



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M. FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**"NON È VERO, MA CI CREDO. LE AUTO ELETTRICHE E LA
SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE."**

RELATORE:

CH.MO PROF. ALBERTO ALVISI

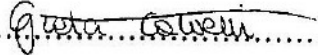
LAUREANDA: GRETA CALVETTI

MATRICOLA N. 1216456

ANNO ACCADEMICO 2021 – 2022

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’.

I hereby declare that I have read and understood the “Anti-plagiarism rules and regulations” approved by the Council of the Department of Economics and Management and I am aware of the consequences of making false statements. I declare that this piece of work has not been previously submitted – either fully or partially – for fulfilling the requirements of an academic degree, whether in Italy or abroad. Furthermore, I declare that the references used for this work – including the digital materials – have been appropriately cited and acknowledged in the text and in the section ‘References’.

Firma (signature) 

INDICE

Introduzione	1
1.La spinta dell'elettrico	3
2. Analisi e confronto	7
2.1 Le fonti e i documenti considerati.....	8
2.2 Sintesi delle stime e loro confronto.....	12
2.2.1 Focus sui veicoli leggeri	14
2.2.2 Scenari per i net savings a livello globale	16
2.3 Stime e consuntivo a confronto.....	20
3. Fattori di variabilità delle emissioni	23
3.1 Le dimensioni del veicolo	23
3.2 Il mix energetico e il Paese di riferimento	25
3.3 Come cambia l'impatto in Italia a seconda di com'è stata prodotta la batteria	29
4. Auto elettrica, oltre le emissioni	32
Conclusione	36
Limiti e future estensioni	38

Introduzione

La crisi climatica richiede sempre più urgentemente soluzioni: le emissioni sono cresciute esponenzialmente negli ultimi 100 anni (IEA, 2022a) e le ripercussioni sono sempre più visibili. La responsabilità è attribuibile prevalentemente al settore energetico e alla mobilità, specialmente su strada.

I provvedimenti per arginare il riscaldamento globale sono cresciuti negli ultimi anni. Nell'ambito dei trasporti, sono stati fatti ingenti investimenti per la transizione da motori a scoppio ad auto elettriche, in quanto comunemente ritenute un mezzo per raggiungere la mobilità sostenibile. Inoltre, i governi hanno dimostrato di supportare l'elettrificazione attraverso incentivi all'acquisto di auto elettriche e l'adozione di policy che favoriscano la mobilità elettrica, ad esempio il Parlamento Europeo ha recentemente approvato lo stop alle vendite di auto a motore endotermico entro il 2035 (Magnani, 2022). Il fine del presente elaborato è indagare l'adeguatezza ed il tempismo di norme e investimenti a favore della transizione all'elettrico e portare alla luce eventuali limiti del processo decisionale di cui essi sono frutto. In particolare, si cerca di comprendere se l'entusiasmo verso l'elettrico è motivato o frutto di bias, considerando report di diversi anni riguardanti in particolare i net savings di gas serra (espressi in CO₂-eq), ossia il risparmio di emissioni di gas serra (GHG) ottenuto utilizzando auto elettriche piuttosto che a combustione interna. L'orizzonte temporale dei report è il 2030. Lo scopo è chiedersi se le basi del processo decisionale siano solide, ovvero se le stime sui net savings siano coerenti fra loro e con il fenomeno effettivo.

Nel capitolo 2 sono analizzati report pubblicati tra il 2015 e il 2022 da IEA e da ICCT e comparati gli scenari di evoluzione dei net savings sia fra loro che con i dati a consuntivo disponibili, attraverso la costruzione di grafici che supportino il confronto. L'obiettivo è individuare eventuali scostamenti tra le stime e cercare di comprenderne i motivi.

Si può anticipare che i risultati del confronto fra scenari, visibili in Figura 4 e Figura 5, suggeriscono che le previsioni variano significativamente a seconda del report considerato (salvo alcune eccezioni), motivo per cui diventa necessario comparare scenari e consuntivo, in modo da evidenziare quali stime possano ritenersi affidabili: il paragrafo 2.3 si occupa di accertare le capacità di previsione di alcuni scenari, confrontandoli con il fenomeno effettivo nel periodo 2017- 2022 (per quanto riguarda stock globale di EV e relativi net savings). I risultati sono presentati in Figura 7 e Figura 8.

L'analisi suggerisce la necessità di sorvegliare l'andamento dei risparmi sulle emissioni di gas serra (GHG), al fine di comprendere se la tecnologia EV sia o meno attualmente la soluzione all'impatto ambientale proveniente dal sistema di trasporti.

La seconda parte dell'elaborato si concentra sull'impatto della singola auto elettrica, analizzandone i fattori di variabilità. In particolare, il capitolo 3 analizza come cambi l'impatto di un EV e il break-even point con un ICE a seconda delle dimensioni del veicolo, del mix energetico utilizzato per la

ricarica (approfondendo anche come varino i net savings a seconda del Paese dove si conduce l'auto) e della provenienza della batteria).

Si rivela fondamentale pesare e valutare i fattori che determinano i benefici delle auto elettriche (specialmente il mix energetico) prima di investire nella diffusione dei veicoli elettrici.

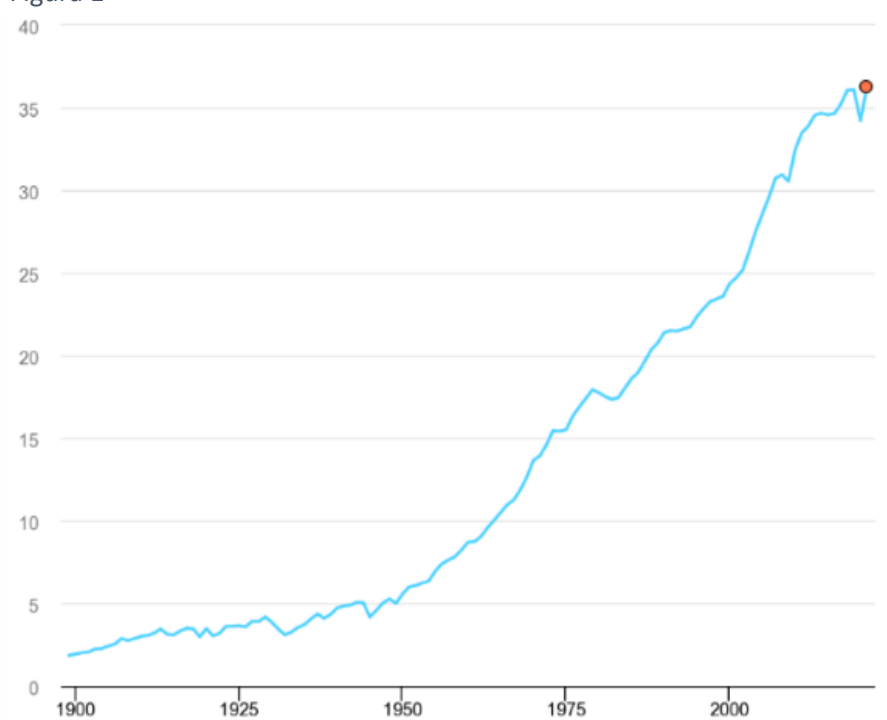
Infine, nel corso del Capitolo 4 il testo propone delle riflessioni circa la sostenibilità dei veicoli elettrici in senso lato, identificando altri impatti degli EV sull'ambiente secondo lo studio di Hawkins et. al (2012) e le ripercussioni sul contesto socioeconomico (violazioni dei diritti umani e dei lavoratori lungo le fasi di estrazione dei componenti della batteria; conseguenze sul tasso occupazionale).

1.La spinta dell'elettrico

Il cambiamento climatico e il riscaldamento globale sono argomenti all'ordine del giorno, le cui conseguenze diventano sempre più visibili ed innegabili. Come dichiara la Commissione Europea, la causa principale del fenomeno è l'effetto serra dovuto a diversi gas: l'anidride carbonica (CO₂) prodotta dalle attività umane è la maggiore responsabile (US EPA 2022).

IEA (2022a) rileva che le emissioni di CO₂, che nel 2021 hanno raggiunto 36,3 miliardi di tonnellate (Gt), sono cresciute esponenzialmente nell'ultimo secolo (si veda la Figura 1), diventa quindi fondamentale identificarne le fonti per comprendere come arginarle.

Figura 1



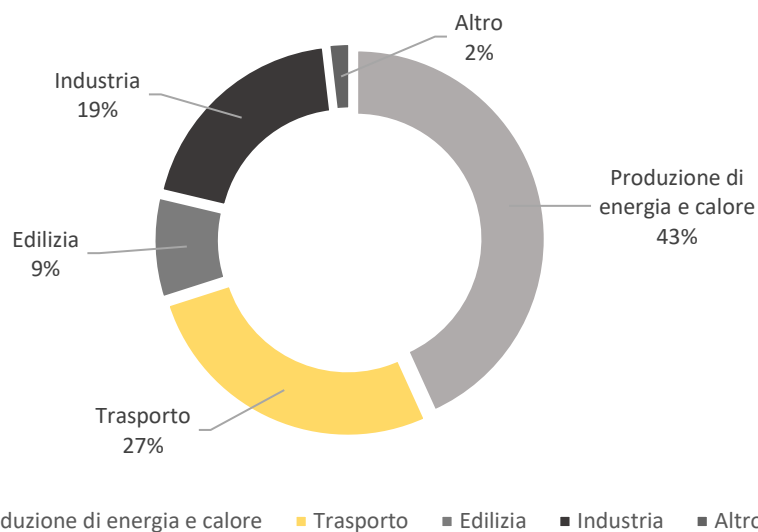
Emissioni di CO₂ dal 1900 al 2021 (dovute a processi industriali e produzione di energia).

Fonte: IEA, 2022a. *CO₂ emissions from energy combustion and industrial processes, 1900-2021* – Charts – Data & Statistics - IEA [online]. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/co2-emissions-from-energy-combustion-and-industrial-processes-1900-2021> [Data di accesso: 3 giugno 2022].

Nel 2010 le emissioni totali di CO₂ provenivano al 14% dai trasporti (US EPA, 2022). Negli ultimi 10 anni l'impatto della mobilità sull'ambiente è cresciuto: i dati forniti da IEA (2019a) identificano nel settore dei trasporti la seconda maggiore fonte di emissioni, dopo la produzione di energia e calore, essendone il responsabile per il 27%; la Figura 2 raffigura la percentuale di emissioni dovute a ciascun settore.

Figura 2

Emissioni di CO2 per settore, 2019



Elaborazione sui dati provenienti da IEA, 2019a. *Emissions by sector – Greenhouse Gas Emissions from Energy: Overview – Analysis* - IEA [online]. Disponibile su: <https://www.iea.org/reports/greenhouse-gas-emissions-from-energy-overview/emissions-by-sector> [Data di accesso: 10 giugno 2022]

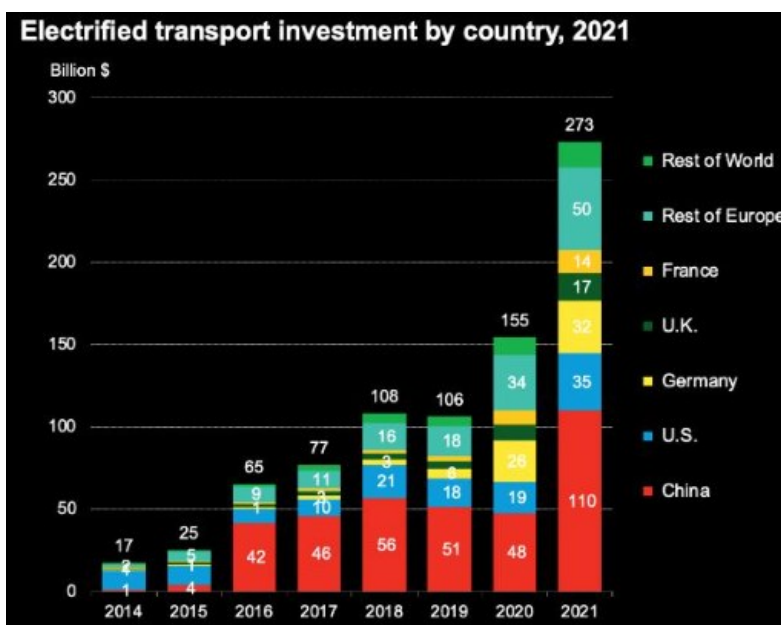
La gran parte delle emissioni dovute ai trasporti proviene dalla mobilità su strada ed in particolare dalle autovetture per il trasporto di persone (IEA 2022b). Per questo, diversi Paesi cercano soluzioni per la decarbonizzazione della mobilità al fine di ridurre l'impatto.

È bene precisare che, sebbene le auto elettriche siano indicate come l'alternativa più ecologica per spostarsi, queste vetture comportano comunque emissioni; spesso ci si riferisce agli EV come "veicolo ad emissioni zero" poiché il tubo di scarico non emette CO2: questo non significa che non ci sia alcun impatto sull'ambiente. Le fasi di produzione e smaltimento comportano emissioni, così come la ricarica del veicolo. I fattori che determinano la quantità di CO2 rilasciata verranno analizzati nel Capitolo 3.

Gli investimenti rivolti alla mobilità elettrica sono cresciuti negli ultimi anni: BloombergNEF (2022) riporta che nel 2021 a livello globale sono stati investiti 755 miliardi di dollari per decarbonizzare il settore energetico, di cui 273 miliardi di dollari sono stati spesi per veicoli elettrici ed infrastrutture di ricarica. Tali investimenti differiscono a seconda della regione considerata, come si può vedere dalla Figura 3.

L'Europa in totale ha investito 113 miliardi, circa il 41% di quanto è stato investito globalmente. La Cina si colloca al secondo posto con il 40%; la somma investita dagli Stati Uniti si avvicina a quella spesa dalla Germania singolarmente, tuttavia, a maggio 2022 Biden ha inaugurato un piano di investimento per più di 3 miliardi di dollari per la produzione domestica di batterie per veicoli elettrici, riconoscendo la necessità di decarbonizzare il settore dei trasporti, che negli USA è fonte di un terzo delle emissioni di gas serra (Newburger 2022).

Figura 3



Fonte: BloombergNEF, (2022). Electric Vehicle Spending Could Eclipse Renewables in 2022 | BloombergNEF [online]. [Consultato il 12 giugno 2022]. Disponibile da: <https://about.bnef.com/blog/electric-vehicle-spending-could-eclipse-renewables-in-2022/>

Gli investimenti nel settore si riflettono spesso in incentivi per stimolare l'acquisto di auto elettriche e in policy volte a regolare i trasporti. Di seguito sono riportate agevolazioni offerte da alcuni Paesi tra cui quelli menzionati da BloombergNEF. Le fonti, diverse a seconda dello Stato considerato, sono indicate a piè pagina¹.

Cina

In Cina, Paese con il più grande mercato di EV, i sussidi variano tra 2400 e 3300 euro (cifre convertite dal valore in yuan) a seconda del chilometraggio dell'auto; chi possiede auto elettriche è soggetto ad

¹Per Cina, Stati Uniti e UK si è fatto riferimento a Volkswagen, (2019). How electric car incentives around the world work [online]. Volkswagen Group Homepage. Disponibile su: <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/05/how-electric-car-incentives-around-the-world-work.html> [Data di accesso: 3 giugno 2022].

Per i Paesi parte dell'UE la fonte è ACEA, (2021). ELECTRIC VEHICLES: TAX BENEFITS & PURCHASE INCENTIVES In the 27 member states of the European Union (2021) [online]. ACEA - European Automobile Manufacturers' Association.

esenzioni sulle tasse e non è tenuto alle restrizioni alla circolazione applicate alle auto convenzionali nelle grandi città.

Stati Uniti

L'acquisto di un'auto elettrica intitola ad un credito d'imposta per 7500 \$ (corrispondenti circa a 7170 euro), che però sussiste solo se le vendite di auto elettriche totalizzate dal produttore sono minori di 200000 unità.

Germania

Sono previste riduzioni delle tasse ed esenzioni per i proprietari di veicoli elettrici; gli incentivi sono compresi nell'intervallo tra 7500-9000 euro, a seconda del prezzo di listino dell'auto.

