



Università
Ca'Foscari
Venezia

Corso di Laurea Magistrale
in Economia e Gestione delle Aziende

Tesi di Laurea

**La diffusione dei veicoli elettrici:
implicazioni per lo sviluppo sostenibile.
Una review della letteratura**

Relatore

Prof. Antonio Costantini

Laureanda

Gioia Oniga

Matricola 868800

Anno Accademico

2022 / 2023

*“Sempre caro mi fu quest’ermo colle,
e questa siepe, che da tanta parte
dell’ultimo orizzonte il guardo esclude.
Ma sedendo e mirando, interminati
spazi di là da quella, e sovrumani
silenzi, e profondissima quiete
io nel pensier mi fingo, ove per poco
il cor non si spaura. E come il vento
odo stormir tra queste piante, io quello
infinito silenzio a questa voce
vo comparando: e mi sovvien l’eterno,
e le morte stagioni, e la presente
e viva, e il suon di lei. Così tra questa
immensità s’annega il pensier mio:
e il naufragar m’è dolce in questo mare.”*

Leopardi G., “L’infinito”, 1819

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1: LE AZIENDE E LA SOSTENIBILITÀ	4
1.1 Il contesto della sostenibilità	4
1.1.1 La storia	7
1.1.2 L'ambiente vincolo o opportunità: l'azienda sostenibile	9
1.1.3 I nuovi consumatori	16
1.1.4 Criteri ESG: Finanza sostenibile	17
1.1.5 Fenomeno del greenwashing	20
1.2 Il comportamento passivo, reattivo e proattivo	23
1.2.1 Strategia passiva: Caso Volkswagen	23
1.2.2 Strategia reattiva: Caso Ikea	25
1.2.3 Strategia proattiva: Caso Treedom	27
1.3 La normativa	29
1.3.1 Il Report di sostenibilità	30
1.3.2 L'informativa non finanziaria, la Direttiva 2014/95/UE	31
1.3.3 Corporate Sustainability Reporting, la Direttiva 2022/2464/UE	33
1.3.4 Il Green Deal e gli SDG's	36
CAPITOLO 2: IL SETTORE AUTOMOBILISTICO	40
2.1 L'inquinamento delle auto	40
2.2 Le auto elettriche	46
2.2.1 Pro e contro	50
2.2.2 Le infrastrutture	51
2.3 Accordo sulle auto a zero emissioni entro il 2035	53
CAPITOLO 3: CICLO DI VITA DELLE BATTERIE A IONI DI LITIO	56
3.1 Le batterie a ioni di litio per le auto elettriche	56
3.2 Life Cycle Thinking	60
3.2.1 Life Cycle Assessment	60
I. LCA auto elettriche	65
II. LCA batterie a ioni di litio	67
3.2.2 Life Cycle Costing	74
I. LCC auto elettriche	76
3.3 Valutazione della sostenibilità delle auto con batterie a ioni di litio	82
CAPITOLO 4: SMART MOBILITY	86
4.1 Il concetto di smart mobility	86
4.2 Link&Co	89
4.3 Citroën	90
4.3.1 Il Concept di Citroën	91
4.4 Renault	92
4.4.1 I Concept di Renault	93
CONCLUSIONE	95
BIBLIOGRAFIA	98
SITOGRAFIA	106

INTRODUZIONE

Negli anni recenti si è resa necessaria un'azione urgente per contrastare la crisi climatica, che comporta il manifestarsi di fenomeni climatici estremi, intensi e molto frequenti, tra cui alluvioni, incendi, siccità. Fenomeni che minacciano gli ecosistemi e quindi la vita umana.

Legambiente, associazione italiana a tutela dell'ambiente, ha registrato in Italia l'avvenimento di 310 fenomeni meteorologici estremi nel 2022, con un aumento del +55% rispetto al 2021.

La società mondiale ha acquisito consapevolezza dei problemi ambientali e sociali, richiedendo, soprattutto alle aziende, azioni immediate di risoluzione a questi problemi, per garantire negli anni uno sviluppo sostenibile.

Il seguente elaborato nasce dall'interesse personale al ruolo che le tematiche di sostenibilità, tra cui protezione ambientale, equità sociale e crescita economica, svolgono nella vita delle persone e di come questi concetti facciano parte, ormai, della normale quotidianità.

Il primo capitolo introduce la relazione esistente tra le aziende e la sostenibilità, con un focus su come l'incremento delle attività produttive, negli anni, abbia contribuito al manifestarsi di una serie di catastrofi ambientali e ingiustizie sociali, facendo sì che la questione ambientale entrasse nei processi aziendali.

La sostenibilità viene, quindi, integrata nella gestione aziendale in due modi alternativi: come vincolo, qualora si basi sul semplice rispetto delle normative, quali ad esempio la pubblicazione del "report di sostenibilità", oppure come opportunità di crescita, qualora permetta di raggiungere un vantaggio competitivo duraturo.

Per limitare il riscaldamento globale nasce l'accordo di Parigi, che prevede in UE transizioni energetiche, azioni sui territori urbani e sulle infrastrutture. In particolare, è essenziale la graduale eliminazione dei combustibili fossili e lo spostamento verso fonti sostenibili di energia.

Il 75% dei gas serra prodotti dall'uomo è costituito da anidride carbonica, principalmente emessa da attività in cui avviene una combustione di petrolio, carbone e gas naturale, utilizzata per necessità umane come: riscaldamento, elettricità e mezzi di trasporto.

Un quarto delle emissioni di CO₂ in Europa derivano dal settore dei trasporti, di cui il 71,7% è imputabile al trasporto stradale (Parlamento Europeo, 2023).

Il secondo capitolo dell'elaborato si sofferma proprio sulle emissioni imputabili al trasporto stradale, in particolare dei veicoli a combustione interna, che rappresentano uno dei fattori principali dell'inquinamento atmosferico.

Per il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050, in linea con il *Green Deal*, il parlamento europeo ha approvato, nel 2022, la proposta che prevede lo stop alla vendita di veicoli a benzina e diesel entro il 2035, a favore di veicoli a zero emissioni, cioè elettrici o alimentati da e-fuel.

Dato il grande incremento delle vendite di questi veicoli, diventa opportuno chiedersi se siano davvero sostenibili e quali vantaggi e svantaggi comportino per il raggiungimento dello sviluppo sostenibile.

Per rispondere a questa domanda si farà riferimento alla principale letteratura nazionale ed internazionale sul tema.

Al centro della transizione all'elettrico si trova la questione della sostenibilità delle batterie a ioni di litio, tecnologia utilizzata per la costruzione dei motori elettrici, le quali domineranno il mercato dei veicoli nel prossimo decennio e che vedono la nascita di enormi fabbriche per la loro costruzione, denominate *giga factory*.

Il terzo capitolo si concentra sulla spiegazione della tecnologia che caratterizza le batterie a ioni di litio, per cercare di comprendere quali implicazioni questa possa comportare nel raggiungimento di uno sviluppo sostenibile.

L'analisi è supportata dall'utilizzo della metodologia "*Life Cycle Assessment*" (LCA), applicata alle batterie, che permette di misurarne l'impatto ambientale complessivo durante il loro ciclo di vita, e la metodologia "*Life Cycle Costing*" (LCC), che permette di misurarne la fattibilità economica, valutando il costo del loro ciclo di vita.

Il ciclo prevede le fasi di: estrazione mineraria, produzione delle batterie, utilizzo, ed infine riutilizzo/riciclo/smaltimento.

Le fasi non sempre avvengono con il rispetto dei criteri di zero emissioni inquinanti (monossido di carbonio) o climalteranti (CO₂), di protezione del suolo, di equità sociale e di convenienza economica.

Lo studio dell'LCA e dell'LCC delle batterie può mettere in discussione quanto, attualmente, sia davvero sostenibile, equa e conveniente una transizione alla mobilità basata sull'adozione di massa di veicoli elettrici.

Diverse soluzioni vengono proposte per limitare il problema della sostenibilità delle auto. Tra queste si trova la mobilità intelligente, dall'inglese *smart mobility*, che propone modalità alternative al trasporto comune.

Le maggiori case automobilistiche mondiali stanno studiando nuovi prototipi di auto, per rappresentare la mobilità del futuro, tramite motori elettrici, materiali per la costruzione all'avanguardia, viaggi condivisi e la tecnologia della guida autonoma.

Nell'ultimo capitolo del seguente elaborato vengono presentate tre tecnologie innovative create da famose case automobilistiche: il recente marchio cinese Link&co che propone un nuovo sistema di auto condivisa, il marchio francese Citroën, parte del gruppo Stellantis insieme a Fiat, che propone il veicolo da città Citroën OLI, per garantire minime emissioni di CO2 nel suo ciclo di vita, e il marchio francese Renault che propone il suo concept EZ-GO a guida autonoma, per viaggi sostenibili.

CAPITOLO 1: LE AZIENDE E LA SOSTENIBILITÀ

1.1 Il contesto della sostenibilità

Il mondo moderno, in cui si devono interfacciare le aziende oggi, è ben diverso dal contesto di alcuni anni fa. Infatti, si trovano a dover affrontare importanti sfide in un ambiente dinamico, in continua e rapida evoluzione.

Uno degli obiettivi oggi, per le aziende, è riuscire a stare al passo con i tempi, cogliendo i nuovi trend di consumo e di comportamento, per non rimanere emarginate dal contesto sociale.

Si parla sempre più negli ultimi anni di “sostenibilità” e di “sviluppo sostenibile”, concetti che stanno portando cambiamenti nelle politiche e nelle pratiche aziendali.

Il concetto di sostenibilità fa riferimento a tre dimensioni: ambientale, sociale ed economica; che devono assumere pari livello di importanza.

Le azioni, che fanno parte di questa concezione, si occupano di temi come il cambiamento climatico, il rispetto dei diritti umani e l'educazione.

Lo sviluppo sostenibile, dall'inglese *sustainable development*, è un concetto che indica “uno sviluppo di lungo termine e si preoccupa di soddisfare i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere la soddisfazione dei bisogni delle generazioni future” (Rapporto Brundtland, 1987).

La preoccupazione per lo sviluppo sostenibile, riposta nella popolazione, attualmente gioca un ruolo fondamentale per la sopravvivenza delle imprese, in quanto ne può determinare sia il fallimento che il successo. Allo stesso tempo anche le imprese, tramite lo svolgimento della loro attività, possono influenzare il successo dello sviluppo sostenibile.

Negli ultimi anni la società ha acquisito consapevolezza del fatto che le temperature globali stiano aumentando e di come il mondo si stia riscaldando, portando ad una serie di conseguenze catastrofiche ed eventi meteorologici estremi che si verificano con sempre maggiore frequenza.

L'incremento della produttività economica ha contribuito fortemente all'insorgere di problemi a livello sociale ed ambientale. I danni che ne derivano non sono solo quelli a livello locale ma anche quelli che si verificano in modo indiretto in altre parti del mondo e che minano l'economia globale.

Le aziende di tutto il mondo sono impegnate nella riduzione del loro impatto ecologico per il raggiungimento degli obiettivi sanciti dall'Accordo di Parigi 2015, che prevede un piano d'azione internazionale per limitare il riscaldamento globale, a partire dal 2020.

Nell'accordo viene posto un obiettivo a lungo termine di mantenere l'aumento della temperatura media globale al di sotto di 2° C in più rispetto ai livelli preindustriali, con l'obiettivo poi di limitarlo a 1,5° C.

Fino al 2020 le emissioni erano regolate dal Protocollo di Kyoto e riguardavano solo i paesi industrializzati. La novità dell'Accordo di Parigi è, infatti, quella di comprendere tutti i paesi, anche quelli in via di sviluppo.

La consapevolezza dei problemi ambientali è aumentata, nel nostro paese, anche grazie all'intervento dell'Unione Europea, con iniziative e riforme per raggiungere zero emissioni entro il 2050. Tra queste iniziative fondamentale è il *Green Deal* europeo, presentato nel 2019, durante la venticinquesima sessione della Conferenza delle parti (COP25), dalla Presidente della commissione europea Ursula von der Leyen.

Il *Green Deal*, chiamato anche patto verde, è composto da una serie di iniziative politiche e proposte con l'obiettivo di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. Con questo patto si vuole sostenere le imprese europee a diventare leader mondiali in tecnologie e prodotti puliti.

In Italia, i problemi che preoccupano maggiormente la popolazione sono stati individuati tramite un sondaggio diretto da YouGo, una delle maggiori società di ricerche di mercato globali. Il campione analizzato era composta da 1002 rispondenti, rappresentativi della popolazione italiana maggiorenne, condotto nei giorni 30 e 31 gennaio 2019.

I risultati del sondaggio, esposti nel Grafico n. 1, rivelano che le preoccupazioni per il pianeta da parte degli italiani sono:

- Il riscaldamento globale, per il 75% dei rispondenti;
- Inquinamento dei mari e degli oceani, sempre per il 75%;
- Smaltimento dei rifiuti, per il 74%;
- Inquinamento atmosferico, per il 69%.

Se, invece, ci si sofferma sui problemi del nostro paese, ciò che crea più preoccupazione è il problema di smaltimento dei rifiuti (83% dei rispondenti), seguito dalla preoccupazione per l'inquinamento atmosferico (63% dei rispondenti).

Una delle cause principali dell'inquinamento atmosferico è imputabile al settore dei trasporti, tema che verrà approfondito nei capitoli successivi.

Secondo te, a livello globale quali sono i temi più importanti relativi all'ambiente? Seleziona tutte le risposte che ritieni pertinenti.
 Pensando solo all'Italia, quali sono i temi più importanti relativi all'ambiente? Seleziona tutte le risposte che ritieni pertinenti.

Base: totale campione (1002)

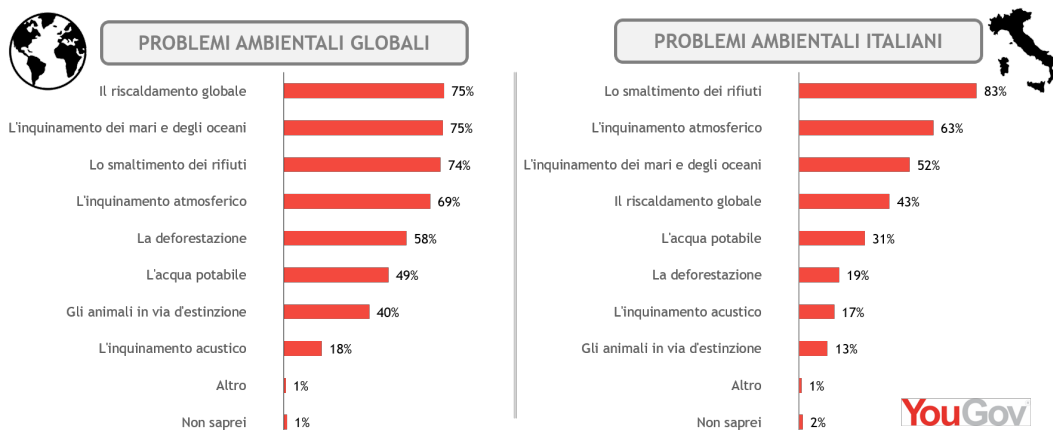


Grafico n. 1: Sondaggio sulle preoccupazioni ambientali
 Fonte: Stevanin (2019)

Il 74% dei rispondenti ritiene che il problema ambientale riguardi tutti i cittadini, i quali dovrebbero cambiare stile di vita tramite semplici comportamenti responsabili, quali, ad esempio, la raccolta differenziata dei rifiuti all'interno delle abitazioni private, insieme alla riduzione degli sprechi e dei consumi.

Il 46%, che equivale a un italiano su due, ritiene che la responsabilità sia imputabile soprattutto alle aziende, le quali dovrebbero prendere provvedimenti a riguardo.

Secondo te, chi sono le persone e/o le organizzazioni che dovrebbero occuparsi dei problemi ambientali? Seleziona tutte le risposte che ritieni pertinenti.

Base: totale campione (1002)

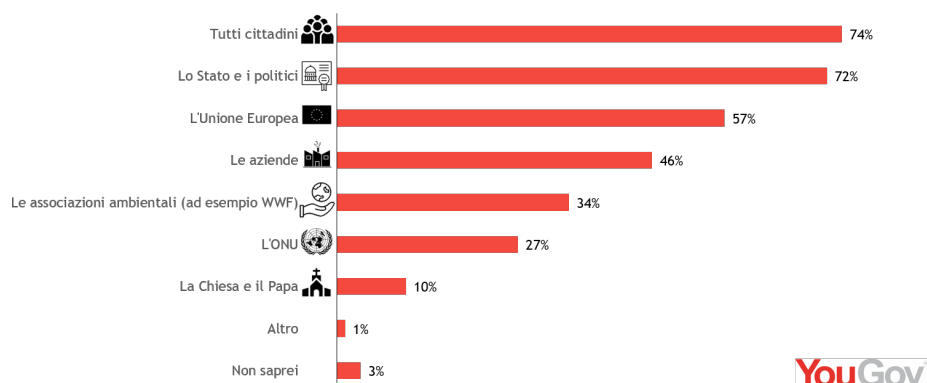


Grafico n. 2: Sondaggio sulle responsabilità ambientali
 Fonte: Stevanin (2019)

Infine, una parte di italiani, dichiara di sostenere associazioni impegnate nella salvaguardia ambientale, infatti, il 22% dei rispondenti sostiene il WWF.

1.1.1 La storia

Il tema della salvaguardia ambientale viene trattato già da tempo dagli studiosi di materie economiche, infatti, si possono trovare, in testi datati, più definizioni del concetto di *Corporate Social Responsibility*, inteso come il comportamento che l'azienda assume nei confronti della società (Bowen, 1953) o più tardi come il contributo che l'azienda può dare alla società (Sethi, 1975), che si riferisce alle ricadute sociali positive sulla comunità.

Nell'ambito comunitario già nel Trattato di Roma del 1957, istitutivo della Comunità Economica Europea, veniva delineato uno "sviluppo armonioso delle attività economiche nell'insieme della Comunità" e "uno sviluppo sempre più rapido del tenore di vita" (TCEE, 1957).

Alcuni importanti passi successivi sono rappresentati dal Vertice di Parigi 1972, in cui venne sottolineato come nel contesto di crescita economica e di miglioramento della qualità della vita, l'ambiente dovesse ricevere particolare attenzione.

Ebbe da qui inizio l'avvio di una serie di programmi di azioni pluriennali, il primo tra il 1973 e il 1976, che fece nascere politiche comunitarie in tema ambientale.

Gli anni successivi videro il susseguirsi di una serie di direttive per la tutela delle risorse naturali, la lotta alle emissioni sonore e la gestione dei rifiuti.

Altro passo importante avvenne nel 1992 tramite il Trattato di Maastricht, ufficialmente denominato Trattato sull'Unione Europea, che prevedeva la "promozione di un progresso economico e sociale equilibrato e sostenibile" (TUE, 1992).

Anche nell'ambito internazionale si espanse la consapevolezza tra gli Stati di come il problema fosse comune a tutti gli abitanti del pianeta, ciò implicava una necessaria collaborazione tramite piani d'azione e obiettivi comuni.

Nel 1972 durante la Conferenza di Stoccolma, delle Nazioni Unite, si richiamò l'attenzione sull'importanza della salvaguardia delle risorse naturali per il miglioramento della qualità della vita, obiettivo raggiungibile tramite una collaborazione internazionale.

Il tema della collaborazione globale diventò più rilevante a partire dagli anni '80, quando si verificarono alcune catastrofi ambientali collegate all'attività umana. Tra queste ci fu

l'incidente industriale di Bhopal (India) nel 1984, che vide la fuoriuscita di una sostanza tossica da uno stabilimento chimico appartenente ad una fabbrica americana di pesticidi, l'evento causò danni irreversibili all'organismo umano.

Una seconda catastrofe importante si ebbe con lo scoppio della centrale nucleare di Chernobyl (Ucraina) nel 1986, che liberò nell'area grandi quantità di nubi radioattive che interessarono in parte anche il territorio italiano in quanto vicino.

In seguito a questi eventi iniziò a diffondersi la consapevolezza del rischio ambientale e del rischio per la salute umana, associato alle attività economiche più pericolose, le quali necessitavano di una regolamentazione più stringente, politiche di prevenzione e controllo dell'inquinamento, per garantire la sicurezza della popolazione e degli ecosistemi.

Proprio in questi anni vennero istituite alcune importanti convenzioni per la trattazione del problema a livello internazionale.

Nel 1985 si tenne a Vienna la prima convenzione internazionale che promuoveva la ricerca e la collaborazione per la protezione dello strato di ozono. A seguito di avvertimenti scientifici, infatti, che ne rilevarono una riduzione causata dall'eccesso di alcune sostanze inquinanti, si capì che ciò avrebbe potuto causare danni alla salute umana.

Con lo stesso obiettivo nacque nel 1987 il Protocollo di Montreal, per il ripristino dello strato di ozono tramite la rinuncia all'uso di alcune sostanze, la cui produzione fino al 2016 è stata ridotta del 98%. Tali sostanze continuano però a fuoriuscire da prodotti e rifiuti.

Sempre nello stesso anno, 1987, il Rapporto Brundtland introdusse per la prima volta il concetto di sviluppo sostenibile.

La definizione risale al rapporto *Our Common Future*, conosciuto come Rapporto Brundtland dal nome del primo ministro norvegese Gro Harlem Brundtland, che presiedette la Commissione mondiale di ambiente e sviluppo (WCED, 1983) su mandato dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite. Nel Rapporto venne definito come "uno sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri" (WCED, 1987). Secondo la definizione le generazioni presenti avrebbero il compito di conservare ed aumentare le risorse naturali, così da lasciare alle prossime generazioni un mondo almeno con le stesse potenzialità di come lo hanno trovato. Gli obiettivi di sviluppo economico devono procedere di pari passo con gli obiettivi di riduzione dell'impatto ambientale e sociale nel lungo termine.

Ciò può avvenire attraverso l'equilibrio di tre fattori: ecologia, equità ed economia. Ecologia intesa come possibilità per gli ecosistemi, quali organismi, boschi, laghi, fiumi ecc. di riprodursi, ed equità intesa come equità intergenerazionale. Negli anni seguenti il concetto è stato ampliato con l'introduzione del progresso sociale, come il diritto allo sviluppo dei paesi più poveri.

Nel 1992 in occasione della conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo (UNCED: United Nations Conference on Environment and Development), svoltasi a Rio De Janeiro, venne approvato il documento "Agenda 21", un piano d'azione delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile nel 21° secolo, sottoscritto da oltre 170 Paesi di tutto il mondo. Prevede, inoltre, tramite l'Agenda 21 locale, un ruolo decisivo per le amministrazioni locali dei Paesi nel promuovere iniziative di sviluppo sostenibile. Questo permette l'implementazione di politiche più efficaci ed efficienti, in quanto le amministrazioni locali hanno maggiore conoscenza del territorio e la possibilità di avere un dialogo con cittadini, imprese private e organizzazioni locali.

Oggi il vecchio paradigma economico, che prevedeva la massimizzazione della produzione, tramite lo sfruttamento delle risorse, è ormai arrivato al capolinea, dando spazio all'era della sostenibilità, che negli anni sta entrando sempre più in profondità nelle politiche e nella gestione aziendale.

1.1.2 L'ambiente vincolo o opportunità: l'azienda sostenibile

L'ambiente entra nei processi aziendali e a seconda di come viene integrato può rappresentare un vincolo oppure un'opportunità.

Diventa un vincolo e, una fonte di costo non remunerativa, se ci si limita al rispetto delle normative in tema ambientale e sociale a cui ci si deve adeguare. Le tematiche vengono affrontate tramite il filtro delle normative imposte, le quali richiedono un impegno in termini di tempo e lavoro, che si potrebbero invece occupare per processi fondamentali inerenti al business core aziendale.

L'ambiente non entra negli strumenti di gestione e non viene integrato nei ragionamenti aziendali, viene percepito come un vincolo all'attività.

Questa modalità di affrontare la sostenibilità, che entra dirompente nei processi aziendali, non porterà nessun valore aggiunto per il cliente, se si considera in particolare la nuova generazione di consumatori sostenibili che si è venuta a formare negli ultimi anni.

Le nuove tipologie di consumatori, infatti, sono molto attente alle tematiche ambientali e sociali, che vanno ad influenzare il comportamento d'acquisto a favore di alcuni prodotti e a discapito di altri considerati nocivi.

Al contrario di questo pensiero, l'ambiente viene sempre più considerato come un'opportunità per le aziende, che consente di creare competenze distintive rispetto ai concorrenti e che permette di raggiungere un vantaggio competitivo duraturo, tramite:

- Creazione di valore e fidelizzazione dei clienti;
- Processo più efficiente e riduzione degli sprechi;
- Aumento della produzione e dell'occupazione;
- Migliore reputazione e fiducia degli *stakeholders*.

In questa seconda casistica si porta grande valore aggiunto ai clienti, l'ambiente entra negli strumenti di gestione, viene integrato nei ragionamenti quotidiani aziendali, ad esempio, nelle decisioni di impiego di materie prime e nelle scelte strategiche, viene percepito come opportunità di crescita per l'attività.

L'adozione di una condotta socialmente ed ambientalmente responsabile, da perseguire nel tempo, implica un ripensamento degli strumenti gestionali, che devono avere come fine quello di creare l'equilibrio fra le tre dimensioni: economica, ambientale e sociale.

La concezione secondo cui il risultato aziendale sia caratterizzato da queste tre dimensioni, che vengono considerate e bilanciate contemporaneamente, è conosciuta con il concetto della *Triple Bottom Line* (tripla linea di fondo).

Le tre dimensioni integrate permettono di raggiungere la sostenibilità.

L'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) definisce la "condotta aziendale responsabile" come la resa di un contributo positivo al progresso economico, ambientale e sociale. Il quale implica solide relazioni con *stakeholders*, prosperità a lungo termine per l'impresa, riduzione dell'impronta ambientale e posti di lavoro in cui vige sicurezza e benessere dei lavoratori.

Sempre più spesso, in modo particolare dopo la pandemia da Covid-19 avvenuta nel 2020, le aziende prendono parte all'ondata della sostenibilità, che diventa un'opportunità di crescita e di sviluppo di competenze distintive.

Con tale fine, nel 2021, è stato approvato in Italia il PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza), cioè un piano di investimenti sostenibili con l'obiettivo di rilanciare l'economia e garantire uno sviluppo *green* del paese.

L'ambiente sta, quindi, diventando parte degli strumenti di gestione, viene integrato nella programmazione e controllo ed entra nei ragionamenti e negli obiettivi aziendali.

Per garantire la crescita di un'impresa è fondamentale stilare un piano di sostenibilità con obiettivi raggiungibili in tempi certi.

