

Idrocarburi o elettrico?

UNO STUDIO SU QUESTA DIFFICILE GARA CHE ANALIZZA I PRO E I CONTRO DI ENTRAMBI I CONCORRENTI ... CHE VINCA IL MIGLIORE!

**Scuola: Liceo Scientifico G.Galilei di Perugia;
Classi: 3F, 3G, 3L,
Tutor: Prof. Marina Venturi, Stefano Paparelli.**

SUNTO

Iniziando con una breve descrizione dell'effetto serra si è mostrato, anche utilizzando semplici modelli polinomiali, che la temperatura media della Terra sta crescendo in maniera significativa e che la produzione di anidride carbonica può esserne considerata una delle principali cause. Nell'analizzare il grafico della concentrazione di anidride carbonica negli ultimi 800 mila anni si è studiata l'importanza dell'uso di una scala radice quadrata. Le nostre previsioni di temperatura di fine secolo non si discostano molto da quelle degli scenari meno favorevoli degli scienziati esperti di clima dell'IPCC. Il settore trasporti è tra i maggiori responsabili delle emissioni di CO₂. Dopo aver analizzato l'andamento in Italia delle immatricolazioni delle auto con diversi tipi di alimentazione, facendo anche qualche considerazione sulle previsioni a breve termine, abbiamo cercato di rispondere alla domanda se il passaggio ai motori elettrici possa essere considerato o meno un passo in avanti importante per la salvaguardia del nostro pianeta.

A tale scopo abbiamo analizzato e costruito semplici modelli lineari adatti a descrivere le emissioni di CO₂ per tutto il ciclo di vita di veicoli opportunamente scelti tra i segmenti più importanti di auto a benzina, diesel ed elettriche. Il confronto finale è stato effettuato tra tre Peugeot 208 (benzina, diesel ed elettrica) considerando anche i costi complessivi. Dopo una breve digressione sulla storia delle auto elettriche si è infine analizzato un interessante studio, trovato in rete, sull'impatto ambientale globale delle di-

verse alimentazioni al fine di determinare il possibile vincitore finale.



Introduzione

Quante parole vengono spese quotidianamente sul tema auto: l'eccessivo costo della benzina, la revisione alle porte, il parco auto troppo obsoleto, la sicurezza, l'inquinamento prodotto ...

Vi siete mai chiesti se il mondo delle auto stia compiendo veramente una rivoluzione? Sicuramente vi siete accorti di come le nuovissime macchine elettriche a zero emissioni, stiano pian piano crescendo nel mercato automobilistico e siano al centro dell'attenzione di tutti.

Leggendo questo articolo potrete partecipare all'avvincente competizione tra motori elettrici e a combustione interna, per scoprire chi saranno i vincitori.

Quindi, il premio come miglior fonte di alimentazione per autoveicoli va a...



Sommario:

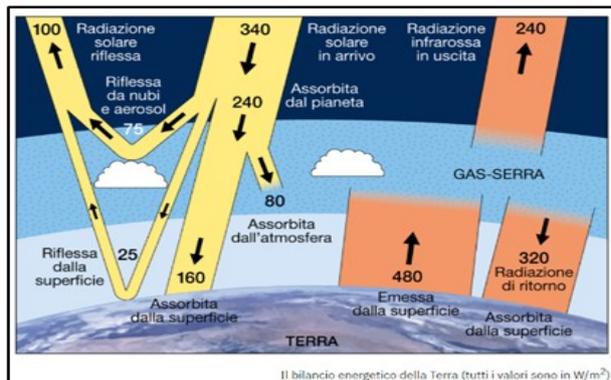
Quali sono e cosa fanno i gas serra	2
La variazione della temperatura media della Terra	2
Modelli di crescita della temperatura	3
Andamento dell'anidride carbonica	3
Le politiche ambientali e le previsioni	4
Immatricolazioni auto in Italia	5
Emissioni CO ₂ delle auto elettriche, diesel, benzina	5
Costi delle auto elettriche, diesel, benzina	7
La storia dell'auto elettrica	7
Confronto nel ciclo di vita dell'impatto ambientale del veicolo elettrico, benzina-diesel	7
Conclusioni	8

QUALI SONO E COSA FANNO I GAS SERRA

L'aria secca è costituita per il 78% di azoto, per il 21% di ossigeno e per circa l'1% di argon. Eppure sono soprattutto delle impurità presenti nell'atmosfera in poche parti per milione o miliardo a costituire i cosiddetti gas serra che influiscono pesantemente sul bilancio energetico della Terra. I più presenti sono l'anidride carbonica (420,02 parti per milione ad aprile 2022) e il metano. Questi gas sono necessari al nostro pianeta in quanto, a differenza dei costituenti dell'aria secca, non sono trasparenti all'irradiazione infrarossa e quindi trattengono parte del calore al fine di rendere più mite il clima della Terra. In realtà il gas serra più importante è il vapore acqueo: le sue percentuali in aria variano in media dallo 0,33% al 4%. Esso dipende dalla temperatura (legge del vapore saturo) e per questo ha il ruolo fondamentale di rinforzare notevolmente le variazioni di temperatura prodotte dagli altri gas serra, che, se pur molto più rarefatti, determinano l'andamento climatico della Terra a lungo termine.

