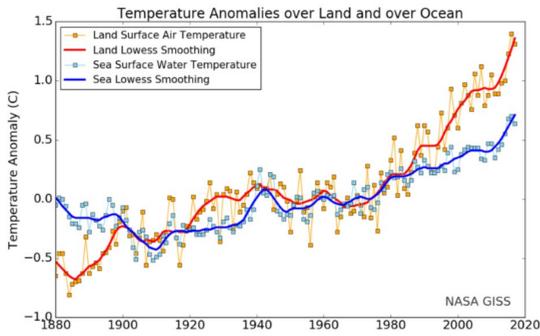


## Global warming e CO<sub>2</sub>



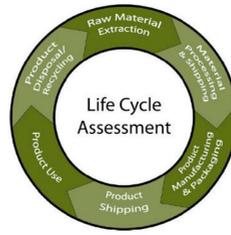
Concentrazione CO<sub>2</sub>: **405.4 ppm**  
Limite di salvaguardia CO<sub>2</sub>: **450 ppm**  
Incremento annuale CO<sub>2</sub>: **1.5 ppm/Y**

## Le 3 R della sostenibilità



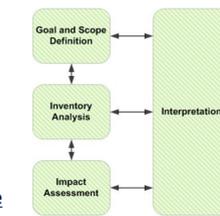
## Valutazione del Ciclo di Vita

La **Valutazione del ciclo di vita, Life-cycle assessment (LCA)**, è una tecnica per valutare gli impatti ambientali associate a tutte le fasi della vita di un prodotto; dall'estrazione delle materie prime alla lavorazione, produzione, distribuzione, uso, riparazione e manutenzione dei materiali, smaltimento o riciclo.

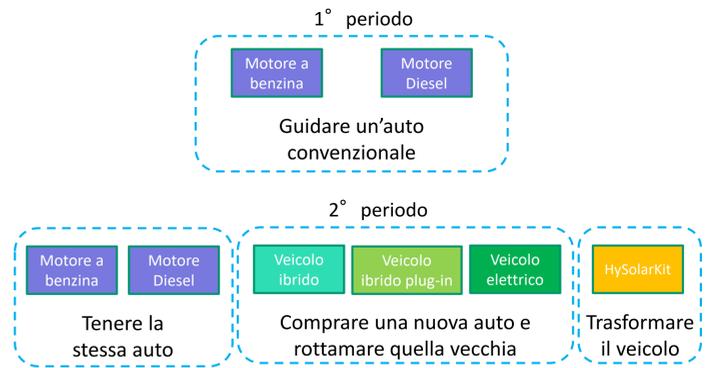


I passaggi della LCA sono:

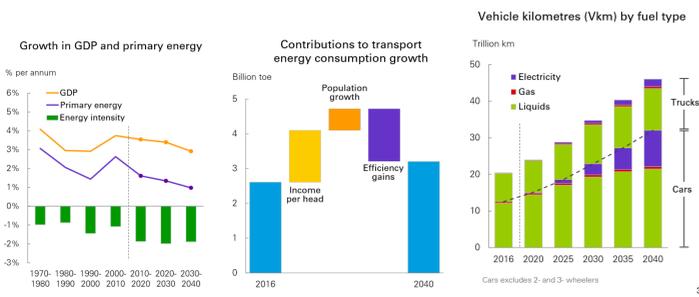
- Compilare un **inventario** degli input rilevanti di **energia e materiali** e dei **rilasci ambientali**;
- Valutare i **potenziali impatti** associati agli input e ai rilasci identificati;
- Interpretazione dei risultati per aiutare a **prendere una decisione più consapevole**.



## Gli scenari



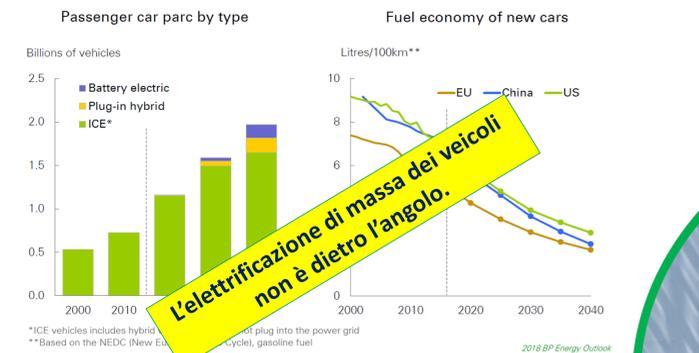
## Scenario di transizione dei veicoli



Il **PIL mondiale** raddoppierà entro il 2040.