Secondo lo studio annuale pubblicato il 13 febbraio 2023, "*Seize the Change*", dall'azienda inglese EY, leader nei servizi di consulenza e revisione contabile, la pandemia da Covid-19 (2020) e la guerra in Ucraina (2022), non avrebbero fermato le aziende nella loro rincorsa alla sostenibilità e la relativa integrazione nel proprio business.

Lo studio è stato condotto tramite *survey*, su un campione di 150 aziende italiane, e tramite analisi *desk*, cioè in base alle informazioni riportate nelle dichiarazioni non finanziarie, su un campione di 210 aziende italiane.

I risultati dell'analisi hanno dimostrato che, circa l'82% delle aziende quotate, ha previsto un piano di sostenibilità (+32 punti percentuali rispetto al 2020), di cui il 30% ha previsto anche obiettivi quantitativi.

Il 47% delle intervistate ha definito degli obiettivi di adattamento al cambiamento climatico, grazie all'utilizzo di fonti di energia rinnovabile, la percentuale è cresciuta rispetto al 2021 in cui era il 39%.

Il 60% delle aziende quotate dichiara di avere una strategia di economia circolare.

Ad integrare la sostenibilità nel proprio business sono sia le grandi imprese che quelle medio-piccole. Questo trend cambia rispetto a quello di due anni fa che vedeva le grandi imprese avanzare più velocemente, su queste tematiche, rispetto alle piccole.

I dati esposti dimostrano come le aziende siano sempre più propense all'integrazione di obiettivi sostenibili all'interno della programmazione aziendale.

Con tali premesse si sta assistendo, in questi ultimi anni, alla nascita di diverse aziende sostenibili.

Un'azienda è sostenibile se in grado di produrre e diffondere innovazione a vantaggio della società. È orientata al lungo termine, crea valore per una vasta categoria di *stakeholders*, e quindi non solo per gli investitori, ma anche per i dipendenti, la comunità, i cittadini e i fornitori, tramite l'utilizzo della tecnologia, che consente di creare un prodotto o servizio innovativo accessibile a tutti e di facile utilizzo.

L'azienda sostenibile è in grado di creare valore condiviso.

Secondo quanto scritto nel 2011 dagli economisti Porter e Kramer, nell'articolo "*Creating Shared Value*" e pubblicato nella rivista Harvard Business Review, il termine *Shared Value*, cioè valore condiviso, comporta "la creazione di valore economico in un modo che crei anche valore per la società affrontando i suoi bisogni e le sue sfide" (Porter et al., 2011). Viene definito come un nuovo modo per ottenere risultati di successo economico, che non si limita solo alla "responsabilità sociale", la quale individua i problemi sociali solo come problematica secondaria che affianca l'attività di impresa.

Shared Value significa, invece, porre il problema sociale al centro, al pari dell'attività economica, in modo che partecipi all'ottenimento del profitto e di una posizione competitiva.

Questo processo richiede una rivoluzione dei ragionamenti aziendali, che non causa un aumento di costi ma, anzi, permette di aumentare la produttività tramite l'utilizzo di nuovi strumenti di gestione, nuove tecnologie e approcci per espandere il proprio mercato.

Secondo il nuovo paradigma del valore condiviso, il successo economico dipende dal successo sociale.

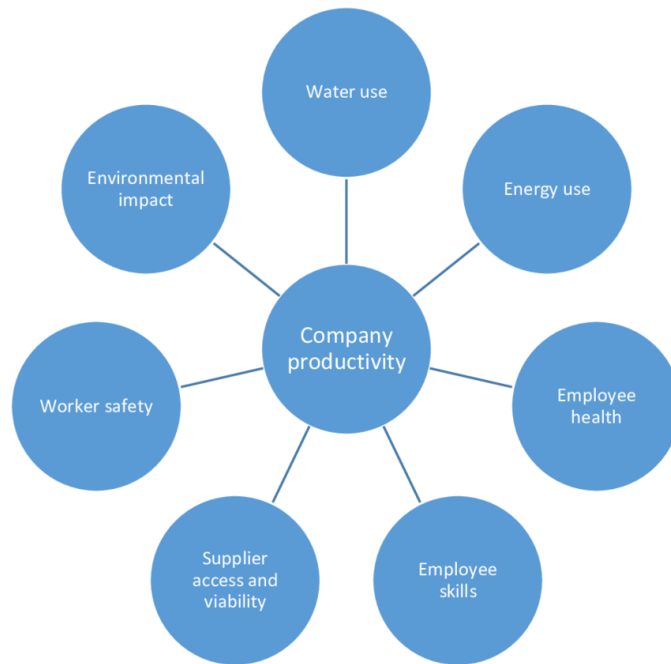
Sono molte le problematiche sociali su cui intervenire ed ottenere al contempo un ritorno economico. Il punto di partenza è l'identificazione del bisogno di cui occuparsi, cercando un mercato che prima veniva trascurato e a cui poter portare un'innovazione, che successivamente può essere applicata anche a mercati tradizionali.

Le opportunità su cui investire si evolvono continuamente con l'avanzare della tecnologia, così anche l'identificazione dei nuovi bisogni diventa un processo in continua evoluzione.

Esistono alcune aree, individuate dagli economisti Porter e Kramer e riportate nella Figura n. 1, che attualmente rappresentano per le imprese delle opportunità su cui poter investire, in cui la connessione tra miglioramento sociale e ritorno economico è forte. Sono aree che richiedono un intervento di salvaguardia, e che non sono indipendenti una dall'altra ma anzi sono tra loro collegate e richiedono collaborazione.

La produzione aziendale è responsabile del consumo delle risorse come acqua ed energia; dell'impatto ambientale come la produzione di inquinamento; della salute, della sicurezza e dell'abilità dei lavoratori. Intervenendo su questi fattori è possibile contenerli o addirittura ridurli.

Alcuni esempi individuati da Porter e Kramer sono:



- Salute dei dipendenti, può prevedere pratiche di welfare aziendale come la fornitura di assicurazioni sanitarie;
- Skills dei dipendenti, che possono essere migliorate tramite corsi di formazione per implementare le conoscenze dei lavoratori;
- Efficienza nell'uso dell'energia, tramite rivisitazione dei processi aziendali.

*Figura n. 1: Aree di sostenibilità connesse al ritorno economico
Fonte: Porter et al. (2011)*

Dipendenti più felici e più sani sono in grado di lavorare meglio e raggiungere risultati più sfidanti, questo garantisce un rapporto più duraturo con l'azienda. Al contrario, se si investe poco sui propri dipendenti, questi ultimi saranno propensi ad accettare altre offerte di lavoro e ad essere meno produttivi.

Un caso aziendale emblematico è rappresentato dall'azienda italiana Luxottica, che produce e commercializza occhiali con sede ad Agordo, la quale dal 2009 ha iniziato un percorso di costruzione di un modello di welfare aziendale, diventato di riferimento in Italia. Le aree di intervento riguardano sanità, sostegno al reddito, giovani ed istruzione, servizi alle famiglie, per poter bilanciare vita privata e lavoro.

Il sistema, pur avendo avuto spese iniziali di due milioni di euro per il 2010, a fronte degli 800-900 mila stanziati l'anno precedente (Biagi, 2010), ha permesso di autofinanziarsi poiché,

il risparmio derivante dalla maggior produttività ed efficienza dei dipendenti, viene investito continuamente nel miglioramento del modello di welfare.

Gli obiettivi finora raggiunti sono principalmente:

- diminuzione di turnover e assenteismo, con conseguente miglioramento degli indici di presenza dei dipendenti;
- maggior senso di appartenenza e fiducia nell'azienda;
- miglioramento della qualità della vita tramite un aumento della retribuzione e l'accesso ai servizi offerti dall'azienda, come servizi sanitari.

Per quanto riguarda, invece, l'intervento per migliorare l'efficienza nell'uso dell'energia, è noto come nuove tecnologie permettano un notevole risparmio energetico e di conseguenza un risparmio dei costi energetici.

Un altro caso aziendale è rappresentato da Barilla, multinazionale italiana del settore alimentare, dai dati esposti nei documenti pubblicamente reperibili nella pagina web dell'azienda, si evince che, grazie all'efficienza energetica, dal 2010 al 2022 ha ridotto del 31% le emissioni di CO2 e del 23% il consumo idrico per tonnellata di prodotto finito, nel suo stabilimento di Parma.

La creazione di valore condiviso può essere applicata a tutte le principali decisioni aziendali, ad esempio ragionando sui benefici sociali generati da un nuovo design di prodotto, oppure se esistono comunità da servire che potrebbero trarre beneficio dal prodotto, se i processi massimizzano l'efficienza nell'uso di energia e acqua, se l'impianto potrebbe essere costruito in modo da ottenere un maggior impatto sulla comunità (Porter et al., 2011).

Quando un'azienda migliora le sue condizioni sociali, spesso migliorerà anche le condizioni aziendali innescando cicli di feedback positivi da parte degli *stakeholders*.

La connessione tra problematiche sociali e ritorno economico si dimostra più forte quando le imprese passano da trattare il problema come mero compito secondario a trattarlo come fonte di creazione di valore condiviso, proponendo nuovi modi per affrontarlo.

Non tutti i problemi sociali possono essere risolti, le aziende possono, però, offrire le loro competenze e le loro risorse per favorire il progresso sociale.

Il vecchio paradigma, che è stato parte del pensiero manageriale negli ultimi due decenni, costituisce un ostacolo all'innovazione, mira alla massima produttività e alla riduzione dei costi con la delocalizzazione delle fabbriche in paesi con manodopera a basso costo,

concentrandosi nell'attrarre i clienti ad acquistare sempre di più, con conseguente concorrenza sui prezzi. Tutto ciò per garantire massimo valore solo per gli investitori nel breve termine.

Le opportunità di creazione di valore condiviso sorgono poiché i problemi sociali sono una causa di costo nella catena del valore, come ad esempio l'eccesso di packaging o lo spreco di corrente elettrica.

I motivi che spingono le aziende ad avvicinarsi alla salvaguardia ambientale e a coglierla come opportunità riguardano sia considerazioni interne che esterne.

Quelle interne riguardano la consapevolezza delle responsabilità che le aziende hanno nei confronti del territorio, in questo caso sono guidate da valori diffusi nella cultura aziendale.

Quelle esterne sono derivanti dall'opinione pubblica, come le pressioni dei nuovi consumatori e dei movimenti green, ma anche degli *stakeholders*, interessati alle aziende orientate al lungo termine.

Inoltre, il soddisfacimento di un obiettivo sociale, consente alla popolazione di avanzare più rapidamente sotto vari aspetti di benessere e di conseguenza alle aziende di crescere ancora di più, innescando un ciclo positivo di prosperità aziendale e sociale, che porta a profitti duraturi. Permette inoltre di cogliere nuove esigenze, offrire nuovi prodotti, servire nuovi clienti e implementare nuovi processi per raggiungere vantaggi competitivi che saranno più sostenibili (Porter et al., 2011).

Il termine "sostenibilità" indica la sostenibilità dell'azienda nel tempo, cioè la sua possibilità di durare più a lungo di un'azienda non sostenibile che, invece, sarà destinata a scomparire o a doversi adattare rapidamente qualora ci fosse un cambiamento delle normative, dell'opinione pubblica o la perdita di interesse da parte degli *stakeholders*.

Un'azienda che adotta tematiche di sostenibilità avrà vantaggi di reputazione e visibilità, risulterà più attraente per i potenziali investitori, inoltre, sarà conforme alle leggi e agli standard etici sempre più stringenti.

L'immagine esterna rappresenta per l'azienda il suo "biglietto da visita", un fattore fondamentale per la sua sopravvivenza, per questo ciò che si cerca di presentare all'esterno sono i fattori positivi, mentre le dinamiche negative restano all'interno.

La reputazione si crea in base ai giudizi degli *stakeholders* in base alla condotta dell'azienda in più anni, una buona reputazione ispira fiducia, stima e credibilità e crea rapporti duraturi e profittevoli.

Uno strumento oggi importante di visibilità è rappresentato dal report di sostenibilità, documento che permette alle aziende di comunicare all'esterno gli impegni assunti e consente la creazione di un'immagine *green* da presentare all'esterno.

Difficilmente un'azienda diventa sostenibile da un giorno all'altro, il processo richiede tempo ma ci si sta muovendo verso questo nuovo paradigma a piccoli passi.

1.1.3 I nuovi consumatori

Qualunque politica di sostenibilità necessita della partecipazione attiva dei cittadini per avere successo, poiché la competitività di un'impresa è collegata al benessere della società che la circonda.

Negli ultimi trent'anni è stata dedicata un'attenzione senza precedenti, da parte della popolazione, al comportamento a favore dell'ambiente, grazie anche alla rilevanza che l'argomento ha avuto all'interno delle imprese e della società in generale.

Sono molti i fattori che hanno permesso ai cittadini di potersi accorgere della necessità di un cambiamento di consumo, tra cui l'inquinamento, i disastri ambientali, il cambiamento climatico e l'esplosione demografica, fattori considerati non più sostenibili.

I consumatori non solo hanno dimostrato una maggiore domanda, ma anche una tolleranza nei confronti di prezzi più elevati, in cambio di un bene o servizio responsabile e di una maggiore qualità dell'occupazione, intesa come il benessere di tutti i lavoratori della filiera produttiva.

L'azienda statunitense Nielsen Media Research nel 2015 ha condotto un'intervista su 30.000 utenti internet in sessanta paesi, compresa l'Italia, ed ha rilevato che il 66% dei consumatori globali è disposto a pagare di più per prodotti rispettosi dell'ambiente.

È necessario anche istruire i consumatori a questi nuovi consumi, in quanto diventano la chiave del successo per le imprese.

Esistono molte etichette per definire le nuove tipologie di consumatore.

Il consumatore *green* emerge alle origini della rivoluzione *green* degli anni '70, presta attenzione alla dimensione ambientale del prodotto, coinvolge credenze e valori con l'obiettivo di supportare un bene maggiore, che ne motiva il consumo, evita quindi prodotti o servizi che danneggiano la salute dei consumatori, causano danni ambientali e crudeltà sugli animali.

Dal consumatore *green* nasce poi il consumatore etico il quale si occupa di problemi più ampi poiché considera anche l'aspetto sociale e temi etici come gli standard di lavoro per la produzione del prodotto. Prende in considerazione anche il commercio equo e solidale, cioè un'attività commerciale che persegue giustizia sociale ed economica, lotta allo sfruttamento dei lavoratori, alla povertà e alle ingiustizie.

1.1.4 Criteri ESG: Finanza sostenibile

I criteri ESG, *Environmental, Social and Governance*, permettono di misurare i progressi delle compagnie nella creazione di valore per gli *stakeholders*.

I criteri ambientali misurano l'impronta ambientale, quelli sociali considerano le relazioni di un'azienda, tra cui quelle con i dipendenti, con le istituzioni e nelle comunità in cui opera, mentre i criteri di governance valutano il modo in cui un'azienda si gestisce, tra cui la retribuzione dei dirigenti, il processo decisionale e il rispetto della legge.

La multinazionale statunitense, di consulenza strategica, McKinsey & Company, sulla base della ricerca e dell'esperienza nel campo, grazie anche al lavoro con aziende di diversi settori, ha individuato cinque vantaggi derivanti dall'integrazione dei criteri ESG all'interno del proprio business:

- Crescita, tramite la conquista di nuovi mercati e all'espansione in quelli esistenti. I prodotti commercializzati in modo sostenibile crescono cinque/sei volte più velocemente di quelli convenzionali;
- Riduzione dei costi, grazie alle minori spese operative, tra cui quelle per materie prime e costo dell'energia. Esiste una correlazione tra l'efficienza delle risorse e la prestazione finanziaria;
- Regolamentazione, si ha una minore pressione normativa, maggior sostegno governativo e migliori relazioni con la comunità;
- Aumento della produttività, anche grazie all'aumento della motivazione dei dipendenti. Questo vantaggio viene spiegato da un sondaggio condotto da McKinsey, in un campione rappresentativo dei dipendenti di aziende statunitensi, secondo il quale l'82% dei rispondenti ha classificato come fattore importante per lo svolgimento del proprio lavoro lo scopo dell'azienda per cui prestano l'attività lavorativa, in particolare, tra gli scopi maggiormente motivazionali si trovano quelli di "contribuire al benessere della società" e di

“creare un lavoro significativo”. Tra coloro che ritenevano importante questo aspetto, però, solo il 42% aveva risposto di trovare importante lo scopo dell’azienda presso la quale erano assunti;

- Ottimizzazione di asset e investimenti, possibilità di rendimenti più alti derivanti da investimenti in settori con criteri ESG, come le energie rinnovabili.

Ogni settore di mercato ha problematiche diverse da affrontare, per questo non esiste un unico modello di integrazione ESG per tutte le compagnie, ad esempio, il settore alimentare si occupa della produzione e della commercializzazione sostenibile, mentre il settore energetico si occupa della riduzione delle emissioni e del passaggio alle rinnovabili. Non risulta quindi un compito facile ma si parla piuttosto di un processo di trasformazione che coinvolge tutte le aree aziendali.

Negli ultimi anni è stato registrato un notevole aumento degli investimenti con orientamento ai fattori ESG.

Sempre secondo lo studio condotto dall’azienda McKinsey & Company e pubblicamente reperibile nella sua pagina web, dal 2019 gli investimenti globali sostenibili hanno superato i 30 trilioni di dollari, che equivale ad un aumento del 68% dal 2014 e ad un aumento di dieci volte dal 2004.

Questi dati hanno fatto sì che investitori e dirigenti si accorgessero di come una forte proposta ESG possa alimentare il successo a lungo termine, dettato dall’attenzione che i consumatori, la società e il governo hanno posto sull’argomento.

Un investimento sostenibile massimizza il rendimento finanziario rispettando i fattori ESG, si verifica quando un fondo di investimento esclude settori o società che non rispettino criteri ESG per questioni di rischio.

Nel 2012, questa tipologia di investimento ha caratterizzato il 21,5% delle attività in Asia, Australia, Nuova Zelanda, Canada, Europa e Stati Uniti.

Nel 2021 invece costituivano il 35% delle attività a livello globale.

Dal 2016, più di 1.400 investitori e manager, con un patrimonio di 59.000 miliardi di dollari, hanno firmato i “*Principles for Responsible Investment*”, sviluppati da un gruppo internazionale di investitori istituzionali, promosso dal Segretario Generale delle Nazioni Unite.

I sei principi, che i firmatari si impegnano a rispettare sono:

1. Integrare le tematiche ESG nell'analisi e nei processi decisionali riguardanti gli investimenti;
2. Essere azionisti attivi e incorporare le tematiche ESG nelle nostre politiche e nelle nostre pratiche di azionariato attivo;
3. Chiedere un'adeguata comunicazione relativamente alle tematiche ESG da parte degli enti nei quali investiamo;
4. Promuovere l'accettazione e l'applicazione dei principi nel settore finanziario;
5. Collaborare per migliorare la nostra efficacia nell'applicazione dei principi;
6. Comunicare le nostre attività e i progressi compiuti nell'applicazione dei principi.

L'iniziativa ha lo scopo di promuovere e far comprendere le conseguenze positive derivanti dall'applicazione dei criteri ESG, oltre quello di assistere i firmatari nell'integrazione di questi aspetti nelle decisioni di investimento.

Come si vede nel Grafico n. 3, dal 2006, anno in cui è nata, l'iniziativa è cresciuta costantemente.

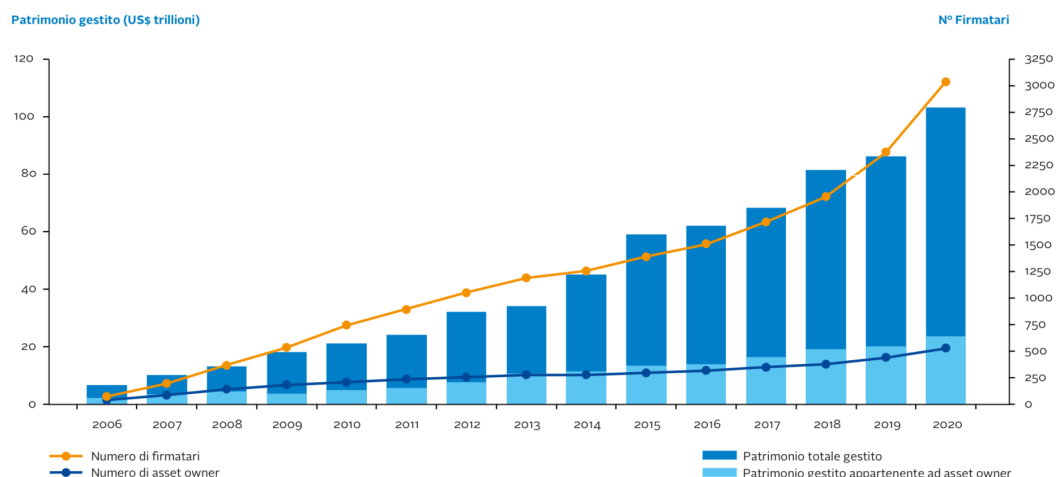


Grafico n. 3: Aziende firmatarie dei PRI
Fonte: UN United State (2019)

L'andamento del grafico è supportato dalla consapevolezza di alcuni fattori, quali:

- Le tematiche ESG sono essenziali dal punto di vista finanziario;
- Creano fiducia di clienti e consumatori;
- Impatto negativo che una visione di breve ha sulle prestazioni;

- Sono requisiti da soddisfare per l'esercizio dell'attività;
- C'è pressione da parte dei concorrenti;
- Motivazioni etiche.

Lo studio di McKinsey prende in considerazione oltre 2.000 studi accademici e rileva che, in circa il 70% di questi, si può trovare una correlazione positiva tra ESG forti e rendimenti finanziari.

A partire dal 2020, circa un quarto delle attività negli Stati Uniti erano investimenti ESG.

La finanza sostenibile, però, non è ancora accettata da tutti. C'è un'ampia convinzione che produca rendimenti inferiori e con maggiori costi da sostenere. C'è chi la riconosce come una strategia di *greenwashing* o una trovata di marketing, su cui fare leva per migliorare la propria reputazione e che poi non viene integrata nella cultura e nel credo aziendale.

In conclusione, la nuova tendenza, come riportato dai dati esposti, è quella degli investimenti sostenibili supportati dai fattori ESG, che sta riscontrando grande interesse ed opportunità di guadagno per le aziende, per l'ambiente e per la società in generale, nell'ottica del futuro.

1.1.5 Fenomeno del greenwashing

La crescente ondata di sostenibilità spinge le aziende ad intraprendere delle strategie di *green marketing* al fine di migliorare la loro immagine agli occhi dei consumatori, aumentando il numero di termini e frasi, riportati nelle etichette, per descrivere le caratteristiche di rispetto ambientale.

Il termine *greenwashing* fu utilizzato per la prima volta nel 1986 dall'ambientalista Jay Westerveld, per descrivere il comportamento delle catene alberghiere che chiedevano agli ospiti di riutilizzare gli asciugamani, per salvaguardare il consumo di acqua e di energia, anche se, nella realtà, l'hotel non applicava pratiche sostenibili ma era una strategia per promuovere un'immagine positiva.

Nasce così il fenomeno del *greenwashing*, che consiste nell'adottare dei comportamenti poco responsabili verso l'ambiente, ma comunicare all'esterno un comportamento positivo, soprattutto tramite l'uso di termini vaghi che creano confusione e fraintendimenti.

Viene, per questo, richiesto alle aziende trasparenza nella divulgazione delle informazioni riguardanti la sostenibilità, con una comunicazione chiara e dinamica.

I canali di comunicazione a disposizione delle aziende sono numerosi come, ad esempio, i social media o i siti web, che permettono di raggiungere un ampio pubblico.

Alcune aziende investono in comunicazioni di marketing verde per essere percepite come sostenibili, ma non sempre è la verità.

Secondo uno studio della compagnia americana TerraChoice, in Canada e negli Stati Uniti, il 95% dei prodotti etichettati come verdi ha commesso almeno uno dei “peccati del *Greenwashing*”.

I peccati consistono nell’elencazione di una serie di pratiche scorrette, che possono essere fuorvianti per il consumatore nella scelta di un prodotto. Hanno l’obiettivo di fornire al consumatore una guida per capire quali sono prodotti *green* e quali fingono di esserlo.

I sette peccati sono stati pubblicati nel sito web dell’azienda UL, acquisitrice di TerraChoice, e vengono qui elencati:

- Peccato del compromesso nascosto, si verifica quando la produzione è attenta ad una specifica tematica ambientale ma non si occupa di tutte le altre;
- Peccato di non avere prove, un prodotto si dichiara *green* ma non ha nessuna certificazione fornita da terzi;
- Peccato di essere vaghi, l’etichetta riporta delle informazioni che risultano vaghe per il consumatore come, ad esempio, la dicitura “ingredienti naturali”, in quanto anche in natura esistono ingredienti che possono essere nocivi per l’uomo;
- Peccato di false etichette, in cui sono presenti parole e immagini che fanno credere ci sia un’approvazione da parte di terzi che in realtà non c’è;
- Peccato di irrilevanza, cioè indicare fatti irrilevanti come la non presenza di ingredienti vietati per legge;
- Peccato del minore di due mali, un miglioramento all’interno di una categoria di prodotto può distrarre il consumatore dalla dannosità della categoria nel suo complesso. Ad esempio una sigaretta biologica;
- Peccato di bugia, quando sono presenti affermazioni non vere.

Tra le pratiche maggiormente utilizzate risulta che: il 70% dei prodotti commette il peccato di non avere prove, mentre il 65% quello di essere vaghi e il 30% quello di false etichette.

È evidente, quindi, come il fenomeno sia diffuso, è necessario cercare di contenerlo in quanto rende inutile gli sforzi di educazione del consumatore e crea diffidenza da parte del mercato.

In Europa è presente la direttiva sulle pratiche commerciali sleali (2005/29/EC) modificata dalla direttiva 2019/2161, con l'obiettivo di limitare le pratiche commerciali scorrette e ingannevoli, come quella di fornire false informazioni per indurre all'acquisto.

A marzo 2022, coerentemente con il *Green Deal* europeo, è stata pubblicata una nuova proposta di direttiva che modifica le direttive 2005/29/CE (pratiche commerciali sleali) e 2011/83/UE (diritti del consumatore), con l'obiettivo di responsabilizzare il consumatore riguardo alla transizione verde e aumentarne le tutele, così che possa compiere decisioni di acquisto consapevoli e che migliorino il consumo sostenibile.

In questa proposta, tra le pratiche commerciali sleali viene individuata anche la pratica di *greenwashing*, cioè dichiarazioni ambientali ingannevoli. Mira al divieto nell'uso inappropriato di termini *green* e, tra le altre cose, prevede che “i professionisti non ingannino i consumatori in merito agli impatti ambientali e sociali, il professionista non possa pubblicizzare come vantaggi per i consumatori quel che è considerato pratica comune nel mercato, sia vietata l'esibizione di un marchio di sostenibilità che non è basato su un sistema di certificazione, sia vietato l'uso di dichiarazioni ambientali generiche nelle attività di marketing” (2022/0092, Bruxelles, 30.3.2022).

