂ cumulative (accumulate nel corso degli anni), molto di più rispetto alla Cina, infatti, il paese, ha rilasciato solo la metà delle emissioni di CO₂ degli Stati Uniti.

Nel corso degli anni le emissioni sono variate tra i due paesi: le emissioni statunitensi sono diminuite del 12% a partire dal 2010, mentre quelle della Cina, in confronto, sono aumentate di ben il 33% nello stesso periodo, rendendola il paese più inquinante del 2021. L'ampio divario tra i due paesi è dovuto al fatto che le emissioni della Cina sono aumentate rapidamente solo negli ultimi due decenni, triplicando le emissioni pro capite di CO₂ dal 2000 e in confronto le emissioni dell'ovest sono notevolmente diminuite. Sia la Cina che gli Stati Uniti svolgono un ruolo centrale nel contribuire alle emissioni globali di CO₂, mentre la Cina è il principale emittore, gli Stati Uniti hanno prodotto una quantità maggiore di emissioni cumulative nel corso della storia.

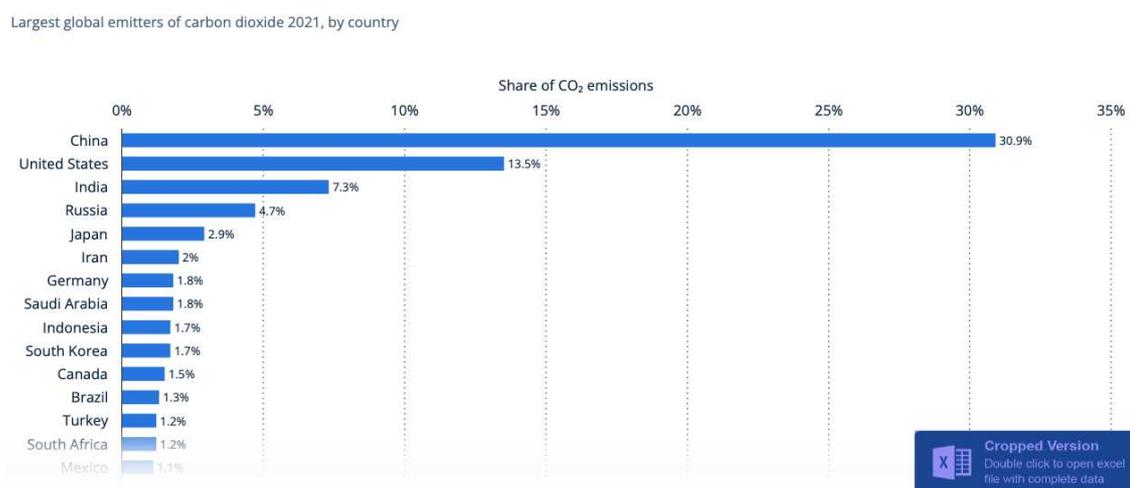


Figura 22: Distribuzione per paese delle emissioni di CO₂ in tutto il mondo, 2021. Fonte: Statista.

Le statistiche presentate nella figura 23 evidenziano come la regione Asia-Pacifico abbia un ruolo significativo nel contribuire alle emissioni globali di anidride carbonica. Nel 2022 quest'area ha prodotto una grande quantità di emissioni di CO₂ raggiungendo un totale di 17,96 miliardi di tonnellate. È importante notare che ben il 60% di queste emissioni è da attribuire esclusivamente alla Cina, a riprova del fatto che il paese abbia un enorme impatto sulle emissioni. Va considerato anche il Nord America che si classifica come la seconda area più inquinante nel 2022. In quell'anno, la regione ha rilasciato 5,9 miliardi di tonnellate di CO₂, registrando un aumento del 2% rispetto all'anno precedente. Questo dato è preoccupante poiché fa presupporre che non si stiano adottando politiche efficaci per contrastare il cambiamento climatico, tale aumento infatti potrebbe suggerire che gli sforzi fatti fino ad ora non siano ancora adeguati.