Francia

I sussidi e le esenzioni dipendono dal tipo di veicolo e dalle emissioni di CO₂ per km (g CO₂/km), arrivando ad un massimo di 7000 euro di incentivo.

Spagna

Come la Francia prevede riduzioni sulle tasse e fino a 7000 euro di incentivo per le auto elettriche, mentre si arriva ad un massimo di 9000 euro per van e camion.

Regno Unito

Il Governo offre 3500 pound (pari a 4040 euro) di incentivo rivolti solo a chi acquista veicoli pure electric (sono quindi esclusi i plug-in).

Italia

Le risorse stanziare dal Governo per il 2022 ammontano a 220 milioni di euro per le auto elettriche e 225 rivolti ai plug-in (dpcm. 6/4/2022, art. 2-3). Nel 2022 si destinano 3000 euro di incentivo a chi acquista auto che emettono tra gli 0 e i 20 g CO₂/km, arrivando fino a 5000 se contestualmente si rottama un veicolo di classe inferiore a Euro 5. L'incentivo si riduce al crescere delle emissioni rilasciate al km.

In definitiva, molti Governi dimostrano di agire -con intensità diverse- per la transizione all'elettrico e "con il supporto di policy e incentivi il mercato EV si è sviluppato rapidamente" (Xue et al. 2021, p.1). Lo studio di Xue et al (2021) esplora i principali fattori che influiscono sulla diffusione delle auto elettriche in 20 diversi Paesi: il modello di regressione indaga l'impatto delle variabili indipendenti (incentivi fiscali, infrastrutture di ricarica, fattori sociodemografici) sulla quota di mercato degli EV. I risultati suggeriscono che i 3 elementi più rilevanti per la decisione d'acquisto sono la riduzione/esenzione sulle tasse, la densità dei punti di ricarica e il reddito familiare.

Il questionario proposto ad oltre 1200 cittadini europei nell'analisi di Vichez et al. (2019), invece, rileva che “il prezzo è la maggiore deterrente alle vendite” e che di conseguenza “gli incentivi all'acquisto da parte dei governi sono fondamentali nel momento in cui si considera l'acquisto di un'auto elettrica” (Op. cit, p.1)

Le cifre investite nell'elettrificazione sono ingenti, è quindi fondamentale chiedersi se le decisioni di investimento e policy siano prese con cognizione di causa: il processo decisionale talvolta può essere soggetto a distorsioni o bias. Il caso delle auto elettriche, in particolare può essere ricondotto a quello che viene definito “*pro-innovation bias*”, effetto per cui si tende ad ignorare i rischi di un'innovazione per concentrarsi invece solamente sui potenziali benefici (Vitello 2022). In questo senso il lavoro che segue indaga se le scelte di investimento abbiano basi solide e coerenti o se invece siano mosse da eccessivo entusiasmo verso la tecnologia EV.

2. Analisi e confronto

Lo scopo dell'analisi è domandarsi se le decisioni di investimento siano messe in atto con tempismo adeguato o se siano attualmente spinte dall'ottimismo.

Si confronteranno report di anni diversi (dal 2015 al 2022) provenienti da due fonti (IEA e ICCT), i quali predispongono scenari di evoluzione del parco circolante di auto elettriche, l'orizzonte temporale di riferimento è il 2030; nei report sono presentate anche stime sulla riduzione di emissioni CO₂-eq, ovvero la quantità di gas serra risparmiata utilizzando EV al posto di auto a combustione interna.

Nelle pagine che seguono si presenta una sintesi discorsiva delle ipotesi contenute nei documenti di riferimento, le stime verranno invece raggruppate in tabelle (si vedano Tabella 1, Tabella 2, Tabella 3). Sulla base dei dati si costruiranno grafici che metteranno in luce eventuali variazioni. Come anticipato, è fondamentale analizzare la basi del processo decisionale e comprendere se siano solide: i grafici riportati in Figura 4 e Figura 5, dunque, serviranno a raggruppare e confrontare le proiezioni e gli scenari evolutivi per stock di EV e net savings di CO₂, allo scopo di comprendere se le stime siano coerenti o se varino significativamente a seconda della fonte/dell'anno in cui è stato pubblicato il report.

In un secondo momento verrà considerata l'attinenza delle previsioni al fenomeno effettivo: il grafico in Figura 7 confronta le cifre stimate per lo stock globale di auto elettriche nel periodo 2017-2022 con i dati a consuntivo; in Figura 8, invece, si affiancano gli scenari per il risparmio di emissioni GHG tra il 2017 e il 2022 e la riduzione di emissioni effettivamente rilevata.

2.1 Le fonti e i documenti considerati

ICCT (International Council on Clean Transportation) è un'organizzazione no profit indipendente, nata nel 2001 e finanziata da fondazioni come ClimateWorks Foundation e dalla Commissione Europea.

Nella sua mission, la ICCT dichiara di lavorare per l'efficienza e la sostenibilità del trasporto, allo scopo di mitigare il cambiamento climatico e ridurre l'impatto sulla salute pubblica. Questa organizzazione è presa in considerazione per la stesura di politiche ambientali; infatti, riporta che negli ultimi 5 anni è stata rilevante per circa 50 policy (ICCT 2022).

Ai fini dell'analisi, verranno considerati due paper dell'ICCT: il più recente analizza le emissioni lungo il ciclo di vita e verrà ripresa nel paragrafo 3.2 per chiedersi come esse variano a seconda del Paese di riferimento; il documento del 2015 invece proietta alcuni scenari per le emissioni future dovute allo stock globale di EV.

IEA (International Energy Agency) nasce nel 1974 dopo lo shock petrolifero; questa organizzazione autonoma ha sede a Parigi ed è stata fondata da OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico). Tra i primissimi Paesi fondatori c'è l'Italia, insieme agli Stati Uniti, al Canada, al Giappone, e ad alcuni membri dell'Unione Europea. Questo istituto sorge per promuovere la crescita economica tramite il coordinamento delle politiche energetiche (IEA 2022d).

Negli anni lo scopo della International Energy Agency si estende alla sostenibilità: oggi la mission di IEA è "lavorare a fianco dei governi e dell'industria per dare forma ad un futuro energetico sicuro e sostenibile" ed essa è perseguita rendendo disponibili analisi e "raccomandando policy che migliorino l'affidabilità, l'economicità e la sostenibilità dell'energia" (IEA 2020a).

IEA crea statistiche per oltre 100 Paesi e per numerosi settori, su base mensile o annuale, raccoglie inoltre indicazioni su politiche governative in atto o pianificate, grazie alle quali è possibile comprendere come i diversi Governi perseguano i propri fini.

Nell'analisi, si farà riferimento a cinque report: i documenti coprono gli anni dal 2018 ad oggi; si tratta di prospetti sulla diffusione globale di veicoli elettrici e sulle riduzioni di emissioni well-to-wheel (WTW - ovvero si prende in considerazione l'impatto delle fasi dalla produzione di energia per alimentare il veicolo all'uso dell'auto, ma non si tiene conto di quello dovuto alla produzione del veicolo e allo smaltimento).

Di seguito vengono riassunte le ipotesi che caratterizzano gli scenari presentati nei report, al fine di agevolare la comprensione delle riflessioni presentate successivamente. In tutti i documenti sono presi in analisi sia veicoli "pure electric" (BEV) che plug-in hybrid (PHEV).

Le stime e i dati verranno principalmente raccolti nella Tabella 1.

1- Lutsey, 2015, *Global climate change mitigation potential from a transition to electric vehicles*, ICCT

Il paper analizza i potenziali benefit derivanti dalla diffusione dei veicoli elettrici leggeri con un orizzonte temporale che arriva al 2050

Gli scenari presi in analisi per stimare le riduzioni di CO₂ sono basati sul report World Energy Outlook di IEA del 2014. Essi differiscono a seconda delle emissioni attribuite alla produzione di elettricità:

- Scenario ottimista (450 scenario): il mix ha la minor carbon intensity possibile;
- Scenario centrale (middle New Policy): indicato come lo scenario più plausibile, prevede che le emissioni dovute alla produzione di energia elettrica diminuiscano -più gradualmente rispetto allo scenario precedente- contestualmente alla decarbonizzazione dei mix;
- Scenario pessimista (Business as usual o BAU): il mix di energia resta perlopiù invariato.

Il paper predispone stime sul risparmio di emissioni a seconda di 3 scenari, in modo da isolare l'effetto della transizione all'elettrico:

- Business as usual: le norme sull'efficienza dei veicoli restano invariate e il parco circolante resta composto prevalentemente da auto a combustione interna;
- Nuovi standard di efficienza per i veicoli convenzionali;
- Nuovi standard di efficienza e guida elettrica (combinati con gli scenari di decarbonizzazione del mix BAU, New policy e 450 scenario di cui sopra).

L'analisi mette in luce come gli standard di efficienza siano fondamentali, soprattutto nel breve termine, per contenere le emissioni in modo tale che non si superino i livelli del 2010; in mancanza di nuovi standard e senza transizione all'elettrico, le emissioni raddoppiano dal 2010 al 2050

2- Bieker, 2021, *A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars*, ICCT

Questo paper studia le emissioni lungo l'intero ciclo di vita per diverse tecnologie, distinguendo l'analisi per i maggiori mercati di "passenger cars": India, Cina, Europa e Stati Uniti.

Il presente elaborato si focalizza sul confronto tra impatti dovuti a veicoli a batteria (BEV), plug-in (PHEV) e auto a motore endotermico (ICE).

Uno dei risultati chiave del life cycle assessment (LCA), ossia l'analisi dell'impatto dovuto a tutte le fasi di vita del veicolo (compresi produzione e smaltimento) sottolinea che solo i veicoli a batteria elettrica e i fuel cell hanno il potenziale per soddisfare i goal dell'Accordo di Parigi (che prevede di limitare l'aumento della temperatura globale ad un massimo di 1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali.). Quindi, perché l'Accordo possa essere rispettato, le auto a combustione interna dovrebbero essere progressivamente abbandonate entro il 2030-2035.

La metodologia e i risultati del LCA verranno approfonditi nel paragrafo 3.2 e riassunti in Tabella 4.

3- IEA, *Global EV Outlook 2018*

Il testo distingue due scenari:

- New Policy Scenario (NPS), che incorpora misure già in atto e normative annunciate;
- EV30@30*, che prevede sviluppi della tecnologia e misure tali da promuovere una mobilità più sostenibile, ad esempio il miglioramento dei mezzi pubblici.

*La campagna EV30@30 è stata lanciata nel 2017 dal Clean Energy Ministerial, organizzazione dedicata alla collaborazione per l'energia pulita, di cui fanno parte Australia, Stati Uniti, Cina, Italia e altri. L'obiettivo della campagna è far raggiungere alla tecnologia EV il 30% della quota di mercato entro il 2030 (IEA 2017).

La differenza principale tra i due scenari risiede nella penetrazione di veicoli a batteria elettrica, che nel primo caso sono un terzo dello stock di auto elettriche, mentre nel secondo caso sono oltre il 60%; la maggiore presenza di BEV sarà dovuta a maggiore accesso alle infrastrutture di ricarica e a norme più rigide sul consumo di carburante.

4- IEA, *Global EV Outlook 2019*

Come nel report dell'anno precedente, gli scenari considerati sono il New Policy Scenario e EV30@30. Le ipotesi sulle norme sono le medesime (NPS si basa su policy correnti e in procinto di entrare in vigore, mentre il secondo caso presuppone norme più restrittive in tutti i Paesi, una maggiore diffusione di EV, miglioramenti della tecnologia e del mix energetico, oltre che un target di vendite del 30% per il 2030).

5- IEA, *Global EV Outlook 2020*

Il report presuppone una rapida ripresa economica in seguito alla pandemia, tale che le proiezioni degli anni precedenti restano credibili; l'economia si rialza in fretta e le ripercussioni della pandemia non sono particolarmente rilevanti per quanto riguarda la diffusione di EV.

Gli scenari in analisi sono due:

- Stated Policy scenario (STEPS), basato su politiche esistenti e target annunciati;
- Sustainable Development Scenario (SDS), che ipotizza la capacità di soddisfare i goal dell'Accordo di Parigi; come lo scenario EV30@30, SDS presuppone che nel 2030 gli EV abbiano il 30% del market share e che si agisca per la decarbonizzazione della produzione di energia, oltre che per l'efficienza dei trasporti pubblici.

I due scenari sono approfonditi nel World Energy Outlook (IEA 2020b), dove vengono specificate le ipotesi circa il mix energetico e il relativo impatto:

Stated Policies Scenario

Questo scenario presuppone che l'offerta di elettricità prodotta tramite fonti rinnovabili cresca del 5% annuo; la maggiore fonte a basse emissioni restano gli impianti idroelettrici. L'energia generata tramite la combustione di carbone resta approssimativamente stabile poiché nelle economie avanzate

l'impiego di carbone nella produzione di energia si riduce del 40%, ma questo è compensato dalla sua crescita nei Paesi in via di sviluppo. Le emissioni provenienti dal settore energetico ammontano a 13 Gt all'anno fino al 2040.

Sustainable Development Scenario

In questo scenario la domanda di elettricità diminuisce grazie alla maggiore efficienza dell'energia ed il passaggio all'elettricità "low-carbon" è più repentino: il carbone viene utilizzato fino al 50% in meno a livello globale rispetto al 2020 e l'uso di fonti rinnovabili cresce dell'8% annuo, in particolare potenziando impianti fotovoltaici ed eolici. Rinnovabili e nucleare producono 2/3 dell'energia elettrica nel 2030, anno in cui le emissioni previste a livello globale sono 8 Gt (quasi il 40% in meno rispetto al 2020). Le emissioni di CO₂ si abbassano ulteriormente fino a 3,2 Gt nel 2040.

6- IEA, *Global EV Outlook 2021*

I due scenari oggetto di studio sono gli stessi del report IEA del 2020.

Per quanto riguarda le emissioni, il report specifica che nel primo dei due casi di studio si ipotizza la riduzione del 20% di carbone utilizzato nel generare energia, mentre nel SDS questa riduzione è del 55%.

7- IEA, *Global EV Outlook 2022*

Il report specifica che nonostante esso tenga conto del conflitto Russia-Ucraina, l'imprevedibilità della sua evoluzione conferisce maggiore incertezza alle proiezioni di sviluppo del mercato.

In questo report si impostano due scenari per l'uptake della tecnologia EV:

- Stated Policy Scenario: tiene conto di policy attuali, legiferate e panificate dai governi;
- Announced Pledges Scenario, secondo cui i target di elettrificazione dei Paesi, inclusi i più recenti, sono raggiunti nelle tempistiche dichiarate; oltre alle policy annunciate si tiene conto anche degli impegni di altro genere presi dagli Stati, tra cui l'adesione alla dichiarazione COP26*.

*La dichiarazione COP26 prevede di accelerare la transizione ad auto a "zero emissioni" e completarla entro il 2040. Nel sito ufficiale aggiornato a maggio 2022 si possono vedere i Governi firmatari: Belgio, Canada, Cile, Regno Unito e molti altri; è tuttavia rilevante che mancano Italia, Stati Uniti e Cina. Oltre ai Paesi, tra i firmatari si trovano anche singole città e case produttrici come Ford, Volvo e General Motors (GOV.UK 2022).

I due casi di studio sono confrontati con i goal dell'iniziativa Net Zero Emissions entro il 2050, la quale pone target ambiziosi per raggiungere zero emissioni entro il 2050 e limitare il surriscaldamento della Terra a 1,5 C°; gli obiettivi Net Zero prevedono circa 80 milioni in più di EV presenti a livello globale nel 2030 rispetto allo scenario APS.

In questo Outlook si mette in luce come la campagna EV30@30 di alcuni anni prima sia prossima agli scenari Stated Policy ed Announced Pledges, ma sia molto lontana dai target Net Zero.

2.2 Sintesi delle stime e loro confronto

Nei paragrafi che seguono sono raccolti i dati provenienti dai documenti di cui sopra; contestualmente si aggregano le stime in grafici riassuntivi e si presentano delle riflessioni circa la loro omogeneità. La Tabella 1 funge da fonte dati per i ragionamenti successivi, in quanto riassume le stime su stock globale di EV e sul risparmio di emissioni contenute nei diversi report; Tabella 2 e Tabella 3 raggruppano invece solo alcuni dati rilevanti per l'argomento contestualmente indagato.