Negli Stati Uniti, l'FTC (Federal Trade Commission) può attuare azioni coercitive verso aziende che praticano *greenwashing* con conseguenze di sanzioni o cessazione dell'attività.

La *Green Guide* della FTC, pubblicata nel 1992 e rivista nel 2012, fornisce delle indicazioni su quali pratiche e quali termini siano corretti. Secondo questa, le informazioni devono essere chiare e comprensibili, senza la presenza di elementi visivi che possono creare fraintendimenti, bisogna distinguere se la presentazione si applica al *packaging* o al prodotto, non bisogna sopravvalutare le prestazioni ambientale o mettere in risalto ciò che non è rilevante, le comparazioni devono essere supportate da informazioni.

In molti paesi in via sviluppo, invece, la regolamentazione riguardo alle tematiche ambientali è scarsa e necessita di essere implementata.

Un fenomeno opposto al *greenwashing* consiste nel *greenblushing*, che consiste nel non fornire abbastanza informazioni per quanto riguarda il proprio impatto ambientale e sociale, questo può avvenire per due ragioni: nel primo caso il tema viene trascurato, mentre nel secondo caso gli *stakeholders* non credono nell'importanza della comunicazione di questi fattori, di conseguenza l'azienda si limita a non citarli.

1.2 Il comportamento passivo, reattivo e proattivo

Non tutte le aziende integrano la sostenibilità all'interno dei processi allo stesso modo, per questo motivo non è facile riuscire a creare un modello di contabilità ambientale universale. Ogni realtà è diversa e ha all'interno le proprie specificità.

A seconda dell'intensità con cui vengono integrate azioni sociali e ambientali, il comportamento può essere classificato come passivo, reattivo o proattivo.

Per capire meglio la distinzione dei tre comportamenti verranno esposti alcuni casi aziendali, i dati esposti sono supportati dai report di sostenibilità pubblicati dalle aziende nei rispettivi siti web.

1.2.1 Strategia passiva: Caso Volkswagen

Con questo tipo di strategia l'azienda si limita a conformarsi alle normative vigenti nel settore, oppure, alle richieste della popolazione. L'azienda, quindi, non condivide i valori della sostenibilità, anche se li applica.

In questo caso la sostenibilità è vista come un vincolo e non come un'opportunità.

Per spiegare questo tipo di strategia e gli svantaggi che questa può comportare, un esempio importante è rappresentato da Volkswagen.

Volkswagen è una casa automobilistica tedesca, fondatrice del gruppo Volkswagen che comprende diversi marchi di automobili, tra cui Seat, Cupra, Skoda, Audi.

L'azienda nel 2015 è stata al centro di un importante scandalo sulle emissioni dei motori diesel, in seguito al quale ha compiuto un passaggio da una visione passiva della sostenibilità, intesa come un mero obbligo impostogli, ad una visione proattiva, che le permette oggi di porsi l'obiettivo di essere leader mondiale della mobilità elettrica.

Caso Volkswagen:

- Scandalo sulle emissioni

Per aggirare le normative sulle emissioni dei motori diesel, Volkswagen aveva installato un software sulle centraline dei motori che abbassava il dato sulle emissioni inquinanti in fase di test.

Il 18 settembre 2015, l'Epa, Agenzia statunitense per la protezione ambientale, aveva accusato Volkswagen di aver illegalmente usato il software per aggirare le normative sulle emissioni di ossidi di azoto.

L'evento è diventato subito uno scandalo che ha danneggiato la buona reputazione del gruppo, il quale è stato escluso da diverse classificazioni di sostenibilità, perdendo la fiducia di molti *stakeholders*.

Lo scandalo diesel ha dato impulso a un processo, attraverso il quale l'azienda ha rafforzato la propria cultura aziendale, aumentando la formazione del personale su temi di sostenibilità e il controllo interno.

Il controllo interno è migliorato grazie ad una rivisitazione del processo di sviluppo del prodotto e dei test dei veicoli, ma anche grazie alla rivisitazione del Codice di Condotta.

L'azienda ha deciso quindi di intraprendere un processo di trasformazione, per riuscire a riguadagnare la fiducia di clienti e di azionisti.

Questo sforzo riuscì subito ad ottenere buoni risultati che vennero illustrati nel primo report di sostenibilità del gruppo riferito all'anno 2017.

- Report di sostenibilità 2017

In seguito allo scandalo venne elaborata una nuova strategia aziendale "TOGETHER, strategia 2025", adottata a giugno 2016, che mirava alla riconquista della fiducia.

La strategia era focalizzata sulla trasparenza e sulla sostenibilità, in particolare prendeva in considerazione il punto di vista dei dipendenti.

L'obiettivo della strategia era quello di raggiungere un successo duraturo nel mondo della mobilità del domani, trasformando l'azienda in un leader globale nella fornitura di mobilità sostenibile entro il 2025. Il programma era stato inserito al centro delle attività aziendali.

- Mission 2017: nella sua mission l'azienda si riconosce come grande società industriale con responsabilità sociali speciali, in quanto con la produzione di auto oltre agli effetti positivi come nuovi posti di lavoro, produce anche effetti negativi come l'emissione e il consumo di risorse. Vista anche la crescente digitalizzazione, l'azienda sarà obbligata ad affrontare nuove questioni in futuro.
- Emissioni: per quanto riguarda le emissioni di CO₂, l'azienda dichiara nel report del 2017 di uniformarsi al Regolamento 443/2009 (CE) che fissa uno standard di prestazione in

termini di emissioni delle autovetture nuove, per la riduzione delle emissioni di CO2 dei veicoli.

Per dimostrare il suo impegno, nel 2017 l'azienda ha pubblicato la rivista "Shift" per spiegare lo scandalo e comunicare all'esterno come è stato affrontato e quale cambiamento è avvenuto, con l'obiettivo di ristabilire la fiducia.

Per sottolineare maggiormente il percorso di trasformazione intrapreso, il titolo del report di sostenibilità del 2017 è "*Empowering Transformation*".

- Report di sostenibilità 2021

Nel Report di sostenibilità 2021, l'azienda espone il nuovo programma "NEW AUTO, la mobilità per le generazioni a venire" in cui si pone l'obiettivo di diventare leader del mercato globale dei veicoli elettrici.

I dati rivelano un cambiamento di prospettiva del gruppo dal 2015, anno dello scandalo, ad oggi in cui si pone un obiettivo da leader di mercato nell'ambito della sostenibilità.

Volkswagen dopo lo scandalo ha dovuto cambiare strategia, focalizzandosi sulla sostenibilità quasi come unico modo per riconquistare la fiducia degli *stakeholders*.

Si può notare chiaramente come negli anni seguenti si sia avvicinata sempre di più al tema della sostenibilità arrivando a definirla parte del DNA dell'azienda, nel suo report del 2021.

1.2.2 Strategia reattiva: Caso Ikea

La seconda strategia in questione è quella che viene chiamata "reattiva", in quanto viene attuata poiché l'azienda vede nella sostenibilità un'opportunità da cogliere. L'azienda è quindi consapevole delle proprie responsabilità sociali ed ambientali ed è "reattiva" alle tendenze derivanti dal contesto esterno.

In questo caso la sostenibilità non viene anticipata ma viene integrata in base alle tendenze esterne.

Caso Ikea:

Ikea è un'azienda multinazionale svedese specializzata nella vendita di mobili e oggetti di arredamento per la casa.

L'obiettivo chiave di Ikea di essere leader e di posizionamento sul mercato viene integrato con il valore della cura delle persone e del pianeta, l'azienda vede nella sostenibilità un'opportunità. Essendo una multinazionale che esporta in tutto il mondo, tramite trasporti via mare e via terra, riconosce di avere una responsabilità sociale d'impresa, soprattutto per quanto riguarda le emissioni inquinanti delle fabbriche e dei trasporti.

Si impegna nel contrastare il cambiamento climatico, il consumo non sostenibile e l'ineguaglianza.

Nel report di sostenibilità del 2021 l'azienda espone importanti risultati che includono miglioramenti lungo tutta la catena del valore per ridurre la sua impronta climatica rispetto ai dati esposti nel report del 2016.

La riduzione dell'impronta climatica nel 2021 è stata del 5,8% in termini assoluti rispetto all'anno 2016, con un obiettivo di riduzione del 15% entro il 2030.

I progressi sono avvenuti sia grazie a nuovi prodotti come cibi vegetali e lampadine a led, sia grazie al graduale passaggio alle energie rinnovabili per gli stabilimenti Ikea.

All'interno del Report 2021 si può trovare il programma di Ikea per il 2030 "*People and planet positive*" da realizzare tramite obiettivi che prevedono diversi ambiti di applicazione:

- *Healthy and sustainable living*, alcuni prodotti meno sostenibili vengono eliminati o sostituiti, sta, infatti, avvenendo una graduale eliminazione delle batterie alcaline non ricaricabili che vengono sostituite dalle nuove batterie ricaricabili LADDA, questo permette ai clienti una riduzione degli sprechi;
- *Transforming into a circular business*, i prodotti vengono progettati fin dall'inizio per essere riutilizzati o riciclati;
- *Becoming climate positive*, che costituisce l'obiettivo entro il 2030, e consiste in una riduzione delle emissioni di gas serra più alta di quelle emesse dalla catena del valore, contribuendo a limitare l'aumento della temperatura globale a 1,5°C entro la fine del secolo;
- *Regenerating resources, protecting ecosystems, and improving biodiversity*, che prevede l'utilizzo di soli materiali rinnovabili o riciclati provenienti da fonti responsabili;
- *Fair and equal*, che prevede giustizia ed equità per tutti lungo la catena del valore.

Nel 2021 gli incidenti sul lavoro sono diminuiti del 30% rispetto al 2018.

Ikea, tramite il suo report di sostenibilità, espone progressi che sono stati costanti negli anni verso gli impegni assunti per il 2030.

L'azienda ha una strategia di tipo reattivo perché è consapevole di avere delle responsabilità sociali ed ambientali essendo una multinazionale presente in più paesi, la strategia di sostenibilità le permette di migliorare la sua immagine e la sua reputazione, mantenendo una posizione competitiva sul mercato, in quanto i consumatori sono sempre più interessati ad acquistare prodotti sostenibili e che permettano di avere un risparmio energetico.

1.2.3 Strategia proattiva: Caso Treedom

In questo ultimo caso di strategia proattiva, la sostenibilità diventa un valore condiviso da tutta l'azienda, non è più solo un'opportunità ma diventa parte integrante del business model aziendale.

L'applicazione di questa strategia permette la creazione di valore condiviso. Si ha in questo caso un'azienda sostenibile.

Caso Treedom:

Treedom è una piattaforma online che consente a consumatori e aziende di comprare e piantare alberi online e di seguirne la crescita a distanza.

L'azienda finanzia le ONG che coinvolgono agricoltori di tutto il mondo, portando benefici ambientali, sociali ed economici alle loro comunità.

Dopo essere stato comprato online, l'albero viene piantato da un agricoltore locale, ogni albero viene geolocalizzato e fotografato così che l'acquirente possa seguirne la crescita a distanza.

Treedom permette a tutti di poter contribuire alla salvaguardia dell'ambiente in modo semplice ed accessibile.

C'è creazione di valore condiviso in quanto il valore creato va a vantaggio di tutti senza danneggiare nessuno. Questo avviene grazie ad alcune caratteristiche: il prodotto è accessibile a tutti in quanto ha prezzi contenuti, impiega la tecnologia della piattaforma e della geolocalizzazione, è un prodotto semplice, l'azienda crea consapevolezza nelle persone del problema ambientale.

L'azienda ha un impatto positivo sull'ambiente, testimoniato anche dalla certificazione come B Corp dal 2014, una delle prime in Europa, e dall'adesione al Global Compact delle Nazioni Unite dal 2012.

La certificazione B Corp viene rilasciata da B Lab, un'organizzazione non profit nata con l'obiettivo di diffondere un nuovo modello di business. Viene rilasciata ad aziende con alti standard di performance sociali, ambientali, e trasparenza.

Per ottenerla e mantenerla, le aziende misurano le proprie performance interne ed esternalità attraverso lo standard di misurazione B Impact Assessment (BIA).

Treedom è, inoltre, una Società Benefit, una forma giuridica d'impresa introdotta in Italia con la legge 28 dicembre 2015 n. 208, entrata in vigore a Gennaio 2016. Questo tipo di società crea valore condiviso nel lungo termine a beneficio comune.

Nel comma 376 di tale legge viene individuata come un'attività economica che “oltre allo scopo di dividerne gli utili, persegue una o più finalità di beneficio comune e opera in modo responsabile, sostenibile e trasparente nei confronti di persone, comunità, territori e ambiente..” (L. 28-12-2015 n. 208, Comma 376).

Nel report di sostenibilità 2020 dell'azienda vengono esposti i sei obiettivi di beneficio comune presenti nello Statuto di Treedom:

1. Generare benefici sociali e ambientali per le comunità rurali;
2. Promuovere l'istruzione, tramite la formazione degli agricoltori locali;
3. Promuovere la consapevolezza della sostenibilità sociale e ambientale;
4. Promuovere pratiche agronomiche sostenibili;
5. Investire nello sviluppo e nella ricerca;
6. Contribuire agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile.

Le principali certificazioni di sostenibilità ottenute da Treedom sono:



B CORP: network di imprese che si contraddistinguono per elevate performance ambientali e sociali



FSC: si prende cura delle foreste, delle persone e degli animali



GLOBAL COMPACT: patto mondiale delle Nazioni Unite per incoraggiare le aziende ad adottare politiche sostenibili



GIIRS: Il performance score assegnato dal Global Impact Investing Rating System, sistema di audit che calcola in modo rigoroso e trasparente le performance ambientali e sociali delle imprese, è positivo

Figura n.2: certificazioni di sostenibilità di Treedom

Fonte: Treedom (2020)

La strategia di Treedom è proattiva poiché la sostenibilità non è solo un'opportunità ma è l'obiettivo principale grazie al quale è nata l'azienda, è parte integrante del business model.

Propone un business model ibrido poiché sceglie di inserire nella governance aziendale l'obiettivo sociale e ambientale, al pari dell'attività di business, che costituiscono la fonte di reddito.

1.3 La normativa

La normativa in materia di sostenibilità è sempre più articolata e ha l'obiettivo di incentivare le aziende alla condivisione delle proprie informazioni, per garantire una maggiore trasparenza.

Una spinta importante per la considerazione della variabile ambientale all'interno della strategia aziendale deriva dall'Unione Europea, che cerca di creare consapevolezza delle opportunità che possono cogliere le imprese tramite la sostenibilità.

La politica comunitaria mira a diffondere un atteggiamento proattivo verso la sostenibilità e a promuovere le politiche dei singoli stati membri.

1.3.1 Il Report di sostenibilità

Un crescente interesse verso questo tema, da parte di un'ampia gamma di istituzioni come governi, autorità di vigilanza e investitori finanziari, ma anche consumatori, ha portato allo sviluppo di una serie di linee guida adottate dalle aziende per comunicare all'esterno il proprio impegno sostenibile.

Lo strumento utilizzato a tale fine è il "Report di sostenibilità", un documento annuale dove vengono inserite tutte quelle informazioni che si concentrano su aspetti ambientali e sociali e che non hanno carattere finanziario, le quali trovano già il loro spazio all'interno del Bilancio d'esercizio.

Rappresenta oggi un importante strumento che consente sia di migliorare la propria reputazione, sia di supportare il processo di individuazione dei propri punti di forza e di debolezza.

Tramite varie direttive a livello europeo si è cercato di rendere tale documento, a carattere non finanziario, un documento affidabile e di qualità, consultabile ed accessibile a tutti gli *stakeholders*.

Il tema della sostenibilità porta le aziende ad essere più efficienti poiché un'azienda sostenibile è più orientata al lungo termine, pronta a fronteggiare nuove leggi e nuovi trend degli investitori, sempre più impegnati in temi sociali e ambientali.

La divulgazione volontaria e, in certi casi obbligatoria, dei dati sugli impatti ambientali ha consentito agli investitori di ottenere una serie di informazioni in modo semplice.

Il report di sostenibilità aiuta le aziende ad orientarsi verso questa nuova prospettiva, ad essere più responsabili delle loro scelte e capirne le conseguenze.

Un buon report porta quindi dei vantaggi di immagine, reputazione, credibilità ed affidabilità e permette di avere un quadro più completo dell'azienda, anche se da solo non basta, poiché dietro deve esserci un serio impegno delle imprese ad attuare dei cambiamenti.

Di particolare importanza sono soprattutto due direttive dell'Unione Europea che trattano l'argomento di divulgazione non finanziaria da parte delle aziende, in linea con la strategia di

Green Deal della Commissione Europea, queste due non sono le uniche normative esistenti ma sono sufficienti per esporre l'argomento.

La prima è la direttiva 2014/95 in tema di “informativa non finanziaria” (NFRD), la seconda è la nuova direttiva 2022/2464 in tema di “*Corporate Sustainability Reporting*” (CSRD), che consentono di capire quali cambiamenti sono avvenuti in pochi anni e perché.

1.3.2 L'informativa non finanziaria, la Direttiva 2014/95/UE

Una serie di fattori esterni hanno spinto l'Unione Europea ad emanare delle direttive riguardanti una maggiore richiesta di informazioni circa impatti, che non siano solo economici, ma anche ambientali e sociali.

La direttiva 2014/95/UE si riferisce alla comunicazione da parte delle aziende di informazioni di carattere non finanziario e sulla diversità nella composizione degli organi di amministrazione, gestione e controllo (età, sesso o percorso formativo), con l'obiettivo di migliorare la considerazione delle aziende europee verso fattori ambientali, sociali e di governo (fattori ESG).

Tale direttiva viene recepita in Italia con il D.Lgs. 254/2016 riguardante la “*non financial disclosure*”, con la quale vengono introdotti obblighi di informativa non finanziaria, con obbligatorietà di adozione dal 1° gennaio 2017.

- Obiettivi:

Lo scopo di tale direttiva è la trasparenza sui fattori ESG (*environmental, social, governance*), cioè quello di richiedere alle maggiori imprese di comunicare informazioni non finanziarie, in particolare utili per gli investitori e le parti interessate che vogliono avere una visione più completa dell'impresa. Le informazioni dichiarate permettono di capire anche la sua solidità nel tempo, per questo vengono richieste anche considerazioni sui rischi legati alla sostenibilità.

Le aziende possono adempiere all'obbligo seguendo degli standard, attualmente le linee guida più diffuse per la rendicontazione sono emanate dal GRI (*Global Reporting Initiative*). Questi standard sono divisi in set di indicatori a seconda delle tre dimensioni della sostenibilità: economici, ambientali e sociali.

- Dove:

Le informazioni devono essere comunicate tramite una sezione apposita all'interno della Relazione sulla gestione, cioè un'allegato del Bilancio, oppure pubblicate tramite un documento separato.

- Limiti di applicazione:

Sono previsti dei limiti di applicazione in quanto non si applica a tutte le aziende ma l'obbligatorietà è nei confronti di imprese di grandi dimensioni, gruppi di imprese e imprese di pubblico interesse (società quotate, bancarie e assicurative), con delle soglie precise che sono:

- Alla data di chiusura del Bilancio il totale dei ricavi netti delle vendite e delle prestazioni deve essere superiore a 40.000.000€, oppure il totale dell'attivo dello stato patrimoniale deve essere superiore a 20.000.000€;
- In media durante l'esercizio finanziario deve esserci un numero di dipendenti superiore a 500.

- Argomenti:

Gli aspetti principali da trattare sono:

- Ambientali, come risorse idriche, risorse energetiche;
- Responsabilità sociale, come relazioni con le comunità;
- Diritti del personale, come la parità di genere tra i lavoratori;
- Rispetto dei diritti umani;
- Lotta alla corruzione.

Per capire quali sono le informazioni principali da inserire è importante tenere in considerazione il punto di vista degli *stakeholders* e quanto le informazioni possano influenzare le loro decisioni e valutazioni. Tale principio è il principio di materialità degli *stakeholders* definito anche dal GRI (*Global reporting initiative*) nello standard 101.

Va inserita, inoltre, una descrizione del modello aziendale di gestione e organizzazione delle attività dell'impresa, le politiche praticate e i risultati conseguiti (con i relativi indicatori fondamentali), nonché i principali rischi, generati o subiti, connessi ai temi non finanziari e

che derivano dalle attività d'impresa, dai suoi prodotti, servizi o rapporti commerciali, incluse le catene di fornitura.

Le imprese sono sempre esposte a rischio, il *risk management* diventa quindi una parte dell'azienda e nel documento deve essere descritto il modo di gestione dei rischi.

Le informazioni devono essere presentate in modo da poterle comparare a quelle degli esercizi precedenti.

Con il D.Lgs. 254/2016 una serie di informazioni che prima erano volontarie diventano obbligatorie per le grandi imprese. Già prima della direttiva le imprese maggiori su base volontaria potevano emettere il report di sostenibilità.

In seguito all'introduzione della direttiva è aumentato il riconoscimento del legame tra mercati finanziari e cambiamento climatico, ciò ha portato a considerare sempre di più i rischi ESG.

L'informativa non finanziaria così com'è oggi comporta alcune sfide poiché sono presenti lacune di dati, scarsa comparabilità e standardizzazione, mancanza di affidabilità dei dati.

È stata emanata una nuova direttiva che cerca di oltrepassare i limiti di quella attualmente in vigore.

1.3.3 Corporate Sustainability Reporting, la Direttiva 2022/2464/UE

Il 21 Aprile 2021 la commissione europea ha adottato una proposta di direttiva, pubblicata il 16 Dicembre 2022 sulla Gazzetta Ufficiale, che andrà a rivedere e modificare la precedente direttiva 2014/95 riguardante la *non financial reporting*, con l'obiettivo di migliorare le informazioni dal punto di vista della loro qualità, comparabilità e maneggevolezza, in particolare per capire come la sostenibilità influisce sull'impresa e sulla possibilità di durare nel lungo termine. Gli Stati membri hanno l'obbligo di recepimento entro il 6 luglio 2024.

Il *Corporate Sustainability Report* viene arricchito di informazioni qualitative e quantitative che sono più in linea con i tempi e le nuove richieste degli investitori.

Tra le novità principali abbiamo:

- Principio della doppia materialità;
- Revisione esterna obbligatoria;
- Ampliamento del campo di applicazione;
- Obbligo di adozione di standard.

L'applicazione delle norme avverrà in modo progressivo, saranno applicate ai bilanci relativi all'esercizio:

1. 2024, per società che già pubblicavano obbligatoriamente la DNF;
2. 2025, per società di grandi dimensioni;
3. 2026, per PMI quotate;
4. 2028, per le filiali di imprese extra-UE.

- Principio della doppia materialità:

Un principio fondamentale che viene introdotto è il principio della doppia materialità, secondo cui vengono previste informazioni che permettano da un lato di comprendere l'impatto delle attività dell'impresa su ambiente e società (*outside-in*) e dall'altro lato di comprendere in che modo la sostenibilità può influenzare lo sviluppo e la sopravvivenza dell'impresa (*inside-out*).

La visione dell'impresa diventa quindi più ampia, si guarda anche come i fattori esterni possano danneggiarla o portarla al successo, la soluzione è quella di usarli a proprio vantaggio.

- Revisione obbligatoria:

Per quanto riguarda l'aumento di attendibilità del nuovo report viene previsto il principio di *assurance*, cioè il documento viene controllato e asseverato, garantendone l'affidabilità.

- Dove:

Il report acquisisce importanza poiché obbligatoriamente verrà inserito nella relazione sulla gestione, diventando parte integrante della relazione finanziaria annuale e allineando i fattori ESG a quelli finanziari.

Diventa quindi obbligatorio e non più una scelta volontaria tra l'inserimento nella relazione sulla gestione e la creazione di un documento separato.

- Ampliamento del campo di applicazione:

L'obbligatorietà del report viene esteso a tutte le società quotate di qualunque dimensione, ad eccezione delle micro imprese, vengono quindi inserite nella sua redazione anche le PMI.

Secondo alcune stime tale cambiamento porterebbe ad un passaggio dalle attuali 11.600 alle 49.000 entità che sarebbero coinvolte nell'obbligo (Di Sarli, 2021).

- Obbligo di adozione di standard:

Vengono introdotti degli standard obbligatori in modo da semplificare la comparabilità tra report diversi. L'elaborazione degli standard è stata affidata all'European Reporting Advisory Group (EFRAG), che potrà cooperare con altre istituzioni internazionali quali IFRS Foundation, la Global Reporting Initiative e l'International Integrated Reporting Council.

Gli standard avranno una prospettiva multi *stakeholders* e quindi non più solo una prospettiva dell'investitore ma di tutti i possibili interessati.

Il primo set di standard di sostenibilità europei saranno emanati entro il 30 Giugno 2023 e il secondo set entro il 30 Giugno 2024 e saranno rivisti almeno ogni tre anni.

- Argomenti:

I temi fondamentali rimangono quelli della dichiarazione non finanziaria cioè ambiente, responsabilità sociale, diritto del personale, diritti umani e lotta alla corruzione, ma vengono aggiunte altre informazioni riguardo agli asset intangibili come il capitale intellettuale, umano, sociale e relazionale, fattori importante per capire la possibilità di creazione di valore nel lungo periodo.

All'interno del report sono presenti: il *business model* e la strategia, gli obiettivi di sostenibilità e il loro progresso, il ruolo e le conoscenze degli organi di governo in merito ai fattori ESG, i rischi e il processo per l'individuazione dei temi materiali.

Secondo quanto riportato dall'articolo scientifico, pubblicato dal network "*Sustainable Finance Research Platform*" formato da cinque istituti di ricerca in Germania nel 2021, ci sarebbe un oggetto di contestazione per quanto riguarda gli standard, che risulta essere la mancanza di indicazioni su quali questioni specifiche di sostenibilità siano rilevanti per determinate aziende o settori, tali indicazioni risulterebbero utili per comprendere la rilevanza di alcuni problemi specifici su cui focalizzarsi, permettendo anche di comparare più facilmente i report appartenenti a tali settori (Bossut et al. 2021).

Il report di sostenibilità ha un forte impatto all'esterno, sugli *stakeholders*, e all'interno, sulla produttività dei dipendenti. Un'analisi che prende in considerazione aspetti finanziari e non finanziari permette di valutare meglio la redditività di un'azienda.

Tale documento diventa, quindi, uno strumento di promozione dell'immagine aziendale e una fonte di informazioni facilmente accessibili dagli *stakeholders*, capace di generare fiducia se redatto in modo chiaro e con buoni criteri.