Al contrario, l'Europa dimostra una continua tendenza positiva verso una riduzione delle emissioni di gas serra. Come accennato in precedenza, il continente ha ottenuto importanti

risultati nel corso degli anni, riducendo il proprio impatto sull'ambiente. Si può infatti notare dalla figura 23 che nonostante sia stato registrato un lieve aumento nelle emissioni nel 2021, nel 2022 sono nuovamente diminuite raggiungendo le 3,77 miliardi di tonnellate di anidride carbonica.

Chiaramente i progressi raggiunti dall'Europa non sono sufficienti, è fondamentale che altri paesi, in particolare Cina e USA, seguano l'esempio e intraprendano azioni concrete ed efficaci per ridurre le proprie emissioni.

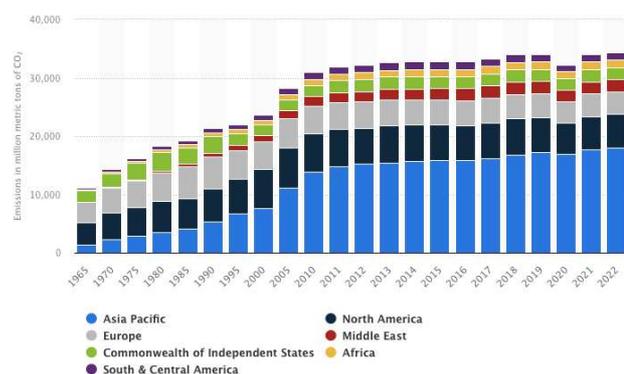


Figura 23: Emissioni di anidride carbonica rilasciate dall'energia in tutto il mondo, 1965-2022. Fonte: Statista.

3.2 Perché le emissioni negli Stati Uniti continuano ad aumentare?

Nel 2020 la pandemia ha avuto impatti considerevoli sull'economia globale e statunitense, in particolare sulla sfera energetica, con effetti diretti sulle emissioni di anidride carbonica, le quali sono diminuite notevolmente. Successivamente nel 2021 l'attività economica ha avuto una ripresa e di conseguenza le emissioni di CO2 legate all'energia hanno ricominciato a salire, avvicinandosi ai livelli pre-pandemici. Complessivamente le emissioni totali di CO2 legate all'energia negli Stati Uniti sono aumentate del 7% nel 2021 rispetto al 2020, corrispondenti a un incremento di 325 milioni di tonnellate metriche. Tuttavia, nonostante si sia verificato questo aumento, le emissioni totali nel 2021 sono ancora rimaste inferiori rispetto ai livelli del 2019, con una differenza di circa il 5% pari a 242 milioni di tonnellate metriche.

Stando alle analisi del Rhodium Group, la fonte principale di questa tendenza al rialzo è stata l'utilizzo del carbone, che ha influenzato negativamente la ripresa del paese. In modo analogo a quanto avvenuto in Cina, anche negli USA l'aumento della domanda energetica è stato affrontato principalmente facendo ricorso al carbone. Come rappresenta la figura 24, nel 2021 il consumo del combustibile fossile più inquinante al mondo, è cresciuto di ben il 17%,

segnando la prima volta dal 2014 in cui tale andamento ha ripreso ad aumentare. Il rimbalzo del carbone è stato guidato in gran parte dall'incremento dei prezzi del gas, il quale ha reso nuovamente il combustibile fossile una scelta competitiva e conveniente per far fronte ad alcune esigenze energetiche. In particolare, l'impennata dei prezzi del gas naturale, è stata il risultato delle riduzioni nella produzione di petrolio e gas, intraprese dai produttori in risposta alla caduta dei prezzi del greggio causata dalla pandemia e dalla conseguente diminuzione della domanda. L'aumento dei prezzi del gas naturale ha reso meno conveniente la generazione energetica proveniente dal gas nel 2021, determinando un calo del 3% nella produzione di gas e riducendo la quota di produzione totale al 37%. Allo stesso tempo, il settore delle energie rinnovabili ha continuato la sua crescita durante il 2021, con solo però un aumento del 4% nella generazione energetica.