Dal punto di vista^[1] è termodinamico il fenomeno detto effetto serra consiste in uno scambio di energia tra tre corpi: Terra, Atmosfera (che funge da cuscinetto) e Sole. Le radiazioni che giungono dal Sole vengono in parte assorbite dall'atmosfera e in parte (doppia rispetto alla precedente) dalla Terra, mentre circa un 30% viene riflessa dalla superficie terrestre, dall'aerosol e dalle nubi, verso lo spazio esterno.

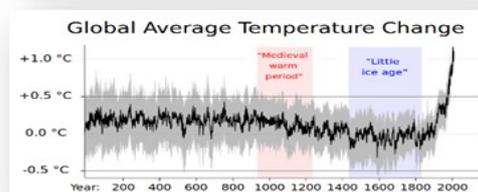
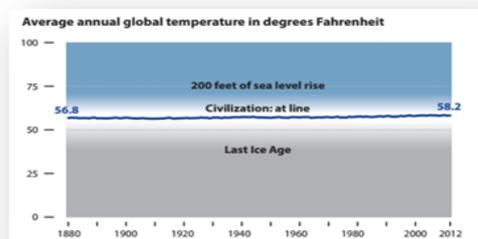
Successivamente il nostro pianeta scaldandosi emette energia sotto forma di radiazione infrarossa verso l'atmosfera; questa viene assorbita dai gas serra e



riemessa in parte verso la Terra creando una specie di pingpong radiativo Terra-Atmosfera che impedisce al nostro pianeta di raffreddarsi. Bisogna sottolineare che l'energia scambiata tra la Terra ed atmosfera è doppia rispetto a quella che la Terra riceve direttamente dal Sole: questo fa capire l'importanza dell'effetto serra sul nostro clima. La Terra e l'atmosfera in genere sono in equilibrio termico, ovvero tanta energia ricevono in totale e tanta energia in totale emettono. Il vero problema di tutto ciò è come sempre l'uomo: infatti bruciando i combustibili fossili ha alterato, ad esempio, il ciclo naturale dell'anidride carbonica rompendo questo delicato equilibrio e la differenza tra l'energia in ingresso e quella in uscita è diventata, per la Terra, positiva. Lo squilibrio energetico attuale è di circa 3 Watt per metro quadro e viene chiamato forzante radiativo. Come in una "bilancia", il continuo aumento di CO₂, dovuto all'utilizzo di combustibili fossili fa sì che l'ago punti verso una meta di non ritorno. Questo fenomeno è così accentuato che alcuni ricercatori lo hanno definito "HOTHOUSE EARTH", ovvero il pianeta serra.

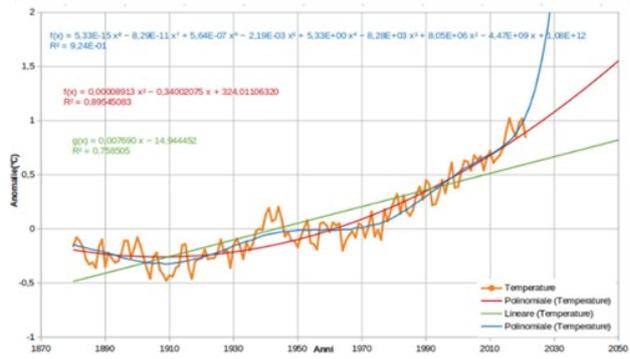
LA VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA MEDIA DELLA TERRA

Da una prima osservazione dei grafici^[2] può sembrare che l'aumento di temperatura prodotto negli ultimi decenni, non sia molto elevato corrispondendo ad 1,4°F (0,8°C); tuttavia questa variazione è molto significativa in termini di cambiamenti climatici in quanto il range della temperatura che permette lo sviluppo della civiltà è molto stretto: basta poco per dare inizio ad un'era glaciale o ad un forte innalzamento del livello dei mari. Con un cambiamento di scala dell'asse delle ordinate, si osserva che nei secoli la variazione di temperatura ha subito delle piccole oscillazioni, mentre, negli ultimi anni, sta avendo una forte crescita.



MODELLI DI CRESCITA DELLA TEMPERATURA

Nel sito della Nasa^[3] sono reperibili dati, a partire dal 1880 e aggiornati fino al 2021, delle variazioni delle temperature medie annuali della superficie terrestre e degli oceani misurate rispetto ad una temperatura di riferimento (temperatura media degli anni 1951-1980) presa come zero. Analizzandoli abbiamo cercato il modello più adatto a descrivere l'andamento della temperatura. Ci è sembrato migliore quello quadratico rispetto a quello polinomiale di ottavo grado anche se, quest'ultimo, presenta un R² minore, vista la crescita più moderata e quindi a nostro avviso più ragionevole.

