

Le emissioni di CO₂, come i motori influiscono sull'ambiente



Tesi a cura di Gaia Cupini,
classe IV I
a.s 2019/2020

Di cosa ci occuperemo?

La storia dell'automobile come mezzo di trasporto affermato e funzionante inizia nel XIX secolo. Essa si basa tuttavia su modelli concepiti in precedenza; per questo la data dell'invenzione dell'auto non può essere stabilita con assoluta ed obiettiva esattezza. Infatti in merito al campo automobilistico, nel corso dei secoli sono state apportate numerose migliorie, in modo tale da garantire un funzionamento ottimale del veicolo. Tuttavia solo nel XX secolo, si affermò con un notevole vigore l'automobile a benzina, che diventò ben presto uno dei veicoli più utilizzati. Nonostante gli studi attuati per garantire un funzionamento ottimale del veicolo, i gas emessi da esso hanno modificato notevolmente tutti gli ecosistemi che compongono il pianeta terra.

Lo scopo è quello di aprire la mente dei consumatori, attraverso l'informazione. Far comprendere loro che il mondo è nelle nostre mani e che basta poco per renderlo un posto migliore, come ad esempio utilizzare di più la bicicletta o i mezzi pubblici. Pertanto, partendo da questa tematica, che è una tra le più dibattute da ogni continente, verranno analizzati i seguenti punti:

- Per cominciare verrà introdotto il problema, analizzando e mettendo a confronto i dati emersi.

Sitografia: www.starbene.it , www.legambiente.it , www.repubblica.it , www.digilander.libero.it

- Ci si focalizzerà maggiormente sui **motori**, spiegandone **il funzionamento**, in modo tale da comprendere meglio le cause del problema. Il tutto sarà strettamente collegato con i principi della termodinamica e alcune nozioni di chimica inorganica. Inoltre verranno spiegati alcuni **strumenti** costruiti per fronteggiare il problema.

Sitografia, bibliografia e altre fonti: www.fulgargas.it , www.quattroruote.it , www.automobile.it , Power Point “i principi della termodinamica” a cura di Gaia Cupini, libro di testo “Le traiettorie della fisica” a cura di Ugo Amaldi.

- In seguito verranno analizzati gli **effetti** che hanno i gas di scarico **sull'ambiente**, analizzando ogni modello di motore precedentemente descritto (benzina, diesel, ibrido ed elettrico), facendo anche una supposizione in merito all'uso delle macchine elettriche. Il tutto sarà nuovamente strettamente collegato con i principi della termodinamica e alcune nozioni di chimica inorganica.

Sitografia: www.tenkoring.it , www.reteclima.it

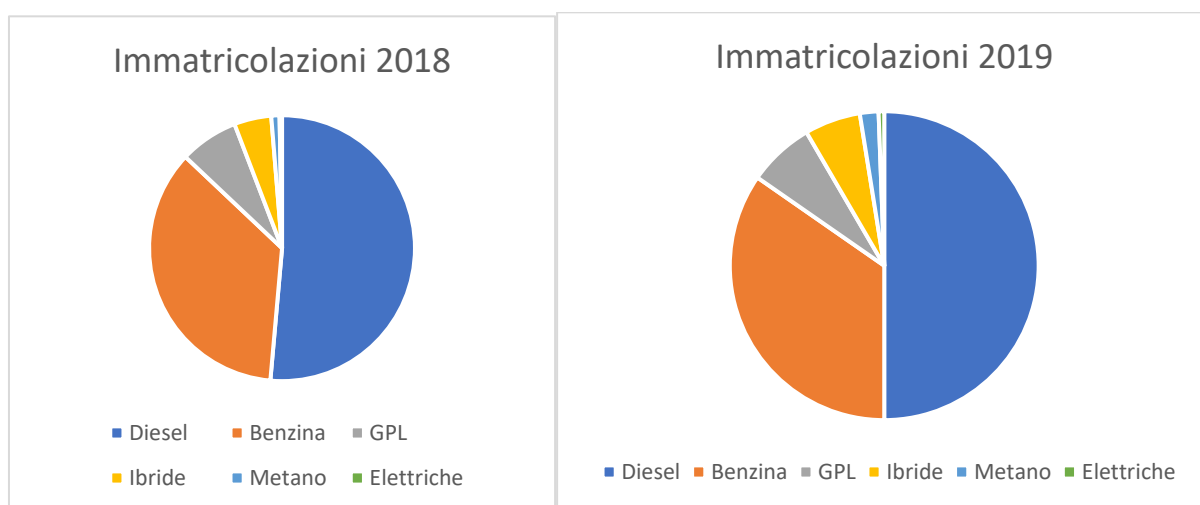
- In seguito verrà presentato **“Il problema delle emissioni”** in maniera più dettagliata, analizzando dati e mettendoli a confronto. Per concludere verranno messe a confronto la situazione spiegata precedentemente e **l'inquinamento ai tempi del covid-19**.

Sitografia: www.starbene.it , www.legambiente.it , www.repubblica.it , www.digilander.libero.it , www.leganerd.it , www.gqitalia.it , www.geopolitica.info , www.vita.it , www.arpalombardia.it , www.ansa.it

Il 2018 e il 2019 sono stati anni neri per la qualità dell'aria. Oltre 26 centri urbani sono considerati "fuorilegge", per quanto riguarda sia l'ozono (O₃, forma allotropica dell'ossigeno) sia le polveri sottili (indicate con il simbolo PM).

I motivi principali, come ben si sa, sono: il traffico, il riscaldamento domestico, le industrie.