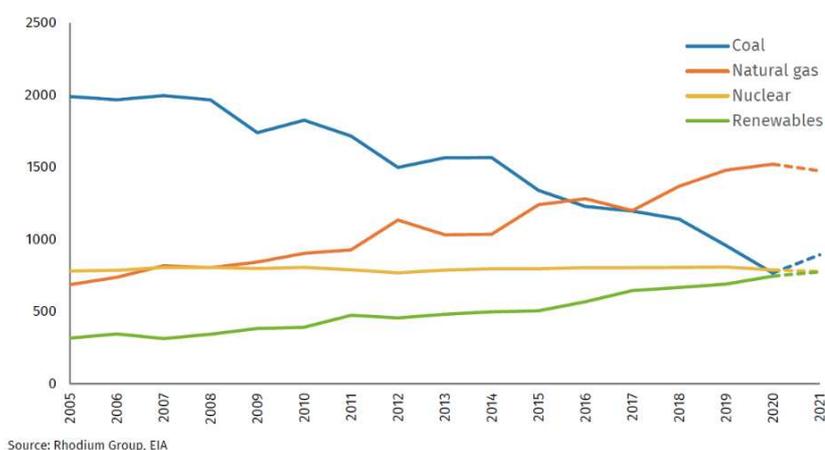


Figura 24: Produzione di energia negli Stati Uniti per fonte di energia, Miliardi di kWh, 2005-2021. Fonte: Rhodium Group.

Anche l'agenzia statistica e analitica del dipartimento di energia degli Stati Uniti, la United States Energy Information Administration (EIA), ha di recente pubblicato un report nel dicembre 2022, il quale conferma l'allarmante aumento delle emissioni di gas serra nel paese. In generale le emissioni sono aumentate in ogni settore negli Stati Uniti, sempre rimanendo al di sotto dei livelli del 2019:

- Settore dei trasporti: aumento dell'11%;
- Settore commerciale: aumento del 7% a seguito di un aumento nell'attività commerciale;
- Settore residenziale (famiglie): aumento del 4%;
- Settore industriale: aumento del 4%.

L'aumento delle emissioni di CO₂ è stato attribuito principalmente all'incremento nell'utilizzo di combustibili fossili nel settore energetico e, in particolare, ha contribuito il settore dei trasporti, il quale ha visto un aumento nel consumo di prodotti petroliferi, che ha rappresentato oltre la metà dell'aumento delle emissioni di anidride carbonica negli USA. Più specificamente, le emissioni derivanti dalla benzina utilizzata dai motori statunitensi sono aumentate del 9%, mentre quelle provenienti dal carburante utilizzato per l'aviazione sono aumentate di addirittura il 27%. Questo incremento è spiegato più che altro dall'aumento della domanda di viaggi e trasporti in seguito al periodo pandemico, segnalando una ripresa economica importante.

3.3 La Cina: il paese più inquinante del Pianeta Terra.

Come già anticipato, nel corso del 2021, la Cina ha rilasciato nell'atmosfera una quantità impressionante di anidride carbonica, raggiungendo le 11,47 miliardi di tonnellate e aggiudicandosi il primo posto come maggiore inquinatore mondiale. Tale numero spaventa in ragione del fatto che molti paesi nel 2020, durante la pandemia, hanno registrato dei forti cali nelle emissioni, la Cina invece è stato uno degli unici paesi in cui le emissioni sono aumentate. Attualmente la Cina supera di gran lunga gli Stati Uniti, con una produzione annuale di CO₂ di circa il doppio delle emissioni statunitensi. Sebbene il contributo del paese alle emissioni è iniziato solo nel ventunesimo secolo, ora la Cina ha raggiunto la seconda posizione per aver rilasciato il volume più grande di CO₂ di sempre in termini di emissioni cumulative. Tuttavia, questo numero è ancora inferiore alla metà di quanto hanno prodotto gli Stati Uniti, dove l'industrializzazione ha avuto inizio molto prima.