*Nota: tutte le considerazioni circa le emissioni negli Outlook di IEA fanno riferimento alle fasi well-to-wheel, quindi escludono la produzione (sebbene nel Global EV Outlook 2022 venga anche specificato che IEA ha analizzato l'intero ciclo di vita e constatato che gli EV permettono comunque emissioni minori del 50%, tenendo conto della fase produttiva). Inoltre, quando si parla di "emissioni risparmiate" non si fa riferimento alla sola CO₂, ma si stimano le emissioni di gas serra misurati nell'unità di misura CO₂-eq, ovvero il loro equivalente in biossido di carbonio.

Tabella 1

Fonte	anno	Scenari	Orizzonte temporale	vendite annuali in mln (o % market share)	stock globale	Mton CO ₂ risparmiata (ICE-EV)
ICCT, Nic Lutsey, Global climate change mitigation potential from a transition to electric vehicles (LDV)	2015		2020	3		
			2025	7 (8%)		
		1) BAU; 2) NPS; 3) 450	2030	15%		1) 110; 2) 125; 3) 180
			2050			1) 1400; 2) 1500; 3) 1800
IEA, Global EV outlook 2018	2018	1) NPS; 2) EV30@30	2020	1) 4	1) 13	
			2030	2) 21,5	1) 130; 2) 228	1) 121 (157 mix decarb); 2) 241 (514 mix decarb)
IEA, Global EV Outlook 2019 focus: LDV	2019	1) NPS; 2) EV30@30	2025	1) 12 (9%)	1)55	
			2030	1) 23 (15%); 2) obiettivo 30%	1) 135; 2) 250	1) 220; 2) 540
				1) 22; 2) 41	1) 129; 2) 240	1) 100 ² ; 2) 334,9 ³

²IEA, 2019b. Global EV Outlook 2019, IEA, Paris

³ IEA, 2019c. *Well-to-wheel net and avoided GHG emissions from EV fleets by mode and total GHG emissions from the transport sector in the EV30@30 Scenario* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/well-to-wheel-net-and-avoided-ghg-emissions-from-ev-fleets-by-mode-and-total-ghg-emissions-form-the-transport-sector-in-the-ev3030-scenario> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, Global EV Outlook 2020	2020	1) STEPS; 2) SDS	2025	1) 14 (10%)	1) 50; 2) 80	
			2030	1) 25 (16%); 2) obiettivo 30%	1) 140; 2) 245	1) 175; 2) 440
	focus: LDV			1) 25 (17%); 2) 45 (33%)	1) 135; 2) 240	1) 95,1 ⁴ ; 2) 288 ⁵
IEA, Global EV Outlook 2021	2021	1) STEPS; 2) SDS	2025	1) 15 (10%)		
			2030	1) 25 (15%)	1) 145; 2) 230	1) 120; 2) 410
	focus: LDV			1) 25 (17%); 2) 45 (35%)	1) 140; 2) 220	1) 74,3 ⁶ ; 2) 216 ⁷
IEA, Global EV Outlook 2022	2022	1) STEPS; 2) APS; 3) Net Zero	2025	1) 18 (13%);	2) 85; 3) 100	
			2030	1) 30 (20%); 2) 45 (33%); 3) 65 (60%)	1) 200; 2) 270; 3) 350	1) 460; 2) 530
	focus: LDV			1) 30 (20%); 2) 45 (35%); 3) 60%	1) 190; 2) 265	1) 320 ⁸ ; 2) 400 ⁹

Fonti: ICCT (2015); IEA (2018), IEA (2019b), IEA (2019c); IEA (2020c); IEA (2020d); IEA (2021a); IEA (2021a); IEA (2021b); IEA (2021c); IEA (2022c)

A piè pagina si riportano le fonti delle stime per i veicoli leggeri (LDV), che nella gran parte dei casi sono grafici disponibili online nelle overview degli Outlook, mentre nei casi in cui questi non sono disponibili, i net savings per LDV sono stati approssimati sulla base delle rappresentazioni nei report.

⁴ IEA, 2020d. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global electric vehicle fleet, 2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-electric-vehicle-fleet-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

⁵ IEA, 2020d. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global electric vehicle fleet, 2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-electric-vehicle-fleet-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

⁶ IEA, 2021b. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global electric vehicle fleet in the Stated Policies Scenario, 2020-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-electric-vehicle-fleet-in-the-stated-policies-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

⁷ IEA, 2021c. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global EV fleet in the Sustainable Development Scenario, 2020-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-ev-fleet-in-the-sustainable-development-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

⁸ IEA, 2022c. *Global EV Outlook 2022*, IEA, Paris

⁹ IEA, 2022c. *Global EV Outlook 2022*, IEA, Paris

2.2.1 Focus sui veicoli leggeri

Per riassumere e confrontare i dati sugli LDV sono stati compresi in Tabella 2 anche i veicoli leggeri ad utilità commerciale, poiché nel documento di ICCT non è specificato se siano state considerate solo passenger cars.

Global EV Outlook del 2018 non è stato considerato in quanto non fornisce una segmentazione delle emissioni a seconda del tipo di veicolo. Nel documento di ICCT non sono presenti dati sullo stock di auto elettriche al 2030: le proiezioni sulle vendite cumulative arrivano solo al 2025, ciò nonostante le stime sulla riduzione di emissioni sono riportate per il 2030.

Tabella 2

Fonte	Anno	Scenari per EV	Stock 2030 (mln)	Risparmio di CO2 previsto per il 2030 (Mton CO2)
Global climate change mitigation potential from a transition to electric vehicles	2015	1- EV+BAU		1-110
		2- EV+new policy		2-125
		3- EV+450 scenario		3-180
Global EV Outlook 2019	2019	1- NPS	1-129	1-100
		2- EV30@30	2-240	2-334,9
Global EV Outlook 2020	2020	1- STEPS	1-135	1-95,1
		2- SDS	2-240	2-288
Global EV Outlook 2021	2021	1- STEPS	1-140	1-74,3
		2- SDS	2-220	2-216
Global EV Outlook 2022	2022	1- STEPS	1-190	1-320
		2- APS	2-265	2-400

*Mentre i dati sullo stock sono basati su quanto riportato in ciascun Outlook, le stime sul risparmio di CO2 non sono mai specificate nei report IEA per i veicoli light duty. I dati in tabella sono stati ricavati dai grafici disponibili online o in quelli contenuti negli Outlook. Per specifiche sulle fonti, si vedano i riferimenti riportati in Tabella 1.

A partire dalla Tabella 2 è possibile impostare un grafico (Figura 4) che confronta le stime sui net savings di CO2 rispetto ad ICE e le proiezioni per lo stock di veicoli elettrici leggeri (LDV) presenti globalmente nel 2030

Figura 4

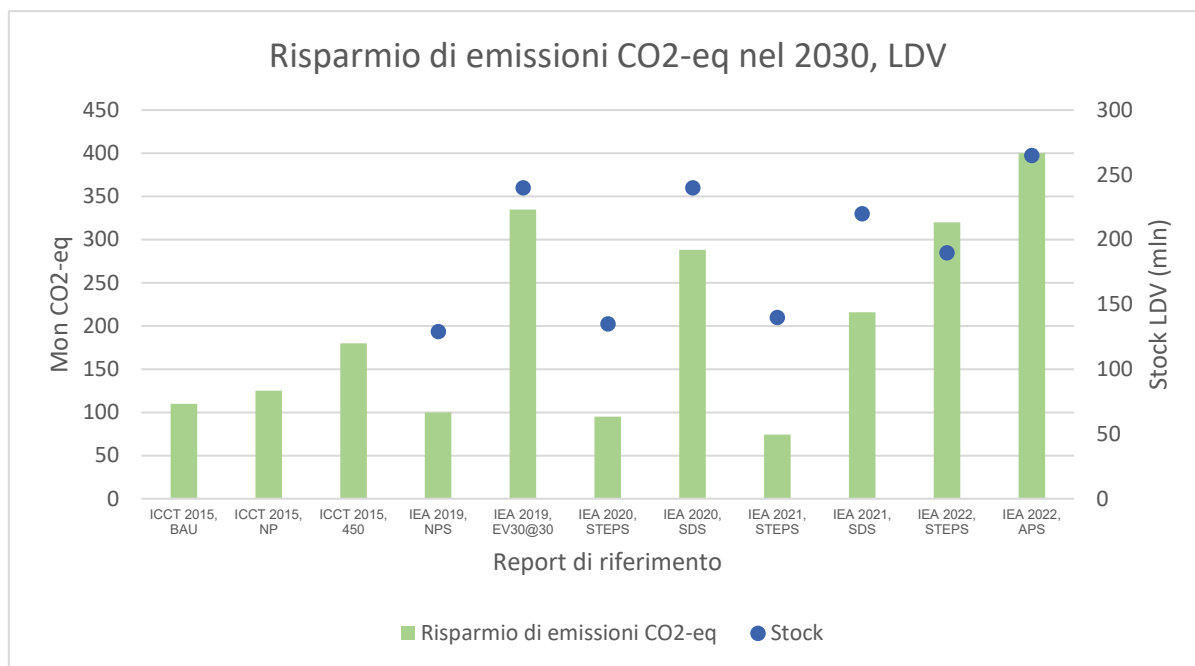


Grafico basato sui dati in Tabella 2, provenienti dalle fonti ICCT e IEA.

Le stime sul risparmio di emissioni dovuto all’implementazione di EV leggeri variano in maniera rilevante a seconda di fonte considerata e scenario: i 3 scenari di ICCT sovrastimano la riduzione rispetto agli scenari di IEA che si basano sulle politiche in atto; anche il caso Business as usual segnala un impatto minore degli EV, sebbene si basi sull’ipotesi che il mix energetico resti invariato. Questa considerazione è ancora più curiosa se si considera il fatto che IEA considera sempre le sole emissioni well-to-wheel (escludendo quindi produzione e smaltimento del prodotto), mentre le stime di ICCT si basano sull’intero ciclo di vita.

Lo scenario più ottimista di ICCT si mantiene invece al di sotto di tutti gli altri scenari ottimisti e persino dello scenario Stated Policy di IEA 2022; è bene ricordare che le considerazioni circa ICCT 2015 potrebbero essere condizionate dalle proiezioni sullo stock, che però sono esplicitate nel documento solo fino al 2025.

Rispetto ai dati provenienti da International Energy Agency si nota che la distanza fra gli stock previsti dai diversi scenari presentati in ciascun report va via via diminuendo. Inoltre, lo scenario STEPS del 2022 stima un risparmio di emissioni prossimo se non maggiore rispetto agli scenari più ottimisti degli altri anni, nonostante lo stock resti al di sotto della cifra proiettata da tali scenari.

In generale, il report del 2022 sembra essere più ottimista degli anni precedenti, non solo per i veicoli leggeri, come verrà approfondito nel paragrafo successivo.

2.2.2 Scenari per i net savings a livello globale

Nella Tabella 3 si riassumono le previsioni fornite dagli Outlook di IEA circa lo stock previsto per il 2030 e il relativo risparmio di emissioni GHG.

Tabella 3

Fonte di riferimento	Scenario	Stock nel 2030 (mln)	Emissioni risparmiate (Mton CO ₂ -eq) nel 2030	Stock effettivo (anno precedente al report (mln))	Net savings effettivi (anno precedente al report)
Global EV Outlook 2018	1-NPS 2-EV30@30	130 228	121 177 mix decarb 241 514 mix decarb	3,7	29 ¹⁰
Global EV Outlook 2019	1-NPS 2-EV30@30	135 250	220 540	5,8	39,6 ¹¹
Global EV Outlook 2020	1-STEPS 2-SDS	140 245	185 440	8	52,7 ¹²
Global EV Outlook 2021	1-STEPS 2-SDS	145 230	120 410	11,2 ¹³	51,9 ¹⁴
Global EV Outlook 2022	1-STEPS 2-APS	200 270	460 530	Quasi 18 ¹⁵	40 ¹⁶

*i dati a consuntivo sono ricavati, ove possibile, dai grafici disponibili online sulle overview degli Outlook, poiché in questo modo è possibile ottenere cifre più precise. Per dettagli sulle fonti, si vedano i riferimenti a piè pagina.

¹⁰ IEA, 2019d. *GHG emissions in the New Stated Policies Scenario, 2017-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/ghg-emissions-in-the-new-stated-policies-scenario-2017-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

¹¹ IEA, 2019c. *Well-to-wheel net and avoided GHG emissions from EV fleets by mode and total GHG emissions from the transport sector in the EV30@30 Scenario* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/well-to-wheel-net-and-avoided-ghg-emissions-from-ev-fleets-by-mode-and-total-ghg-emissions-from-the-transport-sector-in-the-ev3030-scenario> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

¹² IEA, 2020e. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global electric vehicle fleet, 2019* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-electric-vehicle-fleet-2019> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

¹³ Tutti i dati a consuntivo sullo stock globale di EV -eccetto lo stock del 2021- sono calcolati secondo IEA, 2021d. *Global electric vehicle stock by transport mode, 2010-2020* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-vehicle-stock-by-transport-mode-2010-2020> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

¹⁴ IEA, 2021c. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global EV fleet in the Sustainable Development Scenario, 2020-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-emissions-from-the-global-ev-fleet-in-the-sustainable-development-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

¹⁵ pp 99 IEA (2022c), Global EV Outlook 2022, IEA, Paris

¹⁶ pp 133 IEA (2022c), Global EV Outlook 2022, IEA, Paris

Sulla base dei report IEA, è possibile costruire un grafico (riportato in Figura 5) che confronti l'evoluzione del risparmio di CO₂ a seconda degli scenari, allo scopo di indagare se le proiezioni al 2030 siano omogenee e se gli scenari con ipotesi analoghe abbiano risultati coerenti fra loro. In questo grafico l'evoluzione dei net savings è basata su stime annuali provenienti dai grafici disponibili online nella overview dei report. Questo è stato possibile per le curve:

- IEA 2018 NPS e IEA 2018 NPS+ mix decarbonizzato¹⁷;
- IEA 2018 EV30@30 e IEA 2018 EV 30@30+ mix decarbonizzato¹⁸;
- IEA 2019 EV 30@30¹⁹;
- IEA 2021 NPS²⁰ e IEA 2021 SDS²¹.

Le altre curve, per le quali non sono disponibili precisi dati intermedi per il periodo 2017-2030, sono state costruite come relazioni lineari che collegano punto d'inizio (ovvero il risparmio di emissioni dell'anno precedente al report) e proiezione al 2030; questa scelta è stata applicata, in particolare, per le curve IEA 2019 NPS, IEA 2019 NPS, IEA 2020 STEPS ed SDS e per entrambe le curve IEA 2022. Il grafico in Figura 5 rende possibile il confronto tra tutti gli scenari IEA riguardanti l'evoluzione dei net savings di CO₂ fino al 2030 (ottenuti sottraendo le emissioni dovute agli EV a quelle dovute allo stesso numero di ICE).