Ciò che emerge dalla nuova direttiva è un aumento delle regole, al fine di standardizzare il documento e di estenderne l'obbligatorietà a più aziende, per muoversi verso la prospettiva dell'azienda sostenibile come azienda che riuscirà a sopravvivere in futuro e per creare un senso di urgenza nella popolazione.

Il punto chiave è proprio la creazione di un senso di urgenza poiché l'aumento di regole da solo non basta, infatti, i risultati non per forza saranno positivi dal punto di vista ambientale e sociale.

Esiste anche il rischio che il report diventi un mero obbligo invece che un impegno personale alla lotta contro il cambiamento climatico e le altre tematiche di sostenibilità.

1.3.4 Il Green Deal e gli SDG's

Un'importante strategia di sostenibilità a livello europeo è rappresentata dal *Green Deal*, che pone l'obiettivo per l'Unione Europea di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050.

La strategia si compone di una serie di iniziative riguardanti clima, ambiente, energia, agricoltura, finanza, trasporti e industria, interessa quindi diversi settori tra loro connessi per la costruzione di un'economia moderna e competitiva.

Un'iniziativa riguardante il clima è rappresentata dal "Pronti per il 55%", presentato al Consiglio a luglio 2021, che prevede una serie di proposte per aggiornare la normativa UE, con l'obiettivo finale di ridurre le emissioni di gas a effetto serra almeno del 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990. Ciò avviene tramite regole sull'emissione di CO2 delle autovetture, come la proposta della commissione europea di non immettere più sul mercato europeo auto a combustione interna entro il 2035, e tramite altri progetti di efficienza energetica, tassazione dell'energia, promozione di energia rinnovabile e costruzione di infrastrutture per combustibili alternativi, come inserimento di colonnine di ricarica per le auto elettriche e altri provvedimenti.

Il *Green Deal* ha il fine di migliorare la salute dei cittadini e delle generazioni future portando maggior benessere grazie a prodotti di consumo più sani, maggiori trasporti pubblici, aria e acqua pulita, posti di lavoro e formazione, risparmio energetico e industrie competitive.

Nel 2015 tutti gli Stati membri hanno adottato l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, nella quale vengono elencati i 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (*SDGs*), pubblici nella pagina web delle Nazioni Unite.

Tali obiettivi rappresentano le priorità a livello globale su cui è necessario intervenire. Nascono per sostituire i "*Millennials development goals*", che avevano l'obiettivo di ridurre la povertà estrema entro il 2015.

Sono stati approvati da tutti i governi e invitano ad essere creativi ed innovativi nel trovare nuove soluzioni ai problemi di sostenibilità. Possono essere applicati da tutti i paesi, spetta poi ai governi il compito di tradurli in politiche e piani d'azione, anche le imprese devono fare la loro parte.

Gli obiettivi sono: eliminare la povertà, la fame, garantire la salute, un'educazione di qualità, equità di genere, acqua pulita, energia pulita e conveniente, crescita economica e buone condizioni lavoro, favorire l'industria, l'innovazione e le infrastrutture, ridurre le disuguaglianze, creare città e comunità sostenibili, incentivare il consumo e la produzione responsabili, un'azione climatica, migliorare la vita sott'acqua, la vita sulla terra, garantire pace, giustizia e istituzioni forti, garantire la partnership per gli obiettivi.



Figura n. 3: *SDG icons*
Fonte: Nazioni Unite (2020)

Ogni anno il segretario generale delle Nazioni Unite pubblica una relazione in cui vengono descritti i progressi relativi al raggiungimento degli obiettivi.

Le aziende possono sfruttare gli SDGs per cogliere nuove opportunità, promuovere la sostenibilità, migliorare i rapporti con gli *stakeholders*, rendere stabili società e mercati, utilizzare un linguaggio comune per obiettivi condivisi.

L'SDG Compass è una guida che aiuta le aziende ad allineare gli obiettivi sostenibili a quelli aziendali, tramite l'individuazione di cinque step:

1. Comprendere gli SDGs, per familiarizzare con gli obiettivi, tramite anche l'assistenza;
2. Definire le priorità, valutando gli impatti positivi e negativi della catena del valore rispetto agli SDGs;
3. Fissare gli obiettivi, allineandoli agli SDGs;
4. Integrare la sostenibilità, nel proprio core business e governance;
5. Rendicontare e comunicare il proprio impegno tramite indicatori e set di priorità.

Tra gli obiettivi di sviluppo sostenibile è presente l'obiettivo numero 11 riguardante la "creazione di città e comunità sostenibili", che merita particolare attenzione dato il forte aumento negli ultimi anni dell'interesse a nuove tecnologie digitali, che applicate ad esempio, alle soluzioni di trasporto pubblico consentirebbero di agire sui problemi di sostenibilità dei centri urbani.

L'urbanizzazione è, infatti, uno degli sviluppi più importanti del nostro secolo, la maggioranza della popolazione mondiale risiede nelle città o vorrebbe risiedervi.

Le città si vedono caratterizzate da una crescita costante che riguarda la popolazione e i servizi, ciò comporta un'importante impronta ecologica, in particolare causata dall'inquinamento e dalla gestione dei rifiuti.

Per il raggiungimento dell'obiettivo n. 11 SDG si deve intervenire principalmente nella riduzione dell'inquinamento urbano, causato da industrie, abitazioni, veicoli per il trasporto persone e merci. Particolare importanza viene data anche alle alte emissioni di CO₂, dannose per l'ambiente e di conseguenza anche per la salute umana.

Inoltre, devono essere garantiti spazi pubblici accessibili a tutti, parchi e spazi verdi, mezzi di trasporto efficienti e le eventuali infrastrutture necessarie, e soprattutto accesso a spazi abitativi.

Un problema importante, infatti, che caratterizza le grandi città è la carenza di offerta di abitazioni rispetto alla domanda. Tale situazione causa aumenti vertiginosi dei prezzi delle case e di conseguenza vengono escluse dal mercato tutte le categorie di persone e famiglie a basso e medio reddito.

Nei capitoli successivi verrà affrontato il problema del settore automobilistico, che comporta importanti emissioni di sostanze inquinanti e gas serra, per il quale è stata proposta come soluzione la tecnologia dell'auto elettrica, composta dalla batteria a ioni di litio.

CAPITOLO 2: IL SETTORE AUTOMOBILISTICO

2.1 L'inquinamento delle auto

I gas serra sono naturalmente presenti nell'atmosfera, fungono da filtro per i raggi solari e trattengono il calore, regolando la temperatura terrestre e generando l'effetto serra.

Senza di essi la temperatura sarebbe molto inferiore e il pianeta non sarebbe abitabile.

A partire dalla rivoluzione industriale, l'uomo ha iniziato a rilasciare enormi quantità di gas serra, in particolare anidride carbonica (CO₂), nell'atmosfera. Questi gas hanno raggiunto quantità elevate, che hanno aumentato l'intensità dell'effetto serra, causando il "riscaldamento globale" a cui si sta assistendo negli ultimi anni.

L'innalzamento delle temperature terrestri porta a cambiamenti climatici, cioè cambiamenti a lungo termine delle temperature in tutte le stagioni e manifestazioni di fenomeni climatici estremi, intensi e molto frequenti, come ad esempio incendi, temperature record, uragani, inondazioni estive, forti siccità e forti precipitazioni. Questi fenomeni rappresentano un rischio per l'uomo, l'agricoltura, l'allevamento, i boschi e tutti gli ecosistemi.

Secondo Legambiente, l'associazione italiana a tutela dell'ambiente, in Italia si sono verificati 310 fenomeni meteorologici estremi nel 2022, che hanno provocato gravi danni e 29 morti.

Gli eventi che si verificano più di frequente nella penisola sono state alluvioni e allagamenti da piogge intense, Legambiente ha registrato 104 eventi estremi di questo tipo, che hanno creato disagi alla popolazione e messo a rischio il settore dell'agricoltura. Per i danni provocati da raffiche di vento e trombe d'aria sono stati registrati 81 eventi, mentre per quanto riguarda la siccità gli eventi registrati sono stati 28.

Il dato segna un rapido aumento del +55% rispetto all'anno precedente, il 2021.

Negli ultimi nove anni, la spesa pubblica stanziata per gli interventi di riparazione ai danni causati dai fenomeni meteorologici, ammonta a 13,3 miliardi di euro (Legambiente, 2022).

Il 75% dei gas serra prodotti dall'uomo è costituito da CO₂, principalmente emessa dalle attività in cui avviene una combustione di petrolio, carbone e gas naturale, utilizzata per il riscaldamento, l'elettricità e i mezzi di trasporto.

Al giorno d'oggi queste attività sono vitali per l'uomo, per questo sta avvenendo una transizione *green*, che ha l'obiettivo di garantire le stesse attività e servizi ma in maniera sostenibile.

Riguardo a questa transizione in Europa vengono implementate politiche di promozione a favore di investimenti per l'efficienza energetica degli edifici, per la mobilità sostenibile, per la costruzione di impianti che sfruttino l'energia rinnovabile quali, ad esempio, impianti fotovoltaici o pannelli solari termici.

Attualmente, un quarto delle emissioni di CO₂ in Europa derivano dal settore dei trasporti, di questo settore il 71,7% è imputabile al trasporto stradale (Parlamento Europeo, 2023).

In particolare, i veicoli oltre a causare grandi quantità di CO₂, rappresentano uno dei fattori principali dell'inquinamento atmosferico, poiché composti da motori a combustione interna alimentati da carburanti.

Secondo la definizione data dal Nuovo Codice della strada, i veicolo sono "tutte le macchine di qualsiasi specie, che circolano sulle strade guidate dall'uomo" (Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285). Restano escluse dalla definizione le macchine per uso di invalidi e di bambini.

Nella seguente tesi con il termine "veicolo" vengono considerate le macchine a motore circolanti su strada, quali, ad esempio, automobili, furgoni e autobus.

Le auto non producono tutte lo stesso livello di inquinamento, ma ciò dipende da diversi fattori e condizioni come: il peso e la forma, la tecnologia di propulsione (benzina, diesel, metano, idrogeno, elettrico, ibrido e altre), lo stile di guida, le condizioni atmosferiche e l'utilizzo del veicolo, anche il luogo è un fattore influenzante, infatti, in montagna sono presenti salite ripide che richiedono più sforzo da parte del motore e quindi maggiori emissioni, mentre in città la presenza di traffico fa sì che le auto rimangano per lunghi periodi ferme con il motore acceso, causando inutilmente molte emissioni.

Nel 1992 venne emanato, dalla Commissione Europea, il primo standard Euro per classificare le auto in base alle loro emissioni. Attualmente esistono sei classi Euro.

I principali inquinanti presi in considerazione sono: monossido di carbonio (CO), idrocarburi incombusti (HC), ossidi di azoto (NO_x), particolato (PM). La CO₂ non viene presa in considerazione in quanto considerata un gas climalterante ma non inquinante.

La classe Euro 1 è entrata in vigore nel 1993 per tutte le nuove immatricolazioni di auto a benzina e diesel, prevedeva una soglia massima di monossido di carbonio di 2,72 g/km, di particolato di 0,14 g/km e di ossidi di azoto sommati a idrocarburi incombusti di 0,97 g/km.

Nello stesso anno divenne obbligatorio l'uso di catalizzatori sulle nuove auto e il passaggio alla benzina senza piombo.

Negli anni successivi ci fu un susseguirsi di standard con la sigla Euro, con regolamentazioni sempre più stringenti riguardo alle emissioni, che i produttori dovettero rispettare per commercializzare i propri veicoli.

La classe Euro 2 riguarda i veicoli immatricolati a partire dal 1997, gli standard furono abbassati al limite di 2,2 g/km per CO e 0,5 g/km per la somma di NOx e HC.

I veicoli immatricolati dal 2001 dovevano rientrare nella classe Euro 3, che prevedeva che fossero dotati di un sistema che rilevasse il malfunzionamento degli apparecchi di filtraggio dei gas di scarico, oltre ad un'ulteriore riduzione delle emissioni consentite.

La classe Euro 4 riguarda, invece, i veicoli immatricolati dal 2006, le regole da rispettare erano: 1 g/km per il monossido di carbonio, di 0,1 g/km per gli idrocarburi incombusti e di 0,08 g/km per gli ossidi di azoto.

I limite imposti a partire dal 2009 per la classe Euro 5 erano di 1,0 g/km per CO, di 0,1 g/km per HC, di 0,06 g/km per NOx e di 0,005 g/km per il particolato.

Infine, lo standard attuale è l'Euro 6, entrato in vigore dal 2015, prevede diverse sottocategorie segnate da una lettera. L'ultima sottocategoria, la 6d entrata in vigore nel 2020, prevede una differenza nel sistema di misurazione delle emissioni, che diventa più rigido.

CLASSE EURO	ANNO
EURO 0	Prima del 1993
EURO 1	Dal 1993
EURO 2	Dal 1997
EURO 3	Dal 2001
EURO 4	Dal 2006
EURO 5	Dal 2009
EURO 6	Dal 2015

Tabella n. 1: Standard Euro per la classificazione delle auto
Fondata dei dati: Gandelli (2022)

Le case automobilistiche, infatti, devono attuare dei test di emissioni per poter classificare i mezzi. Dal 2017 il test di omologazione sulle auto deve seguire lo standard WLTP (*Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure*), emesso in seguito allo scandalo *Dieseldgate*.

Il test ha durata di 30 minuti, in cui vengono misurate le emissioni di un veicolo che viaggia a una velocità media di 46,5 km/h, raggiungendo una velocità massima di 131 km/h, e percorrendo una distanza minima di 23,25 km.

Lo standard Euro 7 è stato già proposto dalla commissione europea, con possibile entrata in vigore dal 2025, che riguarderà, oltre a limiti più stringenti, anche una regolamentazione per quanto riguarda la durata della batteria per auto elettriche. A riguardo, però, molti produttori ritengono non sia necessario un nuovo standard per via dell'obiettivo di elettrificazione dei veicoli perseguito dall'Unione Europea.

Si potrebbe assistere ad un utilizzo più *green* dell'automobile qualora, invece che viaggiare da soli, fossero presenti più passeggeri. Le stime attuali, pubblicate sul sito del Parlamento Europeo, della media dei passeggeri presenti in ogni auto è di 1,7 (Parlamento Europeo, 2023).

Secondo quanto previsto dal *Green Deal*, l'Europa dovrà raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 grazie anche alla riduzione del 90% delle emissioni prodotte dai trasporti.

Attualmente l'obiettivo si pensa sia raggiungibile grazie alla sostituzione dei veicoli tradizionali a combustione interna con veicoli elettrici, che non inquinano durante l'utilizzo.

Il Regolamento (UE) 2019/631 pone degli obiettivi di emissione di CO₂ per le autovetture nuove, che saranno di 95 g CO₂/km tra il 2020 e il 2024 mentre saranno più stringenti negli anni successivi, con un'ulteriore diminuzione del 15% entro il 2025 e del 37,5% entro il 2030.

Per facilitare il raggiungimento degli obiettivi le case automobilistiche possono decidere di raggrupparsi in *pool*, cioè in gruppi. Le case automobilistiche o i *pool* che producono meno di 300.000 nuove immatricolazioni di veicoli possono beneficiare, se desiderano, di una deroga.

I risultati finora sono stati incoraggianti in quanto, nel 2020, solo sei case automobilistiche e due *pool* non sono riuscite a rispettare i limiti di emissioni e hanno dovuto pagare un premio di 95 euro per auto per g/km di superamento dell'obiettivo.

La casa automobilistica che ha registrato le minori emissioni ha prodotto 81 g CO₂/km, mentre il *pool* che ha registrato le minori emissioni medie ne ha prodotte 88,5 g CO₂/km.

Come si nota dalla Figura n. 4 sottostante, la Norvegia è il paese in Europa che produce minor emissione di CO2 proveniente dalle nuove auto, con 27,6 g CO2/km nel 2021 e un miglioramento del 27,7% rispetto al 2020.

Nell'Unione Europea il primato è della Svezia, che è il paese che ne produce la minor quantità tramite nuove auto, con una media nel 2021 di 88,3 g CO2/km e un miglioramento di due punti percentuali rispetto al 2020.

Altri paesi performanti sono la Finlandia con un'emissione di 98,3 g CO2/km e la Danimarca con 92,6 g CO2/km.

Tendenzialmente i paesi del Nord Europa raggiungono migliori prestazioni, in termini di sostenibilità, dalle auto di nuova produzione.

In Italia il dato è aumentato del 14,7% nel 2021 rispetto all'anno precedente con 124,6 g CO2/km.

CO2 EMISSIONS OF NEW CARS BY COUNTRY

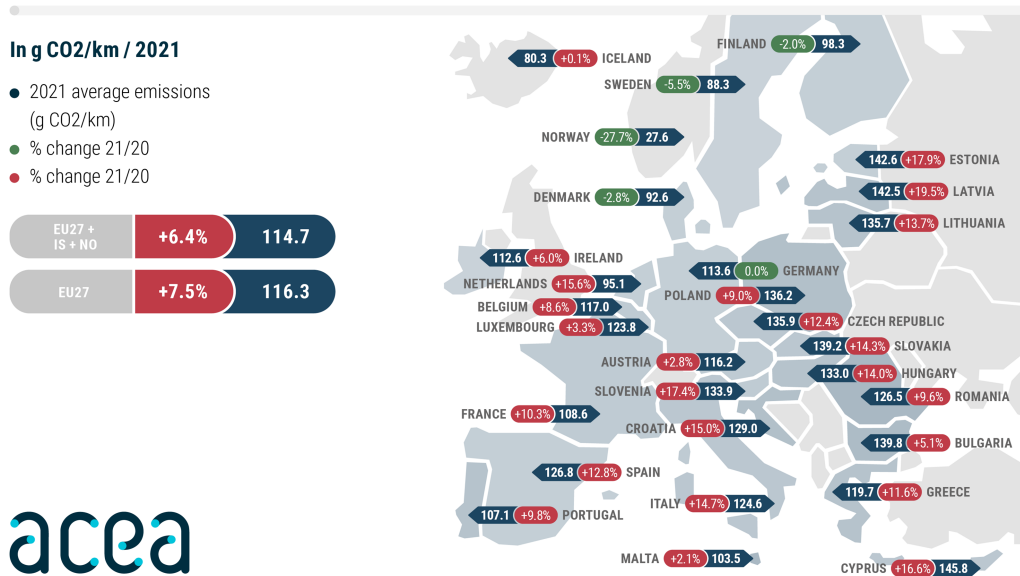


Figura n. 4: Emissioni medie di CO2 delle nuove auto in Europa
Fonte: Acea (2022)

Dai primi anni 2000 il trend delle emissioni di CO2 in Europa è in calo (Grafico n. 4), caratterizzato da piccole salite dovute soprattutto alla maggiore produzione di veicoli, per supportare l'aumento della mobilità, le quali vengono però fronteggiate dalla diffusione di auto ibride o elettriche.

In particolare, come esposto nel grafico, un lieve incremento si verifica tra il 2017 e il 2019, fino a raggiungere i 122,3 gCO₂/km, spiegato dall'aumento delle immatricolazioni di nuove auto.

L'incremento si arresta nel 2020 quando registra un calo fino a 107,5 gCO₂/km, grazie ad una serie di normative ed obiettivi posti dall'Unione Europea, oltre, alla crescente produzione di auto elettriche e ibride, soprattutto in paesi come Norvegia, Islanda e Svezia che presentano la più alta percentuale di auto elettriche in Europa.

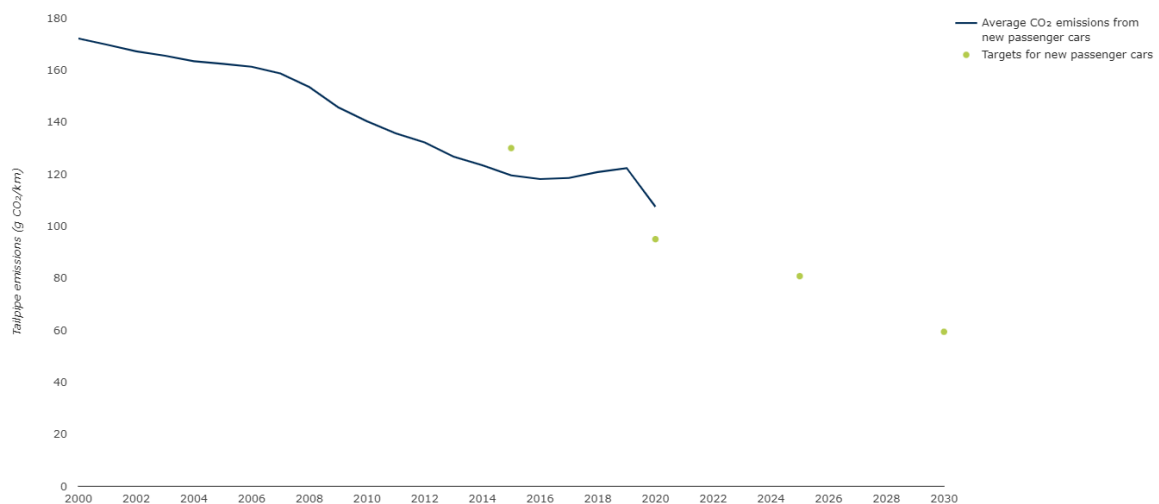


Grafico n. 4: Emissioni medie Europee di CO₂ delle nuove auto negli anni
Fonte: European Environment Agency (2022)

Secondo i dati 2022 esposti nel documento “Guida sul risparmio di carburante e sulle emissioni di CO₂ delle autovetture”, emesso dai Ministeri dello sviluppo economico, della Transizione ecologica, delle Infrastrutture e della Mobilità sostenibile, in Italia, nel 2020, il trasporto stradale produceva il 92,1% delle emissioni di gas serra derivanti dal complesso dei trasporti e il 20,6% del totale di gas serra emessi a livello nazionale.

Nel nostro paese, così come la media europea, il trend dei gas serra è in calo dal 1990.

Fino al 2007 si osserva una crescita dovuta all'incremento del parco auto e delle percorrenze, segnata da una successiva diminuzione che può essere spiegata inizialmente dalla crisi economica e in seguito dalla diffusione di veicoli più sostenibili.

Nel 2020 la pandemia da Covid-19 ha portato una netta diminuzione delle sostanze inquinanti nell'aria, dovuta alle restrizioni della mobilità.

I dati finora esposti dimostrano come la diffusione di veicoli elettrici permetta un significativo aiuto al problema delle emissioni inquinanti e climalteranti prodotte dai veicoli durante il loro utilizzo. Quest'ultimi sono, infatti, definiti veicoli a zero emissioni. Tale definizione si riferisce solo alle emissioni provenienti dallo scarico, cioè i gas e le particelle emesse durante la marcia dell'automobile. Le emissioni, però, avvengono anche durante altre fasi del ciclo di vita: per la produzione del veicolo e della sua batteria, per la generazione dell'energia elettrica utilizzata per la ricarica, e per il riciclaggio.

Ciò che verrà argomentato nel capitolo successivo riguarda le emissioni rilasciate nell'aria durante il ciclo di vita dei veicoli.

La questione centrale è se la quantità di CO₂ emessa durante la produzione di un'auto elettrica possa essere compensata negli anni dalle successive emissioni nulle derivanti dall'utilizzo. L'alternativa possibile è che la CO₂ emessa possa essere nulla grazie alla produzione di energia da fonti rinnovabili, che rappresenta l'obiettivo di molti paesi.

2.2 Le auto elettriche

Per contrastare i problemi di inquinamento, riscaldamento globale e volatilità dei prezzi del petrolio tutti i paesi si stanno muovendo verso l'alternativa dei veicoli a nuova energia (NEVs, *New Energy Veichles*), che stanno sostituendo i veicoli a combustione interna alimentati da diesel e benzina.

Oltre al problema ambientale, una questione importante è la carenza di questi combustibili che iniziano a scarseggiare sulla terra per via dello sfruttamento che è avvenuto negli anni, causando un aumento dei prezzi.

I veicoli elettrici sono stati caratterizzati da una lunga e lenta fase di introduzione nel mercato europeo, data in particolare dalla diffidenza della domanda per quanto riguarda i temi dell'elettrico.

Nel 2010 la prima auto nata per un mercato di massa era rappresentata dalla Nissan Leaf.

Dal 2017 al 2018 si sono verificati fenomeni di differenziazione dell'offerta proposta dai produttori, incentivi statali all'acquisto e migliori performance, che hanno fatto sì che la domanda dell'elettrico crescesse rapidamente facendo entrare nel mercato, oltre agli innovatori, cioè gli sperimentatori del prodotto, anche gli *early adopters*, categoria di

consumatori che precedono il mercato di massa, spiegata dalla teoria della “diffusione delle innovazioni”, per arrivare oggi ad un mercato quasi di massa.

Le case automobilistiche si stanno ponendo obiettivi di produzione al 100% di auto elettriche, Mercedes-Benz si è posta l’obiettivo di elettrificazione delle sue auto entro il 2030.

A febbraio 2023, come esposto nel Grafico n. 5, le auto più vendute nell’Unione Europea rimangono comunque quelle a benzina che rappresentano il 36,9% del mercato, le quali però hanno avuto una riduzione rispetto agli anni precedenti.

Le auto elettriche rappresentano il 12,1% del mercato rispetto al 9,7% dell’anno precedente, mentre quelle ibride elettriche rappresentano il 25,5% rispetto al 23,3% dell’anno precedente.

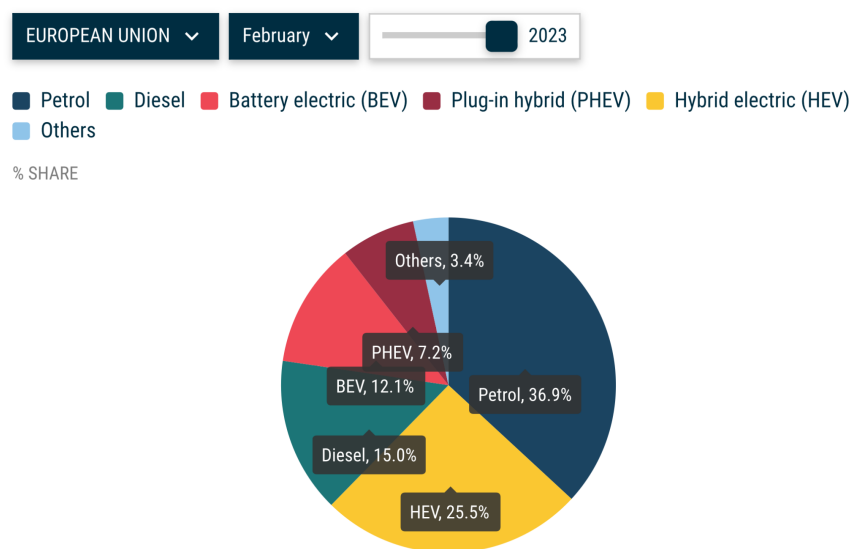


Grafico n. 5: Suddivisione del mercato dei veicoli in Europa nel 2023
Fonte: Acea (2023)

All’interno dell’Europa i dati si discostano da paese a paese.