Lenta crescita dei **consumi energetici nel settore trasporti**.

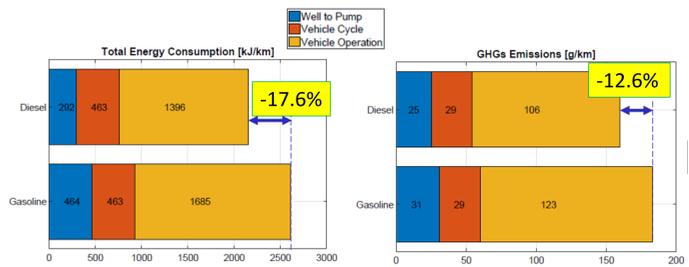
I chilometri percorsi da **veicoli elettrici** aumenteranno.



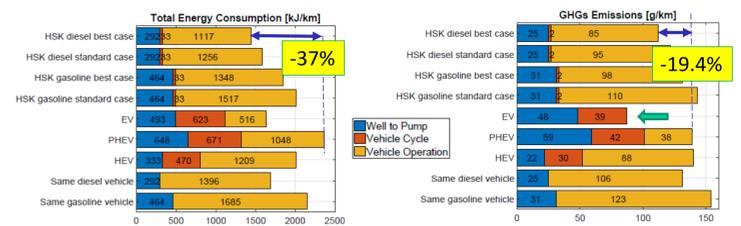
**La elettrificazione di massa dei veicoli non è dietro l'angolo.**



## 1° periodo



## 2° periodo



Una **analisi LCA** effettuata con il software GREET ha comparato diverse opzioni di mobilità sostenibile considerando l'**uso del veicolo**, il **ciclo del combustibile** e la **costruzione e rottamazione del veicolo**.

La **costruzione e rottamazione del veicolo** rappresenta in media il 20% del consumo totale di energia ed emissioni di gas serra, una cifra **paragonabile al ciclo del combustibile**. Ciò **non può essere trascurato** in una analisi LCA. La **conversione dei veicoli** esistenti può rappresentare una ulteriore **scelta a breve termine** all'interno di un portafoglio di soluzioni possibili. **Gli sviluppi futuri** si concentreranno sull'estensione ad altri inquinanti, ad altri mix energetici e altre opzioni alternative (ossia, completa elettrificazione del veicolo).

## Fattori limitanti per le auto elettriche e plug-in

E' necessaria una grande quantità di elettricità **carbon-free**.

Problemi per la ricarica:

- Mancanza di **infrastrutture**;
- **Tempi di ricarica** ancora lunghi;
- Una ricarica massiccia avrebbe un impatto sul funzionamento della **rete**.



L'uso del fotovoltaico sulle auto può **mitigare** questi problemi.

## Il Corto Circuito



L'uso diretto del fotovoltaico sull'auto è l'unico modo per realizzare un **cortocircuito dall'energia primaria direttamente alle ruote**, senza utilizzare un **veettore energetico**.

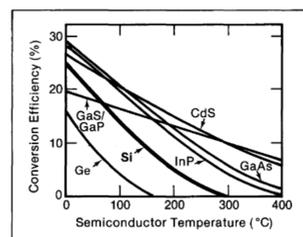
## Il contributo solare è significativo?

	Power (kW)	Average Power (kW)	Time (h/day)	Energy (kWh/day)
Car	70	8	1	8
PV Panel	0,3	0,2	10	2
Ratio	<b>0,004</b>	0,025	10	<b>0,25</b>

In un giorno soleggiato, il contributo dell'energia solare per un'auto utilizzata in percorsi tipicamente urbani può essere **sostanziale** (25%).