Uno dei principali fattori che spiega l'elevato livello di emissioni della Cina è la sua dipendenza dal carbone nel suo mix energetico. Sfortunatamente, il carbone rappresenta ancora il 70% della produzione di energia elettrica nel paese, e come è già noto, è il combustibile più inquinante presente sulla Terra.

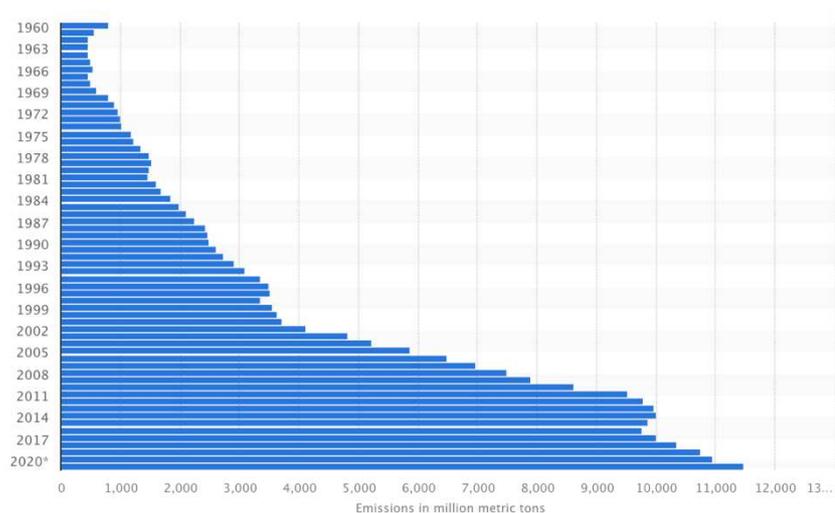


Figura 25: Emissioni di anidride carbonica in Cina, 1960-2021 (milion metric tones). Fonte: Statista.

Come mostra la figura 26, nel 2021 la Cina ha consumato un'enorme quantità di carbone pari a circa 86,2 exajoule, superando il dato dell'anno precedente che era pari a 82,4 exajoule. Questo significativo aumento nei consumi conferma ulteriormente la forte dipendenza nel paese del carbone, infatti nel periodo tra il 1998 e il 2021 l'utilizzo del carbone come fonte di energia è aumentato di quasi 58 exajoule. Queste stime fanno presupporre come la Repubblica Popolare Cinese inquina senza preoccuparsi degli effetti dannosi che sta arrecando al clima. Guardando i numeri del 2021 risulta abbastanza evidente che il paese ha raggiunto il primato come maggiore consumatore di carbone nel mondo detenendo una quota del 54% del consumo globale. Inoltre, l'utilizzo smisurato del carbone nella nazione cinese, ha comportato il rilascio di ben 7,96 miliardi di tonnellate di anidride carbonica. Questa cifra ha rappresentato approssimativamente il 70% delle emissioni totali di CO₂ registrate nel corso del 2021.

Per quanto riguarda invece le emissioni per differenti settori, il settore maggiormente inquinante si configura in quello energetico. Esso contribuisce per più della metà delle emissioni di anidride carbonica nel paese: il settore energetico rappresenta il 51% delle emissioni complessive nel 2021.

Le emissioni del paese derivanti dalla generazione di elettricità sono aumentate di ben cinque volte nel periodo compreso tra il 2000 e il 2021, portandole a superare la soglia dei quattro miliardi di tonnellate di CO₂ emesse annualmente.

Nonostante questi dati pessimistici c'è una luce di speranza: nel 2020 la Cina ha annunciato un ambizioso piano per raggiungere la neutralità carbonica entro il 2060, ciò significa che il paese dovrà compiere passi significativi verso un abbandono dei combustibili fossili.