¹⁷ IEA, 2019d. *GHG emissions in the New Stated Policies Scenario, 2017-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/ghg-emissions-in-the-new-stated-policies-scenario-2017-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

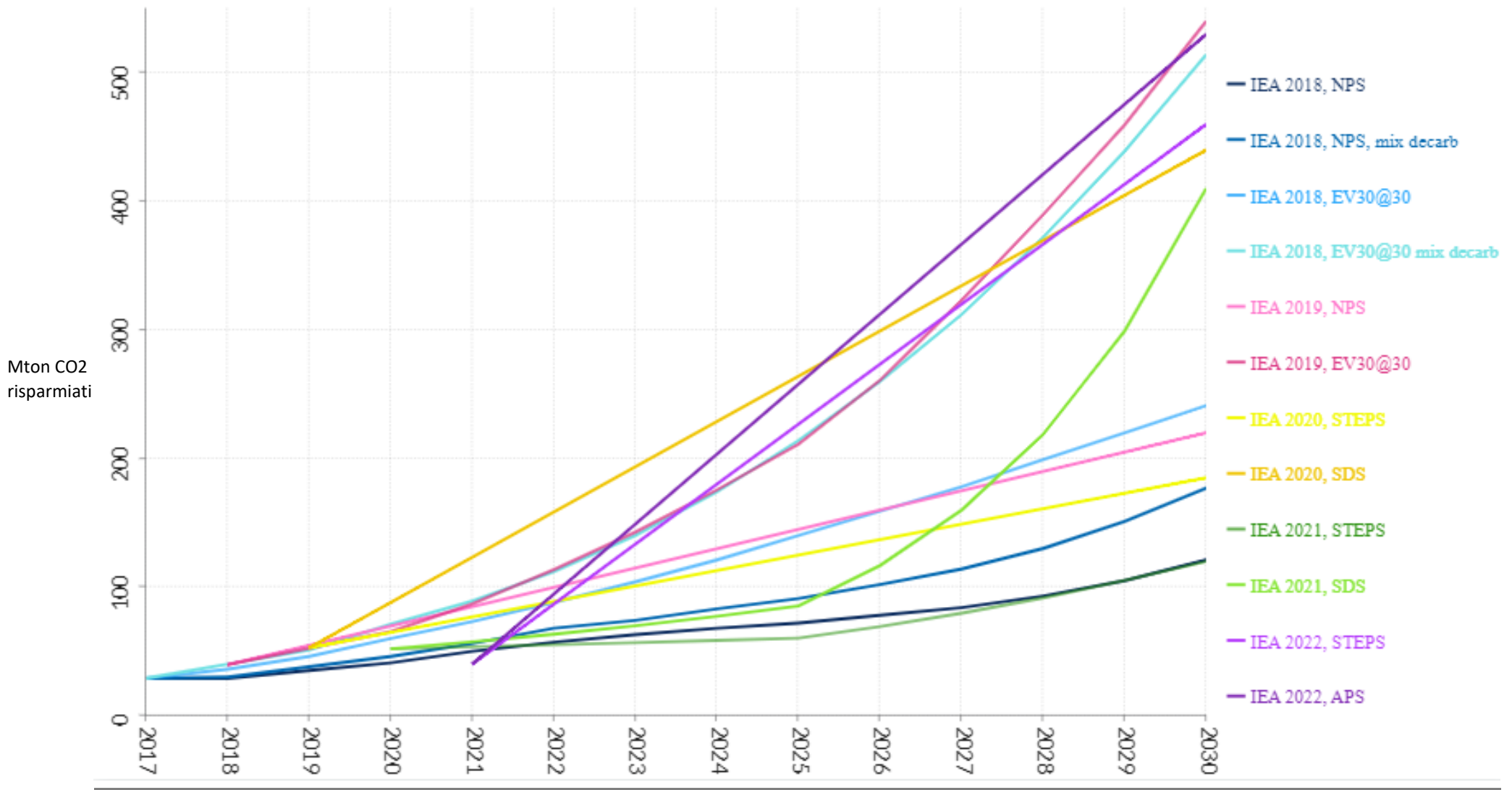
¹⁸ IEA, 2019e. *GHG emissions in the EV30@30 Scenario, 2017-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/ghg-emissions-in-the-ev3030-scenario-2017-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

¹⁹ IEA, 2019c. *Well-to-wheel net and avoided GHG emissions from EV fleets by mode and total GHG emissions from the transport sector in the EV30@30 Scenario* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/well-to-wheel-net-and-avoided-ghg-emissions-from-ev-fleets-by-mode-and-total-ghg-emissions-form-the-transport-sector-in-the-ev3030-scenario> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

²⁰ IEA, 2021b. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global electric vehicle fleet in the Stated Policies Scenario, 2020-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-electric-vehicle-fleet-in-the-stated-policies-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

²¹ IEA, 2021c. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global EV fleet in the Sustainable Development Scenario, 2020-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-ev-fleet-in-the-sustainable-development-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

Figura 5



Il grafico raffigura i dati in Tabella 1 e stime annuali ottenute dalle fonti ai riferimenti 17-18-19-20-21

Al fine di indagare la coerenza tra le stime, è utile menzionare come le curve IEA 2018 NPS (senza la decarbonizzazione del mix) e IEA 2021 STEPS seguano un andamento simile, infatti anche le emissioni dovute alla circolazione di EV sono simili (rispettivamente di 297 e 230 Mton CO₂). Lo scenario New Policies dell'Outlook 2018 si rivela quindi robusto a distanza di tre anni. È però da notare come lo scenario più positivo nel report del 2021 sia meno ottimista rispetto a qualche anno prima; infatti, anche lo scenario Sustainable Development del Global EV Outlook 2021 resta al di sotto di tutte le proiezioni degli scenari ottimisti, ad eccezione dello scenario EV30@30 2018 senza la decarbonizzazione del mix.

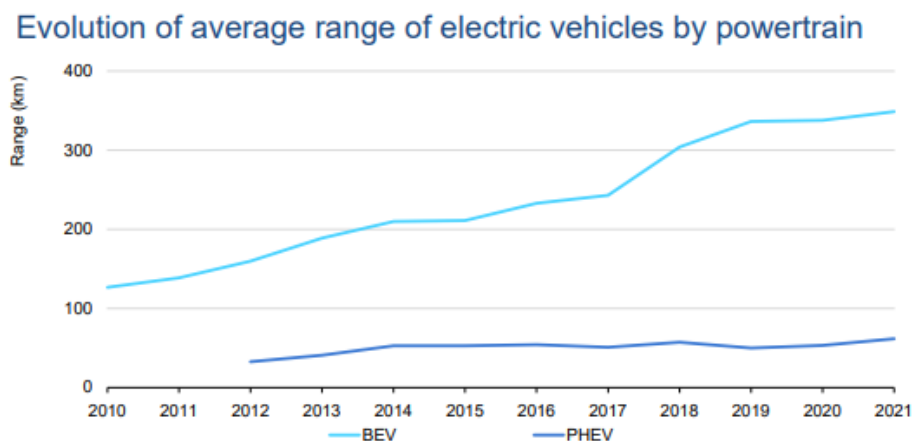
Un'altra importante considerazione è che il report del 2022 è fra i più ottimisti anche nello scenario più realistico, basato sulle politiche in atto. La curva IEA 2022 STEPS, infatti, raggiunge risultati appena al di sotto di quelli proiettati da alcuni degli scenari più ottimisti di altri anni: ad esempio IEA 2018 EV30@30 proietta 514 Mton CO₂ in meno rispetto alle emissioni dovute ad ICE, mentre IEA STEPS 2022 prevede risparmi per 460 Mton. Addirittura, la curva del 2022 sta al di sopra dello scenario più ottimista dell'Outlook del 2020 (IEA 2020, SDS), che stima net savings per 440 Mton nel 2030. L'ottimismo del report del 2022 potrebbe essere scaturito dalla crescente adozione di policy atte a ridurre l'impatto ambientale: nel report viene citato il fatto che i Governi, nel 2021, hanno adottato maggiori misure per agevolare la transizione al trasporto elettrico e hanno aumentato gli investimenti. IEA dichiara inoltre che diversi Paesi hanno implementato strumenti e norme per rafforzare le infrastrutture di ricarica sul loro territorio (IEA 2022c, p. 55-56).

Un'altra possibile spiegazione dell'approccio più positivo del 2022 è che il report è stato pubblicato dopo aver assistito ad un incremento delle vendite che ha superato la crescita degli anni precedenti: il parco circolante è passato infatti da 11 milioni di veicoli elettrici a quasi 18 milioni in un solo anno, mentre gli anni prima esso era cresciuto di circa 2 milioni all'anno, con una crescita delle vendite del 108% rispetto al 2020 (Irle 2022); questo si riflette infatti anche sulle proiezioni sullo stock, che superano le stime degli altri anni.

Infine, un altro elemento che potrebbe spiegare le stime ottimiste dell'Outlook del 2022, è l'evoluzione del prodotto: i produttori hanno reso disponibili oltre 450 modelli di auto elettrica nel 2021, cioè il 15% in più rispetto al 2020 e circa il doppio rispetto al 2018 (IEA 2022c, p. 20). Numerose case produttrici, inoltre, nel 2021 hanno dichiarato la loro intenzione di accelerare la propria transizione all'elettrico; tra queste ci sono Volvo, BMW, Toyota, Ford, Mercedes e General Motors (Op. cit, p. 35). Impegnandosi a produrre un maggior numero di auto elettriche, per i produttori diventa possibile godere di economie di scala, in questo modo il costo unitario medio diminuisce e diventa possibile praticare prezzi più contenuti. Il prezzo è attualmente la prima discriminante per l'acquisto di EV, quindi il suo decremento favorirebbe la crescita dello stock di auto elettriche. Tuttavia, un punto debole della tecnologia resta il driving range, che evolve

lentamente nel corso degli anni nonostante sia una delle discriminanti nella decisione d'acquisto (Op. cit, p. 22).

Figura 6



Fonte: IEA (2022), Global EV Outlook 2022, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>

2.3 Stime e consuntivo a confronto

Questo paragrafo compara le proiezioni con i dati effettivamente rilevati successivamente alla pubblicazione del report; tenuto conto che gli EV Outlook considerati sono stati pubblicati a partire dal 2018 è possibile mettere a confronto con il consuntivo i seguenti documenti: Global EV Outlook 2018 e Global EV Outlook 2021. I report del 2019 e del 2020 non fanno parte dell'analisi in quanto non sono disponibili stime annuali per tutti gli scenari, senza le quali un confronto su un periodo così ristretto si rivela inutile.

Il grafico in Figura 7 confronta le sole proiezioni circa lo stock globale di veicoli elettrici, ricavando i dati annuali dalle fonti indicate a piè di pagina²²; la Figura 8, invece, esamina analogie o differenze tra stime sui net savings di CO2 e risparmi di emissioni a consuntivo.

²² Fonti stime sullo stock:

- IEA, 2019f. Global EV deployment to 2030 in the EV30@30 Scenario, 2017-2030 [online]., IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ev-deployment-to-2030-in-the-ev3030-scenario-2017-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]
- IEA, 2019g. Global EV deployment in the New Policies Scenario, 2017-2030 [online]. IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ev-deployment-in-the-new-policies-scenario-2017-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]
- IEA, 2021e. Global EV stock by mode in the Stated Policies Scenario, 2020-2030 [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ev-stock-by-mode-in-the-stated-policies-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]
- IEA, 2021f. Global EV stock by mode in the Sustainable Development Scenario, 2020-2030 [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ev-stock-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

Figura 7

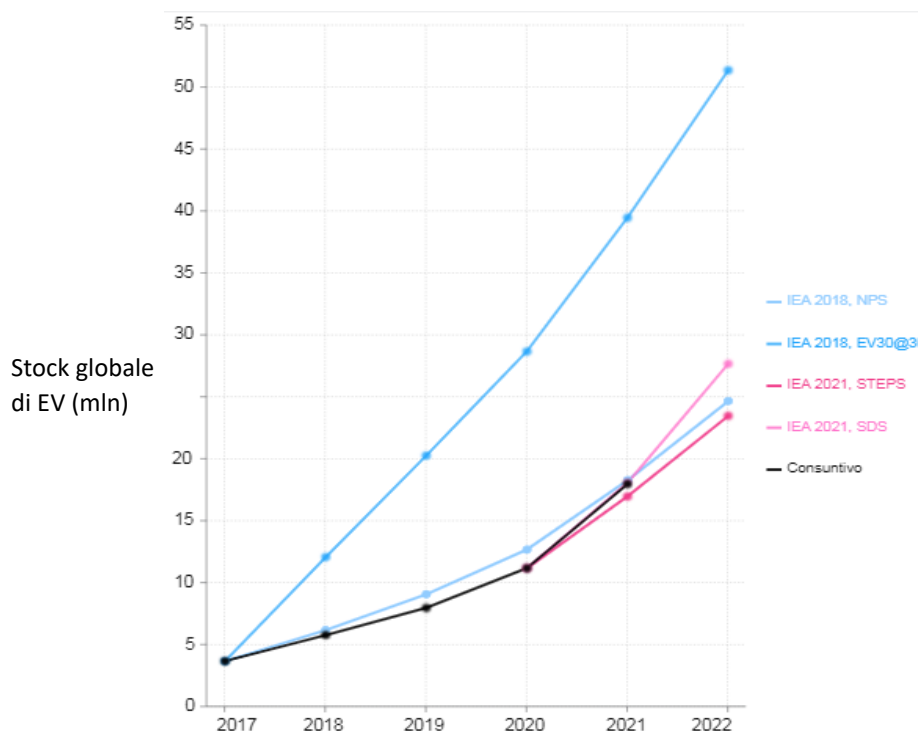


Grafico basato sui dati IEA riportate al riferimento 22

Per quanto concerne le stime sullo stock nel periodo 2017-2021, si può notare come lo scenario EV30@30 proposto da IEA nel report del 2018 si riveli ben al di sopra dei dati a consuntivo. Gli altri scenari, invece, sono approssimativamente in linea con lo stock effettivo. Lo scorso anno si è assistito ad un'impennata nella crescita delle vendite, tuttavia EV-Volumes, il data center su cui la stessa International Energy Agency basa alcune delle sue osservazioni, afferma che è previsto che il tasso di crescita torni a livelli normali (Irle 2022).

La traiettoria proposta dallo scenario Sustainable Development nel Global EV Outlook del 2021 sembra per ora essere fedele al fenomeno effettivo. Un fatto a cui prestare attenzione è che le stime del 2018 (IEA 2018, NPS) sono prossime alla traiettoria effettiva delle vendite dei tre anni successivi nonostante l'avvento della pandemia: ad esempio per lo scorso anno l'Outlook del 2018 proiettava uno stock globale di 18,1 mln di EV, stima che si avvicina allo stock effettivo (appena al di sotto di 18 milioni).

Diventa quindi interessante chiedersi se questo scenario sia coerente con la realtà anche per quanto riguarda le emissioni: il grafico in Figura 8 riprende quanto già visto nel paragrafo 2.2.2 sul risparmio di emissioni, guardando però il periodo 2017-2021 nello specifico. Le fonti di riferimento restano le medesime della Tabella 1.

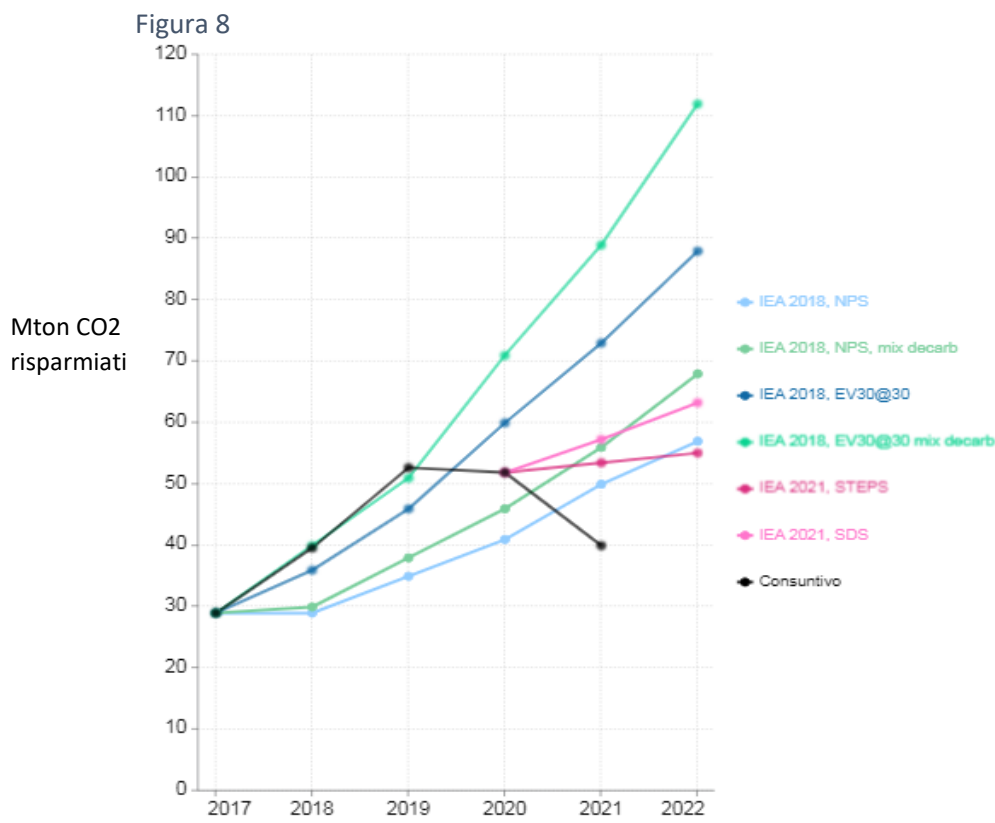


Grafico basato sui dati IEA riportati ai riferimenti 17-18-20-21

Il grafico in Figura 8 mette a confronto le traiettorie previste dai report e cifre effettive rispetto al risparmio di emissioni di gas serra.