A febbraio 2023, in Italia le auto elettriche rappresentano solo il 3,7% del mercato, le ibride *plug-in* il 4,3% e le ibride non *plug-in* il 36,6%.

In Norvegia l’elettrico rappresenta l’83,1%, l’ibrido *plug-in* il 7% e l’ibrido non *plug-in* il 5,5%. Si può notare facilmente come in Norvegia le percentuali lascino pochissimo spazio ai combustibili fossili, infatti, le auto a benzina rappresentano solo l’1,5% delle nuove immatricolazioni.

In generale, nei paesi scandinavi, il settore dell’elettrico presenta percentuali più elevate rispetto agli altri paesi europei.

La tecnologia utilizzata per questi veicoli è quella dell' elettrificazione del motore, tramite l'impiego della batteria, che utilizza l'energia accumulata durante la fase di ricarica e la trasforma in energia meccanica.

Nella realtà, le auto elettriche (EV, *Electric vehicles*) non sono un'invenzione totalmente nuova, infatti, venivano utilizzate già alla fine del 19° secolo e avevano un'autonomia limitata di circa 40 chilometri, data dalla poca energia delle batterie dell'epoca.

Vennero poi superate da quelle con motori a combustione interna, che risultavano essere più efficienti.

L'invenzione della prima auto a motore termico, cioè a combustione interna, viene attribuita a Karl Benz nel 1885, nonostante altri inventori e ingegneri avessero iniziato a sperimentare questo tipo di auto prima di Benz.

La produzione su larga scala e a prezzi ridotti dell'automobile viene, invece, attribuita a Henry Ford che agli inizi degli anni '90 utilizzò la tecnica della catena di montaggio per la produzione della Ford T. Nel 1923 arrivò a produrre 2 milioni di vetture all'anno ad un prezzo di 364\$.

Il tema del motore elettrico venne riconsiderato alla fine del 20° secolo, in particolare, dopo l'embargo petrolifero dell'OPEC negli anni '70. L'evento vide protagonisti i paesi arabi, che smisero di esportare petrolio in alcuni paesi occidentali, causando mancanza di carburante e facendo sorgere la questione di possibili alternative al petrolio.

Negli anni '90 si cominciarono a progettare le prime batterie per auto elettriche con una più alta densità energetica, data dal rapporto tra la quantità di energia in essa contenuta e il suo peso. Ciò nonostante, le batterie non raggiunsero in quegli anni prestazioni elevate in quanto presentavano delle carenze pratiche.

Un'importante tipologia di batteria fu quella a nichel-metallo-idruro (NiMH), che presentava un'energia specifica di circa 80 Wh/kg.

Con questo tipo di batteria, la compagnia General Motors creò il modello EV1, che ebbe successo iniziale con un'autonomia di 160 km, la produzione fu però interrotta nel 2002 per via dei costi elevati.

Oggi si è appreso che la densità di energia volumetrica della batteria è più importante dell'energia specifica grazie alla tecnologia della batteria a ioni di litio, per la quale gli

inventori M. Stanley Whittingham, John B. Goodenough e Akira Yoshino hanno ricevuto il Premio Nobel nel 2019.

Questa tecnologia veniva già commercializzata negli anni '90, ma presentava carenze in termini di sicurezza in quanto poteva accadere che prendesse fuoco.

Negli anni la sua prestazione è migliorata e attualmente è superiore a tutti gli altri modelli, in termini di potenza, efficienza e durata.

Nonostante i miglioramenti avvenuti nella tecnologia delle batterie, si è assistito per anni alla produzione di auto non totalmente elettriche ma "ibride", cioè caratterizzate da due sistemi di propulsione: uno formato dal motore elettrico e uno del motore a combustione interna.

A seconda dell'importanza del motore elettrico si possono distinguere le *micro-hybrid*, *mild-hybrid* e *full-hybrid*, quest'ultime sono le uniche che permettono di poter fare brevi tragitti totalmente in elettrico.

Con l'opzione *plug-in* è possibile anche la ricarica direttamente dalla presa elettrica senza dover attendere che sia il motore termico a provvedere alla ricarica durante la marcia.

I modelli ibridi hanno permesso comunque una buona riduzione delle emissioni di CO₂, in un periodo in cui le auto elettriche non erano accessibili a tutti, per via del loro prezzo elevato, e non avevano ancora alte prestazioni.

Oggi i veicoli elettrici devono rispettare alcuni requisiti per quanto riguarda la loro batteria, infatti, ogni vettura in commercio deve avere una batteria che si mantenga sopra una soglia di efficienza dell'80% per almeno 15 anni o 150.000 miglia (pari a circa 240.000 km).

La loro diffusione è fortemente legata agli interventi dello Stato, che potrebbero accelerare o rallentare il processo. Ad esempio, in Italia la diffusione può avvenire in modo più veloce tramite gli incentivi statali all'acquisto che consentono una riduzione del prezzo, i vantaggi che riguardano l'accesso alle ZTL, i parcheggi gratuiti e l'esenzione dal pagamento del bollo.

Tra le auto elettriche vendute in Italia sono presenti più categorie come auto da città, suv ma anche auto sportive.

Le decisioni di acquisto dei consumatori sono influenzate da quantità monetarie e non monetarie.

Quelle monetarie sono rappresentate da valori quali il costo d'acquisto, le tasse e il costo dei parcheggi, mentre quelle non monetarie sono rappresentate da fattori come il tempo di ricarica, la presenza di infrastrutture nel territorio, la marca del veicolo, l'esperienza di guida.

I prezzi sono il principale ostacolo alla loro adozione, insieme alla mancanza di infrastrutture e ai tempi di ricarica, ma una crescente diffusione ne consente un graduale abbassamento, per via della concorrenza.

I principali acquirenti di auto elettriche sono motivati da fattori quali l'innovatività del sistema, l'esperienza di guida e la percezione di avere un risparmio di carburante (Stocchetti, 2021).

L'esperienza di guida differisce soprattutto per il fatto di non avere la frizione, che consente una semplicità del sistema.

2.2.1 Pro e contro

I vantaggi dell'auto elettrica, presentati fino ad ora, sono principalmente il fatto che non emette CO₂ e sostanze inquinanti durante l'utilizzo, non ha infatti il tubo scappamento, e contribuisce a ridurre l'inquinamento acustico in quanto il motore è silenziato.

Inoltre, considerando i prezzi volatili del carburante, l'elettrico potrebbe comportare minori costi di rifornimento.

I vantaggi sono maggiori se la produzione di energia elettrica avviene tramite fonti rinnovabili. Per anni, infatti, l'energia è stata prodotta solo tramite combustibili fossili quali carbone e petrolio, l'eliminazione di questi combustibili rappresenta oggi la principale sfida di molti paesi, tra cui l'Italia.

Riuscendo a produrre abbastanza energia elettrica tramite fonti rinnovabili, come ad esempio il fotovoltaico, si riuscirebbe a godere appieno dei vantaggi derivanti dai motori elettrici e per molti paesi rappresenterebbe un allentamento della dipendenza dal petrolio, e di conseguenza un'indipendenza energetica.

Risulta, quindi, problematico riuscire a stimare quanto l'auto elettrica consenta minori emissioni rispetto all'auto tradizionale, considerando tutto il ciclo di vita dall'estrazione delle materie prime al suo smaltimento, in quanto ciò dipende anche dalla quantità di energia elettrica prodotta tramite fonti rinnovabili dal paese di produzione.

I veicoli elettrici, attualmente, presentano costi d'acquisto più elevati rispetto a quelli tradizionali, ma negli anni stanno raggiungendo prezzi sempre più accessibili grazie alla loro diffusione, che garantisce una maggiore concorrenza sul prezzo.

Uno svantaggio considerato importante dalla popolazione è il tempo di ricarica, infatti, le prime auto erano caratterizzate da lunghi tempi di ricarica e da poca autonomia.

Attualmente, le batterie a ioni di litio, possono essere ricaricate per l'80% in 20 minuti, ma ciò richiede molta energia elettrica e la costruzione di efficienti infrastrutture di ricarica.

Sono in atto diversi studi per riuscire a diminuire i tempi di ricarica, ad esempio, Tesla, casa automobilistica statunitense di auto elettriche, ha installato una rete di oltre 2000 stazioni di ricarica rapida con una capacità di carica fino a 250 kW.

Al giorno d'oggi, questa tipologia di vettura risulta ancora meno conveniente, in termini sia economici che di comodità, rispetto ai veicoli tradizionali.

Il miglioramento delle batterie è costantemente in atto per quanto riguarda da un lato l'aumento di capacità e durata e dall'altro la riduzione di volume, peso e costo. Sono, inoltre, in atto sperimentazioni per la realizzazione di nuove tecnologie.

Molte case automobilistiche stanno sviluppando auto elettriche e punti di ricarica a costi sempre più bassi.

L'avvicinamento dei consumatori alla mobilità elettrica e i recenti interventi normativi stanno influenzando le scelte dei produttori, portando questa tipologia di vettura a diventare negli anni più conveniente.

2.2.2 Le infrastrutture

Una delle comodità che caratterizza l'auto elettrica è quella di poter essere ricaricata anche da casa, tramite una presa della corrente. Non tutta la popolazione, però, dispone di un garage dove poter ricaricare l'auto.

In proporzione al numero di veicoli elettrici venduti diventa, quindi, inevitabile la costruzione di infrastrutture di ricarica adeguate, possibilmente che utilizzino energia rinnovabile. Ciò rappresenta oggi un importante tema di discussione in Europa.

I consumatori saranno maggiormente disposti all'acquisto di veicoli a zero emissioni quando ci sarà la sicurezza di poterli ricaricare ovunque nell'Unione Europea, inoltre, è necessario che questo avvenga con la stessa facilità con cui si è abituati a fare rifornimento di combustibili.

Il 14 luglio 2021 è stata emanata la proposta di regolamento europeo per la realizzazione di un'infrastruttura di rifornimento per i combustibili alternativi (combustibili con livelli di

inquinamento bassi o nulli) e di stazioni di ricarica, che andrà ad abrogare la direttiva 2014/94/UE.

Quest'ultima direttiva imponeva agli stati membri la creazione di quadri strategici nazionali per favorire il mercato dei combustibili alternativi, tramite la disponibilità di stazioni pubbliche di rifornimento e di punti pubblici di ricarica per auto elettriche, che consentissero la libera circolazione dei mezzi a basse o zero emissioni di CO₂ nell'Unione Europea.

Nonostante la commissione europea abbia riscontrato alcuni progressi nell'attuazione della direttiva, sono stati riscontranti anche gravi carenze nella libera circolazione di questi veicoli, che ha portato alla conclusione di una necessità di accelerazione nella costruzione delle infrastrutture.

La nuova proposta di regolamento si inserisce tra gli obiettivi "Pronti per il 55%" coerente con il *Green Deal*.

L'obiettivo del regolamento consiste nella creazione di una rete capillare e diffusa di infrastrutture per i combustibili alternativi e di punti di ricarica, in tutta l'UE, a disposizione di tutti i mezzi di trasporto.

Nel 2023 il consiglio e il parlamento europei hanno raggiunto un accordo per quanto riguarda la costruzione delle infrastrutture di rifornimento e ricarica, le quali dovranno crescere allo stesso ritmo di diffusione di veicoli a zero emissioni. Il nuovo regolamento fissa degli obiettivi obbligatori.

In Svezia, entro il 2025, si prevede di realizzare il progetto di costruzione della prima strada elettrificata permanente, che consente la ricarica delle auto elettriche senza l'installazione di colonnine. Il progetto, diretto da Trafikverket, l'amministrazione dei trasporti svedese, prevede interventi di trasformazione di un'autostrada, la E20, per consentirne l'elettrificazione. Con questa trasformazione i veicoli potranno ricaricarsi durante la percorrenza della strada ed eviteranno le code per la sosta nei punti di ricarica.

In Italia, l'infrastruttura sostenibile si sta sviluppando, in particolare la regione che presenta più colonnine di ricarica è la Lombardia.

La costruzione su larga scala di colonnine pubbliche di ricarica rapida è l'obiettivo della Missione 2, Componente 2, Investimento 4.3 del PNRR, che comporta un investimento di 741,3 milioni di euro per la costruzione di 7500 punti di ricarica nelle superstrade e di circa 13.750 punti nei centri urbani.

L'azienda italiana Anas (Azienda nazionale autonoma delle strade statali), ha avviato la sperimentazione delle *smart road*.

Il progetto prevede la costruzione di strade digitalmente avanzate, che garantiscono sicurezza, comfort ed efficienza nei flussi di traffico.

La realizzazione avviene attraverso la collocazione di colonnine poste a bordo strada, che sono anche di supporto alle macchine con guida autonoma, se dovessero circolare in futuro.

Il sistema consente la connessione tra veicoli stessi e tra veicoli e infrastruttura, le telecamere intelligenti permettono la segnalazione in tempo reale ai veicoli di eventi sulla strada, come incidenti e cantieri, dei limiti di velocità e della segnaletica stradale.

Oltre alle colonnine, nelle *smart road*, sono presenti punti di ricarica di elettricità.

La prima esperienza in Europa di *smart road* è stata costruita in occasione dei futuri mondiali di sci di Cortina 2026. La strada in questione, che rappresenta una sperimentazione, è la statale 51 'di Alemagna', in Veneto, nella tratta che collega Ponte nelle Alpi a Passo Cimabanche, al confine con il Trentino Alto Adige.

2.3 Accordo sulle auto a zero emissioni entro il 2035

Il 12 Novembre 2021 si è tenuta a Glasgow la Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, denominata "COP26", che è stata sede di discussione per quanto riguarda diverse questioni di sostenibilità a livello globale, tra cui anche l'accelerazione della transizione verso veicoli a zero emissioni.

Per il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050, in linea con il *Green Deal*, l'Unione Europea sta adottando diverse misure, e tra queste è fondamentale la decarbonizzazione dei trasporti.

A giugno 2022 il parlamento europeo ha approvato la proposta della commissione, che prevede lo stop alla vendita di auto e furgoni a benzina e a diesel entro il 2035, a favore di veicoli a zero emissioni, cioè elettrici o alimentati da e-fuel.

Gli e-fuel sono carburanti, non ancora in circolazione, che garantiscono la neutralità carbonica in quanto per la loro produzione viene prelevata la stessa quantità di CO₂ che viene emessa durante l'utilizzo.

L'accordo prevede che le auto attualmente in circolazione o prodotte fino al 2035 potranno comunque circolare e fare rifornimento. Secondo la stima le auto durerebbero in media 15 anni, questo garantirebbe una neutralità climatica entro il 2050.

Gli obiettivi intermedi prevedono una riduzione del 55% delle emissioni per le auto e del 50% per i furgoni entro il 2030.

L'accordo vede una divisione dei paesi europei, tra chi si dichiara favorevole e chi sfavorevole. Alcuni paesi preferirebbero l'adozione di altre alternative, che non riguardino per forza l'elettrico, come l'uso di biocarburanti, prodotti con scarti di materia organica.

Se si pensa ad una transizione verso soli veicoli elettrici, come ogni grande cambiamento, si avrebbero delle ripercussioni sul settore e sull'occupazione.

Molti lavoratori del settore potrebbero essere ricollocati in altre mansioni, mentre altri potrebbero uscire dal mercato del lavoro.

Inoltre, le case automobilistiche dovrebbero riorganizzare la filiera produttiva, con la necessità di grossi investimenti, processo che per molte è già in atto.

Molte aziende hanno deciso, quindi, anche grazie a fondi pubblici, di investire in questa tecnologia aprendo in Europa enormi fabbriche di batterie, chiamate “*giga factory*”, così da preservare anche molti posti di lavoro.

Alcuni paesi, tra cui l'Italia, temono le ripercussioni negative che tale decisione potrebbe avere sul settore produttivo automobilistico e sulla possibile perdita di concorrenza, che andrebbe a favore di altri paesi, per i quali può rappresentare invece motivo di crescita in un settore ancora poco sviluppato.

La mobilità elettrica si sta sviluppando velocemente in tutto il mondo, spinta dalla scarsità di risorse, dal degrado ambientale e dal riscaldamento climatico.

La questione centrale, a cui diversi studi cercano di dare risposta, riguarda la quantificazione di vantaggi e svantaggi che tale mobilità può portare in termini di protezione ambientale e delle risorse, ma anche in termini di costi.

Le batterie agli ioni di litio (LIB) compongono il motore e rappresentano la componente critica di questi veicoli, sia dal punto di vista economico che sociale ed ambientale.

Comportano, infatti, importanti emissioni di CO₂ durante il loro ciclo di vita, che verrà analizzato tramite la metodologia di *Life Cycle Assessment* (LCA) nel capitolo successivo.

Inoltre, impiegano materie prime che non sempre vedono equità sociale dei lavoratori coinvolti, e risultano essere ancora parecchio costose.

Diventa fondamentale, quindi, studiare le componenti delle auto elettriche per cercare di rendere i processi di produzione e smaltimento più efficienti, incentivando nel contempo la costruzione di una rete di produzione di energia *green*, tramite le fonti rinnovabili.

CAPITOLO 3: CICLO DI VITA DELLE BATTERIE A IONI DI LITIO

3.1 Le batterie a ioni di litio per le auto elettriche

Agli inizi degli anni '90 cominciarono ad essere commercializzate da Sony le batterie agli ioni di litio, per la necessità di una batteria leggera, efficiente e duratura.

Questa tipologia di batteria presenta un alto contenuto energetico e risulta, quindi, più performante rispetto a batteria tradizionali come quelle al piombo.

Le batterie al litio vengono ampiamente utilizzate per gli apparecchi tecnologici, grazie all'elevata densità energetica, al basso tasso di autoscaricamento, alla lunga durata dei cicli e all'assenza di effetto memoria.

Rappresentano la principale fonte di energia per le auto elettriche.

Inizialmente presentavano alcune problematiche, soprattutto legate alla sicurezza e al rischio incendio causati dalla presenza di materiali infiammabili, migliorate nel corso degli anni con l'utilizzo di materiali alternativi, di nuovi componenti come separatori e di tecnologie che evitassero il sovraccarico delle celle.

Le batterie sono formate da diverse celle singole collegate tra loro e sono isolate dall'esterno da un involucro. Ogni cella contiene un elettrodo positivo e uno negativo, rispettivamente chiamati catodo e anodo.

Il litio ionizzato si muove tra i due elettrodi: in particolare nella fase di carica gli ioni di litio si muovono dal catodo all'anodo per immagazzinare energia, mentre, nella fase di scarica, l'energia viene rilasciata. In questa fase, il litio ionizzato si sposta in senso opposto e, nel circuito esterno, si muove un numero equivalente di elettroni per ristabilire la neutralità di carica del sistema, producendo così la corrente di scarica. Questo consente il funzionamento del dispositivo.

Per consentire il flusso degli ioni di litio, nella cella sono presenti una soluzione elettrolitica e una membrana composta da tessuto non tessuto o da fogli di polimero, che separa gli elettrodi isolandoli per impedire cortocircuiti.

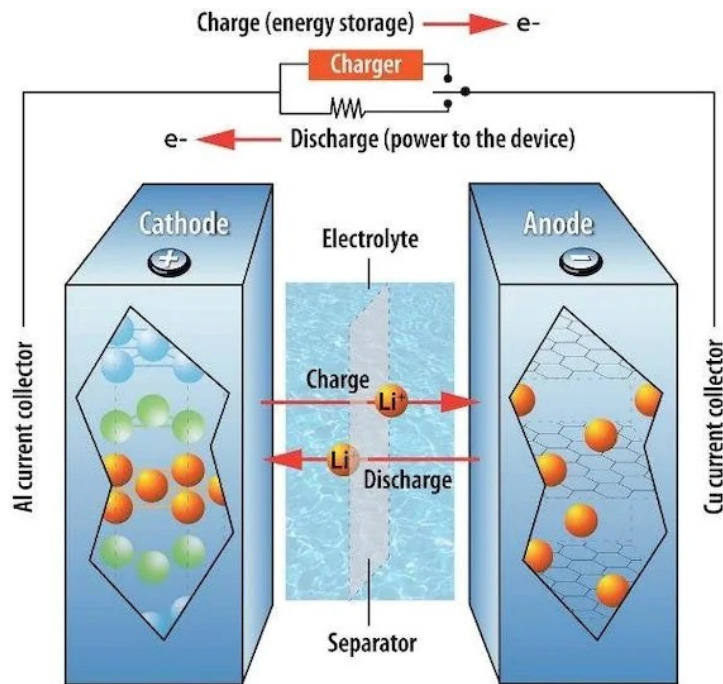


Figura n. 5: Funzionamento di una batteria a ioni di litio
Fonte: Gandelli (2022)

La batteria può essere costituita da diversi materiali a seconda dell'uso. Le batterie NMC per auto elettriche, per esempio, contengono vari tipi di ossidi a base di litio, nichel, manganese e cobalto. Nel tempo è avvenuta una graduale riduzione dell'utilizzo del cobalto, un materiale costoso e inquinante.

L'anodo è principalmente composto da grafite, depositata su uno strato di rame, e da un sale di litio sciolto in un solvente organico come elettrolita.

A seconda della chimica con cui è costruito il catodo si hanno batterie con differenti prestazioni e impieghi. Le principali tipologie impiegate sono:

- LCO (litio-cobalto-ossido), formate da un catodo in ossido di cobalto e da un anodo in grafite. Questa composizione permette di ottenere un'alta energia specifica e viene utilizzata per batterie medio-piccole. Per via del rischio di surriscaldamento e sovraccarico viene utilizzata per i dispositivi elettronici come gli smartphone;
- LMO (litio-manganese-ossido), costituite da un catodo in ossido di manganese e un anodo in grafite. Esse hanno meno capacità rispetto a quelle che contengono cobalto, ma riescono a fornire una maggiore quantità di energia in tempi brevi. Vengono quindi impiegate in apparecchi elettrici quali trapani, bici elettriche o dispositivi medici;

- LFP (litio-ferro-fosfato), con alte prestazioni in termini di sicurezza e lunghi cicli di vita, vengono utilizzate nei settori industriali dell'automotive, della robotica, delle costruzioni, della nautica e molti altri. Sono molto sicure e stabili e riescono a superare i 3.500 cicli di vita prima di usurarsi fino all'80% di capacità massima. L'assenza di cobalto, inoltre, costituisce un vantaggio non indifferente, dal momento che è considerato molto inquinante. Per tutti questi motivi, vengono utilizzate anche nel settore dell'elettrico da grosse case automobilistiche, come l'importante marchio Tesla;
- NMC (nichel-manganese-cobalto), sono le più utilizzate nel settore automobilistico. Hanno un'energia specifica molto alta (fino a 240 kWh), che permette di immagazzinare molta energia con un peso e un volume molto ridotti. Esistono diversi tipi di batterie NMC:
 1. NMC 111, Nichel 33,3% - Manganese 33,3% - Cobalto 33,3%;
 2. NMC 622, Nichel 60% - Manganese 20% - Cobalto 20%, sono le più utilizzate;
 3. NMC 811, Nichel 80% - Manganese 10% - Cobalto 10%, sono le più recenti e hanno un'alta densità energetica ad un costo basso. Inoltre hanno poca percentuale di cobalto, il che rispecchia l'obiettivo di ridurre il più possibile tale componente;
- NCA (nichel-cobalto-alluminio), utilizzate anch'esse nell'ambito automobilistico. Hanno la caratteristica di un'altissima densità energetica (250-300 kWh), ma con un grado di sicurezza leggermente inferiore;
- LTO, (litio-titanato), caratterizzate da un basso degrado, in quanto possono compiere 15.000-20.000 cicli di vita. Sono, tuttavia, poco utilizzate poiché hanno bassa densità energetica e un costo elevato di produzione. La loro migliore applicazione è per macchinari industriali che richiedono continuità lavorativa per lunghi periodi di uso intensivo.

Tutte le batterie citate precedentemente si possono considerare più sostenibili del petrolio. Tuttavia gli elementi di cui sono composte sono critici, in quanto distribuiti in modo disomogeneo nel pianeta. Questo fattore implica un alto grado di rischio negli approvvigionamenti.

Il 67% delle rocce dure e salamoie da cui viene estratto il litio, per esempio, si trova in Sud America, in particolare in Argentina, Bolivia e Cile. Una percentuale di queste risorse si può trovare anche in altri paesi come Cina, Australia e, in piccola parte, in Portogallo.

Essendo quindi il litio una risorsa critica, vede l'interesse da parte delle grosse case automobilistiche di garantirsi un approvvigionamento costante.

Nel 2017 la Cina è stata il maggior paese consumatore di litio a livello mondiale per la produzione di batterie.

Il cobalto è presente in rocce superficiali e nel sottosuolo in quantità che rendono impossibile l'estrazione. Viene perciò ricavato come prodotto secondario dall'estrazione e dalla raffinazione di metalli quali il nichel e il rame.

Il 70% della risorsa mondiale di cobalto viene estratto nella Repubblica Democratica del Congo e la maggior parte viene inviato in Cina.

Nell'Unione Europea è presente un solo fornitore di questa risorsa, cioè la Finlandia, la cui produzione rappresenta solo l'1% di quella a livello mondiale. Questo sottolinea come sia estremamente importante il riciclo, soprattutto per due ragioni: in primo luogo per evitare la dipendenza di approvvigionamento da un solo paese e, in secondo luogo, per motivi etici, in quanto le miniere si trovano in paesi con alto sfruttamento del lavoro.

Il manganese è diffuso nelle rocce e nell'acqua. Gli ossidi di manganese vengono utilizzati per la produzione di tre tipi di batterie: quelle alcaline, quelle agli ioni di litio e quelle monouso al litio.

Le sorgenti principali di questo elemento sono in Sudafrica (75% delle risorse globali) e in Ucraina (10%). Anche in questo caso il maggior controllo sugli acquisti è posseduto dalla Cina.

Nel 2019 la domanda globale di batterie a ioni di litio (LIB) è stata di 120 GWh. Questa cifra è destinata ad aumentare per via della crescente produzione di auto elettriche, che rappresentano oggi la principale soluzione per lo sviluppo sostenibile. Ci si aspetta, infatti, che la domanda raggiunga 680 GWh nel 2025 e 1.525 GWh nel 2030 (Lai et al., 2022)

Anche in questo caso il predominio della produzione di batterie è incentrato sulla Cina, in quanto maggior produttore di auto elettriche.

Nel 2017, è stata lanciata la *European Battery Alliance* (EBA), dalla commissione europea, dai paesi UE, dall'industria e dalla comunità scientifica, con l'obiettivo di far diventare l'Europa leader mondiale nella produzione e nell'uso sostenibile delle batterie.