Per quanto riguarda il traffico, l'auto privata resta sempre il mezzo più utilizzato. Nel 2019 gli italiani hanno consumato meno gasolio e hanno bruciato più benzina. Si interrompe così dopo decenni quel percorso di crescita continua del diesel e quella curva di calo continuo della benzina. Si può notare che essa è cresciuta di **4mila tonnellate**, mentre il gasolio è calato di oltre 20mila tonnellate. Tuttavia il fenomeno di fuga dal diesel si sta facendo vedere soprattutto negli ultimi mesi, quando l'allarme smog tipico di ogni inverno indica come untore il motore a gasolio. Infatti nel solo **mese di dicembre** la benzina ha mostrato una crescita dell'1% (6mila tonnellate in più) rispetto al dicembre 2018, e al contrario in dicembre il gasolio per motori ha perso lo -0,6% (cioè 11mila tonnellate in meno, mentre il gasolio venduto sulla rete dei distributori stradali scende addirittura del 3,5%). Pertanto, nell'intero anno 2019, le immatricolazioni di autovetture nuove hanno evidenziato una crescita dello 0,3%. Quelle diesel hanno rappresentato appena il 39,8% del totale, notevolmente minori rispetto al 2018 poiché rappresentavano il **51,2%** del totale. Quelle a benzina, che rappresentavano appena il **35,5%** alla fine del 2018, balzano al 44,5%. Invece per quanto riguarda le cosiddette "auto ecologiche", nel 2019 la percentuale di vendita delle auto a **Gpl** è stato del 7,1% (6,2% nel 2018), delle **ibride** del 6% (4,5% nel 2018), a **metano** del 2% (1,1% nel 2018) e delle **elettriche** dello 0,6% (0,3% nel 2018).



Il funzionamento dei motori

Per quanto riguarda il funzionamento dei motori, è un meccanismo complesso ed è composto da tanti elementi, ognuno dei quali svolge una funzione ben precisa ed è necessario per il buon funzionamento del sistema. I motori sono macchine motrici termiche in cui il calore viene prodotto all'interno della stessa macchina bruciando un combustibile gassoso o liquido. L'energia contenuta nei prodotti di combustione viene ceduta direttamente agli organi della macchina che la trasformano in lavoro meccanico. La trasformazione di calore in lavoro è dimostrata dal primo principio della termodinamica o dalla legge della conservazione dell'energia: nonostante il calore e il lavoro non siano delle

funzioni di stato (cioè non dipendono unicamente dallo stato finale e dallo stato iniziale), la loro differenza è la variazione di una funzione di stato chiamata energia interna. L'energia di un sistema termodinamico isolato, quindi, non si crea e non si distrugge ma si trasforma. In base al tipo di meccanismo che utilizza la macchina per raccogliere il lavoro compiuto dal fluido motore, ossia il gas di combustione, i motori a combustione interna si distinguono in:

- alternativi: motori a scoppio e diesel;
- rotativi: turbina a gas, turboeliche, turboreattori;
- statici: motori a razzo.

I motori a motori a combustione interna alternativi sono a loro volta classificati in:

- **Motori a scoppio:** sono quelli in cui il combustibile liquido nebulizzato viene mescolato con l'aria formando una miscela gassosa che viene introdotta nel cilindro operatore. Quando la miscela è compressa, una scintilla generata dalla candela ne provoca la combustione. Per tale motivo questi motori si chiamano anche ad accensione comandata.
- **Motori a iniezione o diesel:** sono quelli in cui il combustibile viene introdotto all'interno del cilindro, che già contiene aria compressa e ad elevata temperatura. Il combustibile a contatto con l'aria calda si incendia spontaneamente. Da qui si ha il nome di *motori ad accensione spontanea*.

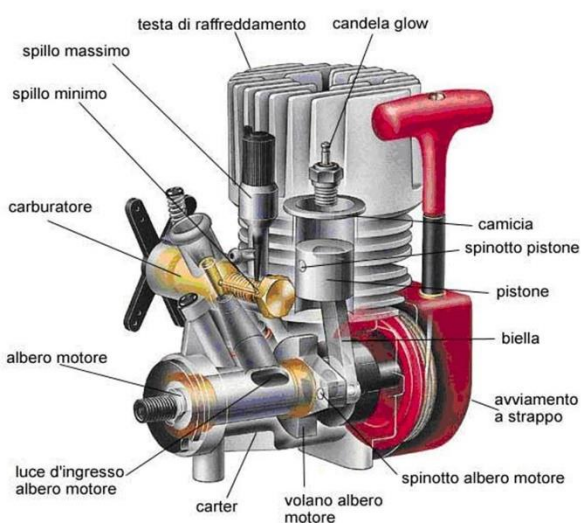
I motori alternativi a combustione interna sono caratterizzati dalla presenza di una camera a volume variabile, realizzata tramite il moto alterno di uno stantuffo all'interno di un cilindro. Esso è collegato tramite una biella (elemento che collega altri due elementi di un meccanismo) all'albero motore e si muove di moto alterno tra due posizioni estreme. Tali posizioni sono dette rispettivamente **punto morto superiore (PMS)** e **punto morto inferiore (PMI)**, in corrispondenza delle quali il volume della camera cambia. Il cilindro è messo in comunicazione con l'ambiente esterno da apposite valvole o luci di aspirazione e scarico e consentono il ricambio del fluido motore: è necessario immettere all'interno della camera di combustione la carica fresca (formata dal combustibile e dall'aria) ed evacuare al termine del ciclo i gas scaricandoli nell'ambiente. Il ciclo di un motore è frutto dell'adattamento del ciclo di Carnot (formato da 4 fasi: espansione isoterma, espansione adiabatica, compressione isoterma e compressione adiabatica) ad esso.

In base alla durata del ciclo descritto si possono distinguere i motori in:

- **Motori a 2 tempi**, in cui è necessario un solo giro dell'albero motore per descrivere un intero ciclo;
- **Motori a 4 tempi**, in cui sono necessari due giri dell'albero motore per descrivere un intero ciclo.