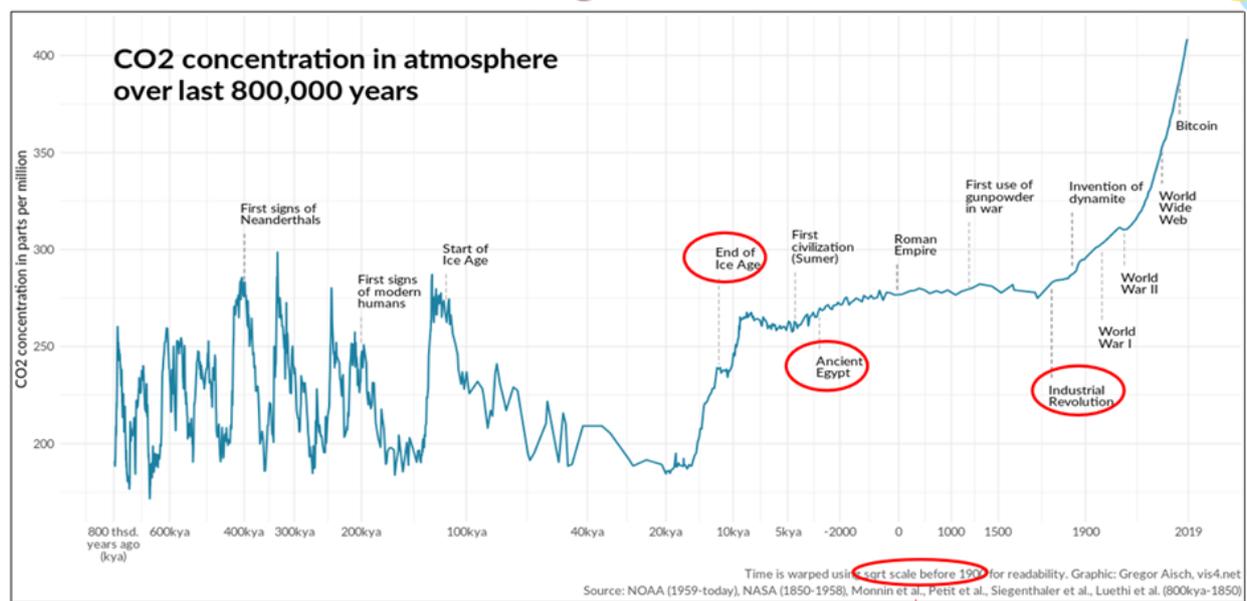
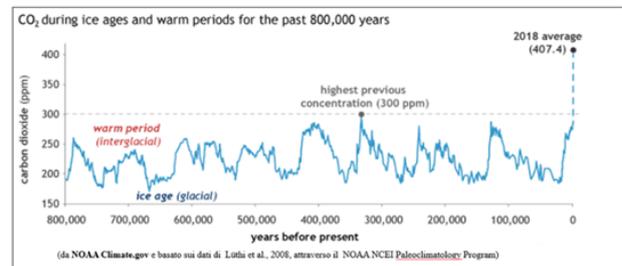


ANDAMENTO DELL'ANIDRIDE CARBONICA

Tra le principali cause di questo incremento di temperatura, c'è sicuramente l'aumento di CO₂ che si è avuto nel corso dell'ultimo secolo^[4]. Grazie alle misure dell'anidride carbonica imprigionata nei campioni di ghiaccio dell'Antartide, si è potuto osservare come nel corso degli ultimi 800 mila anni, la CO₂ ha subito una decina di oscillazioni, corrispondenti ad altrettante ere glaciali, senza però mai superare il valore massimo di 300 ppm.

Questo andamento ha avuto una evidente modifica con l'inizio della civiltà che ha visto una crescita lenta nel periodo preindustriale seguita da una forte

crescita dopo la seconda rivoluzione industriale tanto da superare le 420 ppm, valore non registrato dalla Terra probabilmente da più di 3 milioni di anni^[1]. Tutto questo è ben rappresentato dal grafico più grande sotto grazie ad una scala molto particolare: la scala radice quadrata^[5].

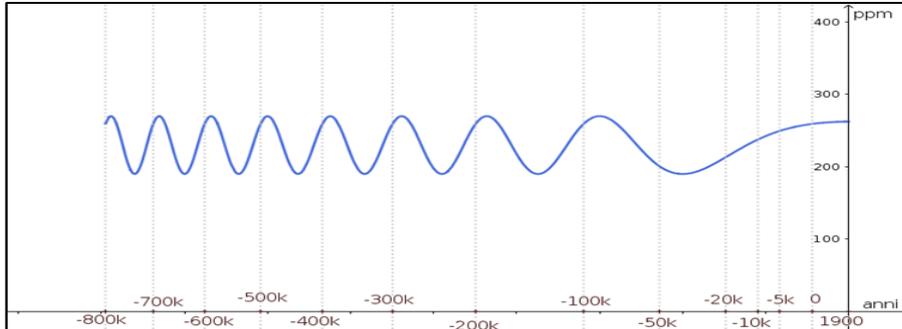


Utilizzando le trasformazioni geometriche abbiamo cercato il modello dell'andamento della CO₂, nel corso degli anni. Partendo dalla funzione $y = \text{sen}x$, operando una dilatazione di rapporti 100000 sulle x e 40 sulle y, una

traslazione di vettore $v(-3500;230)$ e per ultimo una trasformazione radice quadrata sulla x si ottiene

$$y = 40 \sin \left[\frac{2\pi}{100000} (x^2 + 35000) \right] + 23$$

avente il grafico in figura.



Il grafico con la scala radice quadrata, mette in evidenza la dilatazione apparente che i tempi subiscono all'avvicinarsi del 1900.