Ciò che salta all'occhio è la contrazione dei net savings CO₂-eq dovuti ai veicoli elettrici negli ultimi due anni, nonostante gli EV in circolazione siano aumentati rispetto al 2020. La traiettoria della curva del consuntivo, che sembrava seguire l'andamento delle proiezioni più ottimiste del 2018, subisce un cambiamento di rotta che la allontana da tutte le stime. Il fenomeno potrebbe essere legato al Covid-19; a riguardo è bene notare che l'allontanamento dalle stime del 2018 è lecito (la pandemia è un evento che difficilmente poteva essere previsto). Salta però all'occhio che le stime formulate *dopo* l'arrivo del virus sono comunque ottimiste e si allontanano dalle cifre reali (persino per quanto riguarda l'anno stesso di pubblicazione: IEA 2021 STEPS proietta un risparmio di 53,5 Mton CO₂-eq nel 2021, mentre i net savings a consuntivo sono 40 Mton CO₂-eq).

Dato che gli investimenti nella tecnologia sono ingenti e atti a ridurre l'impatto, negli anni a venire si dovrebbe prestare attenzione al risparmio effettivo di emissioni rispetto agli ICE, per indagare se questo torni ad aumentare o se invece stia decrescendo. L'impatto ambientale dovuto ai veicoli elettrici, infatti, non è una cifra fissa ma cambia a seconda di diversi fattori, alcuni dei quali verranno trattati nel capitolo 3.

3. Fattori di variabilità delle emissioni

Le emissioni GHG di un veicolo cambiano a seconda di diversi fattori. I report IEA hanno già anticipato che il mix energetico incide sulla quantità di gas serra emessi.

Dato che lo scopo primario dell'elettrificazione è ridurre l'impatto sull'ambiente ed arginare il cambiamento climatico, è fondamentale tenere sempre in considerazione la variabilità a cui sono soggette le emissioni provenienti da un EV.

Sebbene Toyota si impegni da anni per la decarbonizzazione, Akio Toyoda nel 2020 mise in guardia rispetto ai danni che una prematura transizione all'elettrico potrebbe causare (Il Fatto Quotidiano 2020). Toyoda affermò che il reale impatto di un'auto elettrica è molto lontano dallo zero per via delle emissioni derivanti dalla produzione di elettricità: se questa non è carbon neutral, la diffusione di veicoli elettrici rischia di peggiorare l'impatto. Si comprende quindi che, se la transizione all'elettrico non è preceduta da provvedimenti circa il mix energetico, l'ambiente potrebbe risentirne. Le decisioni di investimento negli EV dovrebbero tenere conto dei fattori (tra cui il mix) che determinano l'impatto dell'auto elettrica, approfonditi nei paragrafi seguenti.

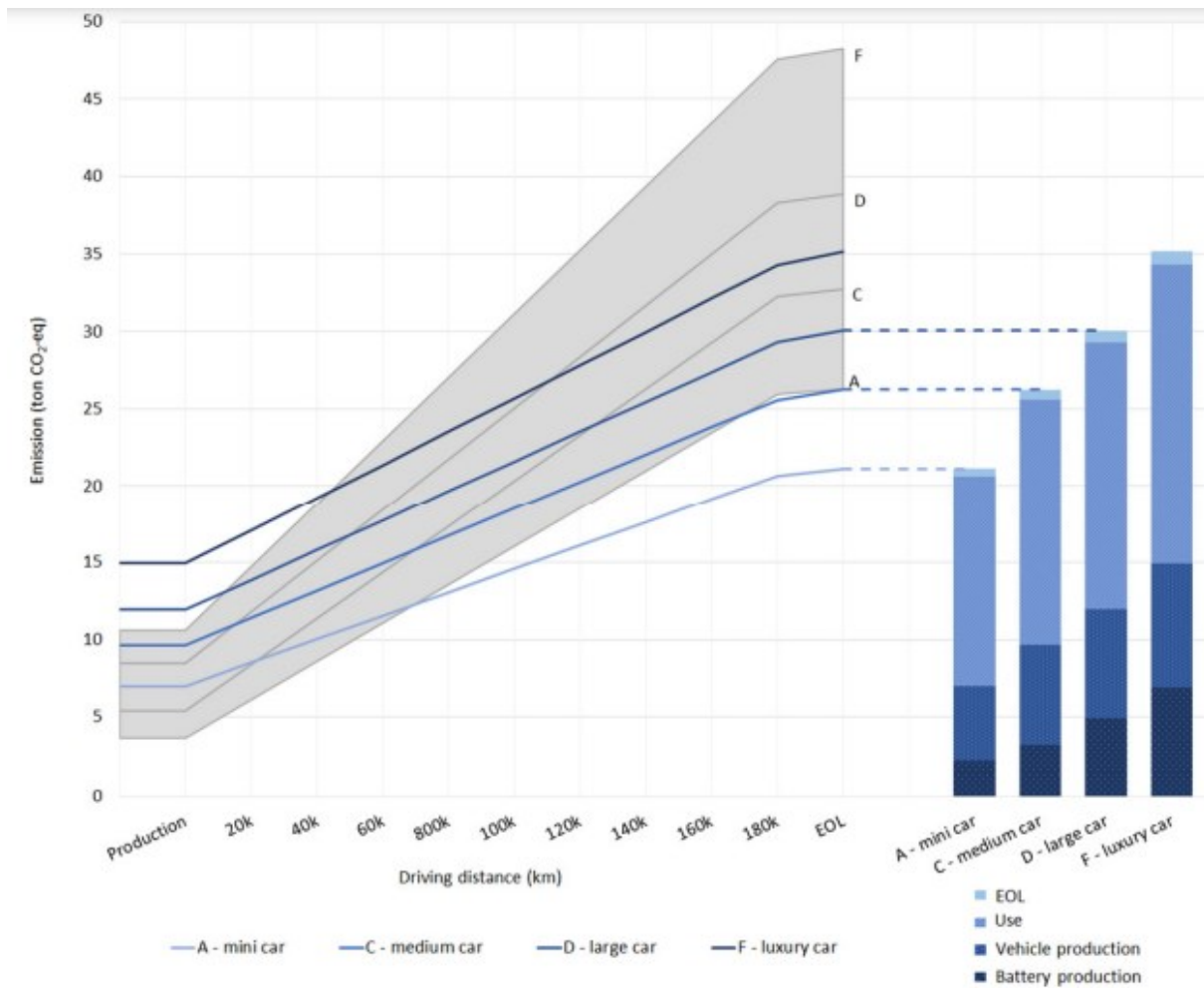
3.1 Le dimensioni del veicolo

Lo studio di Ellingsen, Singh e Strømman (2016) analizza come cambino le emissioni "cradle-to-grave" (lungo l'intero ciclo di vita) al variare delle dimensioni della batteria e della composizione del mix energetico

Per quanto riguarda la dimensione della batteria, lo studio considera 4 segmenti di veicoli, la cui batteria ha dimensioni crescenti: minicar, auto di medie dimensioni, auto grandi e auto di lusso. Per studiare come vari l'impatto a seconda delle dimensioni è stato ipotizzato che l'auto elettrica venga ricaricata con il mix europeo ($521 \text{ g CO}_2 \text{ kWh}^{-1}$).

La Figura 9 riporta le emissioni di gas serra: le linee blu rappresentano l'impatto di auto elettriche di diverse dimensioni, mentre la fascia in grigio raffigura le emissioni dovute a veicoli convenzionali. Il grafico a barre rappresenta invece l'impatto delle varie fasi di vita dell'auto, dimostrando che maggiore è la batteria maggiori sono le emissioni.

Figura 9



Fonte: Ellingsen, L. A., Strømman, A. H., Singh, B. (2016). *The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles*. Environmental Research.

È possibile distinguere il break-even point tra le due tecnologie per ciascun segmento: in questo caso si riconosce che le auto di dimensioni maggiori, riescono a compensare prima l’impatto dovuto alla fase produttiva; inoltre, le auto grandi e di lusso sono le più efficienti in quanto sono quelle che più si allontanano dalle emissioni prodotte da ICE dello stesso segmento.

Il confronto tra tecnologie e segmenti suggerisce anche che il massimo beneficio in termini di net savings è ottenibile sostituendo un’auto a benzina di lusso con una minicar elettrica.

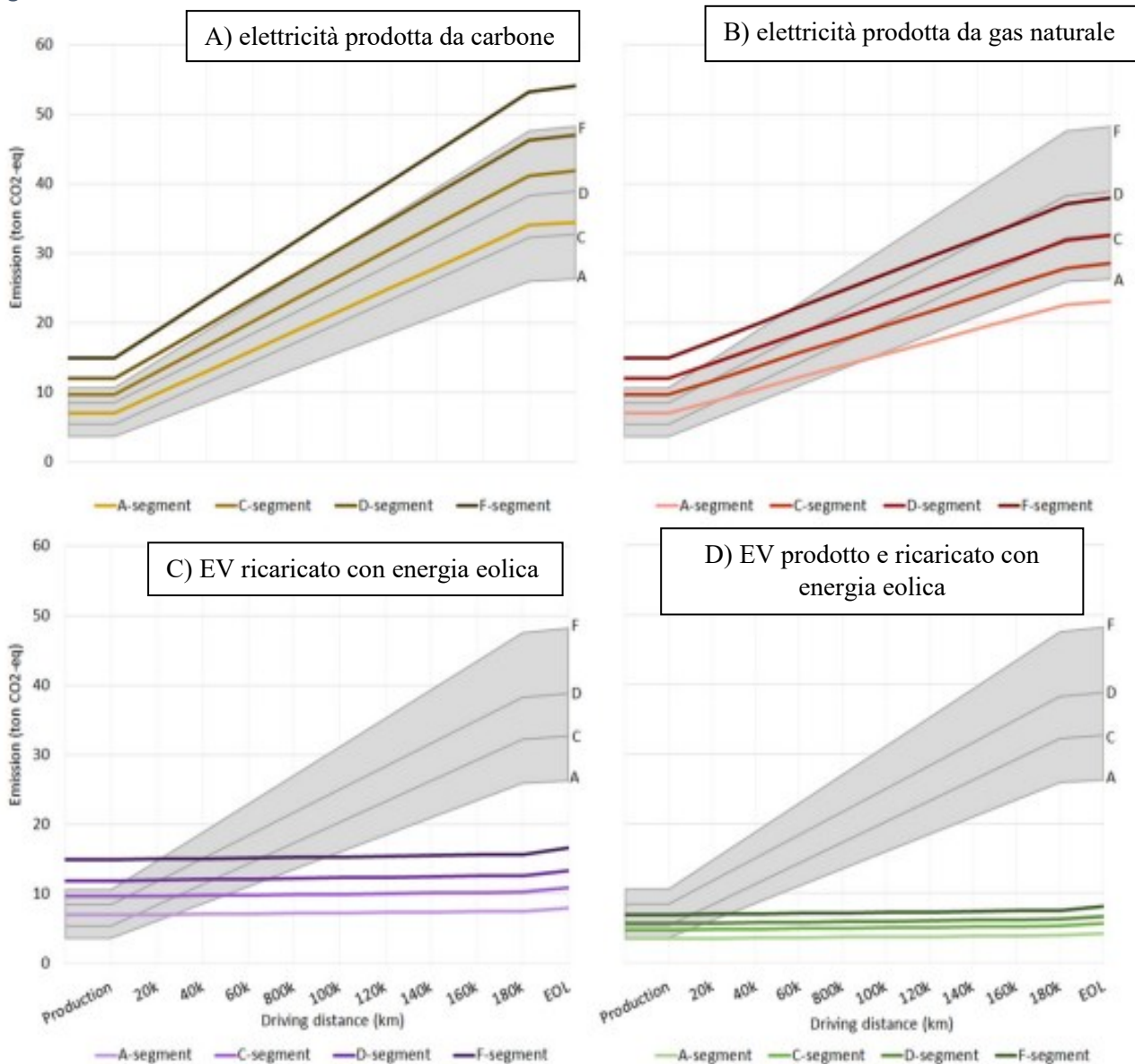
Più in generale il grafico mostra che l’impatto di EV è maggiore nelle fasi produttive (l’intercetta è sempre al di sopra di quella di ICE corrispondenti), ma questo è compensato durante l’uso del veicolo: la pendenza delle rette delle auto elettriche è minore rispetto a quella delle auto convenzionali.

3.2 Il mix energetico e il Paese di riferimento

Come dichiarato da Toyota, la maggiore discriminante per la sostenibilità di EV è il mix di energia utilizzato per produrre la batteria e ricaricare il veicolo.

L'analisi di sensitività (Figura 10) permette di capire in che modo la carbon intensity del mix influisca sulle emissioni di un'auto. Ellingsen, Singh e Strømman (2016) studiano l'impatto a seconda che l'auto venga ricaricata con elettricità prodotta da carbone ($1029 \text{ g CO}_2\text{-eq kWh}^{-1}$), gas naturale ($595 \text{ g CO}_2\text{-eq kWh}^{-1}$) -composto prevalentemente da metano- o energia eolica ($21 \text{ g CO}_2\text{-eq kWh}^{-1}$). Un quarto caso considerato è quello in cui l'elettricità utilizzata proviene da impianti eolici non solo nella fase di utilizzo del veicolo, ma anche durante la produzione di auto e batteria ($17 \text{ g CO}_2\text{-eq kWh}^{-1}$). Si considerano i 4 segmenti visti precedentemente.

Figura 10



Fonte: Ellingsen, L. A., Strømman, A. H., Singh, B. (2016). *The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles*. Environmental Research.

Il caso A) raffigura le emissioni dovute ad un mix ad alta carbon intensity, le auto elettriche emettono tra il 12-31% in più degli ICE in ciascun segmento.

Nel caso B) l'elettricità viene generata con gas naturale; in questo caso le emissioni dovute agli EV stanno sempre al di sotto di quelle provenienti da auto convenzionali.

Nei casi C e D l'auto non comporta emissioni rilevanti durante l'utilizzo: le rette sono parallele all'asse delle ascisse salvo un lieve incremento nella fase di smaltimento (EOL). Se anche la batteria è prodotta con energia eolica, le emissioni totali non superano le 10 tonnellate di CO₂-eq a prescindere dal segmento.

Il mix energetico, che è stato dimostrato essere il principale fattore che influenza le emissioni, cambia in modo rilevante a seconda del Paese considerato: in alcune zone la produzione di energia ha un impatto contenuto grazie all'uso di fonti rinnovabili di energia, mentre in altre il mix ha una elevata carbon intensity. Dato che lo Stato dove si conduce e ricarica l'EV rappresenta una proxy del mix, è utile considerare dove ci si trova per poter ritenere un'auto elettrica eco-compatibile o meno.

Il paper di Bieker (2021) analizza le emissioni di gas serra lungo l'intero ciclo di vita di diversi tipi di passenger cars tra cui BEV e ibridi plug-in, comparati sia con auto a benzina che diesel. Lo studio include un confronto fra emissioni dovute ai veicoli registrati nel 2021 e quelle degli EV che si prevede verranno registrati nel 2030: per proiettare le emissioni future, il paper si basa sulle medesime ipotesi che distinguono gli scenari STEPS ed SDS proposti da IEA nel World Energy Outlook del 2020, già ripresi nei capitoli precedenti (si veda p. 13).

L'impatto di un'auto elettrica è analizzato, grazie a dati sull'uso reale di carburante ed elettricità, per ciascuno dei maggiori mercati per gli EV: Europa, Cina, Stati Uniti ed India. In Tabella 4 sono riportate le percentuali di emissioni GHG risparmiate da un'auto elettrica rispetto a una a benzina nel 2021 e nel 2030, al fine di sottolineare come esse varino tra Paesi e nel tempo. Le percentuali sono calcolate sulla base dell'impatto al km attribuito alle rispettive tecnologie.