Il ciclo più comune è quello a quattro tempi. Esso è costituito, come il nome suggerisce, da 4 fasi:

- **Aspirazione:** Durante questa corsa viene immessa all'interno del cilindro la carica fresca: lo stantuffo, spostandosi dal PMS al PMI, il fluido fresco dall'esterno attraverso la valvola di aspirazione. Se il motore è ad a scoppio, durante la corsa di aspirazione si immette all'interno del cilindro una miscela di aria e combustibile (generalmente benzina). Invece se il motore è a diesel, viene immessa soltanto aria.
- **Compressione:** Durante la compressione entrambe le valvole sono chiuse e lo stantuffo, spinto dall'albero motore, si sposta dal PMI al PMS, comprimendo il gas contenuto all'interno del cilindro. Poco prima che lo stantuffo raggiunga il PMS, viene avviata la combustione: se il motore è a scoppio, ciò avviene facendo scoccare all'interno della miscela compressa, una scintilla tramite la candela; se invece il motore è a diesel, il combustibile viene iniettato all'interno del cilindro per mezzo di un iniettore e, a contatto con l'aria compressa, si auto-accende.
- **Espansione:** i gas ad alta pressione ed alta temperatura prodotti dalle reazioni di combustione si espandono sospingendo lo stantuffo verso il PMI e provocando la rotazione dell'albero motore. Durante la corsa di espansione lo stantuffo riceve dai gas combusti un lavoro superiore al lavoro che ha dovuto compiere sui gas stessi prima della combustione.
- **Scarico:** l'albero della distribuzione provvede ad aprire la valvola di scarico: inizialmente, essendo la pressione all'interno del cilindro ancora superiore a quella dell'ambiente esterno, i gas combusti abbandonano spontaneamente il cilindro, detto scarico spontaneo; successivamente lo stantuffo, si porta al PMS espellendo i gas ancora rimasti all'interno. Quest'ultima fase è detta fase di espulsione.



Motore a combustione interna →

← *Motore ibrido*

Tuttavia il funzionamento del motore a combustione interna risulta essere poco sostenibile in tempi in cui la lotta contro l'inquinamento è uno dei problemi principali da affrontare.

Pertanto le cosiddette “auto ecologiche” stanno avendo un lento sviluppo. Un esempio di auto ecologica è quella che dispone di un impianto a GPL o di un motore ibrido. Per quanto riguarda il primo tipo, è un impianto **a iniezione**: è dotato di elettrovalvole che immettono il Gpl nel collettore di aspirazione, situato sopra la valvola. Prima degli iniettori c'è il **riduttore o evaporatore**, che ha il compito di portare il Gpl dallo stato liquido a quello gassoso a bassa pressione. Siccome tale processo, per compiersi ha bisogno dell'ausilio del calore poiché esso è fondamentale affinché avvenga un cambiamento di stato, il riduttore è collegato all'impianto di raffreddamento del motore. Il motore a GPL è noto per la possibilità di usare sia il GPL sia la benzina. Per effettuare il passaggio da un combustibile all'altro, nell'autovettura viene montato un **commutatore** che permette di visualizzare il livello del Gpl presente nel serbatoio. Il commutatore permette di passare da un carburatore all'altro semplicemente premendo un piccolo tasto e, una volta esauritosi la quantità di Gpl disponibile nel serbatoio, avvia automaticamente il funzionamento a benzina.

Per quanto riguarda invece il motore ibrido, esso può essere di tre tipi:

- **Ibrida full**
- **Ibrida plug-in**
- **Ibrida mild**

Nel caso del **motore ibrido full**, il veicolo è in grado di procedere con la sola spinta del motore elettrico. Tuttavia l'autonomia e le prestazioni di tale modello sono limitate dalla potenza della batteria.

Le **auto ibride plug-in** hanno uno schema identico a quelle full hybrid con una batteria tuttavia più potente (tra 1 e 8 kWh), che permette loro di percorrere fino a 50/60 km. Le plug-in si ricaricano con una normale presa elettrica oppure a una colonnina pubblica in circa 3/4 ore. Quando la batteria è scarica, procedono normalmente con il motore termico.

La terza e ultima tipologia è quella dell'**ibrido mild o minimo**, che usa il motore elettrico solo in alcune fasi, come la messa in moto e la marcia a velocità molto bassa. Non si può parlare quindi di emissioni zero, ma permette di entrare gratis nelle Ztl.

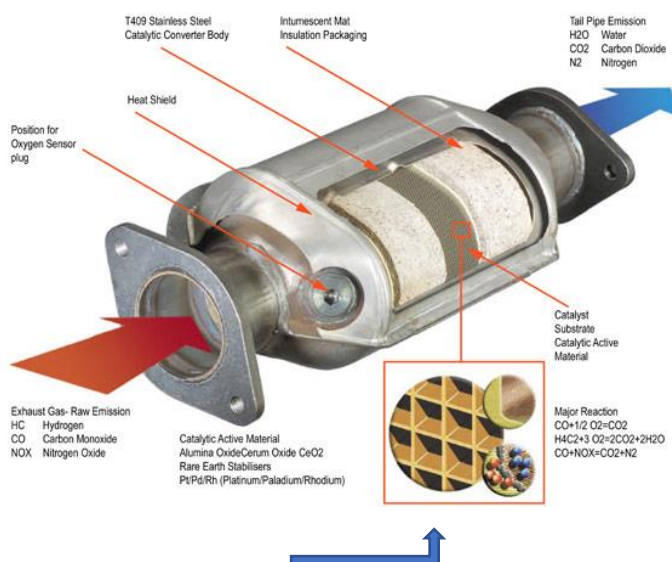
Dal momento che i motori sono macchine termiche e, secondo l'enunciato di Lord Kelvin del secondo principio della termodinamica, non è possibile trasformare integralmente in lavoro una determinata quantità di calore, i motori emettono i cosiddetti “gas di scarico”. Si tratta di principalmente di azoto (N), acqua (H₂O) e anidride carbonica (CO₂). Ma c'è una piccola percentuale, che oscilla tra l'1 e l'1,5%, composta da sostanze nocive per l'ambiente e, quindi, per l'uomo. Si tratta di monossido di Carbonio (CO), idrocarburi non combustibili (HC), Ossidi di azoto (NO_x), Ossidi di Zolfo (SO_x) e di Particolato carbonioso (PM_x). Poiché tali sostanze sono tossiche per l'uomo e per l'ambiente, possono causare numerosi danni fisici all'uomo, ad esempio: il composto chimico CO (monossido di carbonio) è un gas incolore, inodore e insapore. È molto tossico poiché, se entra a contatto con l'emoglobina, impedisce l'arrivo dell'ossigeno nei tessuti; per quanto riguarda invece gli idrocarburi non combustibili, tra i più tossici si trova il benzene in quanto può provocare delle malattie ematologiche gravi; gli ossidi di azoto e zolfo e anche il particolato possono provocare numerosi problemi respiratori. La quantità di gas di scarico che un'automobile emette, dipende dal valore che ha motore dell'automobile. Il rendimento è una grandezza fisica, data dal rapporto tra il lavoro (W) e il calore assorbito (Q₂). Tale grandezza permette di specificare la qualità della macchina termica e in particolare l'efficienza con la quale essa è capace di convertire il calore in lavoro. Il motore a benzina e il motore a diesel hanno un rendimento compreso tra 0,2 e

0,3. Ciò significa che la maggior parte del calore assorbito viene rilasciato nell'ambiente, provocando una serie di conseguenze.