L'Alleanza riunisce le autorità nazionali dell'Unione Europea, le regioni, gli istituti di ricerca ed è sostenuta dalla banca europea per gli investimenti e dalla commissione che organizza incontri e supervisiona i lavori.

Le batterie sono considerate fattori chiave per la transizione *green*, fondamentali per la competitività del settore automobilistico.

Negli ultimi tempi, con il progresso e lo sviluppo continuo di tecnologie sempre più sofisticate, è cresciuta anche la sensibilità alla sostenibilità. Per questo sono stati svolti vari studi e ricerche per definire quanto la batteria agli ioni di litio sia sostenibile rispetto a risorse tradizionali, come il carburante, e se permettano di raggiungere l'obiettivo di zero emissioni future, considerando il loro intero ciclo di vita e lo smaltimento.

Un mercato incentrato unicamente sui veicoli elettrici implicherebbe una crescente produzione di batterie, con importanti possibili ripercussioni sulla sostenibilità, facendo sì che la questione del loro impatto ambientale diventi di primaria importanza.

3.2 Life Cycle Thinking

Alla base delle politiche ambientali vi è il *Life Cycle Thinking* (LCT), cioè un nuovo modo di pensare, innovativo e sostenibile.

Il concetto comprende una visione globale del sistema produttivo, che prende in considerazione, già dall'ideazione del prodotto, tutti gli impatti che può avere durante il suo ciclo di vita, cioè ambientali, sociali, ed economici.

L'approccio consente di compiere scelte sostenibili nel lungo termine.

Tra le analisi utili che riguardano il ciclo di vita si trovano il *Life Cycle Assessment*, che consiste in una valutazione degli impatti e il *Life Cycle Costing*, che consiste in una quantificazione dei costi durante il ciclo di vita.

3.2.1 Life Cycle Assessment

Il *Life Cycle Assessment* (LCA) consiste nella valutazione degli impatti ambientali e sociali dell'intero ciclo di vita di un prodotto. Il processo inizia dalla primissima fase di progettazione del prodotto, che deve avere caratteristiche che rispettino gli standard ambientali, sociali ed economici. Il prodotto viene progettato tenendo conto del suo possibile smaltimento futuro e con un confezionamento che ne garantisca la facilità di trasporto.

Avviene poi la quantificazione degli impatti derivanti dell'estrazione della materia prima, per poi passare al processo produttivo, all'utilizzo del prodotto e infine allo smaltimento o riciclo dei rifiuti.

L'idea della valutazione del ciclo di vita di un prodotto nasce negli Stati Uniti alla fine degli anni '60. Nel 1969 Harry E. Teasley, che dirigeva il settore imballaggi della Coca-Cola company, iniziò ad intraprendere uno studio che quantificasse le conseguenze energetiche, materiali e ambientali del completo ciclo di vita di una confezione di Coca-Cola, che inizia dall'estrazione delle materie prime allo smaltimento. Teasley capì che le risorse energetiche erano interconnesse con la produzione dei materiali, e che diversi imballaggi impiegavano differenti quantità di energia durante il loro ciclo di vita. Presentò i risultati trovati al Midwest Research Institute (MRI), un'organizzazione di ricerca nel Missouri, che portò avanti lo studio dell'LCA per la Coca-Cola company.

I risultati mostrarono che, rispetto a quello che si pensava, la plastica utilizzata per l'imballaggio produceva meno impatto ambientale rispetto al vetro, così l'azienda iniziò a scegliere la plastica per la produzione delle proprie bottiglie.

L'azienda decise di non pubblicare lo studio, che restò privato fino al 1976, anni in cui ne venne pubblicata solo una sintesi.

In seguito allo studio sulla Coca-Cola company, si suggerirono diverse ricerche sugli impatti delle diverse tipologie di imballaggi per i prodotti. Poco tempo dopo, infatti, due università statunitensi condussero uno studio sull'energia utilizzata per l'intero ciclo di vita dei contenitori dei prodotti.

Questo portò anche la popolazione a preoccuparsi della questione relativa ai rifiuti solidi dei prodotti da consumo.

Contrariamente a quanto detto, il periodo tra il 1975 e il 1988, rispetto agli anni precedenti, vide uno scarso interesse pubblico per le tematiche riguardo al ciclo di vita dei prodotti. Il motivo fu che in questi anni l'attenzione del governo negli USA era rivolta alla tematica dei rifiuti pericolosi e tossici.

Negli anni '90 il concetto tornò al centro dell'attenzione pubblica, quando gli venne assegnato per la prima volta il termine "*LCA, Life Cycle Assessment*" e non più "*REPA, Resource and Environmental Profile Analysis*".

Nel 1990 la Società Internazionale di Tossicologia e Chimica Ambientale (SETAC) definì la metodologia LCA come un processo che mira a misurare l'impatto ambientale complessivo di un prodotto.

Negli anni successivi venne pubblicato un articolo che presentava la metodologia LCA per la prima volta in una rivista scientifica.

Nel 1997 nacque la norma ISO 14040, seguita poi anche dalle altre norme della serie, che definisce i principi e il quadro dei metodi LCA. La norma aiuta a valutare gli impatti che qualsiasi prodotto ha sull'ambiente durante le fasi del ciclo di vita: estrazione e trattamento delle materie prime, fabbricazione, trasporto, distribuzione, uso, riuso e riciclo, smaltimento. La norma ISO 14044 fornisce invece requisiti e linee guida per il corretto svolgimento della metodologia.

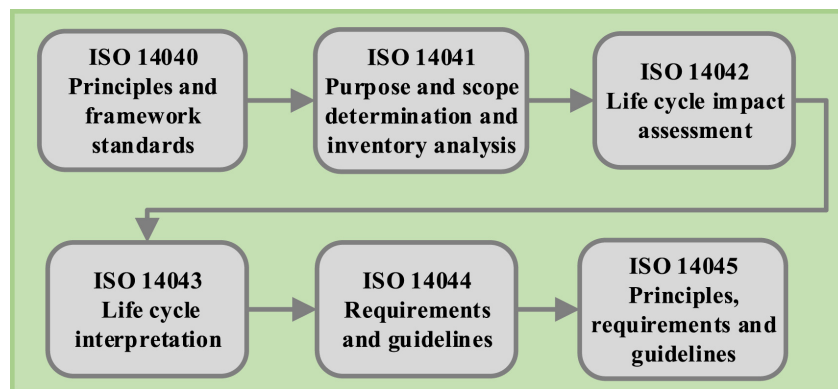


Figura n. 6: Norme ISO
Fonte: Lai et al. (2022)

Secondo quanto sancito dalla norma ISO 14040:2006 la metodologia LCA si divide in quattro fasi:

- 1) Definizione dell'obiettivo e dello scopo della valutazione LCA, fase in cui vengono definite le attività e i prodotti coinvolti (ISO 14041);
- 2) *Life Cycle Inventory* (LCI), è la fase più impegnativa e delicata, che consiste nella creazione dell'inventario del ciclo di vita. Vengono, infatti, quantificati gli input e gli output del prodotto in questione. In base agli input e agli output trovati vengono raccolti ed elaborati dati relativi alle varie categorie di impatto (riscaldamento globale, riduzione dello strato di ozono). I dati vengono raccolti principalmente tramite ricerca in database, banche dati pubbliche o aziendali e pubblicazioni. I dati di primo piano sono quelli direttamente

collocabili alla produzione, uso e smaltimento del prodotto mentre i dati di sfondo sono



Figura n. 7: Le 4 fasi dell'analisi LCA

Fonte: <https://bgreen.tech/green-economy/lca/fasi-lca/>

quelli indirettamente collocabili alla produzione, come l'elettricità (ISO14041);

3) *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA), consiste nella valutazione dell'impatto del ciclo di vita, in seguito all'analisi dell'inventario. In questa fase viene quantificato l'impatto potenziale in termini di emissioni inquinanti e di consumi di risorse degli input ed output del prodotto, individuati nel *Life Cycle Inventory* (ISO 14042);

4) Interpretazione, fase in cui vengono riassunti i risultati delle fasi precedenti in modo da formulare delle conclusioni e delle raccomandazioni (ISO 14043).

Le fasi esposte sono tra loro interconnesse e non necessariamente condotte in modo sequenziale, se per esempio nella fase di valutazione si riscontra una problematica si andranno a rivedere le altre fasi.

Per quanto riguarda invece le emissioni di carbonio esistono delle norme ISO specifiche che sono :

- ISO 14064, definisce standard quantitativi di emissioni di gas serra;
- ISO 14065, regola i requisiti per la verifica delle dichiarazioni sulle emissioni di gas serra;
- ISO 14067, definisce principi e linee guida per comunicare la *carbon footprint*.

I modelli LCA possono essere divisi in quattro categorie:

- *Cradle-to-grave*, è il modello tradizionale che valuta l'intero ciclo di vita del prodotto dall'estrazione dei materiali allo smaltimento;
- *Cradle-to-cradle*, si focalizza in particolare sui temi dell'economia circolare quali il riciclo e riutilizzo dei rifiuti;

- *Cradle-to-gate*, è l'analisi che si concentra sulla fase che va dall'estrazione delle materie prime fino alla produzione all'interno dell'azienda, valuta tutto il processo produttivo a monte e non si occupa delle fasi a valle;
- *Well-to-wheel*, questa analisi in particolare si sofferma su un settore specifico che è quello dei veicoli, si occupa di quantificare le emissioni dei veicoli, durante l'intero periodo di utilizzo.

A seconda del livello di analisi, la metodologia LCA può essere fatta a livello di prodotto, a livello di organizzazione, a livello di consumatore e a livello regionale.

Se svolta a livello di prodotto, l'obiettivo è quello di migliorare uno specifico prodotto dal punto di vista degli impatti ambientali durante la sua vita utile.

Se svolta a livello di organizzazione viene vista l'organizzazione nella sua interezza e quindi vengono valutati tutti i prodotti dell'azienda.

Un'analisi a livello di consumatore va, invece, a valutare il comportamento, lo stile di vita del consumatore e gli impatti ambientali che causa tramite i suoi acquisti.

Infine, un'analisi fatta a livello regionale quantifica gli impatti di una determinata regione o area.

Sono stati sviluppati negli anni diversi software LCA, i quali includono al loro interno dei database per la raccolta di dati, i risultati vengono poi espressi sotto forma di tabelle e grafici per la descrizione del processo di un prodotto o servizio.

La metodologia LCA ha diversi vantaggi: consente l'elaborazione di una grande quantità di dati, è di supporto alle aziende durante la fase decisionale, permette una riduzione degli oneri ambientali quali inquinamento, consumo delle risorse e produzione di rifiuti, consente di ottenere un risparmio notevole di costi, permette di ottimizzare i processi produttivi e l'efficienza operativa. È, inoltre, possibile individuare la fase più inquinante del ciclo di vita di un prodotto, così da poter agire su quella specifica fase.

L'analisi presenta anche degli svantaggi: è molto dispendiosa, richiede una grande quantità di dati non sempre reperibili, richiede un grande sforzo da parte dell'organizzazione che decide di intraprenderla, infine i risultati non sempre possono essere affidabili al 100%. Il periodo di analisi, infatti, influisce sulla qualità dei risultati, in quanto il consumo di energia durante il processo cambia nel tempo.

I. LCA auto elettriche

Il settore automobilistico è un ambito favorevole alle continue innovazioni, che portano benefici ambientali e vedono l'impiego di nuove tecnologie, per consentire una riduzione o addirittura un'annullamento totale delle emissioni inquinanti.

La tecnologia dell'automobile con motore elettrico riceve oggi particolare attenzione da parte degli studiosi. Questo rende necessaria una valutazione del suo ciclo di vita.

Il *Life Cycle Assessment* di un BEV (*Battery Electric Vehicle*) è caratterizzato da quattro fasi principali, come illustrato nella Figura n. 8 (Gifford, 2021):

1. Produzione della batteria a ioni di litio;
2. Produzione del veicolo;
3. Utilizzo del veicolo;
4. Riciclaggio. Questa fase, in molti paesi, è ancora in via di sviluppo. Ciò che non si riesce a riciclare finisce nelle discariche.

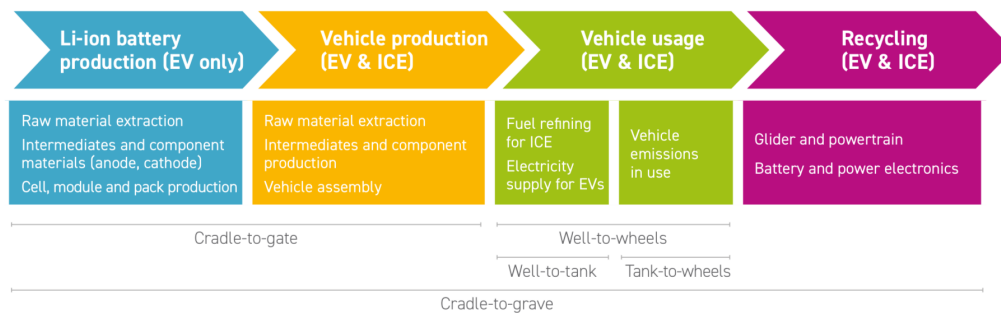


Figura n. 8: Fasi LCA di un'auto elettrica
Fonte: Gifford (2021)

Le ultime tre fasi sono comuni sia ai veicoli elettrici, EV (*Electric Vehicle*), che ai veicoli tradizionali, ICE (*Internal combustion engines*). La prima fase di costruzione della batteria è riservata agli elettrici, in quanto la costruzione del motore termico avviene nella fase di produzione del veicolo.

Secondo uno studio condotto dall'istituto di ricerca britannico The Faraday Institution, si stima che le auto elettriche di piccole, medie e grandi dimensioni, che saranno vendute nel Regno Unito nel 2025, produrranno un quarto delle emissioni delle auto a benzina o diesel durante l'intero ciclo di vita.

Un BEV di dimensioni medie emetterà nel suo ciclo di vita 10,7 tonnellate di anidride carbonica equivalente (CO₂-eq) mentre un veicolo ICE ne emetterà 38,5 tonnellate.

Le emissioni dei BEV possono essere suddivise nel ciclo di vita come segue (Gifford, 2021):

- 40% generato dall'utilizzo/ricarica;
- 32% dalla produzione;
- 25% dalla fabbricazione della batteria;
- 3% dal riciclo.

Il Grafico n. 6 espone una proiezione delle possibili emissioni nel 2025, di un veicolo piccolo, medio e grande. Secondo lo studio, condotto dall'Istituto The Faraday Institution, la produzione di BEV e di veicoli ICE comporterà, nel Regno Unito, l'emissione di circa le stesse quantità di CO₂. Le auto elettriche avranno inizialmente emissioni leggermente maggiori per via della fabbricazione della batteria che, invece, non è presente negli altri veicoli, ma la grossa differenza si vedrà nelle emissioni derivanti dall'utilizzo, i veicoli elettrici avranno molte minori emissioni derivanti dalla ricarica e dalla guida.

Stimando un chilometraggio di 230.000 km un'auto elettrica produrrà, durante la fase di utilizzo, 4,3 tonnellate di CO₂-eq, mentre un'auto tradizionale ne produce oggi 34,2 tonnellate.

Per ultimo il riciclo delle batterie permette di ridurre le emissioni derivanti dalla produzione di nuove batterie.

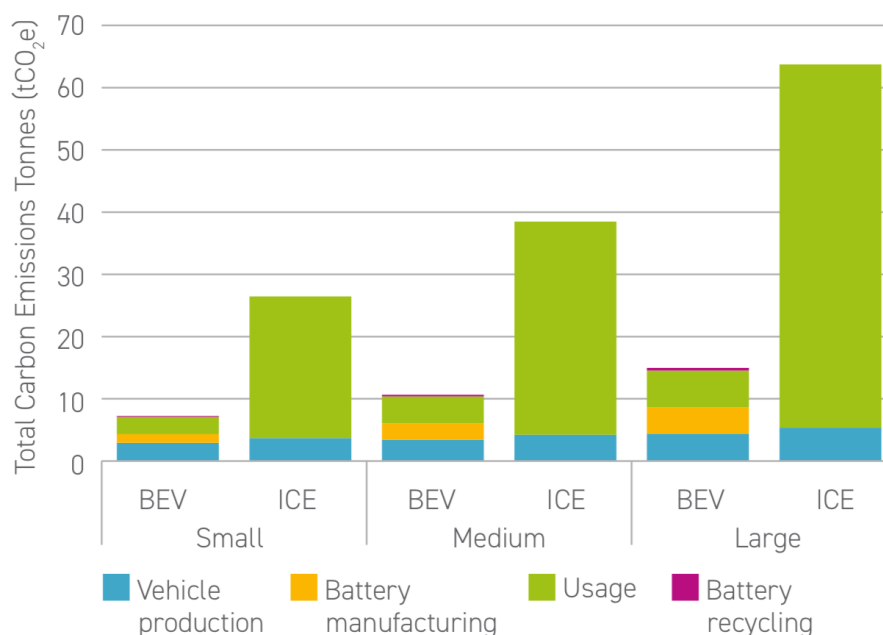


Grafico n. 6: Emissioni di CO₂ dei veicoli BEV e ICE nel 2025
Fonte: Gifford S. (2021)

In pratica, più un veicolo elettrico viene utilizzato e maggiore sarà il vantaggio in termini ambientali.

Si prevede, inoltre, che le emissioni saranno in costante diminuzione anche dopo il 2025, grazie alle politiche britanniche, ma anche europee in generale, che saranno attuate per il raggiungimento di zero emissioni entro il 2050. Le politiche vedranno soprattutto l'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione dell'energia elettrica.

II. LCA batterie a ioni di litio

Una tecnologia importante, che viene applicata per la costruzione dei motore delle auto elettriche, è la batteria a ioni di litio, che rappresenta oggi un tema centrale di discussione per quanto riguarda la sua *Life Cycle Assessment*. Rilevante è l'impatto che il suo intero ciclo di vita causa sugli ecosistemi, con particolare attenzione alla fase di produzione e quella di smaltimento, o meglio, quella del suo possibile riciclo. Si parla negli ultimi anni di "produzione-uso-riciclo-riproduzione".

La materia si sta ampiamente sviluppando, data la grande diffusione a livello globale delle LIB (*Lithium-Ion Batteries*).

L'analisi LCA per le LIB supporta i processi decisionali nelle aziende, in particolare aiuta i manager a:

- comprendere la distribuzione degli impatti ambientali durante l'intero ciclo di vita, individuando i fattori più significativi su cui intervenire. Gli interventi possono portare un miglioramento dei processi interni con conseguente riduzione dei costi;
- capire l'impatto che le diverse tecnologie esistenti per le LIB hanno sull'ambiente, sulla società e sui costi, permettendo di confrontare i diversi modelli;
- confrontare i metodi di recupero delle batterie a fine vita;
- creare modelli LCA specifici per ogni LIB.

Il processo di analisi richiede tempo, in particolare la fase di *Life Cycle Inventory* (LCI) risulta complicata, per via della lavorazione e dell'assemblaggio di molti componenti, che vengono categorizzati in base ai loro impatti più rilevanti. Per questa fase esistono, infatti, dei software specifici adatti a questo scopo.

Il modello di valutazione del ciclo di vita delle batterie a ioni di litio può essere diviso in tre macro fasi:

1. Fase di produzione
2. Fase di utilizzo
3. Fase di smaltimento/riciclo/riutilizzo

1. Fase di produzione

La prima fase è caratterizzata dall'estrazione delle materie prime, dal loro assemblaggio e dal trasporto. Il processo richiede un importante sforzo sia energetico che idrico, e causa il rilascio di sostanze inquinanti. Nel caso dei modelli di batterie più utilizzate per le auto elettriche, cioè le NMC e NCA, le emissioni rilasciate nella fase di estrazione delle materie prime sono confrontabili.

L'estrazione e la lavorazione degli elementi per ricavare i composti del catodo contribuiscono per il 45% delle emissioni totali, di cui il 23% deriva dal processo di estrazione e lavorazione di nichel, litio e cobalto, mentre il 22% per la creazione del catodo.

Il restante 55% deriva dal processo di produzione delle celle e dal loro assemblaggio.

La produzione dipende molto dall'importazione delle materie prime critiche, che ha impatti negativi a livello ambientale e sociale, tra cui la possibile violazione dei diritti umani, se non regolamentata nel modo giusto. La norma impone che i produttori siano tenuti a rispettare standard di gestione dei rischi legati all'approvvigionamento, alla lavorazione e al commercio di materie prime, per garantire batterie etiche.

Le emissioni di anidride carbonica, durante questa fase di produzione, potrebbero essere controllate in quanto dipendono anche da alcuni fattori quali: dalla potenza della batteria, dagli elementi utilizzati per la costruzione, e dalla quantità di energia derivante da fonti rinnovabili che viene impiegata dal paese.

La potenza delle batterie varia a seconda del modello di auto: alcune hanno capacità di 90 kWh, altre 85 kWh, altre ancora 56 kWh. Più il dato è alto, maggiore sarà il dispendio energetico e la quantità di minerali necessari;

La costruzione dei componenti è un processo lungo che richiede la lavorazione delle materie prime, per la creazione degli elettrodi, la produzione delle celle e il loro assemblaggio in pacchi. La produzione delle celle comprende la lavorazione del catodo, che è la parte che

richiede più energia e che causa più inquinamento. Le emissioni sono più o meno inquinanti a seconda degli elementi utilizzati.

Anche il paese di produzione influisce sulla quantità di emissioni: il dato varia a seconda della rete di produzione di energia elettrica impiegata. Alcuni paesi presentano energia derivante in maggior quantità da fonti rinnovabili, altri in maggior quantità da fonti non rinnovabili.

La Tabella seguente, pubblicata dall'International Council of Clean Transport (ICCT), espone le emissioni di carbonio al variare della composizione del catodo, in funzione dei paesi maggiormente produttori nel 2021, cioè Europa, Stati Uniti, Cina, Corea del Sud e Giappone. I dati esprimono le emissioni in kgCO₂ equivalente generate per 1 kWh di capacità della batteria. I valori sono calcolati in funzione del paese a seconda del tipo di energia elettrica impiegata e della catena di approvvigionamento dei materiali.

L'Europa si posiziona tra i paesi che producono meno sostanze inquinanti durante la fabbricazione di alcune delle batterie dei veicoli elettrici.

In particolare per la tipologia NMC811 vengono prodotti 53 kg di CO₂eq per 1 kWh.

kg CO ₂ eq./kWh	Europe	United States	China	South Korea	Japan
NMC111-graphite	56	60	77	69	73
NMC622-graphite	54	57	69	64	68
NMC811-graphite	53	55	68	63	67
NCA-graphite	57	59	72	67	70
LFP-graphite	34-39	37-42	51-56	46-50	50-55

Tabella n. 2: Emissioni nella produzione delle batterie a ioni di litio a seconda degli elementi catodici, in kgCO₂-eq/kWh

Fonte: Bieker (2021)

Secondo un altro studio, condotto dall'Istituto di Ricerca Svedese per l'Ambiente (IVL), commissionato dall'agenzia svedese per l'energia, le emissioni di carbonio possono variare da 61 a 106 kg di CO₂e/kWh per una batteria NMC, a seconda che vengano utilizzate fonti rinnovabili o combustibili fossili.

Ciò dipende dal tipo di analisi effettuata e dal luogo di produzione: spostando la produzione in aree ricche di risorse energetiche rinnovabili si potrebbero diminuire le emissioni di gas

serra. Anche il tipo di batteria influisce sulle sue emissioni. La produzione di batterie NMC, per esempio, richiede più risorse delle batterie LFP (litio ferro fosfato).

Dato l'impatto della produzione delle batterie, il loro riciclaggio andrebbe a diminuire l'onere ambientale della produzione primaria.

2. Fase di utilizzo

Durante la fase di utilizzo del veicolo, le emissioni derivano dalla ricarica di energia elettrica e dalla guida. Esse dipendono dal consumo di energia per chilometro, dai chilometri totali percorsi e dall'energia *green* del paese.

È stato stimato dal The Faraday Institution che nel Regno Unito, per un'auto di medie dimensioni, con un consumo di 13 kWh per 100 km, la media di emissioni di carbonio durante l'utilizzo sia di 19 gCO₂e/km. Durante la sua vita utile (cioè 230.000 km) il totale sarà 4,3 tonnellate.

L'utilizzo di energia verde per la ricarica, cioè da fonti rinnovabili, influisce molto sul grado di sostenibilità del veicolo.

3. Fase di smaltimento/riciclo/riutilizzo

La batteria si esaurisce quando non c'è più trasferimento di ioni di litio tra catodo e anodo. Può accadere che, a causa di un difetto, si esaurisca dopo un numero limitato di cicli.

Inoltre, con il tempo, la batteria si deteriora e le sue prestazioni variano rispetto alle condizioni iniziali, questo deterioramento viene misurato in punti percentuali. Il 100% indica prestazioni che soddisfano le specifiche di progetto.

Per questioni di sicurezza, quando la capacità si deteriora per l'80% deve essere ritirata dal veicolo. A questo punto le alternative possono essere 3: smaltimento, riciclo, riutilizzo.

La Direttiva 75/442/CEE del Consiglio del 15 luglio 1975, relativa ai rifiuti, rappresenta il primo programma di azione comunitaria nella gestione dei rifiuti.

Pochi anni dopo, nel 1979, viene sviluppato il concetto di "Gerarchia di gestione dei rifiuti", che dà un ordine di priorità nella legislazione e nella politica di gestione dei rifiuti. L'ordine si presenta sotto forma di piramide rovesciata, dove nella parte superiore ci sono le opzioni più desiderabili mentre scendendo nella parte inferiore si trovano quelle meno desiderabili.

L'ultima opzione, nel caso non si sia riusciti ad eseguire quelle precedenti, è quella dello "smaltimento".

La Figura n. 9 riporta la gerarchia di gestione dei rifiuti applicata alle batterie.

Le fasi sono:

- Prevenzione, tramite l'utilizzo di materie prime non critiche e non inquinanti o diminuendone l'utilizzo, e tramite la progettazione del prodotto con l'ottica di un suo possibile riciclaggio. Comprende le misure attuate prima che l'oggetto sia diventato rifiuto;
- Riutilizzo, per un uso secondario anche in altri ambiti;
- Riciclo, avviene tramite un processo che richiede tempo per il recupero della maggiore quantità possibile di materiali e la produzione di nuove batterie. Ogni batteria ha delle configurazioni fisiche diverse, per questo esistono diverse tecnologie per lo smontaggio e approcci diversi per il recupero degli elementi. I sistemi più avanzati utilizzano tecnologie automatizzate, mentre i sistemi tradizionali utilizzano tecniche non automatizzate, come la pirometallurgia, che verrà spiegata in seguito;
- Recupero, di alcuni materiali per scopi utili come la produzione di energia;
- Smaltimento, tramite discarica e senza recupero di valore.