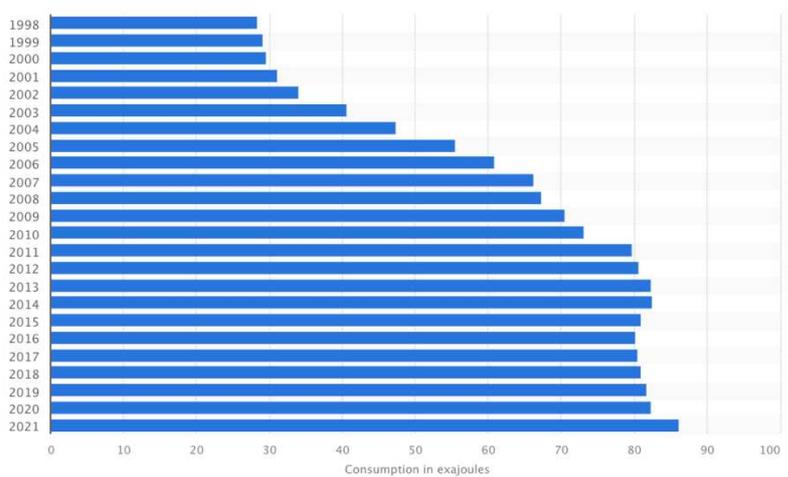


Figura 26: Consumo del carbone in Cina, 1998-2021. Fonte: Statista.

3.4 Investimenti e previsioni.

Nel 2022 l'orizzonte delle energie rinnovabili vede uno spiraglio di luce grazie ad importanti investimenti provenienti in particolare, dalla Cina e dall'Europa.

La Cina, da sola, ha investito oltre 270 miliardi di dollari USA dimostrando il suo impegno per un futuro più sostenibile. Non da meno, l'Europa ha contribuito con un finanziamento di circa 54 miliardi, stanziati più che altro per le tecnologie energetiche rispettose dell'ambiente, inoltre, anche gli Stati Uniti hanno dato un significativo contributo economico su scala globale.

Al contrario di ciò che sembra, gli Stati Uniti possono essere considerati come uno dei maggiori consumatori di energia rinnovabile in tutto il mondo. Sebbene l'energia idroelettrica sia stata la principale fonte di energia rinnovabile fino al 2018, in seguito l'energia eolica ha preso il sopravvento. Nel 2022 la produzione di energia eolica ha raggiunto la cifra di 435 terawattora, segnando un traguardo eccezionale, infatti, le tecnologie eoliche e quelle solari hanno monopolizzato la scena come la maggior parte delle nuove capacità installate.

Con l'introduzione dell'Inflation Reduction Act, la legislazione sul clima più significativa nella storia degli Stati Uniti, è previsto che gli investimenti in fonti rinnovabili aumenteranno esponenzialmente nei prossimi anni, spingendo sempre di più verso un futuro più sostenibile.

Per quanto riguarda l'Europa, la Germania, in particolare, riveste un ruolo di primo piano come principale produttore e consumatore di energie rinnovabili, la nazione infatti è un vero e proprio pilastro dell'eolico. Anche Spagna, Regno Unito e Francia sono tra i principali installatori di capacità eolica totale, dimostrando quanto l'Europa sia focalizzata nel proseguire un futuro sempre più rispettoso dell'ambiente. Inoltre la biomassa è un'altra importante fonte di energia rinnovabile per il continente, ampiamente sfruttata nel settore del riscaldamento e del raffreddamento.