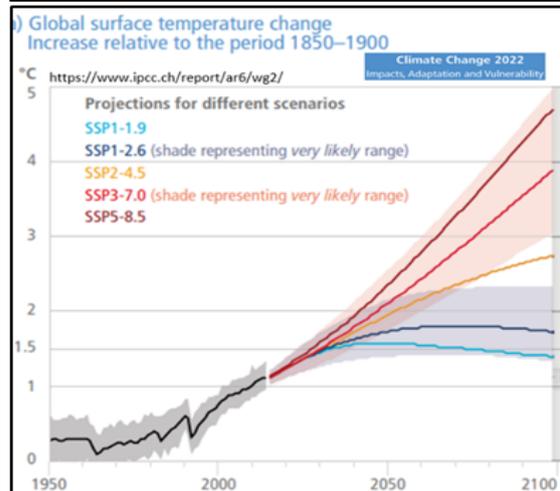
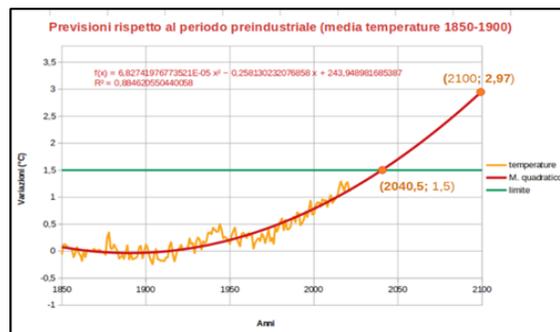
LE POLITICHE AMBIENTALI E LE PREVISIONI

L'aumento di temperatura della Terra è un gravissimo problema: se non troviamo una soluzione quanto prima il nostro pianeta potrebbe seguire un percorso simile a quello di Venere che porterebbe inevitabilmente alla fine della specie umana. Sembra un'esagerazione ma questa è la nuda e cruda verità. Basta pensare ad alcune conseguenze già in parte osservabili: scioglimento dei ghiacciai, lunghi periodi di siccità, estinzioni di specie animali, aumento delle malattie respiratorie....

Questi sono solo alcuni degli eventi catastrofici che il futuro ci prospetta e noi abbiamo il dovere di modificare immediatamente questa situazione prima che diventi troppo tardi.

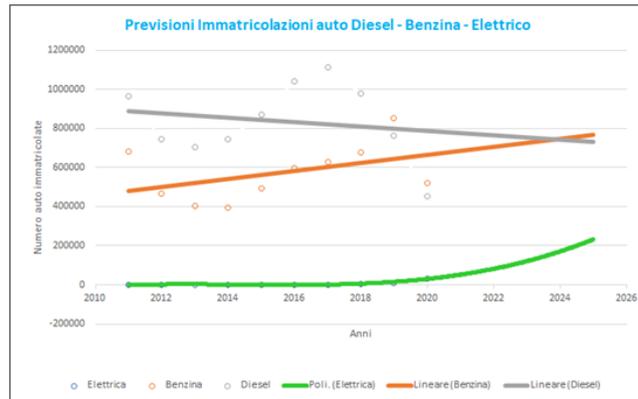
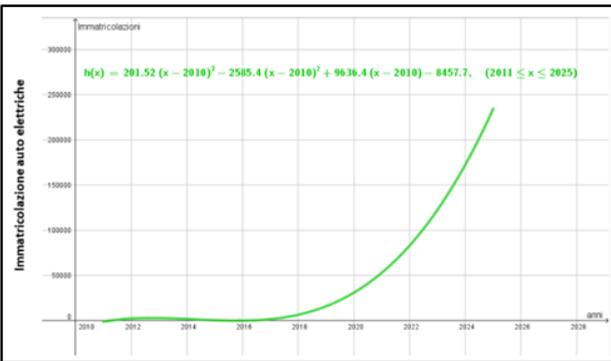
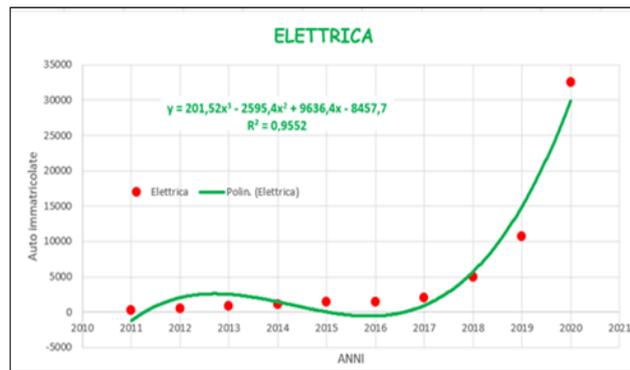
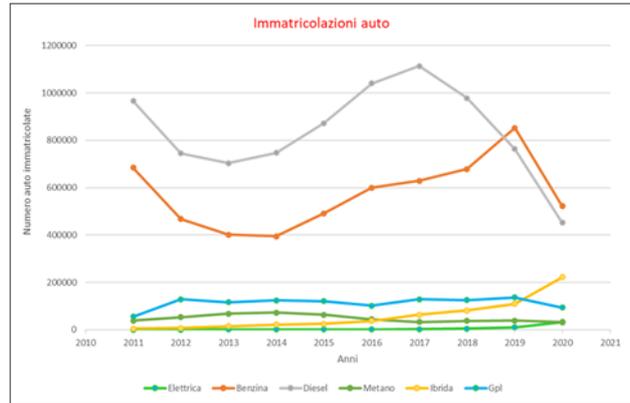
L'Europa ci viene incontro. Infatti il Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio^[11], il COP26 e gli Accordi di Parigi hanno fissato gli obiettivi di riduzione delle emissioni degli inquinanti atmosferici. Innanzitutto si deve fortemente stimolare l'innovazione e lo sviluppo tecnologico, ma soprattutto entro il 2030 si devono ridurre del 55% le emissioni di CO₂ rispetto ai livelli del 1990, nel 2050 si deve arrivare a zero emissione di CO₂, entro il 2100 si deve mantenere la temperatura media al di sotto dei 2°C, possibilmente 1,5°C^[12] rispetto ai livelli preindustriali. Per quanto riguarda i veicoli, il FIT-for-55 prevedrebbe lo stop ai motori a combustione interna entro il 2035^[13] anche se tale obiettivo è stato recentemente messo in discussione. Anche noi nel nostro piccolo già possiamo dare un contributo utilizzando il car sharing, il car pooling, la bicicletta, i mezzi pubblici e camminare a piedi. Pren-