## Effetto della temperatura

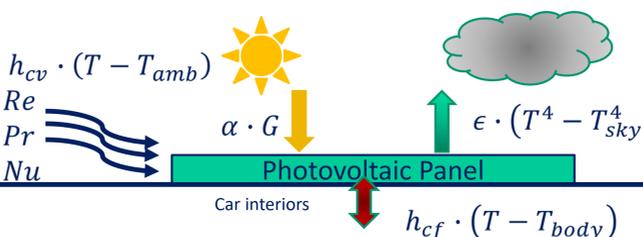
- Nella maggior parte dei casi, il contributo del fotovoltaico viene stimato moltiplicando l'energia solare incidente per l'efficienza nominale.
- I semiconduttori utilizzati nelle celle solari perdono efficienza quando la temperatura aumenta.
- Gli aspetti termici di un pannello fotovoltaico su un'automobile differiscono dalle applicazioni fisse a causa di: movimento del veicolo, cambio dell'orientamento, materiali diversi, collegamenti meccanici.



$$\eta_c = \eta_{T_{ref}} [1 - \beta_{ref} (T_c - T_{ref}) + \gamma \log G(t)]$$

with  $\eta_{T_{ref}}$  reference efficiency at reference temperature  $T_{ref}$ ,  $\beta_{ref}$  temperature coefficient,  $\gamma$  solar radiation coefficient and  $G(t)$  incoming solar radiation flux

## Thermal model



$$R_{Th} = \frac{e}{k A}$$

$$C_{Th} = \rho c A e$$

Knowing layers composition, **thermal resistance  $R_{th}$**  and **capacitance  $C_{th}$**  of modules has been determined.

## Equazioni del modello termico

Modello termodinamico (ODE del primo ordine)

$$C_{Th} \frac{dT}{dt} = A[\alpha G - P_{PV}(G) - h_{cv,amb}(T - T_{amb}) - F_{PV-sky} \epsilon \sigma (T^4 - T_{sky}^4) - F_{PV-amb} \epsilon \sigma (T^4 - T_{amb}^4) + \frac{1}{R_{Th}} (T - T_{in}) - h_{cv,in} (T - T_{in})]$$

Scambio termico radiativo

$$T_{sky} = 0.0552 T_{amb}^{1.5}$$

$$F_{PV-sky} = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta)$$

$$F_{PV-amb} = \frac{1}{2} (1 - \cos \beta)$$

Scambio termico convettivo

$$\bar{Nu} = 0.21 (Gr Pr)^{0.32}$$

$$\bar{Nu} = 0.664 Pr^{1/3} Re^{1/2}$$

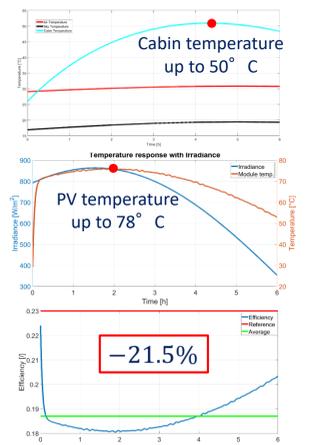
$$\bar{Nu} = 0.037 Pr^{1/3} Re^{4/5}$$

$$h_{cv,amb} = \sqrt[3]{h_{forced}^3 + h_{free}^3}$$

$$\bar{Nu} = \frac{h L}{\lambda_{air}}$$

## Resulti: veicolo parcheggiato

Durante il parcheggio, il **contributo della convezione forzata** si riduce. L'aria condizionata all'interno del veicolo è spenta. L'aumento della temperatura della cabina incrementa il riscaldamento dei pannelli. Si è considerato un veicolo parcheggiato per **6 ore** (dalle 10 alle 16) nel parcheggio dell'Università di Salerno in una giornata di mezza estate (15 agosto). La velocità dell'aria è assunta pari a 1 m/s. Le temperature della cabina aumentano fino a **50 °C**. Il pannello del tetto raggiunge **78 °C**, riducendo così la sua efficienza del **21,5%**.



La stima precisa del contributo solare nelle auto elettriche e ibride è necessaria sia per la **progettazione** che per il **controllo del veicolo**. Il modello termico presentato consente di **stimare la temperatura** dei pannelli fotovoltaici su un veicolo e la loro efficienza. Quando il veicolo è **in marcia**, la convezione forzata contribuisce alla riduzione della temperatura dei pannelli, **evitando** così un calo di efficienza. Durante il **parcheggio**, a causa dell'assenza di convezione forzata e dell'aumento della temperatura della cabina, la temperatura dei pannelli fotovoltaici può raggiungere **valori elevati** riducendo così l'efficienza. Il modello può essere uno strumento utile per la **progettazione** di materiali isolanti del veicolo e per il **controllo del raffreddamento** dell'aria in cabina durante il parcheggio.