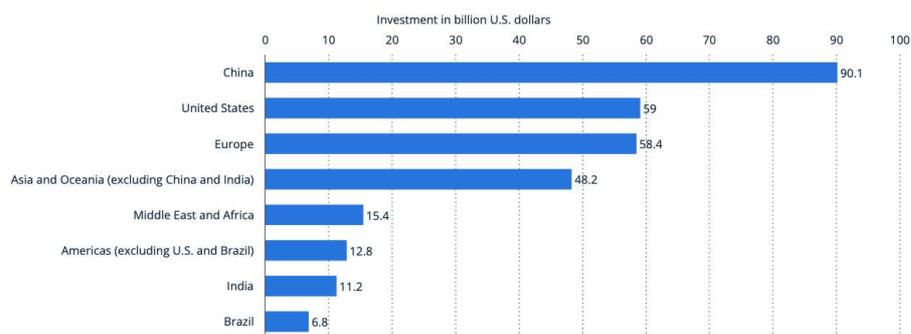


Figura 27: Investimenti in risorse rinnovabili suddivisi per paesi nel 2019. Fonte: Statista.

Entro il 2030, si prevede che gli investimenti nell'area della cattura, utilizzo e stoccaggio del carbonio (CCUS) potrebbero sfiorare la cifra di 90 miliardi di dollari USA, gran parte di questi fondi verrebbero investiti negli Stati Uniti e in Europa. Il CCUS rappresenta una metodologia innovativa per catturare la CO₂ e immagazzinarla in un sito specifico, principalmente formazioni geologiche sotterranee, evitando così che sia rilasciata nell'atmosfera. Sebbene la tecnologia di cattura del carbonio sia stata sviluppata già molti anni fa, il suo impiego è stato limitato a causa dei costi elevati, il che ha comportato un numero relativamente basso di progetti di questo tipo.

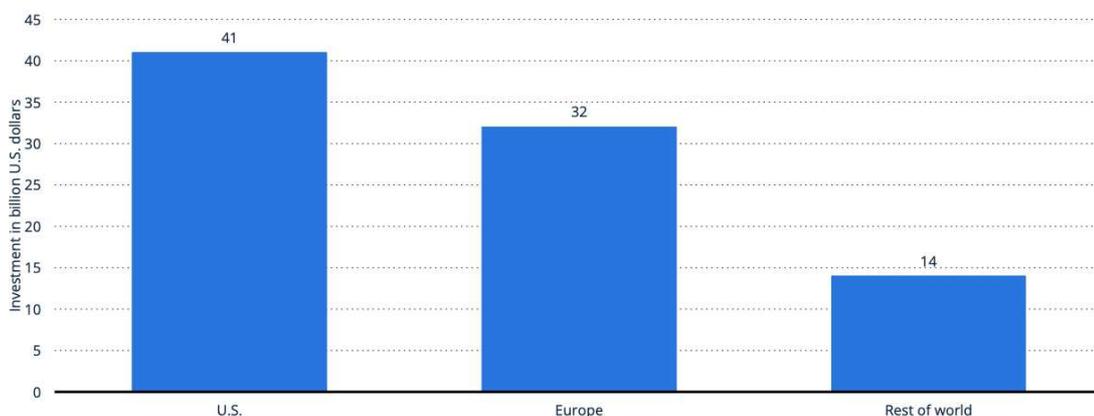


Figura 28: Potenziali investimenti nella cattura del carbonio, 2020-2030. Fonte: Statista.

CONCLUSIONI

Nel presente elaborato, sono state analizzate le principali cause del cambiamento climatico antropogenico.

Il punto di partenza è stata la presa di coscienza dei cambiamenti climatici in atto. Secondo il parere di molteplici organizzazioni scientifiche, il nostro pianeta sta affrontando un cambiamento climatico che ha ormai raggiunto uno stadio avanzato, e le sue conseguenze sono sempre più tangibili ed evidenti. Non possiamo più permetterci di sottovalutarlo o ignorarlo: i segnali allarmanti come l'aumento della temperatura globale, l'innalzamento del livello del mare, lo scioglimento dei ghiacci polari e l'aumento degli eventi meteorologici estremi, avvertono l'urgenza di agire il più velocemente possibile. Per poter affrontare questa sfida abbastanza complessa è di vitale importanza comprendere le cause profonde di questi mutamenti.