Gli strumenti per fronteggiare il problema

Tuttavia, per fronteggiare questo problema, sono stati messi in commercio nuovi strumenti: la marmitta catalitica e il filtro antiparticolato.

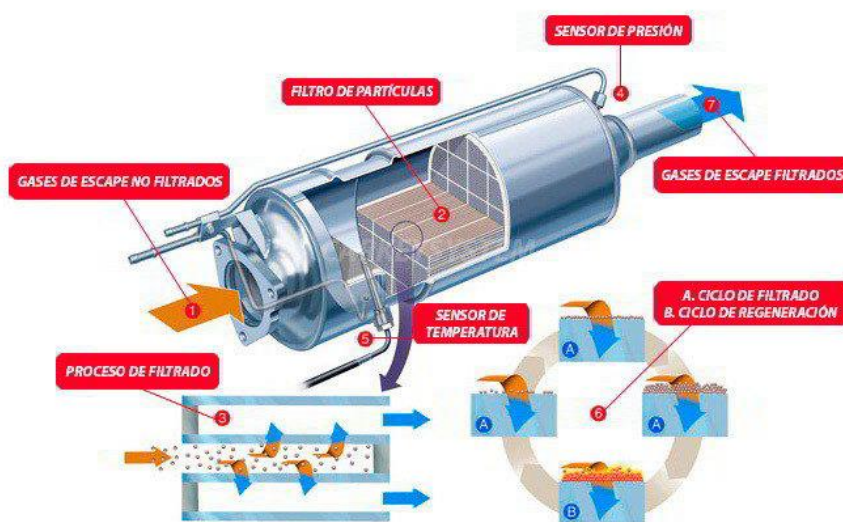
La marmitta catalitica è un convertitore catalitico inserito nell'impianto di scarico, ovvero un dispositivo in grado di avviare o di favorire una reazione chimica al suo interno. Questo convertitore ha un corpo di ceramica o di metallo con struttura a nido d'ape, con centinaia di minuscoli canali. Le loro pareti sono rivestite da una sottile pellicola che ha come componenti principali metalli catalizzatori, quali il platino, il palladio e il rodio. Tali elementi sono detti "catalizzatori" (un **catalizzatore** è una specie chimica che interviene durante lo svolgimento di una reazione chimica che, modificando il complesso attivato della reazione, permette un abbassamento dell'energia di attivazione, che è l'energia necessaria per innescare una reazione chimica). La reazione chimica che avviene all'interno della marmitta, è una reazione di ossidoriduzione (una reazione in cui un elemento subisce una reazione di ossidazione, aumentando il numero di ossidazione, e un altro elemento subisce una reazione di riduzione, diminuendo il numero di ossidazione). Nella marmitta catalitica hanno luogo due reazioni chimiche contemporanee: la reazione di riduzione, che è favorita dal rodio, "strappa" gli atomi di ossigeno (O) agli NOx, che così diventano innocuo azoto (N₂), i quali sono poi ceduti tramite la reazione di ossidazione, alla quale partecipano platino e palladio, al CO e agli HC per trasformarli in H₂O e CO₂. La sua diffusione sul mercato automobilistico europeo si è fatta massiccia nella prima metà degli anni 90. Fa in modo che quando i gas che escono dalla camera di scoppio confluiscono nel convertitore e attraversano le sue fessure, i metalli che ricoprono le pareti danno il via a reazioni che li trasformano. La marmitta catalitica può essere di due tipi: ossidante o trivalente. La prima tipologia è impiegata sui motori diesel e trasforma il monossido di carbonio in anidride carbonica e ossida gli idrocarburi incombusti; la seconda è la più evoluta ed efficace, dato che abbatte anche gli ossidi di azoto ed è sviluppata per i motori a benzina, a Gpl o a metano. Per trattare gli NOx sulle diesel più recenti servono poi ulteriori catalizzatori specifici. Tuttavia, perché il convertitore possa svolgere a dovere il suo compito, è necessario che lavori a una temperatura elevata ed è quindi poco efficiente a freddo, quando il motore è stato appena avviato. Ha il compito di trasformare chimicamente le sostanze nocive alla salute e all'ambiente presenti nei gas di scarico in elementi o composti innocui.



La marmitta catalitica

Il filtro antiparticolato (FAP) è un componente delle automobili a motori Diesel per abbattere le emissioni inquinanti da polveri sottili ed è presente in tutti i veicoli Euro 4 (standard sulle emissioni applicato ai veicoli) e successive. La sua funzione è quella di ridurre le emissioni di particolato, ovvero di tutti quei residui microscopici derivati dalla combustione del gasolio comunemente noti come PM10 (sostanze volatili altamente inquinanti, composte da particelle di dimensioni pari o inferiori a 10 micrometri).

Come avrete già intuito, il **FAP auto** non è altro che un filtro metallico installato nei pressi dei collettori di scarico in tutti i moderni motori diesel. All'interno del dispositivo è presente un elemento filtrante in carburo di silicio dotato di canali, che hanno il compito di trattenere il particolato. Per portare a termine a tale compito, la maggior parte degli anti-particolato utilizza una sostanza a base di cerina (sostanza che favorisce l'aggregazione del PM10). La quantità di cerina necessaria per questo processo viene prelevata da un serbatoio esterno di 5 litri, che di norma garantisce un'autonomia media di circa 70.000/80.000 Km.



Il filtro antiparticolato 

Ma che effetto hanno i veicoli sull'ambiente?