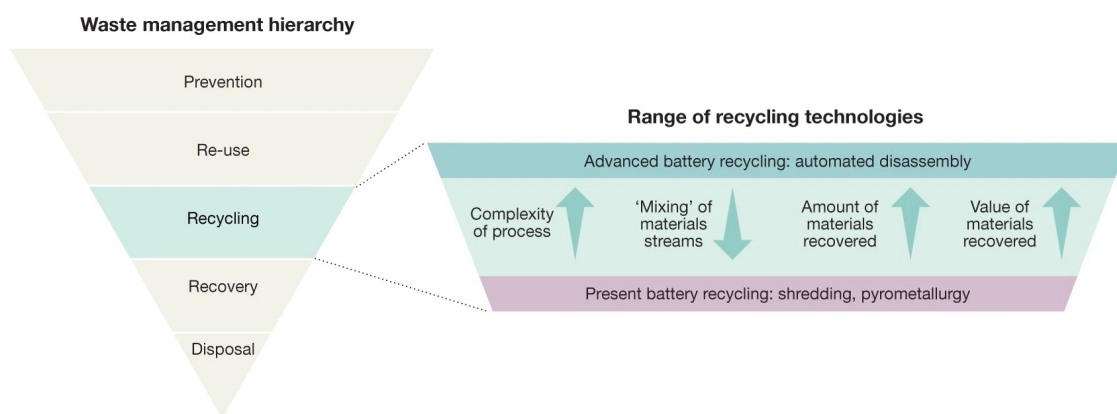


Figura n. 9: Gerarchia di gestione dei rifiuti delle batterie e opzioni di riciclaggio
Fonte: Harper et al. (2019)

Il ritiro a fine vita e lo smaltimento rappresentano un importante onere ambientale poiché possono formare sostanze tossiche se non smaltite nel modo giusto, il problema risulta più accentuato nei paesi in via di sviluppo dove non esistono leggi per il riciclo delle batterie.

Per sviare il problema dello smaltimento esistono le altre due alternative.

L'avanzare della tecnologia sta permettendo di studiare un utilizzo secondario delle batterie che contengono ancora capacità residua, come usi per l'alimentazione di riserva, per l'accumulo di energia domestica o per i veicoli a bassa velocità, in generale per applicazioni dove la prestazione della batteria non è una questione critica.

Molte aziende stanno studiando nuove soluzioni per sfruttare al massimo l'uso delle batterie, tramite, ad esempio, lo stoccaggio di energie rinnovabili.

Nel 2018 è nato un progetto di sperimentazione, che vede coinvolto lo stadio Johan Crujff Arena di Amsterdam, in Olanda, il quale prevede la costruzione di un sistema di accumulo di energia per il funzionamento dell'Arena, grazie all'utilizzo di 148 batterie dismesse dai veicoli Nissan Leaf.

Il sistema di accumulo è in grado di consentire un risparmio di tonnellate di CO2 ogni anno.

L'energia accumulata in eccesso viene scambiata all'esterno per altri utilizzi, contribuendo alla fornitura di energia elettrica del paese.

Il progetto ad oggi sembra dare risultati efficienti, consentendo di avere un utilizzo sostenibile delle batterie dismesse e creando un'economia circolare.

Il riuso porta notevoli vantaggi economici ed ambientali, sono necessarie quindi regole per la loro raccolta e riutilizzo.

Il riciclaggio è attualmente ancora in fase di miglioramento, in quanto risulta essere un campo nuovo di studio, infatti, gli attuali metodi presentano qualche difetto come l'elevato consumo di energia.

Le fasi del riciclaggio possono essere riassunte in quattro punti:

1. Disassemblaggio;
2. Selezione;
3. Raggruppamento in pacchi batterie;
4. Utilizzo secondario.

Il processo permette di ricavare elementi metallici importanti, che possono essere utilizzati per la produzione di nuove batterie, formando un ciclo chiuso di materiali.

La prima fase richiede un pretrattamento, in cui viene prevista la scarica della batteria e in cui vengono liberati i metalli dalla matrice in cui sono contenuti, in seguito i materiali vengono disassemblati e si ha la separazione fisica.

Esistono diverse metodologie di svolgimento di questa fase tra cui: la pirometallurgia, l'idrometallurgia, la bio-metallurgia e il riciclaggio fisico.

La bio-metallurgia e il riciclaggio fisico sono i metodi più rispettosi dell'ambiente, ma ancora poco sviluppati, i più utilizzati sono il metodo della pirometallurgia e dell'idrometallurgia.

I processi di idrometallurgia si basano sulla chimica in soluzione acquosa e su processi come la lisciviazione, che consistono nella separazione di uno o più componenti solubili da una massa solida, mediante un solvente, al fine di estrarre i metalli. Sono vantaggiosi poiché presentano efficienza energetica e non producono emissioni tossiche, richiedono però grandi quantità di reagenti tossici e generano rifiuti solidi.

I processi di pirometallurgia, sebbene più semplici, si basano sull'utilizzo del calore, hanno bisogno di alte temperature e quindi di molta energia, inoltre permettono che alcuni elementi metallici vengano sprecati.

Sono possibili, infine, trattamenti ibridi tra idrometallurgia e bio-metallurgia per garantire sia l'efficienza che il rispetto ambientale.

Per alcune batterie il processo di riciclo ha più valore rispetto ad altre, ad esempio quelle NMC sono ricche di materiali preziosi come nichel, cobalto e manganese rispetto a quelle LFP.

La Direttiva 2006/66/CE pone delle regole per ridurre al minimo gli impatti ambientali negativi derivanti dai rifiuti di pile e accumulatori di energia.

Le regole prevedono che il 50% in peso dei materiali debba essere riciclato, questo può avvenire anche fuori dei confini europei. Tale sistema consente ad alcuni paesi, come la Cina, di acquistare le batterie a fine vita dagli stati europei per riciclarle all'interno del proprio stato. Nel 2022 l'Unione Europea ha lavorato a nuove regole di sicurezza, per garantire che al termine del loro ciclo di vita le batterie possano essere riciclate e riutilizzate.

Si prevede, entro luglio 2024, che tutte le batterie dei veicoli, dei mezzi di trasporto leggeri e quelle industriali con capacità superiore a 2kWh, debbano fornire una relazione sulla propria impronta ecologica prima di essere immesse sul mercato e che, nel 2026, debbano essere dotate di etichette sul consumo energetico, in modo da rendere più trasparente il proprio impatto ambientale.

I processi di riciclo variano a seconda della batteria e della sua composizione, con le nuove regole verranno imposti anche degli obiettivi più stringenti per quanto riguarda la loro

raccolta a fine vita. Vengono imposti anche dei livelli minimi di materiali da recuperare e da riutilizzare per nuove batterie.

Il processo richiede comunque importanti quantità di energia, acqua e materiali che producono CO₂, quindi il suo vantaggio economico è strettamente legato alla durata della vita secondaria del prodotto.

Negli anni il riciclo sarà sempre più efficiente grazie a nuove tecnologie, alla creazione di economie di scala con l'aumentare dell'attività e all'energia green. Molti studi prevedono perciò un abbassamento delle emissioni durante questa fase.

In Europa, nel 2018, il 12% delle emissioni di carbonio è stato generato dal riciclaggio dei pacchi batterie e delle celle.

Per il riciclo di una NMC vengono risparmiate da circa 0,75 a 2,0 kg di CO₂-eq/kg, rispetto alla sua creazione.

Si prevede che le emissioni in Europa scenderanno al 10% nel 2025 e all'8% nel 2030 (The Faraday Institution, 2021).

Nel complesso il riciclo è più conveniente di una nuova produzione.

L'obiettivo è quello di creare un'economia circolare in cui le batterie a fine vita serviranno per la creazione di nuove batterie o altri usi, evitando l'estrazione di nuove materie prime.

Secondo Stanley Whittingham, uno degli inventori della batteria a ioni di litio e per la quale ricevette il Premio Nobel nel 2019, l'estrazione degli elementi critici continuerà ad essere essenziale per i prossimi 10-20 anni. Dopo tale periodo di tempo si verificherà un boom di batterie a fine vita, che forniranno elementi da riciclare, innescando un ciclo continuo.

3.2.2 Life Cycle Costing

Analizzando il ciclo di vita di un prodotto, è necessario eseguire un'analisi anche sui costi che le varie fasi possono causare, per comprendere la fattibilità economica, oltre a quella ambientale e sociale.

Le tecniche contabili tradizionali sono ritenute inadeguate per la gestione delle problematiche ambientali, per questo motivo sono stati sviluppati strumenti di contabilità direzionale che prendono in considerazione la questione ambientale.

L'analisi LCC (*Life Cycle Costing*) viene definita come la somma dei costi totali sostenuti durante il ciclo di vita di un prodotto o processo.

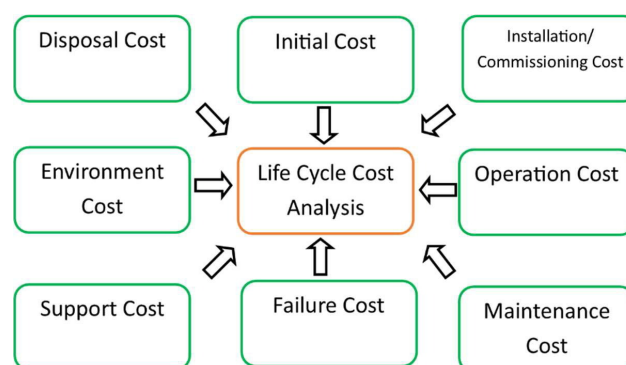
Questa tecnica contabile venne utilizzata già negli anni '60 dal Dipartimento di Difesa degli Stati Uniti, per l'acquisto di attrezzature militari ad elevato costo, come carri armati e aerei.

La LCC prende in considerazione prodotti durevoli, i cui prezzi d'acquisto rappresentano solo una piccola parte del costo del ciclo di vita.

I costi che vanno tenuti in considerazione sono quelli che sorgono dal momento in cui si decide di progettare un prodotto, al momento in cui questo viene smesso.

I principali elementi di costo che possono essere considerati nell'analisi comprendono:

- costo iniziale;
- costo di installazione;
- costo operativo;
- costo di mantenimento;
- costo di guasto;
- costo di supporto;
- costo ambientale;
- costo di smaltimento.



*Figura n. 10: costi dell'analisi LCC di un'auto elettrica
Fonte: Verma et al., 2021*

Per i costi che sorgeranno in futuro si applica il metodo dell'attualizzazione dei flussi, in modo che possano essere quantificati correttamente.

L'analisi è utile per comprendere il costo totale di possesso (TCO, *Total Cost of Ownership*), che valuta il costo complessivo del possesso di un prodotto, da parte dell'acquirente, durante tutta la sua vita utile.

I risultati di un'analisi LCC forniscono indicazioni su quali decisioni strategiche dovrebbero essere prese, è quindi uno strumento di supporto per la fase decisionale. Permette di

confrontare diversi scenari e alternative, per poter individuare la soluzione economicamente più vantaggiosa.

In letteratura si distinguono tre tipi di LCC, a seconda che si debbano affrontare problematiche finanziarie, ambientali o sociali (Hoogmartens et al., 2014).

Quando la valutazione si concentra sugli investimenti di un attore, privato o impresa, allora si può parlare di LCC finanziario (fLCC). In questo caso vengono valutati solo i costi sostenuti dall'attore per produrre il bene o per acquistarlo, mentre vengono omessi i costi ambientali.

I flussi finanziari presi in considerazione sono, ad esempio, i costi di investimento, di ricerca e sviluppo e i ricavi di vendita. Può essere definito un modello quasi dinamico, poiché alcuni costi futuri vengono attualizzati al periodo in cui avviene l'analisi.

La valutazione LCC ambientale (eLCC), invece, prende in considerazione i dati della valutazione fLCC ma vengono aggiunti anche i costi sostenuti da altri attori lungo il ciclo di vita del prodotto. Alcuni esempi di costi sono quelli di smaltimento, di riciclo, di adattamento al riscaldamento globale. Quest'ultimo è un modello statico poiché non è prevista l'attualizzazione di costi futuri, le variabili si presumono stabili nel tempo.

Infine, l'analisi LCC sociale (sLCC) include i costi che gravano sulla società associati al ciclo di vita di un prodotto, anche futuri. Un esempio di costi che possono essere inclusi in questo caso è dato dalla quantificazione in termini monetari degli impatti sulla salute pubblica e sul benessere umano, che possono essere causati da un prodotto.

Per lo svolgimento dell'analisi devono essere quantificati molti aspetti sociali, ciò implica la soggettività di chi la compie.

Il modello è dinamico in quanto prevede l'attualizzazione di alcuni costi futuri.

I. LCC auto elettriche

Un'analisi LCC (*Life Cycle Costing*), applicata ai veicoli elettrici, permette di valutare la fattibilità economica della decarbonizzazione dei trasporti, verificando la competitività di questi veicoli rispetto a quelli tradizionali.

Prima del 2010, gli studi sulla valutazione LCC per i veicoli elettrici non erano molto diffusi, infatti, esistevano scarse ricerche.

La materia iniziò ad espandersi dal 2013, quando ci fu interesse per la decarbonizzazione dei trasporti.

L'analisi è sempre più importante anche come strumento decisionale e per la gestione delle risorse.

La LCC relativa ai veicoli elettrici varia da paese a paese, poiché dipende da diversi fattori quali il tipo di veicolo, il modello, le politiche governative e vari fattori economici.

Il costo totale del ciclo di vita si può dividere in tre costi principali: il costo iniziale, il costo di proprietà e il costo di riciclaggio o smaltimento.

1. Costo iniziale

Il costo iniziale può essere suddiviso a sua volta nel costo di produzione della batteria, prezzo di vendita, tasse d'acquisto, tasse di registrazione e sussidi governativi.

La maggioranza delle analisi LCC delle elettriche si concentrano sul costo delle batterie, considerato la principale causa dei prezzi elevati di questi veicoli. I veicoli elettrici non risultano ancora competitivi rispetto a quelli tradizionali, a causa dell'elevato costo delle batterie per i produttori.

Ad esempio, il costo di una batteria, sostenuto dalla casa automobilistica Nissan, per il suo modello "Nissan Leaf", è di circa 300 dollari per kWh. Con una batteria da 24 kWh il costo stimato è di 7.200 dollari (Verma et al., 2021).

Tuttavia, i progressi tecnologici e le politiche pubbliche favoriranno una diminuzione di questo costo in futuro.

Il prezzo d'acquisto rappresenta il principale ostacolo alla diffusione dell'elettrico, è dettato dai produttori, a cui si aggiunge il prezzo del caricabatterie, delle tasse e dell'assicurazione.

Alcuni esempi di prezzi rilevati nel 2023, dalla Testata Giornalistica Telematica "News Auto", su un'auto da città, una tesla, un suv e un'auto sportiva, sono:

- Fiat 500e, a partire da 29.950€;
- Tesla Model 3, a partire da 41.490€;
- Mercedes EQE SUV, a partire da 77.352€;
- Porsche Taycan GTS, a partire da 139.445€.

Uno dei principali ostacoli all'adozione diffusa dei veicoli elettrici è rappresentato dal loro prezzo, attualmente più elevato rispetto ai veicoli tradizionali.

Per un EV di medie dimensioni e, in assenza di incentivi statali, il prezzo d'acquisto è stimato più elevato del 30% rispetto ad un ICE diesel o ibrido, e più elevato del 50% per uno a benzina (Armaroli et al., 2022).

La differenza di prezzo è maggiore per i veicoli di piccole dimensioni, in quanto il costo della batteria incide maggiormente.

2. Costo di proprietà

Il costo di proprietà è composto dalla ricarica di energia elettrica, dai costi di manutenzione, come la sostituzione degli pneumatici o della batteria, e dalle spese periodiche, come l'assicurazione e il bollo.

Gli interventi di manutenzione del motore si riducono al caso di un'eventuale sostituzione della batteria, casistica che si presenta solitamente dopo anni di servizio. Non sono presenti, quindi, interventi di cambio olio e varie riparazioni del motore o della frizione, che invece sono frequenti nelle auto con motore termico.

Il beneficio di riduzione di alcune tasse vede in Italia un'esenzione dal pagamento del bollo per i primi cinque anni, dopo tale periodo la percentuale di tassazione è ridotta, mentre in alcune regioni resta esentato per l'intero ciclo di vita del veicolo.

In molti casi le auto elettriche godono di alcuni privilegi di circolazione, come il passaggio in zone a traffico limitato ZTL, o il parcheggio gratuito su strisce blu.

3. Costo di riciclaggio o smaltimento

La fase di smaltimento è caratterizzata dal costo di rottamazione, mentre la fase di riciclaggio è caratterizzata dal costo di riciclaggio del veicolo e da quello di riciclaggio della batteria.

Lo schema riportato nella Figura n. 11 rappresenta una suddivisione dei costi che caratterizza l'analisi LCC di un veicolo elettrico, creata grazie al lavoro di Diao et al. (2016). Secondo gli autori i costi che caratterizzano la *Life Cycle Costing* possono essere divisi principalmente in tangibili e intangibili.

I costi tangibili sono composti da costo d'acquisto, valore di rivendita e costo operativo.

Il costo d'acquisto a sua volta si compone del costo suggerito dal produttore, ridotto di eventuali sussidi governativi come gli incentivi d'acquisto, e maggiorato da eventuali tasse.

I costi operativi, invece, si suddividono a loro volta in costi per l'energia, costi di manutenzione, tasse di utilizzo e assicurazioni.

I costi intangibili sono caratterizzati da restrizioni d'acquisto e restrizioni di guida.

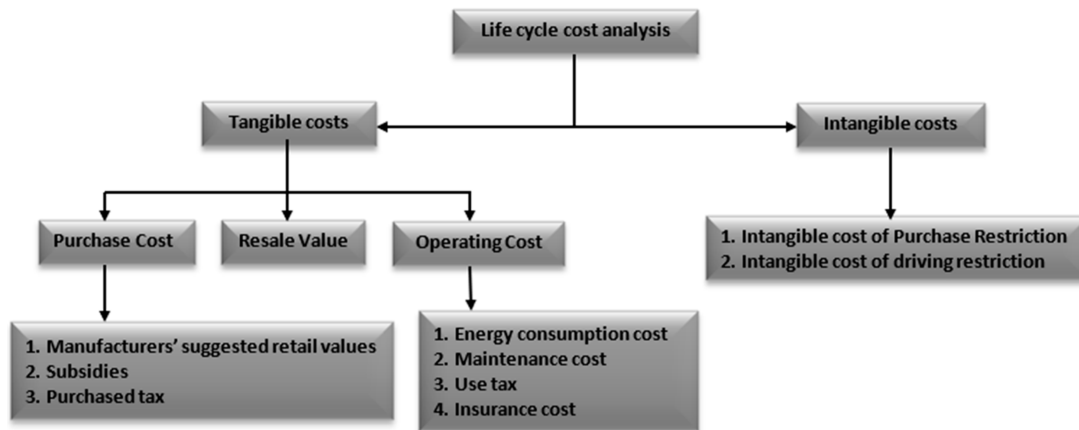


Figura n. 11: Life Cycle Cost Analysis di un veicolo elettrico
Fonte: Ayodele (2020)

L'analisi del costo totale di possesso (TCO) di un'automobile analizza tutti gli eventuali costi legati al possesso e alla gestione dell'auto, con l'utilizzo di dati stimati.

Tra questi dati rientrano il prezzo d'acquisto, le tasse al momento dell'acquisto e quelle periodiche, l'assicurazione, i costi ipotetici di manutenzione, i costi di ricarica, spese varie quali parcheggio e gli eventuali risparmi derivanti dalle politiche di incentivazione.

L'analisi rivela che, durante il ciclo di vita, tendenzialmente un veicolo elettrico è più costoso ma, in alcuni casi, può essere pari o addirittura più economico di un veicolo tradizionale (Hagman et al., 2016).

Il caso di convenienza economica si verifica quando, pur essendoci un costo iniziale maggiore, il risparmio viene spiegato dal fatto di non dover sostenere il costo volatile del carburante, dal minor bisogno di interventi di assistenza e manutenzione del motore e dalla riduzione di alcune tasse.

Tuttavia, i potenziali acquirenti non tengono in considerazione il costo totale di proprietà, il quale, come già citato, non è caratterizzato solo dal costo d'acquisto. Infatti, il costo d'acquisto è immediatamente percepibile, mentre i costi operativi sono frutto di un calcolo non sempre giusto.

Per superare questo ostacolo è necessario implementare una politica di sensibilizzazione della clientela, riguardo ai costi totali di possesso dei diversi veicoli. Questo può avvenire tramite campagne di marketing informative.

Con l'obiettivo di favorire gli acquisti sostenibili, esistono politiche governative di incentivazione per la riduzione dei prezzi iniziali delle auto elettriche, che fanno sì che il costo totale di possesso diventi più economico.

Gli incentivi statali ad oggi risultano vantaggiosi nel favorire le vendite, e prevedono anche bonus per la rottamazione delle auto più inquinanti, in base alle classi Euro di appartenenza.

Entro il 2030, miglioramenti nel design e riduzioni del prezzo di produzione, saranno fattori chiave per il raggiungimento di una parità di prezzo, senza l'utilizzo di incentivi.

Confrontando un veicolo elettrico ad uno tradizionale si può concludere che: la fase di acquisto si caratterizza per un maggior costo imputabile all'elettrico, a causa della batteria, la fase operativa al contrario si caratterizza per un maggior costo per i veicoli tradizionali, a causa del rifornimento di carburante, mentre l'ultima fase di smaltimento non ha grossa rilevanza, ma la differenza è che la batteria può essere riciclata a favore della costruzione di nuove batterie.

I prezzi di listino, quindi, per gli EV's risultano essere ancora troppo elevati e non vengono compensati dai minori costi di utilizzo (Scorrano et al., 2018, p. 242).

L'analisi sul costo del ciclo di vita produce differenti risultati a seconda del modello di EV. Weldon et al. (2018, p.588) nel loro articolo "*Long-term cost of ownership comparative analysis between electric vehicles T and internal combustion engine vehicles*" concludono che: se si è in presenza di veicoli di grandi dimensioni, con incentivi d'acquisto e un utilizzo elevato, allora l'EV sarà più conveniente in termini di costo rispetto all'ICE, in un periodo temporale di 10 anni.

L'utilizzo elevato influisce particolarmente sul risultato in quanto l'elettricità costituisce un vantaggio economico rispetto al carburante. Al contrario, livelli di utilizzo ridotto fanno sì che i veicoli a combustione interna siano più economici.

Infine, gli EV che, nell'arco del periodo di 10 anni, hanno ricevuto interventi di sostituzione della batteria non sono risultati competitivi, per via dell'elevato costo di manutenzione. Risulta, quindi, importante sviluppare nuove tecnologie per le batterie a ioni di litio, così da renderle economicamente accessibili.

A scopo esemplificativo verrà riportato lo studio condotto da Scorrano et al. (2018), in cui vengono confrontati i costi totali di possesso di due auto: il modello elettrico Nissan Leaf e il modello tradizionale Nissan Pulsar.

I costi presi in considerazione per lo svolgimento dell'analisi sono: prezzo d'acquisto, valore residuo del veicolo, consumo del carburante/elettricità, manutenzione e riparazione, tassa di immatricolazione, bollo, variabili territoriali e di mobilità (quali garage, parcheggi, ecc..), costi assicurativi, sussidi e politiche pubbliche, tassi di interesse.

L'analisi viene divisa per quattro categorie di persone con differenti caratteristiche. Nella seguente tesi ne verranno riportati solo due:

- 1) Il primo esempio riguarda una persona che abita in centro urbano, con un garage a disposizione e una percorrenza media in auto di 5.000 km all'anno. Per il possesso della Nissan Leaf è stato stimato un TCO annuo di 6.418€. Per il possesso della Nissan Pulsar è stato stimato un TCO annuo di 4.439€.

- 2) Il secondo esempio riguarda una persona che abita in centro urbano, senza un garage a disposizione e una percorrenza media in auto di 20.000 km all'anno. Per il possesso della Nissan Leaf è stato stimato un TCO annuo di 6.859€. Per il possesso della Nissan Pulsar è stato stimato un TCO annuo di 6.622 €.

L'analisi qui sintetizzata suggerisce che il modello elettrico abbia un costo di possesso maggiore.

In particolare, il divario si amplifica nel caso di uno scarso utilizzo dell'auto nell'anno.

Infatti, nel caso di una percorrenza di 5.000 km annui la differenza di prezzo risulta essere 1.979€. Nel caso invece di una percorrenza di 20.000 km annui la differenza di prezzo risulta essere di 237€.

Una seconda osservazione che può essere fatta riguarda il possesso di un garage privato, infatti, con una differenza di 15.000 km di percorrenza tra il primo e il secondo caso, il prezzo di possesso dell'auto elettrica varia di poco, precisamente di 441€, in quanto la possibilità di ricaricare il proprio veicolo con la corrente di casa permette di avere un risparmio. Mentre nel

caso dell'auto tradizionale la variazione del costo totale di possesso risulta essere maggiore, precisamente di 2.183€ (Scorrano et al., 2018).

3.3 Valutazione della sostenibilità delle auto con batterie a ioni di litio

Per l'Unione Europea la soluzione ideale all'inquinamento provocato dalle auto è rappresentata dall'auto elettrica, in quanto, durante la sua esistenza produce meno emissioni di CO₂ e di inquinanti rispetto ad un'auto a combustione interna.

Bisogna però tenere in considerazione l'elevato rischio di danno ambientale che può provocare un'impennata della domanda di questo tipo di veicoli, soprattutto derivante dalla fase di produzione delle batterie, che mette in discussione la sostenibilità di una transizione alla mobilità elettrica.

Per far fronte a questa crescente domanda, stanno nascendo rapidamente enormi fabbriche di batterie, le cosiddette *giga factory*. Queste fabbriche necessitano dell'utilizzo di molta energia per il loro funzionamento, con conseguenti emissioni di CO₂, e di una quantità enorme di materie prime critiche e non facilmente rinnovabili.

Spesso, per l'estrazione di queste materie prime, non vengono rispettati gli standard ambientali e sociali, inoltre essendo critiche i prezzi sono molto variabili.

Il 40% delle riserve mondiali di litio, ad esempio, viene estratto dal Salar di Atacama, una grande riserva di sali minerali e metalli situata nel deserto a nord del Cile, in una delle zone più aride del mondo. Per l'estrazione vengono create grandi piscine di acqua, che viene fatta evaporare per il rilascio del litio. Il 65% di acqua della regione, che è già molto scarsa, viene consumata per l'attività estrattiva.