dendo nuovi dati (i precedenti partivano dal 1880) da <https://www.metoffice.gov.uk> e calcolando la variazione delle temperature medie annuali della superficie terrestre rispetto agli anni 1850-1900 (periodo preindustriale) con l'aiuto di un foglio di calcolo, il nostro modello quadratico prevede nel 2040 una variazione di +1,5°C che sale a +2,97°C nel 2100, mentre i modelli più sofisticati dell'IPCC (Intergovernmental Panel on ClimateChange)^[6], che considerano anche le situazioni socio-economiche e le scelte politiche, prevedono con lo scenario SSP3-7.0 (dove 7 W/m² indica il valore massimo del forzante radiativo) un aumento di quasi 4°C nel 2100.



IMMATRICOLAZIONI AUTO IN ITALIA

I mezzi di trasporto su strada sono tra i principali produttori di anidride carbonica in quanto emettono il 23% della CO₂ prodotta in totale all'anno^[7]. Per questo abbiamo deciso di analizzare le immatricolazioni dei veicoli privati in Italia negli ultimi anni^[8]. Si può osservare dal grafico qui accanto, come le immatricolazioni delle auto diesel siano in calo, mentre quelle delle auto ibride siano in grande aumento. In particolare abbiamo studiato l'andamento crescente delle solo auto elettriche che, confrontata con le altre, appare modesto. Tuttavia il modello cubico da noi trovato con l'aiuto di excel (nel quale il 2020 corrisponde allo zero) e poi traslato con Geogebra, prevede che nel 2025 l'immatricolazione delle elettriche avrà un aumento di oltre il 300% rispetto al 2021. Le auto a benzina invece hanno un andamento particolare: all'inizio dello scorso decennio erano in grande ascesa, mentre dal 2019 sembrano in discesa. Le auto immatricolate a Gpl e metano sembrano essere rimaste intorno allo stesso numero rispetto al 2010. In breve l'elettrica riuscirà a superare il gpl e il metano, ma rimarrà, per ora, inferiore al diesel e alla benzina.



EMISSIONI CO₂ DELLE AUTO ELETTRICHE, DIESEL, BENZINA

Ognuno di noi vorrebbe possedere o possiede già un'auto, ma qual è la migliore per l'ambiente? Abbiamo analizzato le emissioni di CO₂ per tutto il ciclo vita di diversi modelli di auto scegliendo l'alimentazione a benzina, diesel ed elettrica. La scelta dei modelli non è stata facile e certamente non casuale.

Abbiamo scelto l'AMI perché posseduta da alcuni di noi nonostante la difficoltà di reperire dati sul ciclo vita delle minicar. Nella scelta abbiamo cercato di coprire i vari segmenti, dall'utilitaria al SUV fino al top di gamma.

AUTO elettrica	p=BATTERIA (kWh)	p*a=CO ₂ , per produzione batteria (kg)	M= massa veicolo (kg)	f= M ³ *6=CO ₂ , per produzione motore+scheletro (kg)	c=CO ₂ , per mantenimento (kg/km)	au= km medi percorsi con una carica della batteria (km)	cp=CO ₂ , per produzione e distribuzione elettricità (kg/km)	km medi annui (anni)	km tot ciclo vita (km)	q=CO ₂ , tot produzione (motore+scheletro+batteria) (kg)	h=CO ₂ ,tot/km rispetto ciclo vita medio (Kg/km)
Ami	5,5	330	471	2214	0,004	70	0,0217	7000	112000	2544	0,048
Twingo	22	1320	1201	5645	0,004	180	0,0338	11000	198000	6965	0,073
500 La Prima	40	2400	1405	6604	0,004	320	0,0345	13500	243000	9004	0,076
ID.4 -SUV	77	4620	2124	9983	0,004	520	0,0409	15000	270000	14603	0,099
Tesla -Model X	100	6000	2468	11600	0,004	650	0,0425	15000	270000	17600	0,112
Opel Corsa	50	3000	1530	7191	0,004	337	0,0410	13500	243000	10191	0,087
DS 3 Crossback	50	3000	1598	7511	0,004	320	0,0432	13500	243000	10511	0,090
Peugeot e-208	50	3000	1530	7191	0,004	340	0,0406	13500	243000	10191	0,087
Peugeot e-208*	50	3000	1530	7191	0,004	340	0,0406	15000	270000	10191	0,082