Tuttavia la marmitta catalitica e il filtro antiparticolato non bastano per fronteggiare i problemi ambientali. Pertanto stanno entrando in vigore i motori ibridi ed elettrici. Essi hanno un rendimento compreso tra 0,5 e 0,9, quasi il doppio del rendimento dei motori a diesel e a benzina. I motori elettrici sono a emissioni "zero" nella zona di funzionamento, poiché non utilizzano combustibili. Trasformano l'energia elettrica che possiedono in lavoro. Per valutare però l'impatto complessivo sull'ambiente, è necessario verificare con quali sistemi è prodotta l'energia elettrica per la loro ricarica: se immaginiamo che una grande città utilizzi esclusivamente veicoli elettrici, l'impatto ambientale locale sarà praticamente zero ma, se l'energia elettrica fosse prodotta con centrali a carbone, l'impatto complessivo sarebbe molto pesante. Si può supporre anche che in media una macchina elettrica possa percorrere 300 km a settimana con una sola carica. Per farlo, utilizza circa 34 kW di energia. Dopo aver fatto queste supposizioni, per calcolare il fabbisogno energetico di una città che utilizza solo macchine elettriche, è necessario per prima cosa dividere i 34 kW per 7 (ossia i

giorni della settimana), così da ottenere in media il consumo energetico giornaliero di una macchina elettrica. In seguito il risultato ottenuto dalla divisione (circa 5 kW) va moltiplicato per 365 (numero dei giorni in un anno), in modo tale da ottenere il consumo energetico annuo di una macchina elettrica, che percorre in media 300 km a settimana. Per ottenere quanti kW consuma una città di circa 600.000 abitanti (come la città di Palermo), è necessario moltiplicare 1825 kW (risultato ottenuto dal prodotto svolto precedentemente) per il numero degli abitanti della città. Pertanto il consumo e il fabbisogno energetico annuo di una città di 600.000 abitanti, è di $1,095 \times 10^9$ kW. In questo caso dato che la macchina elettrica in media percorre 300 km a settimana, il suo consumo e il suo fabbisogno di energia coincidono.

Ricapitolando:

1. Una macchina elettrica utilizza circa **34 kW** di energia, per percorrere 300 km;
2. Consumo energetico giornaliero: $34 \div 7 = \sim 5$ kW
3. Consumo energetico annuo: $5 \times 365 = \sim 1825$ kW
4. Supponendo che la città abbia 600.000 abitanti: $1825 \times 600.000 = 1,095 \times 10^9$ kW è il consumo energetico annuo della città, che coincide con il fabbisogno poiché per percorrere 300 km servono 34 kW.

L'approvvigionamento di energia per le macchine elettriche avviene per mezzo delle cosiddette "stazioni di ricarica". Lì sono presenti delle colonnine dove è possibile ricaricare il proprio veicolo. I tempi in cui il veicolo raggiunge il massimo della carica, variano in base all'energia che dispone la stazione di ricarica e dall'energia massima accettata dal veicolo. L'energia con cui vengono ricaricati i veicoli elettrici, viene ricavata dalle fonti di energia rinnovabile: **l'irraggiamento solare** (per produrre energia chimica, energia termica ed energia elettrica); **il vento** (fonte di energia meccanica ed energia elettrica); **le biomasse** (combustione, in appositi impianti per generazione termica e cogenerazione di calore ed elettricità); **le maree e le correnti marine** in genere; **le precipitazioni** utilizzabili tramite il dislivello di acque (fonte idroelettrica). Tuttavia nel corso del 2019 a Stoccolma si sono resi conto che il sistema di ricarica elettrica delle macchine, risulta essere insufficiente per la cospicua richiesta di veicoli elettrici. La richiesta è tale che, secondo la Svezia, ci vorranno almeno dieci anni per costruire un sistema di ricarica che soddisfi la richiesta di veicoli elettrici. Pertanto il sistema di approvvigionamento energetico non è in grado di fornire l'energia necessaria, nonostante le fonti di energia rinnovabile.



Macchina elettrica collegata alla colonnina.

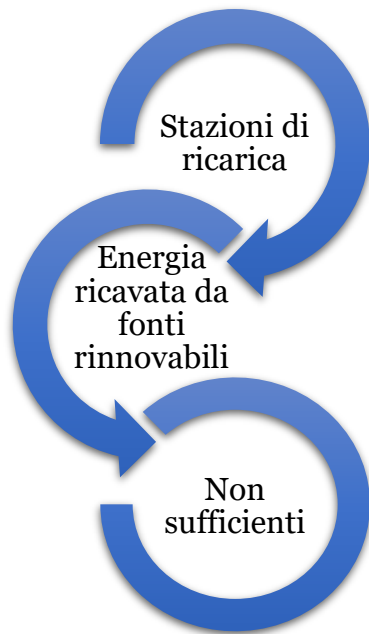
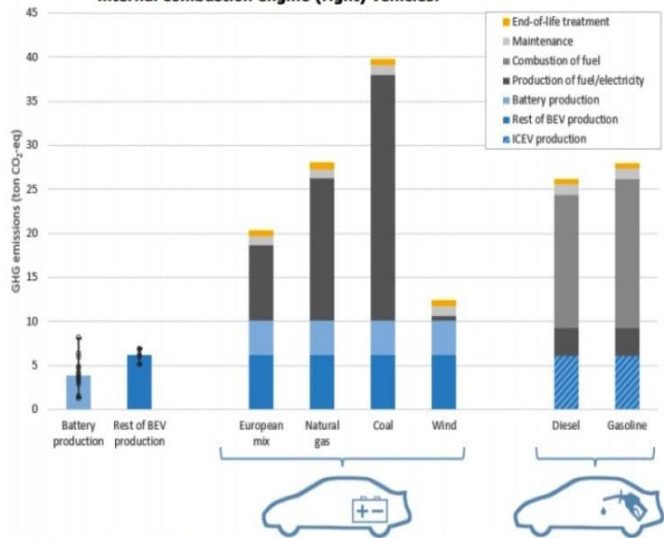


Figure E1: Lifecycle GHG emissions of mid-sized 24 kWh battery electric (left) and internal combustion engine (right) vehicles.



Note: The vehicle's operational lifetime is assumed to be 150 000 km.

Grafico che illustra i consumi dei veicoli diesel, benzina e elettrici.