Tabella 4

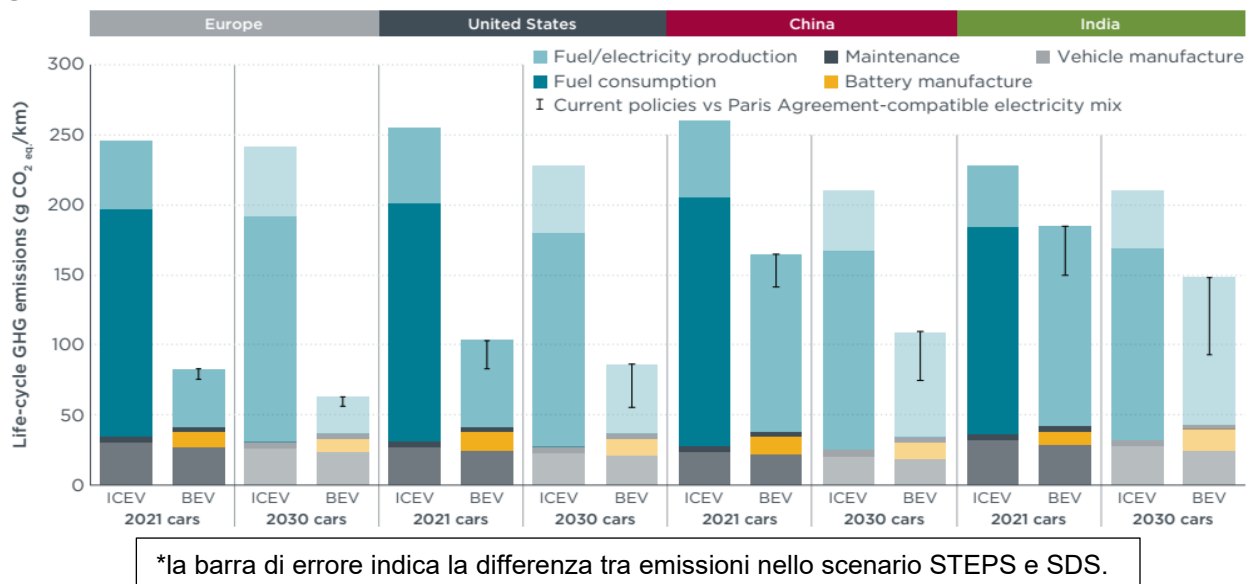
Paese	veicolo	2021, STEPS	2021, SDS	2030, STEPS	2030, SDS
Stati Uniti	PHEV	35%	46%	35-42%	47-51%
	BEV	57%	68%	61%	76%
Cina	PHEV	8%	14%	Nessun beneficio	Nessun beneficio
	BEV	34-42%	44-46%	46-52%	64-67%
Europa	PHEV	25%	31%	34%	40%
	BEV	63%	69%	71%	77%
India	BEV	19-38%	38-49%	30-45%	56-63%

*Nel paper, per l'India, non vengono presentate le emissioni riguardanti i PHEV.

È utile chiarire che i PHEV, negli Stati Uniti, sono prevalentemente ricaricati con energia elettrica, per cui essi permettono maggiori risparmi sulle emissioni. In Cina, invece, i PHEV sono alimentati soprattutto a carburante, poiché l'autonomia di guida è minore se si usa elettricità. Per quanto riguarda i PHEV si nota che in nessun Paese la tecnologia evolve in maniera rilevante: i benefici restano perlopiù invariati e sono discreti rispetto a quelli permessi da veicoli a batteria elettrica.

Rispetto ai BEV si nota che i net savings di CO2 sono maggiori negli Stati Uniti, dove le auto a benzina consumano una maggior quantità di carburante. Per tutti i Paesi i benefici derivanti dall'uso dei BEV aumentano nel tempo, mentre per i veicoli a benzina non è prevista alcuna evoluzione che permetta di ridurre sensibilmente le emissioni. Alla luce di queste considerazioni, il report presenta un confronto tra emissioni lungo il ciclo di vita di BEV e ICE per i diversi Paesi.

Figura 11



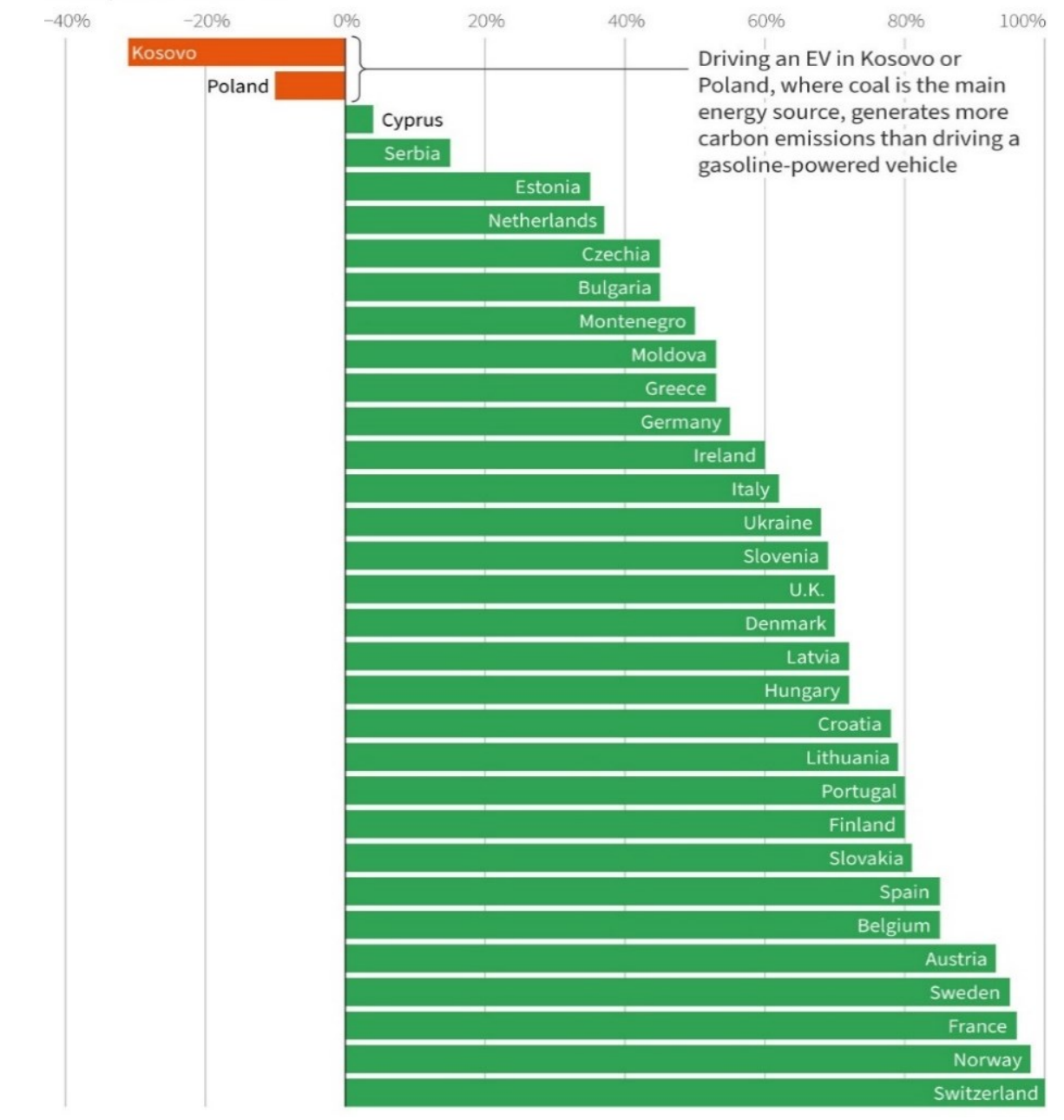
Fonte: Bieker, 2021. *A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars*. ICCT

Sebbene i veicoli elettrici permettano di ridurre la quantità di gas serra emessi rispetto alle auto a benzina, i BEV hanno emissioni tutt'altro che nulle: in Cina e India, Paesi dove l'energia è prodotta soprattutto bruciando carbone, il risparmio di CO2 è molto minore rispetto ad Europa e Stati Uniti.

Le emissioni di un'auto elettrica variano anche tra Stati Europei: Waldersee e Levine (2021) sottolineano che in Polonia ed in Kosovo usare un'auto elettrica crea maggiori emissioni di CO2 rispetto ad un'auto convenzionale, mentre in Norvegia e Svizzera lo stesso veicolo consente di risparmiare quasi il 100% di CO2 emessa da un ICE, grazie al fatto che l'elettricità è in gran parte generata da nucleare e idroelettrico. Gli altri Paesi consentono un risparmio sulle emissioni, in alcuni casi molto rilevante, in altri decisamente poco significativo.

La Figura 12 riporta i net savings di CO2 presentati dagli autori per diversi Stati.

Figura 12



Fonte: Waldersee, V., & Levine, A. J., 2021. *Is your electric car as eco-friendly as you thought?* [online]. Reuters. Disponibile su: <https://www.reuters.com/business/cop/is-your-electric-car-eco-friendly-you-thought-2021-11-10/> [Data di accesso: 15 giugno 2022].

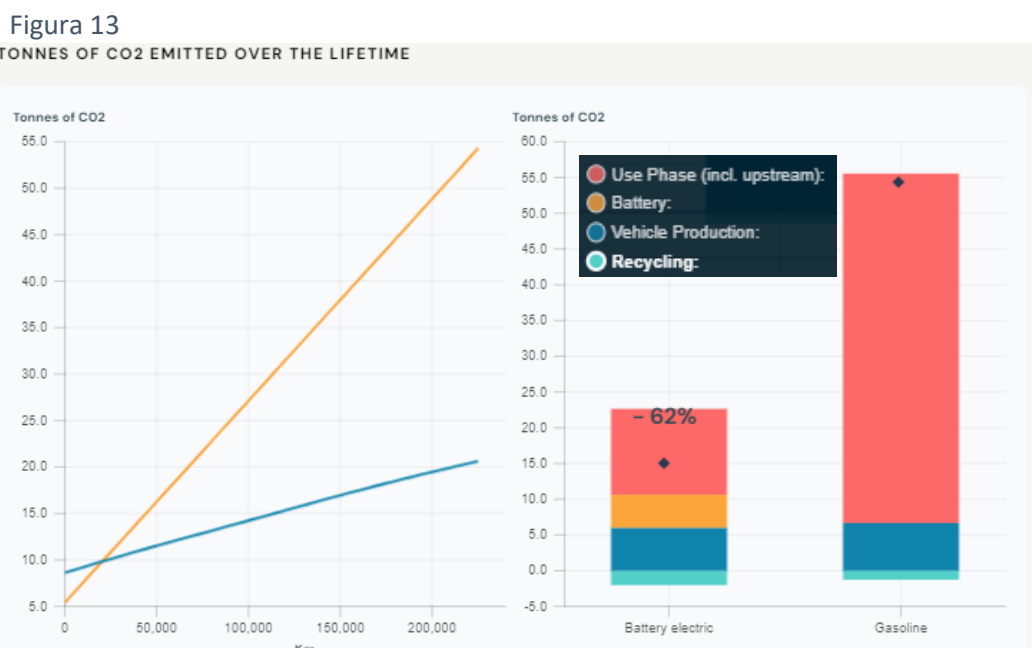
In Stati come Germania e Spagna, dove fonti rinnovabili eoliche e fotovoltaiche non permettono di immagazzinare l'energia generata, la quantità di CO2 risparmiata dipende dal momento del giorno in cui l'auto viene ricaricata: di notte la gran parte di elettricità è prodotta tramite uso di carbone. L'articolo (Id.) riporta quanto varino le emissioni se il veicolo è ricaricato nel momento ideale tramite fonti rinnovabili o se viceversa la ricarica sia effettuata nelle parti del giorno in cui il mix utilizza la maggior percentuale di carbone: per il Montenegro si tratta di una variazione del 46,9%; per Italia, Spagna, Germania e Svezia si tratta di percentuali tra 16-18%.

3.3 Come cambia l'impatto in Italia a seconda di com'è stata prodotta la batteria

Questo paragrafo tratta un ultimo fattore di variabilità: si indaga come cambia l'impatto di un'auto elettrica guidata e ricaricata in Italia a seconda di com'è stata prodotta la batteria. T&E, organizzazione non governativa che promuove la mobilità sostenibile in Europa (Transport&Environment 2022), ha sviluppato uno strumento che consente di confrontare le emissioni di CO₂ lungo il ciclo di vita di un'auto elettrica con auto a benzina/diesel o ibride; per determinare le emissioni è possibile scegliere il Paese dove si guida (e quindi il mix di elettricità utilizzato), dimensioni dell'auto e modalità di produzione della batteria. Nei paragrafi precedenti sono state analizzate le prime due dimensioni, ci si concentra ora su come la produzione della batteria influenzi le emissioni ed il break-even con un'auto a benzina, ipotizzando di guidare in Italia un veicolo elettrico di medie dimensioni immatricolato nel 2022. T&E consente di impostare le seguenti ipotesi per la batteria: 1) viene prodotta utilizzando con un mix energetico che rappresenta la media europea; 2) viene prodotta in Svezia, Paese che usa prevalentemente fonti low-carbon per generare elettricità; 3) la batteria proviene dalla Germania, dove il mix è composto sia da fonti rinnovabili che da carbone; 4) la batteria è prodotta in Cina, dove l'energia è generata in gran parte con la combustione di carbone. Le rappresentazioni in Figura 13, Figura 14, Figura 15, Figura 16 -ricavate dallo strumento di T&E al link <https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/> -riportano la traiettoria delle emissioni lungo il ciclo di vita (sia per BEV che ICE), la percentuale di CO₂ risparmiata rispetto a ICE e la quantità di emissioni dovuta alle diverse fasi di vita del veicolo, distinguibile secondo la legenda riportata per ciascuna immagine.

Caso 1: batteria prodotta con il mix EU Average

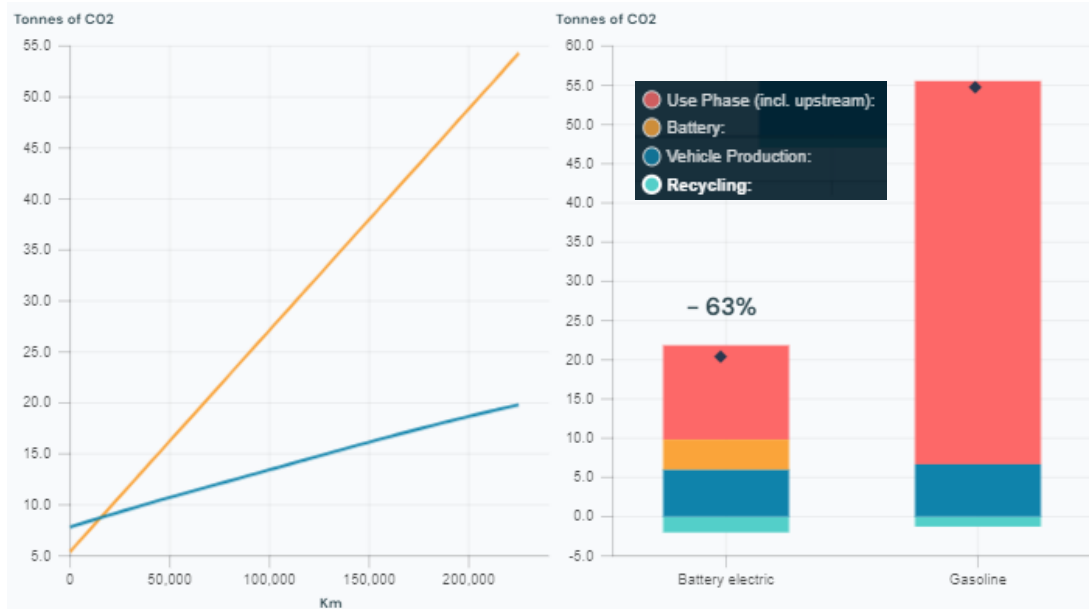
Le emissioni del BEV ammontano a 92 g CO₂/km, per un totale di circa 18,6 tonnellate lungo il ciclo di vita (ipotizzando un chilometraggio totale di 180000 km). Un'auto a benzina dello stesso segmento emette, a parità di km percorsi, 44,8 ton CO₂. Il break-even avviene dopo 18500 km.