*valore medio degli alunni della 3F in possesso di microcar

MODELLO	Carburante	consumi medi l/100km	consumi medi km/litro	CO ₂ per produrre carburante (kg/litro)	CO ₂ per produrre carburante (kg/km)	M= massa veicolo (kg)	q= M*d=CO ₂ per produrre veicolo (kg)	c=CO ₂ per mantenimento (kg/km)	CO ₂ consumo (kg/litri)	*CO ₂ consumo (kg/km)	m=CO ₂ consumo+mantenimen to+ prod_carburante (kg/km)	km medi annui	km tot ciclo vita (km)	M totale CO ₂ nel ciclo vita (kg)	I=CO ₂ /km rispetto ciclo vita (kg/km)
500X	benzina	6,2	16	0,68	0,042	1320	6864	0,005	2,26	0,140	0,187	11111	200000	44296	0,221
500X	diesel	4,6	22	0,98	0,045	1320	6864	0,007	2,63	0,121	0,173	16667	300000	58788	0,196
DS 3 b	benzina	5,4	19	0,68	0,037	1276	6635	0,005	2,28	0,123	0,165	11111	200000	39579	0,198
DS 3 D	diesel	4,5	22	0,98	0,044	1310	6812	0,007	2,62	0,118	0,169	16667	300000	57542	0,192
Corsa b	benzina	5,2	19	0,68	0,035	1055	5486	0,005	2,25	0,117	0,157	11111	200000	36958	0,185
Corsa d	diesel	4,1	24	0,98	0,040	1165	6058	0,007	2,59	0,106	0,153	16667	300000	52012	0,173
208 b	benzina	5	20	0,68	0,034	1165	6058	0,005	2,24	0,112	0,151	11111	200000	36258	0,181
208 d	diesel	3,8	26	0,98	0,037	1165	6058	0,007	2,66	0,101	0,145	16667	300000	49630	0,165
208 b=	benzina	5	20	0,68	0,034	1165	6058	0,005	2,24	0,112	0,151	15000	270000	46828	0,173
208 d=	diesel	3,8	26	0,98	0,037	1165	6058	0,007	2,66	0,101	0,145	15000	270000	45272,8	0,168

*Fonte: Quattroruote Febbraio 2022

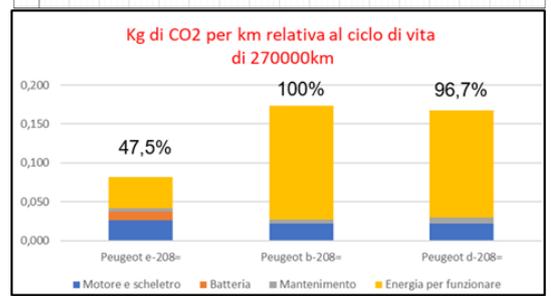
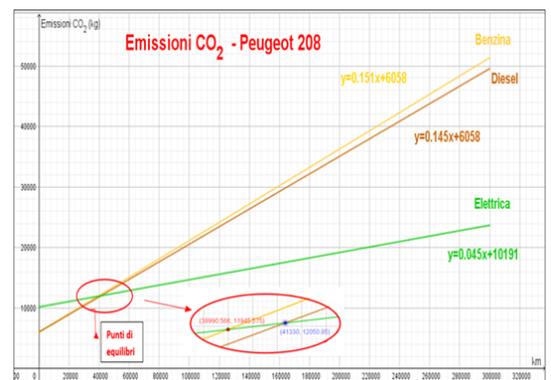
Dallo studio europeo di G. Bieker^[9] abbiamo ricavato tutti i dati riguardanti le emissioni di CO₂ nelle fasi di produzione del motore- scheletro- batterie, di utilizzo, di mantenimento trascurando lo smaltimento, perché non abbiamo trovato dati realistici per tutte le auto considerate. Per quanto riguarda l'utilizzo abbiamo considerato, per i vari carburanti, anche l'emissione di CO₂ dal *pozzo alla ruota* per la benzina e per il diesel. Abbiamo anche trovato quanta CO₂ viene emessa, in Italia, nella produzione di elettricità^[10]. Poi, tenendo conto della cilindrata e del tipo di utilizzo, abbiamo stimato i km percorsi dalle auto in un anno e la durata del ciclo vita che in Europa è in media di 18 anni. I kg di CO₂ emessi nella produzione dell'auto rappresentano il termine noto mentre quelli emessi a km per il mantenimento e rifornimento dell'auto determinano il coefficiente angolare del modello matematico delle emissioni di CO₂ dell'auto in funzione dei km percorsi.

Il modello ottenuto è dunque sempre lineare e come c'era da aspettarsi, le cilindrata maggiori sono quelle con più emissioni nel corso del ciclo vita emettendo maggiore CO₂ sia nella produzione che durante il loro utilizzo.

Per fare un confronto più oggettivo, ci siamo soffermati su una vettura in particolare, ovvero la Peugeot 208, di cui esistono i modelli benzina, diesel ed elettrici. Si può notare che il modello elettrico, seppur comporti più kg di CO₂ nella fase di produzione, (questo soprattutto a causa delle batterie) complessivamente, considerando tutto il ciclo vita, presenta una quantità di anidride carbonica emessa a km nettamente inferiore. Osservando i kg di CO₂ per km relativi al ciclo vita di 270000 km (long life battery) confrontati con quelli del modello a benzina che rappresenta il combustibile con maggiori emissioni, si nota che il diesel non si discosta molto con il suo 96,7%, mentre l'elettrico scende al 47,5%. La 208 elettrica diventa preferibile rispetto alle auto alimentate ad idrocarburi già a circa 42000 km di percorrenza. Quindi già da subito, grazie alle basse emissioni legate al mantenimento e utilizzo del veicolo, riesce a compensare quelle emesse per la produzione delle batterie.