Per quanto riguarda il motore ibrido, il motore termico non muove le ruote ma produce elettricità. La marcia a bassa velocità, tipica del traffico cittadino, costringe il motore termico di un'auto tradizionale a funzionare a rendimento bassissimo. Invece l'ibrido serie, anche in queste circostanze, genera elettricità con il massimo rendimento e ne utilizza, con il motore elettrico, solo la stretta quantità necessaria. Ciò riduce notevolmente le emissioni di sostanze nocive per l'ambiente. Anche i veicoli a metano e a GPL lottano contro i problemi ambientali. Essi sono caratterizzati da emissioni inferiori rispetto a quelle prodotte da analoghi veicoli Euro 6 di media cilindrata, alimentati con carburanti tradizionali: ossidi di azoto -55% rispetto ai veicoli a benzina e -96% rispetto ai veicoli a diesel; particolato -8% rispetto ai veicoli a benzina e -11% rispetto ai veicoli a diesel; CO₂ -14% rispetto alla benzina.


Il problema delle emissioni...

Nonostante il filtro antiparticolato, la marmitta catalitica e poiché i veicoli ibridi (motore a combustione interna- motore elettrico) e i veicoli elettrici non sono largamente diffusi in commercio, il problema delle emissioni persiste. In particolare persiste il problema delle emissioni di CO₂.

La produzione in eccesso di anidride carbonica comporta dei danni ambientali in quanto mette in pericolo l'esistenza dell'Ozono, uno strato gassoso presente nell'atmosfera che protegge la terra dall'azione nociva dei raggi ultravioletti UV-C provenienti dal sole. Un altro effetto della presenza in eccesso di anidride carbonica è il surriscaldamento climatico: durante il giorno la superficie terrestre accumula il calore irraggiato dal sole. Nelle ore notturne il calore viene disperso nello spazio. L'eccessiva concentrazione di anidride nell'aria forma invece, una sorta di cappa che impedisce l'espulsione del calore assorbito dalla terra nelle ore diurne. Le emissioni di CO₂ in eccesso sono una conseguenza dell'attività industriale tipica dei paesi sviluppati, ma anche dell'uso massiccio di veicoli a benzina. Anche la deforestazione incontrollata è pericolosa per il nostro ecosistema in

quanto gli alberi assorbono anidride carbonica e rilasciano nell'atmosfera ossigeno. Per quanto riguarda i motori, percorrere 10 km con un'auto a benzina (13 km con 1 litro) equivale ad emettere 2 kg di anidride carbonica. Pertanto nel momento in cui una macchina immette nel motore circa 15 litri di benzina, che equivalgono a circa 20 euro di benzina e con i quali si posso percorrere circa 195 km, la macchina emetterà circa 30 kg di anidride carbonica nell'atmosfera. Come ben si sa, le emissioni di CO₂ sono le principali cause di numerosi disastri ambientali. Dall'Africa meridionale al Nord America, dall'Australia all'Asia, fino all'Europa, inondazioni, tempeste e incendi hanno causato caos e distruzione. Il riscaldamento globale, causato appunto dalle emissioni di CO₂, è responsabile di numerose e caotiche catastrofi ambientali. Basti pensare allo scioglimento dei ghiacciai (grandi capacitori che regolano la temperatura del nostro pianeta), a tutti i cicloni che hanno spazzato via intere città e all'estinzione di numerose specie. Tutte le catastrofi ambientali causate dal riscaldamento globale e dai cambiamenti climatici, si sono rivelate catastrofi anche a livello economico. Infatti nei paesi più ricchi, si sono riscontrati i danni più costosi. Basti pensare agli incendi in California, scoppiati verso la fine del 2018, hanno devastato intere aree agricole e causato danni per oltre 25 miliardi di dollari: si tratta del disastro più costoso di tutti a livello economico. Neanche l'Europa è stata risparmiata, con la tempesta "Eberhard" che a marzo ha colpito prima Inghilterra, Belgio e Olanda, per poi spostarsi in Germania, Polonia, Repubblica Ceca e Ungheria.



Incendi in California di fine 2018 

Un altro problema causato dalle emissioni di CO₂ è, appunto, lo scioglimento dei ghiacciai. Il loro scioglimento è causato dalla massiccia industrializzazione del nostro pianeta, dall'uomo e dal suo comportamento. Il problema non è sorto recentemente, infatti nel corso del XX secolo numerosi studiosi si erano resi conto che tale problema avrebbe inflitto gravi conseguenze. Le conseguenze principali sono:

- **Aumento del livello degli oceani.** Il livello dell'acqua sale coprendo buona parte delle aree continentali che, tra alcuni anni, potrebbero venire completamente sommerse.
- **Stravolgimento del clima.** Cambiano gli equilibri delle strutture cicloniche e anticicloniche e le condizioni meteo.
- **Squilibrio della catena alimentare.** Gli habitat di molte specie marine e terrestri cambia e non si mantiene il ciclo naturale.

Infatti, il **Polo Nord** è la zona dove è ancora più semplice osservare l'avvenimento dello scioglimento dei ghiacciai. Nel corso degli ultimi 30 anni, la superficie dei **ghiacciai artici** si è ridotta drasticamente. Inoltre, l'età media della calotta artica è sempre più bassa: solo pochissime porzioni dei ghiacciai superano i **5 anni di età**. La maggior parte del ghiaccio al **Polo Nord** si forma durante la stagione invernale e si scioglie in estate. Si stima infatti che tra qualche anno del Polo rimanga soltanto un enorme lago salato. Ciò influisce (e influirà) notevolmente sulla vita di numerose specie che vivono al polo nord, in particolare agli orsi polari. Essi, a causa dello scioglimento del loro habitat vanno incontro a morte certa oppure conducono uno stile di vita completamente diverso da quello che condurrebbero normalmente. Ad esempio essi vanno incontro a numerosi squilibri alimentari, che ne causano una forte denutrizione. Anche l'**Antartide** è abbondantemente affetta dalle problematiche causate dallo **scioglimento dei ghiacciai**. La superficie della calotta del Polo Sud si è ridotta, tra il 2010 e il 2016, di circa 1500 km². La calotta **perde ogni anno circa 5 metri di spessore** dalla base dello strato di ghiaccio, vicino al fondale. Negli ultimi 50 anni circa, il fenomeno dello scioglimento dei ghiacci si è particolarmente intensificato. Solamente in Italia, durante questo arco di tempo abbiamo infatti perso il **30% dei ghiacciai**. Si stima che **tra circa 30 o 40 anni** i ghiacciai saranno scomparsi. Inoltre nelle ultime settimane l'Antartide ha raggiunto una temperatura tra i 18 e i 20 gradi, il che rappresenta un dato molto preoccupante per la vita dell'area stessa e di tutte le specie che vivono lì.