Caso 2: batteria proveniente dalla Svezia

Se la batteria è stata prodotta in Svezia, vengono emessi 88 g CO₂/km; in totale l'auto elettrica emette 17,8 ton CO₂: 34,5 tonnellate in meno rispetto all'auto a benzina. Come nel caso 1, il BEV inizia ad emettere meno dell'ICE circa a 18500 km.

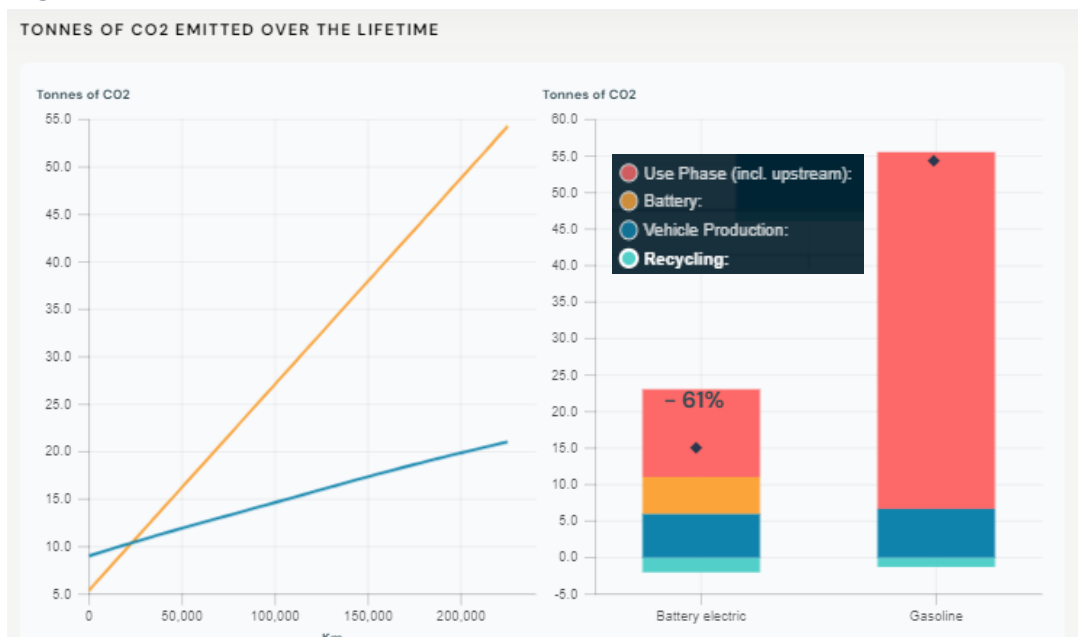
Figura 14



Caso 3: la batteria è stata prodotta in Germania

In questo caso le emissioni sono leggermente superiori ai due casi precedenti (94 g CO₂/km), per un totale di 19 ton CO₂, ossa il 61% in meno rispetto all'ICE. Il break-even avviene intorno ai 25000 km.

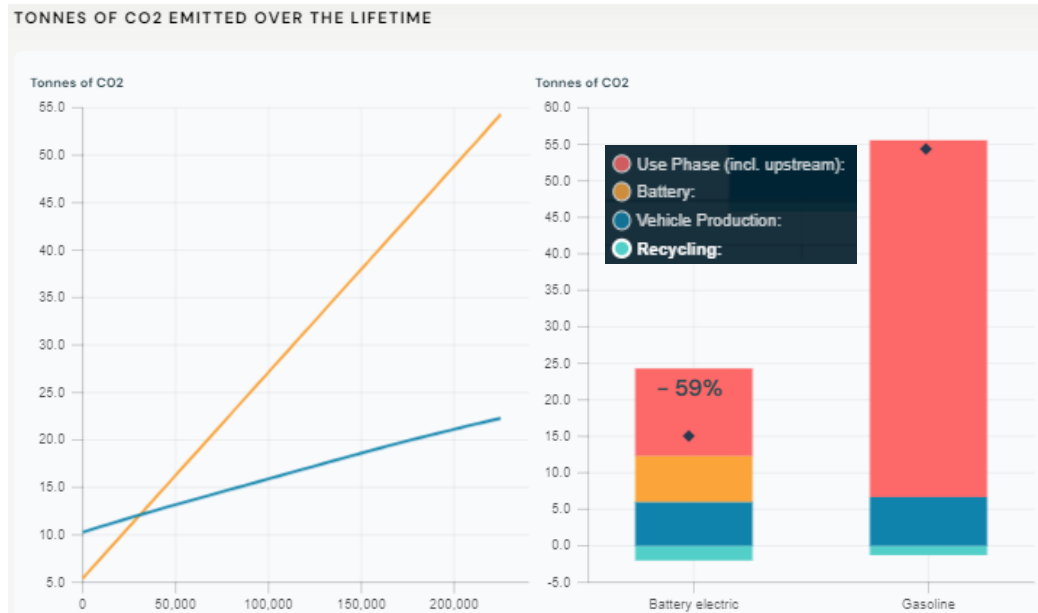
Figura 15



Caso 4: la batteria proviene dalla Cina

In questo caso le emissioni al km sono di 99 g CO₂; in totale l'auto elettrica emetterà 20,2 tonnellate di biossido di carbonio. Il break-even con l'auto a benzina avviene circa dopo aver percorso circa 30000 km.

Figura 16



Il confronto è stato effettuato per auto di segmenti diversi (piccole e grandi dimensioni, chilometraggio elevato, executive), trovando risultati analoghi: si calcola uno scostamento massimo di circa 4 tonnellate di CO₂ tra caso migliore (Svezia) e caso peggiore (Cina). Gli scostamenti maggiori tra i due scenari sono stati riscontrati nei segmenti Executive e per le auto ad alto chilometraggio.

Quanto emerge dai confronti di cui sopra è che a prescindere dal mix utilizzato per produrre la batteria, oltre i 30000 km le auto elettriche generano sempre un significativo risparmio sulle emissioni rispetto agli ICE.

4. Auto elettrica, oltre le emissioni

Finora si è parlato di sostenibilità riferendosi a CO₂ e gas serra, ma l'impatto di un'auto elettrica non consiste solo nel potenziale di riscaldamento globale (dovuto alle emissioni GHG): questo capitolo descrive brevemente gli altri effetti -ambientali e non- delle auto elettriche.

Conseguenze ambientali

Hawkins et al. (2012) analizza i seguenti impatti lungo il ciclo di vita di BEV e ICE:

- Potenziale di riscaldamento globale (GWP)
- Acidificazione del suolo (TAP);
- Formazione di particolato (PMFP);
- Formazione di ozono fotochimico (POFP), che contribuisce alla creazione di smog;
- Potenziale di tossicità umana (HTP) dovuto ad emissioni di sostanze dannose come ossido di azoto e di zolfo;
- Ecotossicità di acque (FETP) e terreno (TETP);
- Eutrofizzazione (FEP), effetto per cui sono immesse nell'acqua sostanze che danneggiano la fauna e la flora;
- Esaurimento delle risorse minerarie (MDP) e fossili (FDP).

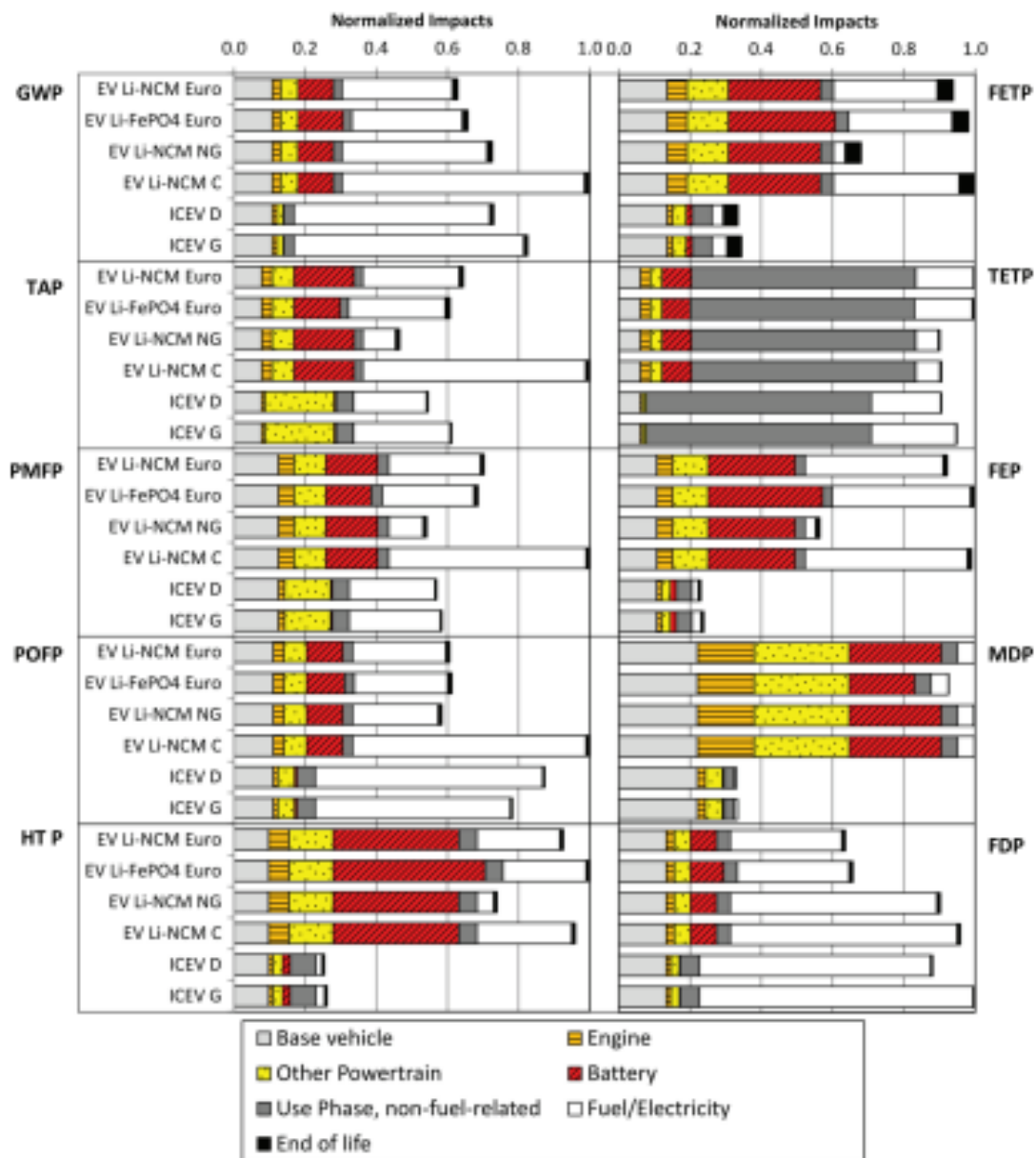
Hawkins (Id.) studia l'impatto confrontando auto a benzina (G) e diesel (D) ed EV con diversi due tipi di batteria elettrica; ipotizza inoltre che l'elettricità utilizzata sia prodotta da combustione di carbone (C), da gas naturale (NG) o che si usi il mix europeo (Euro).

I risultati dello studio, riportati in Figura 17, evidenziano che gli EV sembrano essere l'alternativa migliore se si considera l'impovertimento delle risorse fossili e la formazione di smog (e il GWP, come già visto in precedenza), a patto che l'elettricità non sia prodotta dalla combustione di carbone. Per quanto riguarda l'acidificazione e la formazione di particolato, le due tecnologie comportano impatti simili se si utilizza il mix europeo. L'auto elettrica si dimostra meno impattante solo se l'energia è generata da fonti a basse emissioni di solfuro, ad esempio gas naturale, mentre essa è l'alternativa con impatto maggiore se l'elettricità proviene dalla combustione di carbone.

Gli EV si dimostrano nettamente più impattanti rispetto ad eutrofizzazione, ecotossicità delle acque e potenziale di tossicità umana; questi effetti dipendono in gran parte dall'attività mineraria per l'estrazione di componenti della batteria e dagli scarti derivanti dalla lavorazione dei metalli.

Infine i rischi che concernono l'ecotossicità del suolo sono elevati sia per EV che per ICE, mentre l'esaurimento delle risorse minerarie sembra essere un pericolo soprattutto nel caso in cui si considerino i veicoli elettrici.

Figura 17



Fonte: Hawkins T. et al, 2012. *Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles*. Online Library.

Conseguenze socioeconomiche

Numerosi studi a supporto dell'auto elettrica, compresi i report a cui si è fatto riferimento in questo elaborato, analizzano l'impatto dell'EV focalizzandosi sulle emissioni di CO₂, trascurando le ripercussioni su territorio e comunità.

Attualmente siamo ben coscienti delle conseguenze negative dovute all'estrazione di petrolio: problemi di salute nei lavoratori e residenti nelle zone prossime agli impianti petroliferi tra cui l'aumento del rischio di cancro (Onyije, et al 2021), guerre di secessione (Hunziker e Cederman 2017), carestie...

Colgan (2013), professore della Brown University, afferma: "il petrolio è spesso una causa che contribuisce all'insorgenza o alla condotta dei moderni conflitti internazionali" (si veda Basso 2021).

Le batterie dei veicoli elettrici sono composte da minerali tra cui litio e cobalto. Il primo viene estratto principalmente in Australia e nel "triangolo del litio" (Argentina, Bolivia e Cile), mentre uno dei principali fornitori di cobalto è la Repubblica Democratica del Congo. In queste e nelle altre zone dove si concentrano le estrazioni, si rilevano conseguenze tra cui "scarsità d'acqua ed inquinamento, problemi di salute, abusi verso le comunità indigene, evasione fiscale [...]"(González e de Haan 2020, p.35).

Lo studio di Banza et. al (2009) condotto su Katanga, area mineraria in Congo, ha rilevato un'alta esposizione a scorie e metalli nelle comunità residenti vicino alle zone di estrazione, specialmente nei bambini.

Business and Human Rights Resource Centre tiene traccia delle conseguenze che provengono dall'attività mineraria per la transizione ad una "net-zero carbon economy": nel periodo 2010-2021 sono state rilevate oltre 450 accuse (tra report e denuncie) contro le compagnie che presiedono le suddette attività. Vengono distinte oltre 50 categorie di accusa tra cui inquinamento, violazioni dei diritti dei lavoratori, sfruttamento,...

Le accuse che riguardano violazioni di diritti umani sono circa i 2/3 di quelle raccolte.

Anche l'Afghanistan è ricco di materiali necessari alla produzione di batterie, motivo per cui "a sole poche ore dalla presa di Kabul un portavoce di Pechino già si diceva pronto a una cooperazione amichevole e a un ruolo costruttivo con l'Afghanistan" (Bohineust 2021). Questa è una delle potenziali conseguenze politiche dell'elettrificazione, decisamente rilevante in un clima teso come quello odierno, a meno di un anno di distanza dall'instaurazione del governo talebano.

Infine, la transizione alla mobilità elettrica comporta conseguenze economiche non indifferenti: la recente approvazione dello stop a diesel e benzina entro il 2035 da parte del Parlamento Europeo (Magnani, 2022) ha scaturito preoccupazioni verso il settore automotive. Si riporta che secondo

Anfia, associazione italiana che rappresenta la filiera automobilistica, la transizione potrebbe mettere a rischio 70 mila posti di lavoro (Querzé 2022). Grzelewski (2020) afferma infatti che le auto elettriche sono più semplici da progettare e costruire rispetto alle auto convenzionali, motivo per cui si stima che esse richiedano circa il 30% di ore di lavoro in meno; non solo: gli EV richiedono minor manutenzione e per questo l'elettrificazione potrebbe comportare una diminuzione dei posti di lavoro anche nei reparti di assistenza e nelle officine di riparazione.