Questa ricerca ha indagato le cause dei cambiamenti climatici con particolare attenzione alle emissioni di gas a effetto serra in Europa, sottolineando il contributo attivo del continente nella diminuzione di tali emissioni. Tramite misure statistiche accurate e approfondite analisi settoriali, si è compreso come le politiche ambientali e le tecnologie sostenibili abbiano permesso all'Europa di progredire significativamente nel ridurre l'impatto delle proprie attività sul clima.

Ciò nonostante è importante riconoscere che il cambiamento climatico è un problema che si presenta a livello globale, che richiede l'azione coordinata e sinergica di tutte le nazioni. La seconda fase di questa tesi ha esaminato le emissioni provenienti dagli Stati Uniti e dalla Cina, le due più grandi potenze mondiali, le quali sono altresì i paesi più inquinanti del nostro pianeta. Nonostante entrambi i paesi abbiano apportato notevoli investimenti in fonti rinnovabili, e nonostante gli Stati Uniti siano uno dei maggiori utilizzatori di esse, gli sforzi restano comunque insufficienti a ridurre le emissioni. Il persistente aumento delle emissioni di anidride carbonica da parte di queste due potenze minaccia i progressi realizzati in altri paesi, rendendoli pressoché inutili.

Per trovare una soluzione efficace e mitigare la crisi climatica è essenziale una cooperazione globale che comprenda il coinvolgimento degli USA e della Cina. Gli impegni internazionali, come ad esempio gli accordi globali sul clima sono un passo nella giusta direzione, ma occorre un impegno ancora più significativo e concreto per affrontare questa emergenza globale.

Tuttavia la cooperazione tra paesi non sarà sufficiente se gli individui e le imprese continueranno ad agire spinti esclusivamente dal profitto a breve termine, ignorando dall'altra parte, le conseguenze a lungo termine delle loro azioni. Questo auto-sabotaggio è una mentalità

che necessita di un radicale cambiamento, poiché è la stessa che ha contribuito più di qualsiasi altra cosa all'attuale crisi ambientale. Le industrie hanno sfruttato le risorse naturali senza considerare gli impatti negativi sull'ambiente, mentre i singoli, hanno spesso adottato uno stile di vita basato sullo spreco.

L'umanità deve quindi adottare una prospettiva di benessere comune, cambiare i comportamenti di consumo, ridurre le emissioni di gas a effetto serra sia a livello individuale che collettivo.

La chiave è la collaborazione, solo così possiamo sperare di preservare il nostro pianeta e la nostra stessa vita.

BIBLIOGRAFIA

- LIGUORI, ARNALDO. «Il riscaldamento globale spiegato con tre grafici - Cronaca - ilgiorno.it». *Il Giorno*, 3 novembre 2021, <https://www.ilgiorno.it/cronaca/riscaldamento-globale-clima-grafico-1.6992416>.
- Marco, Talluri. «Oltre 400 eventi naturali “estremi” avvenuti nel 2021 nel Mondo». *Ambiente e non solo...*, 7 luglio 2022, <https://ambientenonsolo.com/oltre-400-eventi-naturali-estremi-avvenuti-nel-2021-nel-mondo/>.
- Parigi, Leonardo. «Scioglimento dei Ghiacciai 2023: Dati, Cause e Conseguenze». *Osservatorio Artico*, 15 marzo 2020, <https://www.osservatorioartico.it/scioglimento-dei-ghiacciai/>.
- Rohde, Robert. «March 2023 Temperature Update». *Berkeley Earth*, 12 aprile 2023, <https://berkeleyearth.org/march-2023-temperature-update/>.
- Vineis, Paolo, et al. «Ghiacci e oceani: ecco cosa dice il rapporto IPCC». *Scienza in rete*, 1 ottobre 2019, <https://www.scienzainrete.it/articolo/ghiacci-e-oceani-ecco-cosa-dice-rapporto-ipcc/paolo-vineis-roberto-cingolani-luca-carra>.