Non bisogna dimenticare, però, l'inquinamento delle città. Da molti anni le città di tutto il mondo sono colpite da gravi problemi di inquinamento. Nelle metropoli cinesi, alla fine del 2018, la concentrazione di particelle dette "Pm2.5" (una polvere sottile) ha raggiunto una media di 72 microgrammi. Tuttavia l'inquinamento colpisce anche le città italiane, nelle quali vengono riscontrati diversi livelli di inquinamento. Solo all'inizio di gennaio 2020 cinque città italiane (Frosinone, Milano, Padova, Torino e Treviso) hanno sfiorato per 18 volte i limiti di Pm10. Nel 2019, rileva l'associazione, sono stati 26 i centri urbani oltre i limiti di legge sia per le polveri sottili (Pm10), con una media giornaliera superiore ai 50 microgrammi/metro cubo, che per l'ozono (O3). Prima assoluta **Torino** con 147 giornate oltre i limiti di legge (86 per il parametro Pm10 e 61 per l'ozono), seguita da numerosi comuni.

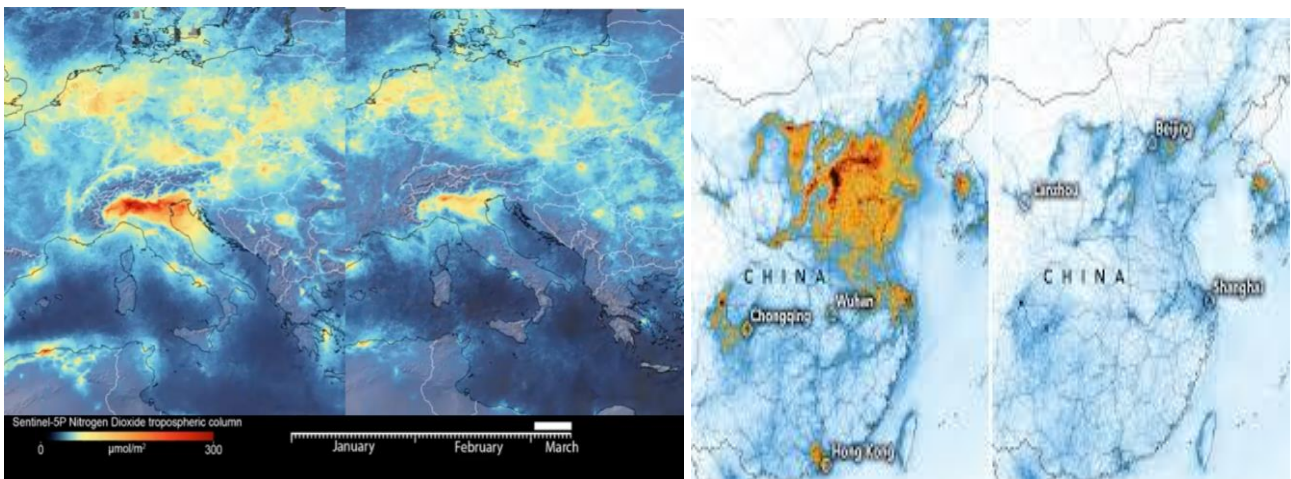
Per quanto riguarda le **polveri sottili**, a guidare la classifica delle città in cui almeno una centralina di rilevamento ha oltrepassato la soglia limite annuale, anche per il 2019 c'è Torino (centralina Grassi) con 86 giorni di superamento, appunto, seguita da Milano (centralina Marche) con 72 giornate fuorilegge e Rovigo (Centro) con 69. Esse hanno raggiunto valori pari al doppio del consentito (oltre 70 giorni di sforamenti rispetto ai 35 previsti) mentre il 65% delle altre città hanno oltrepassato di una volta e mezza il limite (oltre i 52 giorni quindi). Fuori dall'area padana le altre città in classifica sono solo Frosinone (Scalo) e Napoli (Ferrovia) rispettivamente con 68 e 36 giorni.

Tuttavia, considerando **gli ultimi 10 anni** (dal 2010 al 2019), si nota come nel corso degli anni ci sia stato un netto miglioramento; si è passati dalle 62 città oltre i limiti di legge del 2010 alle sole 26 del 2019 (le quali hanno superato sia il limite delle polveri sottili che quello dell'ozono (O3), con una tendenza perlopiù in calo negli anni ad eccezione di qualche annata particolarmente critica. Dal 2010 al 2019 il 28% delle città monitorate dall'associazione ha superato ogni anno i limiti giornalieri di Pm10. Si tratta di 19 città (in ordine alfabetico): Alessandria, Asti, Brescia, Cremona, Frosinone, Lodi, Milano, Modena, Napoli, Padova, Pavia, Reggio Emilia, Rimini, Rovigo, Torino, Treviso, Venezia, Verona, Vicenza. Sei città hanno superato i limiti 9 anni su 10: Bergamo, Ferrara, Monza, Parma, Piacenza, Terni. Torino ha occupato il primo posto di questa classifica 7 volte nei 10 anni collezionando in

totale 1086 giorni di inquinamento in città; mentre Frosinone (sul podio 7 volte nei 10 anni trascorsi) è la sola altra città ad aver sfiorato la quota di 1000 giorni di smog e Alessandria prende il terzo posto di questo podio con 896 giorni di sfioramento, seguita da Milano (890) e Vicenza (846) che chiudono la top-5.

L'**ozono** troposferico è un gas che si forma d'estate, principalmente nelle zone rurali aperte attraverso reazioni chimiche tra gli ossidi d'azoto (NOx) e i composti organici volatili (COV). Per fare in modo che la situazione migliori ulteriormente bisognerebbe attuare una serie di proposte di interventi strutturali anche a carattere nazionale. Tuttavia le estemporanee misure di blocco del traffico e divieti alla circolazione appaiono come un palliativo, poiché vengono trascurate molte altre fonti di inquinanti sia industriali che domestici (come le caldaie di riscaldamento).