modello y=cx+q	Auto elettriche
y = 0,026 x + 2544	Ami
y = 0,038 x + 6965	Twingo
y = 0,039 x + 9004	500 La Prima
y = 0,045 x + 14603	ID.4 -SUV
y = 0,047 x + 17600	Tesla -Model X
y = 0,045 x + 10191	Opel Corsa
y = 0,047 x + 10511	DS 3 Crossback
y = 0,045 x + 10191	Peugeot e-208
y = 0,045 x + 10191	Peugeot e-208=

modello y=cx+q	MODELLO	Carburante
y = 0,187 x + 6864	500X	benzina
y = 0,173 x + 6864	500X	diesel
y = 0,165 x + 6635	DS 3_b	benzina
y = 0,169 x + 6812	DS 3_D	diesel
y = 0,157 x + 5486	Corsa_b	benzina
y = 0,153 x + 6058	Corsa_d	diesel
y = 0,151 x + 6058	208_b	benzina
y = 0,145 x + 6058	208_d	diesel
y = 0,151 x + 6058	208_b	benzina
y = 0,145 x + 6058	208_d	diesel



COSTI DELLE AUTO ELLETTRICHE, DIESEL, BENZINA

Avendo avuto difficoltà nel reperire dati realistici per calcolare direttamente il costo a km per il mantenimento (assicurazione, cambio olio, freni, revisione...) delle tre Peugeot 208, abbiamo preso i valori forniti dalle tabelle ACI 2022 presenti nella Gazzetta Ufficiale^[14] utilizzati normalmente per il rimborso spese. Il costo d'esercizio elaborato dall'ACI su 15 000 km annui comprende, oltre le spese di utilizzo e mantenimento, anche l'ammortamento della quota capitale e della quota interessi. Confrontando il costo d'esercizio con quello della Peugeot a benzina^[15] si osserva che il costo dell'elettrica corrisponde all'80,6% mentre quello del diesel al 75,5%. Il divario tra il diesel e l'elettrico è minimo considerando la grande differenza di costo iniziale delle due vetture.



LA STORIA DELL'AUTO ELETTRICA^[16]

Sebbene non sia risaputo, le auto elettriche hanno iniziato ad entrare in commercio sin dagli ultimi anni dell'800 e, nei primi anni del '900, raggiunsero il 38% del parco macchine. La prima auto elettrica è da attribuire a Gustave Trouvé e al suo magnifico, anche se primordiale, "triciclo" elettrico realizzato nel 1881. Non bisogna dimenticare poi Thomas Parker che costruì una macchina elettrica dotata di 4 ruote nel 1895. La prima auto che raggiunse i 100 km/h fu la Jamais Contente nel 29/04/1899. Anche l'Italia non fu da meno nella produzione di queste automobili, anche se il primo mezzo costruito era sicuramente di livello inferiore rispetto agli altri, infatti la velocità massima era intorno ai 30 km/h. L'unico punto in cui eccelleva in confronto alle altre era l'autonomia, in quanto riusciva a percorrere fino a 90 km con una batteria.

Oggi le cose sono cambiate sia dal punto di vista dei numeri sia da quello dell'efficienza delle auto elettriche. Alcune di esse raggiungono i 285 km/h, arrivano a 100 km/h in soli 2,6 secondi e hanno un'autonomia (con una ricarica) di ben 536 km. Questa stessa tecnologia viene utilizzata anche in situazioni in cui l'efficienza è la cosa più importante, esattamente come è successo con il Rover Perseverance, atterrato su Marte il 18 febbraio 2021 oppure nelle gare di Formula E.

CONFRONTO NEL CICLO DI VITA DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEI VEICOLI ELETTRICI (BEV), BENZINA-DIESEL (ICEV)

Considerare solo la produzione di gas serra è un errore: basta pensare al **dieselgate** del 2015 e quindi al problema delle emissioni degli NOx. Studiare le decine di principali inquinanti coinvolti nel ciclo di vita dei veicoli è complesso. L'analisi più completa di impatto ambientale che abbiamo trovato è quella di un articolo^[17] dell'Università di Treviri (Germania) del 9 febbraio 2020. Presenta l'analisi con il metodo ReCiPe (sviluppato in Olanda), dei dati reali presi tra il 2011 e 2016 su Smart e VW Caddy a benzina, diesel ed elettrificate in laboratorio. Con questo metodo vengono considerate 18 categorie di impatto alle quali sono assegnati i relativi punteggi. Dando un maggior peso al cambiamento climatico e considerando la somma pesata dei 18 punteggi delle diverse categorie, considerando il modello più vicino alla realtà e la produzione elettrica del 2013 tedesca, emerge che la differenza tra l'elettrico (vincitore) e il diesel Euro5 e benzina Euro5 (ultimo in classifica) è minima. Tuttavia tale differenza diventa molto significativa se si prende in considerazione la produzione elettrica prevista nel 2050 a seguito delle nuove politiche ambientali.