L'articolo (Id.) cita Lawrence Burns, ex vice presidente di General Motors, che dichiara che le conseguenze sull'occupazione non possono essere ignorate: "il numero di persone necessarie a produrre batteria e motore elettrico non si avvicina neanche lontanamente a quelle richieste per produrre un motore a combustione [...]". Certamente il progresso porta con sé opportunità e potenziali nuovi ruoli ancora da scoprire, ma le decisioni sulla transizione alla mobilità "green" dovrebbero pesare e valutare con attenzione le ripercussioni sulle comunità, sul settore e sulla disoccupazione.

Conclusione

Nella ricerca di soluzioni al cambiamento climatico, il processo decisionale dovrebbe evitare ottimismo ingiustificato e bias cognitivi: le scelte di investimento per l'elettrificazione dovrebbero essere prese a ragion di causa e poggiare su basi solide a prescindere da fonti e anni considerati. Lo scopo di questo elaborato è stato analizzare la coerenza delle stime contenute in diversi report sui risparmi di gas serra consentiti dalla diffusione dei veicoli elettrici, con orizzonte al 2030.

I grafici in Figura 4 e Figura 5 dimostrano che le stime variano in maniera significativa non solo a seconda dello scenario, ma anche in base al documento di riferimento. Si nota che il report più recente fra quelli considerati (IEA 2022a) è particolarmente ottimista rispetto all'evoluzione dei net savings nel tempo: è ipotizzabile che questo dipenda dalla crescente tendenza ad investire nell'elettrico e nell'aumento delle policy a suo favore, oltre che dalle promesse di numerosi produttori di auto di ridurre gli ICE prodotti per puntare sugli EV.

Le rappresentazioni grafiche riportate in Figura 7 e Figura 8 comparano le stime e dati a consuntivo disponibili: per lo stock globale di EV lo scenario IEA 2018 EV@30 dimostra di aver previsto cifre prossime a quelle effettivamente rilevate; per quanto riguarda i net savings CO₂-eq, la traiettoria effettiva si allontana dalle previsioni contenute nei report, specialmente negli ultimi due anni. L'analisi suggerisce quindi di monitorare l'andamento di quest'ultima dimensione in modo da evitare il *pro-innovation bias* e al fine comprendere se la transizione all'elettrico abbia un riscontro concreto per la sostenibilità.

Per completare l'analisi sull'impatto dell'auto elettrica sull'ambiente, la seconda parte del lavoro ha messo in luce i fattori che possono far variare le emissioni di un EV (nello specifico: dimensioni, provenienza della batteria, Paese dove si guida e mix utilizzato per ricaricare il veicolo).

Il fattore di variabilità più rilevante è il mix energetico: un EV ricaricato con elettricità prodotta bruciando carbone emette più CO₂ di un'auto convenzionale (Ellingsen, Strømman, Singh, 2016), per questo in Paesi come Polonia e Kosovo l'auto elettrica è più impattante di un ICE (Waldersee, Levine, 2021). L'analisi di Bieker (2021) approfondisce infatti che i benefici consentiti dagli EV sono minori in Paesi che utilizzano mix ad elevata carbon intensity (Cina, India).

Si indaga anche quali siano i benefici di un'auto elettrica guidata e ricaricata in Italia, distinguendo quattro casi differenti a s

econda della carbon intensity del mix del Paese da cui proviene la batteria: risulta che, in Italia, le auto elettriche diventano nettamente meno impattanti di un ICE una volta percorsi 30000 km, anche nel caso in cui la batteria sia stata prodotta in Cina, dove l'elettricità è prevalentemente prodotta dalla combustione di carbone.

La parte finale del testo va oltre le emissioni, considerando gli altri tipi di impatto di un'auto elettrica: i maggiori rischi ambientali riguardano il potenziale di tossicità umana, l'eutrofizzazione e l'ecotossicità delle acque (Hawkins et. al, 2012). Gli impatti sociali riguardano soprattutto le conseguenze dell'attività mineraria per estrarre materiali che compongono la batteria (ad esempio rischi per la salute di comunità residenti vicino alle zone di estrazioni, violazione dei diritti dei lavoratori, ma anche scarsità d'acqua e inquinamento). Infine, dal punto di vista economico, il rischio maggiore dell'elettrificazione risiede nelle ripercussioni sul tasso di disoccupazione, dato che gli EV richiedono meno ore di lavoro rispetto agli ICE (Querzé, 2022 e Grzelewski, 2020).

In conclusione, si può affermare che è necessaria un'attenta valutazione dei rischi e una misurazione contestuale dei benefici effettivi derivanti dall'impiego di auto elettriche, in modo da monitorare l'affidabilità delle stime e indagare così la solidità delle basi del processo decisionale. L'analisi mette anche in luce che la valutazione del mix e i relativi provvedimenti devono *precedere* le policy e gli investimenti atti a spingere la diffusione delle auto elettriche, allo scopo di non pregiudicarne i potenziali benefici.

Limiti e future estensioni

I confronti tra IEA e ICCT sono stati effettuati con i dati a disposizione, tuttavia potrebbero essere distorti dalla mancanza di stime sullo stock globale nel 2030 nel paper di Lutsey (2015).

L'elaborato ha confrontato solo alcuni scenari con le cifre a consuntivo. Il confronto è stato effettuato su un periodo limitato di tempo, ma potrebbe essere utile ripetere l'analisi in futuro per monitorare la robustezza delle stime sui net savings. Un'analisi su base temporale maggiore potrebbe rivelarsi funzionale per le decisioni di investimento.

Studi futuri potrebbero approfondire la seconda parte comparando analisi di sensitività provenienti da fonti diverse: ad esempio, è stato considerato lo studio di Ellingsen, Strømman e Singh (2016), tuttavia è stato rilevato un significativo scostamento delle stime sul BEP (break-even point) tra EV ed ICE presentate nell'opera citata rispetto a quelle fornite da Volvo (2021). Come dichiarato nel corso del testo, è necessario indagare tutti i fattori che guidano policy e investimenti a favore dell'elettrificazione, è quindi utile confrontare le stime provenienti da diverse fonti per comprendere se le basi del processo decisionale siano solide. Il lavoro si è focalizzato prevalentemente sugli scenari evolutivi dei net savings, ma lo stesso ragionamento vale anche per stime sul BEP, analisi di sensitività,...

Bibliografia

- ACEA, 2021. *ELECTRIC VEHICLES: TAX BENEFITS & PURCHASE INCENTIVES In the 27 member states of the European Union (2021)* ACEA - European Automobile Manufacturers' Association.
- Basso, S., 2021. *Energy war: quando le fonti fossili scatenano conflitti*. Greenpeace.
- Bieker, G, 2021. *A global comparison of the lyfe-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars*. ICCT.
- Banza C., et al, 2009. *High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo*. Environmental Research. 109 (6): 745-52.
- Ellingsen, L. A., Strømman, A. H., Singh, B. (2016). *The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles*. Environmental Research Letters. 11(5):054010.
- González, A., E. de Haan, E, 2020. *The battery paradox. How the electric vehicle boom is draining communities and the planet*. SOMO.
- Hawkins T. et al, 2012. *Comparative Enviromental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles*. Journal of Industrial Ecology by Yale University. 17: 53-64.
- Hunziker, P., Cederman, L., 2017. *No extraction without representation: The ethno-regional oil curse and secessionist conflict*. Journal of Peace Research. 54(3):365-381.
- IEA, 2018. *Global EV Outlook 2018*, IEA, Paris
- IEA, 2019b. *Global EV Outlook 2019*, IEA, Paris
- IEA, 2020c. *Global EV Outlook 2020*, IEA, Paris
- IEA, 2020b. *World Energy Outlook 2020*, IEA, Paris
- IEA, 2021a. *Global EV Outlook 2021*, IEA, Paris
- IEA, 2022c. *Global EV Outlook 2022*, IEA, Paris
- Onyije, FM. et al, 2021. *Cancer incidence and mortality among petroleum industry workers and residents living in oil producing communities: a systematic review and meta-analysis* [online]. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021; 18(8):4343.
- Presidente del Consiglio dei Ministri, dpcm 22 aprile 2022, Art. 2-3
- Volvo, 2021. *Carbon footprint report. Volvo C40 Recharge*

Sitografia

BloombergNEF, 2022. *Electric Vehicle Spending Could Eclipse Renewables in 2022* [online].

Disponibile su: <https://about.bnef.com/blog/electric-vehicle-spending-could-eclipse-renewables-in-2022/> [Data di accesso: 12 giugno 2022]

Bohineust, A. 2021. *I minerali dell'Afghanistan, il tesoro che fa gola alla Cina*. la Repubblica [online]. Disponibile su:

https://www.repubblica.it/esteri/2021/09/01/news/continental_breakfast_lena_leading_european_newspaper_alliance_le_figaro_cina_minerali_rari_afghanistan_talebani-316019514/ [Data di accesso: 14 giugno 2022]

Business & Human Rights Resource Centre (s.d) Transition Minerals Tracker [online]. Disponibile su: <https://www.business-humanrights.org/en/from-us/transition-minerals-tracker/> [Data di accesso 15 giugno 2022]

Commissione Europea, (s.d.). *Le cause dei cambiamenti climatici. Climate Action*[online].

Disponibile su: https://ec.europa.eu/clima/climate-change/causes-climate-change_it [Data di accesso: 3 giugno 2022].

GOV.UK, 2022. *COP26 declaration on accelerating the transition to 100% zero emission cars and vans* [online]. Disponibile su <https://www.gov.uk/government/publications/cop26-declaration-zero-emission-cars-and-vans/cop26-declaration-on-accelerating-the-transition-to-100-zero-emission-cars-and-vans> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

Grzelewski, J. 2020. *In the Shift to EVs, Some Worry Workers Could Suffer*. GovTech [online].

Disponibile su <https://www.govtech.com/fs/transportation/in-the-shift-to-evs-some-worry-workers-could-suffer.html> [Data di accesso: 15 giugno 2022]

ICCT (s.d.). *About* - International Council on Clean Transportation [online]. Disponibile su: <https://theicct.org/about/> [Data di accesso 6 giugno 2022]

ICCT (s.d.). *Financials* - International Council on Clean Transportation [online]. Disponibile su: <https://theicct.org/about/financials/> [Data di accesso: 6 giugno 2022]

IEA, 2017. *New CEM campaign aims for goal of 30% new electric vehicle sales by 2030* - News. [online]. Disponibile su: <https://www.iea.org/news/new-цем-campaign-aims-for-goal-of-30-new-electric-vehicle-sales-by-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2019a. *Emissions by sector – Greenhouse Gas Emissions from Energy: Overview – Analysis* - IEA [online]. Disponibile su: <https://www.iea.org/reports/greenhouse-gas-emissions-from-energy-overview/emissions-by-sector> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2019c. *Well-to-wheel net and avoided GHG emissions from EV fleets by mode and total GHG emissions from the transport sector in the EV30@30 Scenario* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/well-to-wheel-net-and-avoided-ghg-emissions-from-ev-fleets-by-mode-and-total-ghg-emissions-form-the-transport-sector-in-the-ev3030-scenario> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2019d. *GHG emissions in the New Stated Policies Scenario, 2017-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/ghg-emissions-in-the-new-stated-policies-scenario-2017-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2019e. *GHG emissions in the EV30@30 Scenario, 2017-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/ghg-emissions-in-the-ev3030-scenario-2017-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2019f. *Global EV deployment to 2030 in the EV30@30 Scenario, 2017-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ev-deployment-to-2030-in-the-ev3030-scenario-2017-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2019g. *Global EV deployment in the New Policies Scenario, 2017-2030* [online]. IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ev-deployment-in-the-new-policies-scenario-2017-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2020a. *Mission - About* - IEA [online]. Disponibile su: <https://www.iea.org/about/mission> [Data di accesso: 4 giugno 2022]

IEA, 2020d. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global electric vehicle fleet, 2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-electric-vehicle-fleet-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2020e. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global electric vehicle fleet, 2019* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-electric-vehicle-fleet-2019> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2021c. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global EV fleet in the Sustainable Development Scenario, 2020-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su:

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-ev-fleet-in-the-sustainable-development-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2021d. *Global electric vehicle stock by transport mode, 2010-2020* [online]., IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-vehicle-stock-by-transport-mode-2010-2020> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2021e. *Global EV stock by mode in the Stated Policies Scenario, 2020-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ev-stock-by-mode-in-the-stated-policies-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2021b. *Net and avoided well-to-wheel GHG emissions from the global electric vehicle fleet in the Stated Policies Scenario, 2020-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-and-avoided-well-to-wheel-ghg-emissions-from-the-global-electric-vehicle-fleet-in-the-stated-policies-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2021f. *Global EV stock by mode in the Sustainable Development Scenario, 2020-2030* [online], IEA, Paris. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ev-stock-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2020-2030> [Data di accesso: 7 giugno 2022]

IEA, 2022a. *CO2 emissions from energy combustion and industrial processes, 1900-2021 – Charts – Data & Statistics - IEA* [online]. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/co2-emissions-from-energy-combustion-and-industrial-processes-1900-2021> [Data di accesso: 3 giugno 2022].

IEA, 2022b. *Transport sector CO2 emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030 – Charts – Data & Statistics - IEA* [online]. Disponibile su: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2-emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030> [Data di accesso: 4 giugno 2022].

IEA, 2022d. *History - About - IEA* [online]. Disponibile su: <https://www.iea.org/about/history> [Data di accesso: 5 giugno 2022]

Il Fatto Quotidiano, 2020. *Akio Toyoda, attacco frontale all'auto elettrica: "E' sopravvalutata, farà collassare l'industria."* Il Fatto Quotidiano [online]. Disponibile su <https://www.ilfattoquotidiano.it/2020/12/17/akio-toyoda-attacco-frontale-allauto-elettrica-e-sopravvalutata-fara-collassare-lindustria/6040541/> [Data di accesso: 13 giugno 2022]

Irle, R. (n.d.). EV-Volumes - The Electric Vehicle World Sales Database. EV-Volumes. Disponibile su: <https://www.ev-volumes.com/> [Data di accesso 7 giugno 2022]

Magnani, A., 2022. *Parlamento Ue approva stop a vendita auto a benzina e diesel dal 2035, si spacca maggioranza* [online]. Il Sole 24 Ore. Disponibile su: <https://www.ilsole24ore.com/art/salta-riforma-mercato-ue-emissioni-gas-serra-attesa-voto-auto-AEOFiYeB> [Data di accesso: 20 giugno 2022]

Newburger, E., 2022. *Biden kicks off \$3 billion plan to boost battery production for electric vehicles* [online]. CNBC. Disponibile su: <https://www.cnbc.com/2022/05/02/biden-starts-3-billion-plan-to-boost-battery-production-for-evs.html> [Data di accesso: 8 giugno 2022].

Querzè, R., 2022. *L'auto elettrica inquina meno? Ci sono posti di lavoro a rischio? Le conseguenze dello stop a diesel e benzina dal 2035* [online]. Corriere della Sera. Disponibile su: https://www.corriere.it/economia/lavoro/22_giugno_09/conseguenze-stop-diesel-benzina-2035-38f0c976-e766-11ec-bc81-fb93af2ab36c.shtml [Data di accesso 15 giugno 2022]

T&E (s.d.). *About us*. Transport & Environment [online]. Disponibile su: <https://www.transportenvironment.org/about-us/> [Data di accesso: 11 giugno 2022]

T&E, 2022. *How much CO2 can electric cars really save?* Transport & Environment. Disponibile su <https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/> [Data di accesso: 11 giugno 2022]

US EPA, 2022. *Global Greenhouse Gas Emissions Data* | US EPA [online]. Disponibile da: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data> [Data di accesso: 15 giugno 2022].

Vitello, D., 2022. *Bias cognitivi & Sostenibilità* [online]. GREENFIELD-Italia. Disponibile su: <https://www.greenfielditalia.it/bias-cognitivi-sostenibilita/> [Data di accesso: 16 giugno 2022].

Volkswagen, 2019. *How electric car incentives around the world work* [online]. Volkswagen Group Homepage. Disponibile su: <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/05/how-electric-car-incentives-around-the-world-work.html> [Data di accesso: 3 giugno 2022].

Waldersee, V., & Levine, A. J, 2021. *Is your electric car as eco-friendly as you thought?* [online]. Reuters. Disponibile su: <https://www.reuters.com/business/cop/is-your-electric-car-eco-friendly-you-thought-2021-11-10/> [Data di accesso: 15 giugno 2022].