...ma cosa sta succedendo ai tempi del Covid-19?



L'inquinamento in Italia ed Europa prima e durante l'epidemia

L'inquinamento in Cina prima e durante l'epidemia

Il covid-19 è una malattia infettiva respiratoria causata dal virus denominato SARS-CoV-2 appartenente alla famiglia dei coronavirus. Tale malattia respirazione è riuscita a mettere in ginocchio il mondo intero. Milioni di persone lo hanno contratto e migliaia di persone hanno perso la vita. Tuttavia, in questo periodo in cui la popolazione sta lottando contro il coronavirus perlopiù restando a casa, la natura tira un sospiro di sollievo e comincia a riappropriarsi di ciò che aveva perso a causa dell'uomo. Per quanto concerne le polveri sottili, ma anche le sostanze nocive per l'ambiente (NO₂, CO₂, SO₂), sono diminuite notevolmente le quantità rilasciate, dal momento che il paese è sottoposto a una quarantena forzata. Ciò si può notare da queste mappe satellitari, risalenti a poco meno di un mese fa, che ci mostrano in maniera concreta che i livelli di sostanze nocive sono diminuiti in maniera notevole, rendendo l'aria molto più pulita. L'isolamento attuato in diverse città di tutta Europa, per arginare la pandemia di coronavirus, ha portato un calo notevole dell'inquinamento. Lo annuncia l'Agenzia spaziale europea precisando che in alcune città i livelli di diossido di azoto si sono dimezzati. Il miglioramento della qualità dell'aria è particolarmente evidente in Italia, Spagna e Francia dove il lockdown è ormai in vigore da diverse settimane. A Parigi dal 13 marzo al 13 aprile c'è stato un calo del 54% dei livelli di diossido rispetto allo stesso periodo dell'anno scorso. A Milano, Roma e Madrid del 45% circa. La diminuzione di inquinamento risulta più evidente se si parla della Cina, che ha sempre avuto le città più inquinate. Secondo gli scienziati di NASA ed ESA, la diminuzione è almeno in parte dovuta alla chiusura forzata delle attività lavorative, dei trasporti e delle

aggregazioni sociali dovute all'epidemia di COVID-19. La riduzione dell'inquinamento sarebbe uno degli aspetti del freno che il virus ha imposto all'economia.

L'immagine mette a confronto la concentrazione di inquinamento in Cina dall'1 al 20 gennaio 2020 (a sinistra) al 10-25 febbraio 2020, ossia prima e durante la quarantena. I dati sono stati acquisiti dallo strumento Tropospheric Monitoring (TROPOMI) del satellite dell'ESA Sentinel-5, incaricato di sorvegliare la qualità dell'aria e l'interazione dei gas inquinanti con il clima. Lo stesso calo è stato registrato anche da un altro sensore, l'Ozone Monitoring Instrument (OMI) del satellite della NASA Aura. La riduzione dell'inquinamento, inizialmente concentrata su Wuhan, si è poi estesa al resto della Cina.

IQA ⓘ	Buona	
PM10	21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media giornaliera	Valore limite 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM2.5	9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media giornaliera	
NO2 <small>Biossido di Azoto</small>	43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ massimo giornaliero	Valore limite 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Soglia di allarme 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO2 <small>Biossido di Zolfo</small>	<5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ massimo giornaliero	Valore limite 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Soglia di allarme 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
O3 <small>Ozono</small>	96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ massimo giornaliero	Soglia di informazione 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Soglia di allarme 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
O3 <small>Ozono</small>	89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ max media mobile 8h	Valore obiettivo 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Da questi dati emersi dal sito *arpalombardia.it* si può notare che i valori raggiunti dalle sostanze, sono valori che rientrano nella norma, sono valori che non preoccupano minimamente (tranne l'ultimo valore in merito all'Ozono). Pertanto anche la regione Lombardia, una delle regioni italiane più inquinate, è riuscita a raggiungere valori ottimali, anche se a causa della situazione spiacevole che viene vissuta giornalmente dalla popolazione mondiale. L'inquinamento non è diminuito solo nella regione Lombardia, ma anche nel resto delle regioni italiane e nel resto del mondo. Infatti, grazie alla notevole diminuzione dell'inquinamento e a causa della quarantena forzata imposta in quasi tutte le città del mondo, moltissime specie animali hanno cominciato a farsi vedere anche in quelle strade che prima venivano percorse dall'uomo. Pertanto i rumori dei mezzi di trasporto vengono sostituiti dal cinguettio degli uccelli, le strade diventano i luoghi dove numerosi animali fanno le loro passeggiate e nei parchi è riapparsa la fauna locale.

Infatti in **Giappone**, sono stati osservati i cervi del Nara Park mentre scendevano in strada in cerca di cibo. Ora però, visto che il numero di visitatori è precipitato nelle ultime settimane, questa fauna selvatica sembra non avere altra scelta che vagare fuori dal loro

territorio per trovare qualcosa con cui nutrirsi, come le aiuole fiorite o i vasi fuori dai negozi chiusi. Ma non soltanto, di recente è stato avvistato un puma nella capitale cilena di **Santiago** e nella stazione sciistica francese di **Courchevel**, ormai completamente deserta, sono stati avvistati branchi di lupi. I pochi “umani” che girano ora possono trovarsi di fronte **cervi** che attraversavano tranquillamente le strade della città alla ricerca di cibo. Ma anche in **Italia**, che a cinghiali e volpi era abituata, ci sono state molte sorprese: si sono viste lepri scorrazzare per **Milano** o tassi dai simpatici musetti fare a capolino a **Firenze**, in Sardegna sono tornati i delfini in assenza di traghetti e navi da crociera e a Roma una famiglia di anatre passeggia sul Lungotevere.

Ciò che si auspica per il futuro è che questi valori così positivi, emersi da numerose osservazioni di alcuni studiosi, rimangano tali nel tempo e che la convivenza tra l'uomo e gli animali sia una convivenza tranquilla. Non è mai troppo tardi per rendere il mondo un posto migliore.