Categorie di impatto ambientale	Unità di misura	Risultati dell'analisi
Cambio climatico	kg di CO ₂ equivalenti	BEV vantaggiosi rispetto a ICEV
Eutrofizzazione delle acque dolci	kg di P equivalenti	ICEV vantaggiosi rispetto a BEV
Formazione di particolato	kg di PM ₁₀ equivalenti	BEV equivalenti a ICEV
Eutrofizzazione marina	kg di N equivalenti	BEV equivalenti a ICEV
Eco tossicità marina	kg di 1,4-diclorobenzene	ICEV vantaggiosi rispetto a BEV
Eco tossicità terrestre	kg di 1,4-diclorobenzene	ICEV vantaggiosi rispetto a BEV
Tossicità umana	kg di 1,4-diclorobenzene	ICEV vantaggiosi rispetto a BEV
Eco tossicità delle acque dolci	kg di 1,4-diclorobenzene	ICEV vantaggiosi rispetto a BEV
Acidificazione terrestre	kg di SO ₂ equivalenti	BEV equivalenti a ICEV
Riduzione dell'ozono	kg di CFC-11 equivalenti	BEV vantaggiosi rispetto a ICEV
Formazione di ossidanti fotochimici	kg di NMVOC	BEV vantaggiosi rispetto a ICEV
Riduzione delle risorse fossili	kg di Petrolio equivalenti	BEV vantaggiosi rispetto a ICEV
Radiazioni ionizzanti	kg di U235 equivalenti	ICEV vantaggiosi rispetto a BEV
Riduzione delle risorse minerarie	kg di Fe equivalenti	ICEV vantaggiosi rispetto a BEV
Trasformazione di terreno naturale	m ²	BEV vantaggiosi rispetto a ICEV
Occupazione di terreno agricolo	m ² a	ICEV vantaggiosi rispetto a BEV
Consumo delle acque	m ³	ICEV vantaggiosi rispetto a BEV
Occupazione di terreno urbano	m ² a	ICEV vantaggiosi rispetto a BEV

CHI RISULTA IL VINCITORE

Dichiarare un vincitore universale tra elettrico ed idrocarburi non è possibile, ma lo diventa separando i singoli aspetti.

Per quanto riguarda i costi della vendita dell'auto, l'inquinamento delle acque e del terreno, l'autonomia e la facilità di rifornimento, vincono, per ora, senza dubbio le auto a idrocarburi. Sia le auto a benzina che le diesel hanno un minor prezzo d'acquisto rispetto alle elettriche, non contengono grandi batterie nocive per acque e terreni, dispongono di una maggiore autonomia ed, infine, godono di una maggiore facilità e rapidità nel rifornimento.

Passando invece all'impatto sul cambiamento climatico e sul buco dell'ozono, alle emissioni di CO₂ e gas serra in generale e all'utilizzo di risorse fossili, l'auto elettrica si aggiudica il trofeo. Per di più, l'elettrico ammortizza i costi d'acquisto, in quanto la manutenzione del veicolo è molto più semplice ed economica tenendo conto anche della lunga durata delle batterie di nuova generazione.

In aggiunta, le emissioni di CO₂ per la produzione di veicoli elettrici varia a seconda del paese di produzione in relazione all'utilizzo delle energie rinnovabili. Per ora, in Italia e in Europa, il distacco tra i motori a combustione interna e quelli elettrici è di poche lunghezze, ma la vittoria sarà schiacciante in futuro se la produzione energetica nazionale diventerà sempre più rinnovabile e sostenibile grazie anche all'evoluzione tecnologica.

Per concludere, ogni veicolo ha i propri vantaggi e svantaggi, ora sta a voi decidere quale tipo di automobile sfoggiare lungo le strade salvaguardando l'ambiente!

FONTI

<https://www.corrieresalentino.it/2022/03/il-futuro-delle-auto-elettriche-e-del-fotovoltaico-nelle-mani-di-una-salentina-2-milioni-per-la-sua-ricerca-che-punta-a-sostituire-il-litio-e-il-cobalto-delle-batterie-con-molecole-organiche/>

[1] <https://aulascienze.scuola.zanichelli.it/speciali-scienze/conferenza-di-glasgow-cop-26/effetto-serra-aumento>

[2] A. Cairo, "Come i grafici mentoni", Raffaello Cortina editore. Pag.83-85

[3] https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/customize.html

[4] <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

[5] NOAA(1959-today, NASA (1850-1958) Monnin et al., Petit et al., Siegenthaler et al., Luethi et al. (800kya-1850)

[6] <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

[7] <https://www.isprambiente.gov.it/files2021/eventi/emissioni/romano.pdf>

https://isprambiente.gov.it/files2021/eventi/evento16apr2021_emissioni_strada.pdf

[8] www.sintesistatistica-unrae.it/220/autovetture.html

[9] A Global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars – G Bieker

[10] https://www.isprambiente.gov.it/files2020/pubblicazioni/rapporti/Rapporto317_2020.pdf Pag.31

[11] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0631&from=MT>

[12] <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/climate-change/paris-agreement/cop26/>

[13] <https://teleambiente.it/europa-motori-diesel-benzina-2035/>

<https://www.ilsole24ore.com/art/svolta-ue-stop-vendita-auto-benzina-e-diesel-entro-2035-AEZqmuW>

[14] Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana del 28-12-2021 pag. 150,157,166

[15] Quattroruote, febbraio 2022

[16] https://en.wikipedia.org/wiki/Gustave_Trouv%C3%A9 ; <https://historiapalermo.it/auto-elettrica-grande-novita/>

<https://it.wikipedia.org/wiki/STAE>

[17] "Sensitivity Analysis in the Life-Cycle assessment of Electric vs Combustion Engine Cars under Approximate Real-Word Conditions"

<https://mdpi.com/2071-1050/12/3/1241/htm>