SITOGRAFIA

- «Annual CO2 Emissions Worldwide 1940-2022». *Statista*, <https://www.statista.com/statistics/276629/global-co2-emissions/>.
- «Carbon Capture Investment Outlook». *Statista*, <https://www.statista.com/statistics/1170559/potential-carbon-capture-utilization-and-storage-investment-outlook/>.
- «Che cos'è un evento estremo?» *EURAC Research*, <https://www.eurac.edu/it/magazine/che-cos-e-un-evento-estremo>.
- «China: CO₂ Emissions 1960-2021». *Statista*, <https://www.statista.com/statistics/239093/co2-emissions-in-china/>.

«China: Coal Consumption 2022». *Statista*, <https://www.statista.com/statistics/265491/chinese-coal-consumption-in-oil-equivalent/>.

Climate Change - Driving Forces. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Climate_change_-_driving_forces.

«Cop27, le emissioni di CO2 paese per paese». *www.ilsole24ore.com*, <https://lab24.ilsole24ore.com/cop27-dati-CO2-mondo/>.

«Economic Loss from Weather Catastrophes Worldwide 2021». *Statista*, <https://www.statista.com/statistics/818411/weather-catastrophes-causing-economic-losses-globally/>.

«Effetto serra: definizione e conseguenze sull'ambiente». *Climate Consulting*, 9 maggio 2022, <https://climate.selectra.com/it/che-cose/effetto-di-serra>.

Emissioni di CO2 delle auto: i numeri e i dati. Infografica | Attualità | Parlamento europeo. 25 marzo 2019, <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20190313STO31218/emissioni-di-co2-delle-auto-i-numeri-e-i-dati-infografica>.

Emissioni di gas serra per paese e settore: Infografica | Attualità | Parlamento europeo. 15 marzo 2018, <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20180301STO98928/emissioni-di-gas-serra-per-paese-e-settore-infografica>.

Emissions and Energy Use in Large Combustion Plants in Europe. <https://www.eea.europa.eu/ims/emissions-and-energy-use-in>.

«Global CO₂ Emissions by Country 2021». *Statista*, <https://www.statista.com/statistics/270499/co2-emissions-in-selected-countries/>.

«Global Energy-Related CO₂ Emissions by Region 2022». *Statista*, <https://www.statista.com/statistics/205966/world-carbon-dioxide-emissions-by-region/>.

- «Global Land and Ocean Temperature Anomalies 2022». *Statista*,
<https://www.statista.com/statistics/224893/land-and-ocean-temperature-anomalies-based-on-temperature-departure/>.
- «Global Largest CO₂ Emitters 2021». *Statista*, <https://www.statista.com/statistics/271748/the-largest-emitters-of-co2-in-the-world/>.
- «Global Renewable Energy Investments by Region 2022». *Statista*,
<https://www.statista.com/statistics/186923/new-investments-worldwide-in-sustainable-energy-by-region/>.
- «IL CAMBIAMENTO CLIMATICO: CAUSE, CONSEGUENZE E SCENARI». *Sorgenia*, 27 luglio 2022, <https://www.sorgenia.it/guida-energia/cambiamento-climatico-cose-cause-conseguenze>.
- Info data. «Blog | Quanta anidride carbonica emettono le famiglie italiane?» *Info Data*, 24 dicembre 2022, <https://www.infodata.ilsole24ore.com/2022/12/24/quanta-anidride-carbonica-emettono-le-famiglie-italiane/>.
- «Minimum Arctic Sea Ice Extent 2022». *Statista*,
<https://www.statista.com/statistics/242340/average-arctic-sea-ice-extent/>.
- «Preliminary US Greenhouse Gas Emissions Estimates for 2021». *Rhodium Group*,
<https://rhg.com/research/preliminary-us-emissions-2021/>.
- PSR, Pianeta. «Gas serra, ISPRA: emissioni diminuite del 19% in 30 anni». *www.pianetapsr.it*,
<http://www.pianetapsr.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2555>.
- U.S. Energy Information Administration - EIA - Independent Statistics and Analysis*.
<https://www.eia.gov/environment/emissions/carbon/>.