Il boom delle batterie ha trasformato l'area in una zona mineraria sempre più sfruttata, a danno dell'ecosistema.

Per produrre una tonnellata di litio sono necessari 1.900 tonnellate di acqua, che viene consumata dall'evaporazione, mentre, per produrne la stessa quantità tramite il riciclaggio sarebbe necessario il recupero di 28 tonnellate di LIB dismesse.

Il 70% del cobalto, come citato in precedenza, viene estratto nella Repubblica democratica del Congo, questo minerale viene ricavato come sottoprodotto di nichel e rame. L'estrazione su larga scala utilizza mezzi meccanici, mentre quella derivante da piccole miniere avviene

manualmente, questo permette di procurare lavoro alle comunità locali. Il problema riguarda l'etica del lavoro, poiché, spesso avviene sfruttamento anche minorile e violazione dei diritti umani.

Si rende necessaria, quindi, una regolamentazione per lo sviluppo di queste comunità, con migliori condizioni di lavoro.

Altro minerale utilizzato per la produzione di batterie è il manganese, che viene estratto soprattutto in Sudafrica.

In questa regione, la Provincia del Capo Settentrionale è ricca di minerali ma, nonostante ciò, ha tra i più alti tassi di povertà e disoccupazione del Sudafrica, diffusa soprattutto nelle aree rurali. Questo avviene poiché i ricavi derivanti dall'estrazione mineraria finiscono soprattutto fuori dalla nazione. L'attività estrattiva rappresenta il 25% delle esportazioni totali del Sudafrica ma contribuisce alla formazione del PIL solo per l'8,3%.

Inoltre, l'estrazione del manganese richiede l'uso di sostanze chimiche, che provocano la contaminazione delle riserve idriche e producono grandi quantità di polveri contenenti metalli tossici.

La transizione *green* è diventata ormai fondamentale ma non deve basarsi su abusi ambientali e sociali.

Una transizione giusta dovrebbe prevedere la riduzione delle emissioni per il benessere di tutti tramite il rispetto dei territori, delle comunità e il miglioramento delle pratiche di approvvigionamento delle materie prime.

L'impennata della domanda di veicoli elettrici porta conseguenze anche nella gestione dei rifiuti, per la quale sarebbe preferibile il riutilizzo delle batterie prima di procedere al loro riciclaggio. Quest'ultimo, infatti, richiede un importante utilizzo di energia e produce emissioni di CO₂ derivante dalla lavorazione dei materiali.

Il riutilizzo non è sempre possibile, in quanto dipende dallo stato della batteria, ed è consentito per un numero limitato di volte, quando la batteria non avrà più capacità si potrà procedere al riciclaggio.

Le batterie dovrebbero essere progettate già con l'idea di un loro possibile riutilizzo o riciclaggio tramite una standardizzazione della progettazione e degli elementi delle celle, anche tramite sistemi di etichettatura dei componenti.

Attualmente il design, l'uso di adesivi e colle per il fissaggio non vengono progettati per un successivo facile smontaggio.

Anche i processi di disassemblaggio, tra cui la pirometallurgia e l'idrometallurgia, dovrebbero essere migliorati in modo da risultare più efficienti e meno inquinanti, attualmente il processo migliore risulta essere quello ibrido tra quest'ultimi e la bio-metallurgia.

È necessaria una gestione delle risorse tramite produzione - utilizzo - riuso - riciclo per garantire la sostenibilità delle auto elettriche, accompagnata dall'utilizzo di energia prodotta da fonti rinnovabili.

Le batterie a ioni di litio sono destinate a dominare il mercato nel prossimo decennio, con una conseguente riduzione di prezzo che le renderanno economicamente più accessibili.

Si può concludere che, nel complesso, le auto elettriche risultino essere più sostenibili delle auto a combustione interna, come si può notare anche dai dati esposti sulle emissioni di CO₂, ma necessitano di ulteriori tecnologie che vadano a risolvere i problemi legati al costo del ciclo di vita e alle fasi critiche del ciclo di vita del prodotto. Tra queste fasi critiche si possono sottolineare quelle di estrazione e smaltimento.

Per questo motivo, il settore è in continuo cambiamento per l'individuazione di nuove soluzioni ed è soggetto a nuove normative.

Infatti, oltre alle batterie a ioni di litio, esistono altre tecnologie in via di sviluppo che potrebbero diventare commercialmente valide in futuro.

Un esempio è rappresentato dalle batterie agli ioni di litio allo stato solido, le quali utilizzano un elettrolita solido invece che liquido tramite l'utilizzo di materiali come la ceramica e un anodo composto da litio, che ha un volume inferiore. Questo permette di avere una densità energetica maggiore che garantisce più autonomia con meno peso.

Questa tecnologia è ancora in via di sviluppo e sperimentazione ma sembra dare risultati incoraggianti per quanto riguarda la prestazione.

Un secondo esempio è rappresentato dalle auto elettriche a celle a combustibile, che si stanno già diffondendo nei vari mercati. Sono caratterizzate da un motore elettrico che sfrutta l'elettricità prodotta da una cella a combustibile, la quale crea energia, non dalla combustione ma piuttosto, dalla reazione chimica di due componenti: l'ossigeno e l'idrogeno.

La cella a combustibile permette la produzione di abbastanza energia elettrica per azionare il motore.

La tecnologia presenta i vantaggi di velocità di rifornimento, elevata autonomia e zero emissioni, in quanto emette solo acqua per il funzionamento, sotto forma di vapore acqueo.

Potrebbe risultare, quindi, una soluzione efficace in paesi che non presentano colonnine di ricarica veloce per le auto, per motivi riguardanti la limitazione della rete elettrica.

Esistono anche altre possibili soluzioni alla mobilità sostenibile, che verranno esposte nel successivo capitolo e che sono concentrate sia in una semplificazione delle fasi di costruzione dei veicoli, sia nella riduzione del numero di veicoli in circolazione, prevedendo uno snellimento della produzione.

Questo può avvenire tramite uno svincolo dal sistema di trasporto in cui ognuno è proprietario dell'auto, la quale rimane ferma la maggior del tempo, a favore di un sistema in cui l'auto è condivisa e presenta un tasso di utilizzo maggiore.

CAPITOLO 4: SMART MOBILITY

4.1 Il concetto di smart mobility

L'aumento costante della popolazione in tutto il mondo e l'affollamento dei centri urbani, che si sono verificati negli ultimi anni, hanno reso necessaria una pianificazione delle persone e delle loro modalità di spostamento all'interno delle città. Con questo obiettivo è nato il nuovo concetto di “*smart city*”, cioè città intelligenti, connesse e sostenibili, in cui i trasporti vengono organizzati con il principio della mobilità intelligente.

Il concetto emergente di *smart mobility* racchiude le nuove modalità di spostamento urbano che si stanno creando grazie all'insorgere delle tecnologie digitali, che rendono più facile alle persone integrare l'utilizzo di mezzi pubblici con altri servizi di mobilità. Il tutto porta benefici in termini di riduzione della congestione del traffico, di riduzione dell'inquinamento atmosferico e di ottimizzazione di percorsi stradali con un'impronta ecologica ridotta. Anche per quanto riguarda il trasporto merci sono già presenti prototipi di veicoli robot in grado di consegnare beni a casa delle persone.

Le opzioni di mobilità possono prevedere: soluzioni inerenti alla *mobility as a service*, cioè una mobilità al servizio dell'utente, quali noleggio auto, *car sharing* e *bike sharing* orario, all'utilizzo di mezzi propri sostenibili quali biciclette, auto elettriche, monopattini elettrici ma anche all'utilizzo di carburanti ecologici e in un futuro all'ingresso di veicoli a guida autonoma.

Gli obiettivi con cui nasce la *smart mobility* sono principalmente tre:

- 1- cura per l'ambiente;
- 2- miglioramento dei sistemi di trasporto;
- 3- influenza del comportamento dei cittadini.

Il concetto di mobilità intelligente è allineato all'obiettivo numero 11 di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite per il 2030, che riguarda la “creazione di città e comunità sostenibili”. Questo incentiva le autorità locali ad investire in nuove tecnologie che garantiscano lo sviluppo sostenibile delle città.

Per raggiungere obiettivi ambientali, sociali ed economici è fondamentale sia lo sviluppo di tecnologie innovative che la partecipazione della comunità.

Altro fattore necessario, infatti, riguarda l'impegno da parte dei cittadini che, sempre più consapevoli delle sfide ambientali, sono propensi alla nuova mobilità, a condizione che

garantisca benessere e migliori qualità di vita. Il benessere del cittadino si ha quando quest'ultimo può avere libero accesso a beni e servizi, libertà di movimento in città, maggiori relazioni sociali e comunicazioni, il tutto a prezzi accessibili.

Le tecnologie che permetteranno l'applicazione della mobilità intelligente sono: l'intelligenza artificiale (AI), l'internet degli oggetti (IoT), i *big data* e la *blockchain*.

I *big data* permettono di raccogliere grandi quantità di informazioni dai veicoli connessi ad internet, che possono essere sfruttate per migliorare la mobilità ed il traffico.

Nuovi studi nel campo dell'intelligenza artificiale stanno portando alla creazione di veicoli robot a guida autonoma, in grado di guidare senza conducente.

L'ente internazionale nel campo dell'automotive, Society of Automotive Engineers, ha dichiarato l'esistenza di cinque livelli di automazione dei veicoli, più il livello zero, adottati dal Dipartimento dei trasporti degli Stati Uniti:

- Livello 0, non è presente alcuna automazione di guida, la quale rimane completamente manuale;
- Livello 1, è caratterizzato dall'esistenza di un'assistenza al conducente come la tecnologia del *cruise control*, che mantiene la velocità del veicolo senza bisogno di premere il pedale dell'acceleratore;
- Livello 2, è presente un'automazione parziale come il controllo autonomo dell'accelerazione e della frenata;
- Livello 3, il veicolo è in grado di controllare l'ambiente circostante e adeguare la velocità in base agli altri veicoli in strada, rimane necessario l'intervento del conducente;
- Livello 4, caratterizzato da alta automazione di guida, il veicolo può guidare in modo autonomo ma il conducente, se lo desidera, può intervenire;
- Livello 5, l'automazione di guida è completa, il conducente non ha la possibilità di intervenire.

La *smart mobility* racchiude al suo interno anche la modalità di spostamento *mobility as a service*, termine nato in Finlandia nel 2014.

Il concetto indica un servizio di trasporto che presenta gli stessi benefici di un mezzo privato, senza però possederlo. Il veicolo è condiviso tra diversi conducenti che lo utilizzano al momento del bisogno, in tempi diversi.

Il servizio consente alle persone di pianificare, prenotare e pagare diversi tipi di mobilità tramite una piattaforma online.

Un'auto condivisa può sostituirci dieci di private, il che rappresenta un notevole vantaggio ambientale in termini di produzione, rifiuti, traffico ed emissioni. La proprietà non è più di una singola persona bensì di un'azienda che ne garantisce la mobilità su richiesta 24 ore su 24.

Il tasso di utilizzo di un'auto condivisa è estremamente elevato rispetto a quello di una privata, che si stima rimanga ferma per il 90% del tempo utile.

Tale sistema rappresenta un nuovo paradigma per il settore dei trasporti e dal 2014 anche in Europa sono stati lanciati diversi progetti di *Maas (mobility as a service)*.

Diverse case automobilistiche in tutto il mondo stanno creando nuove auto e prototipi che rispondano ai criteri di *smart mobility*, tramite veicoli sostenibili e servizi di cui usufruire a seconda delle necessità. Alcuni prototipi vengono studiati prevedendo la tecnologia della guida autonoma, per una maggiore efficienza nei tempi di spostamento e per una riduzione degli incidenti stradali.

In Italia esistono ancora diverse implicazioni allo sviluppo della mobilità intelligente tra cui:

- Costruzione di nuove infrastrutture di supporto, come nuove strade e punti di ricarica per le auto elettriche. Un'infrastruttura importante che deve essere implementata è rappresentata dalla necessità di avere una più elevata larghezza di banda per la connettività di rete dei veicoli;
- Necessità di garantire una mobilità porta a porta che possa sostituire il comfort dei veicoli privati;
- Implementazione di sistemi di sicurezza e di privacy, in quanto la connettività dei dispositivi richiede l'utilizzo di dati personali;
- Creazione di una serie di standard e di regole per l'uso delle nuove soluzioni di trasporto;
- Necessità di avere maggiore consapevolezza da parte dei cittadini riguardo ai benefici derivanti dall'uso delle nuove soluzioni;
- Maggiore conoscenza delle routine della popolazione, per poter proporre soluzioni di viaggio coerenti alle necessità;
- Miglioramento della gestione e del monitoraggio della rete con milioni di entità connesse;

- Implementazione della gestione delle questioni legali delle parti interessate, come società di pagamento, cittadini, autorità locali e trasporti pubblici.

La ragione di fondo, che vede la nascita della *smart mobility*, è rappresentata dal fatto che, per garantire lo sviluppo sostenibile del pianeta, ci sia bisogno di rivoluzionare il settore dei trasporti.

Tale rivoluzione prevede una minore produzione di veicoli rispetto ai livelli attuali e allo stesso tempo garantendo a quelli in circolazione minori emissioni di CO2 e un tasso di utilizzo più efficiente. Tutto ciò permette di massimizzare l'impiego delle risorse senza dover rinunciare al comfort.

4.2 Link&Co

Nel 2016 nasce il marchio cinese Link&co dalla proprietà congiunta di Zhejiang Geely Holding Group e della sua controllata Volvo Cars.

Nel 2017 il brand fa il suo debutto al pubblico durante il Salone di Shanghai.

Nel 2021 il SUV Link&co 01 è la prima auto del marchio ad essere introdotta in Europa, basata sulla piattaforma della Volvo Xc 40. L'azienda ha deciso di renderla disponibile solo in versione ibrida e non totalmente elettrica, in due versioni: *plug-in hybrid* (ibrido *plug-in*) o *full hybrid* (ibrido elettrico).

Il modello ibrido *plug-in* è caratterizzato da un'autonomia di 60-80 km solo in elettrico e dalla possibilità di ricaricare la batteria con cavo di alimentazione ad una presa di corrente.

Il modello ibrido elettrico, invece, ha una batteria meno potente e si ricarica tramite la frenata rigenerativa e tramite la discesa.

L'azienda propone al pubblico europeo il SUV 01 in due soli colori disponibili, cioè blu o nero.

L'idea innovativa proposta è quella di svincolarsi dal concetto di proprietà privata dell'auto a favore della condivisione.

L'azienda rivoluziona anche l'idea della concessionaria tradizionale, gli *showroom* diventano dei centri innovativi che vengono chiamati club, dove è possibile far parte di una comunità che apprende soluzioni di mobilità sostenibile. I club rappresentano dei punti di incontro per i possessori di auto del marchio, all'interno c'è la possibilità di provare l'auto e al contempo rilassarsi, sono presenti caffetterie e spazi per il *coworking*.

Gli iscritti possono inoltre partecipare a diversi eventi che vengono organizzati.

Il socio del club ha più opzioni a disposizione per guidare l'auto, può scegliere di acquistare il SUV, di noleggiarlo con formula di abbonamento mensile o noleggiarlo con tariffa oraria tramite il *car sharing*. A sua volta, chi acquista o noleggia l'auto, può farla guidare ad altri utenti, rendendo disponibile la chiave di accesso tramite la piattaforma online, con la facoltà di poter anche decidere il prezzo e le condizioni. Il noleggio orario viene pagato dall'utente solo per l'effettivo utilizzo, cioè in base alla strada percorsa.

Il canone mensile del SUV Link&co 01 per i soci del club è di €500, in cui sono inclusi anche spese di bollo, assicurazione e manutenzione, mentre risulta esclusa solo la benzina. Il canone permette di percorrere 1.250 km ogni mese, oltre ai quali si aggiunge un costo extra. L'abbonamento prevede la possibilità di poter essere disdetto in qualsiasi momento.

Inoltre, il canone può essere notevolmente ridotto se l'auto viene noleggiata a sua volta ad altri utenti, risultando economicamente conveniente.

Questo sistema permette di avere un utilizzo efficiente dell'auto con una riduzione dei periodi di inutilizzo.

L'obiettivo della casa automobilistica cinese è di voler cambiare la mobilità nel futuro, riducendo la produzione di veicoli e il traffico nelle città.

4.3 Citroën

La casa automobilistica Citroën fu fondata nel 1919 da André Citroën, anno in cui fu lanciato il modello *Type A*. Questo modello aveva un particolare ingranaggio metallico innovativo a forma di *chevron*, cioè assomigliante ad una punta di freccia, e la cui forma diventò poi il logo dell'azienda.

L'azienda francese ebbe grande successo fino agli anni '60, quando a causa di diversi eventi, tra cui la crisi petrolifera del 1973, vide quasi il fallimento.

Superata la crisi riuscì a risollevarsi negli anni '80 grazie al lancio di nuovi modelli di auto e di successi commerciali.

Oggi l'azienda è presente in 101 Paesi ed è parte del gruppo Stellantis, in cui è presente anche la casa automobilistica italiana Fiat.

4.3.1 Il Concept di Citroën

Dopo il lancio del modello Ami nel 2020, una mini auto elettrica da città, la casa automobilistica francese ha presentato, al Salone Rétromobile di Parigi 2022, il suo nuovo concept Citroën OLI.

Il prototipo è pensato per ridurre gli eccessi e i costi delle auto elettriche, per concentrarsi piuttosto sulla realizzazione di veicoli intelligenti, meno complessi, più leggeri ed accessibili alla popolazione e che al contempo diano importanza alla componente estetica.

La concept car Citroën OLI ha tutte le caratteristiche di un'auto pensata per l'ambiente e la società, caratterizzata dall'efficienza energetica e dall'utilizzo di materiali sostenibili.

Il prototipo nasce come SUV elettrico pensato per la città, dove non è fondamentale la velocità ma piuttosto le emissioni. Per consumare meno elettricità la batteria ha la caratteristica di essere leggera, con una potenza di soli 40 kWh e con un limite di velocità massimo di 110 km/h, che le consente comunque di percorrere anche le tratte di tangenziale. L'autonomia della batteria è di 400 km e la carica impiega 23 minuti.

Il SUV ha una lunghezza di 4,2 metri e capacità per ospitare quattro persone. I materiali utilizzati per la costruzione sono ultraleggeri, riciclati e riciclabili. Per garantire un'allungamento della vita del veicolo i pezzi sono progettati a moduli per essere facilmente riparabili e sostituibili. Cofano e tetto sono completamente piatti, così come il pianale del



Figura n. 12: Citroën OLI
Fonte: [HDMotori.it](https://www.hdmotori.it) (2023)

bagagliaio dove è possibile trasportare merci. Questi componenti sono progettati con un'anima di cartone riciclato, rinforzato dalla sua struttura interna a nido d'ape e da strati di pannelli in fibra di vetro, rivestiti poi con resina e vernice a base d'acqua. Questo processo permette una resistenza dei pannelli equiparabile all'acciaio. I cerchi delle ruote sono invece progettati con acciaio e alluminio. Gli interni sono ridotti

al minimo indispensabile, i sedili anteriori richiedono quasi l'80% in meno di componenti rispetto a quelli di un SUV tradizionale. Il parabrezza è verticale per consentire un minor utilizzo di vetro e al contempo per creare maggiore luminosità all'interno del veicolo.

Tutta la struttura è pensata per la sicurezza dei passeggeri, le zone più importanti vengono rinforzate maggiormente, mentre viene alleggerito il superfluo. Il peso target totale del veicolo è di circa 1.000 kg.

La riduzione di molti materiali e la semplicità delle componenti permettono all'auto di avere un prezzo accessibile, che si ipotizza a partire dai 25.000 €.

La casa automobilistica, tramite questo concept, dimostra come sia possibile massimizzare il ciclo di vita di un prodotto a partire dalla sua progettazione, tramite la scelta di determinati materiali, fino al suo smaltimento.

Il progetto garantisce sia una vita più lunga del veicolo sia un riciclo dei materiali per la costruzione di altre auto, formando un ciclo chiuso di produzione.

4.4 Renault

La casa automobilistica francese, Renault, fu fondata nel 1898 a Parigi dai fratelli Louis, Marcel e Fernand Renault. I primi modelli prodotti dell'AG1 furono destinati ad essere taxi. Negli anni il marchio si guadagnò il primo posto tra i costruttori del paese.

Dopo la seconda guerra mondiale l'azienda venne nazionalizzata e tornò privata negli anni '90, periodo in cui rivoluzionò il settore delle auto da città con la piccola Clio e la Twingo. Oggi è un'azienda internazionale presente in 128 paesi.

Nel 2019 Renault, Nissan e Waymo hanno siglato un accordo per compiere attività di ricerca nel campo della guida autonoma.

La continua ricerca nell'ambito delle innovazioni ha portato l'azienda alla progettazione di tre prototipi di veicoli robot condivisi, con motore elettrico e guida autonoma, che secondo Renault rappresentano il futuro del settore.

Lo studio nasce dall'idea che in futuro la maggior parte della popolazione vivrà in città, con un conseguente affollamento dei centri urbani. Questo porterà ad un aumento del traffico, dell'inquinamento e della probabilità di incidenti.

I prototipi vengono sviluppati per essere utilizzati nelle città affollate, rivoluzionando il concetto di auto di proprietà con il concetto di auto condivisa, con un'utilizzo continuo durante le giornate.

I prototipi si dividono in tre modelli: EZ-GO studiata per le attività di routine quotidiane, EZ-PRO per la movimentazione di prodotti pesanti e EZ-ULTIMO per una mobilità *premium*.

4.4.1 I Concept di Renault

EZ-GO

Al salone dell'auto di Parigi, tenutosi nel 2018, Renault ha esposto il veicolo che secondo l'azienda rappresenta il concetto di auto del futuro, non è ancora un mezzo ma un concept.

Ez-go è il primo dei tre prototipi di veicoli, nato con l'obiettivo di garantire un efficiente spostamento delle persone all'interno della città.



Figura n. 13: Renault EZ-GO
Fonte: www.Renault.it

Si presenta con una lunghezza di poco più di 5 metri, con forma squadrata e velocità auto limitata a 50 km/h. La porta frontale permette di entrare, stando in piedi, ad un massimo di sei persone, viene pensata per la massima accessibilità anche a passeggeri e sedie a rotelle.

Lo spazio interno è organizzato con un divanetto disposto a semicerchio per garantire il comfort dei passeggeri, che possono utilizzare il tempo di spostamento a loro piacimento, studiando, leggendo o lavorando.

Il posto a bordo è prenotabile tramite app o tramite i punti dislocati per la città. Uno schermo mostra il tempo di percorrenza e le fermate, come un mezzo di trasporto pubblico, varie informazioni turistiche e servizi della città.

Ha un'autonomia di guida autonoma di livello 4, che le consente di trasportare autonomamente i passeggeri in giro per la città grazie a varie infrastrutture che devono essere integrate nei percorsi. I sensori le permettono di mantenere le distanze dagli altri veicoli, svoltare agli incroci, mantenere la propria carreggiata e cambiarla in caso di sorpassi. Il veicolo resta comunque monitorato da un centro di controllo, che ne rileva i malfunzionamenti.

EZ-PRO

Il prototipo di veicolo Ez-pro è stato progettato nella stessa piattaforma di Ez-go, ma con l'obiettivo di avere un nuovo modo ecologico di consegnare i pacchi merci da un luogo all'altro. In questo caso è prevista la presenza di un operatore per gestire i pacchi e supervisionare la guida, che rimane comunque autonoma. Dato il crescente utilizzo dell'*e-commerce*, i consumatori richiedono consegne immediate e tale sistema consentirebbe di rendere più efficienti le consegne, snellendo, al contempo, il traffico urbano.

EZ-ULTIMO

L'ultimo prototipo è studiato per essere un'auto di lusso, che come la Ez-go, consente di spostarsi da un luogo all'altro all'interno della città. Ospita fino a tre persone in uno spazio adibito a salotto.

CONCLUSIONE

Spinti dal riscaldamento climatico, dal degrado ambientale e dalla scarsità di risorse, i veicoli elettrici si sono sviluppati in tutto il mondo.

Tale rivoluzione è destinata a modificare radicalmente il settore automobilistico, rendendo necessario lo studio dei fattori che la transizione all'elettrico può causare.

A seguito di una review della più recente letteratura nazionale ed internazionale riguardo al tema, è emerso come la diffusione di massa di veicoli elettrici permetta il raggiungimento di notevoli vantaggi ambientali e sociali in termini di riduzione della dipendenza dal petrolio, miglioramento della qualità dell'aria, riduzione delle emissioni globali di CO₂ e di altre sostanze inquinanti, quale ad esempio il monossido di carbonio (CO).

I motori dei veicoli elettrici non rilasciano sostanze inquinanti e climalteranti, non essendoci combustione di carburante.

Nonostante ciò, il ciclo di vita di questi veicoli non è a zero emissioni, infatti, la fase di produzione rilascia importanti quantità di CO₂, mentre la fase di smaltimento del veicolo a fine vita rappresenterà negli anni un importante onere ambientale.

Sono quindi presenti anche degli svantaggi derivanti dalla diffusione di massa di questi veicoli, in particolare le batterie a ioni di litio, utilizzate per il motore, sono considerate inquinanti, per questo sono oggetto di nuove regole da parte dei governi e di nuove tecnologie che le rendano più efficienti in termini ambientali. Si può trovare, ad esempio, la batteria agli ioni di litio allo stato solido che garantisce più autonomia con un peso minore.

L'energia elettrica impiegata per la produzione, la ricarica e lo smaltimento/riciclo della batteria, non sempre proviene da fonti rinnovabili, ma piuttosto dalla combustione di petrolio, carbone o gas naturale.

Altro fattore riguarda le materie prime necessarie alla costruzione delle batterie, tra cui litio, cobalto e manganese, distribuiti in modo disomogeneo nel pianeta e concentrati in regioni povere che vedono lo sfruttamento del suolo e dei lavoratori locali.

Per l'obiettivo di sviluppo sostenibile sta già avvenendo una riduzione di questi elementi critici all'interno delle batterie, tramite il monitoraggio dell'estrazione a monte della produzione e il loro successivo riciclo, che permette una riduzione di nuove estrazioni.

La produzione delle batterie risulta più o meno inquinante a seconda di tre fattori, che potrebbero essere controllati: più la batteria è potente in termini di kWh e più provoca

emissioni durante la costruzione, alcuni componenti sono più sostenibili di altri, ad esempio il cobalto è considerato un elemento inquinante, e, infine, il terzo fattore è la quantità di energia da fonti rinnovabili impiegata all'interno delle fabbriche.

Le batterie dismesse possono avere ancora capacità che ne consente il riutilizzo per usi secondari. Molte aziende stanno studiando il riutilizzo per lo stoccaggio di energia.

Qualora non potessero essere riutilizzate, si procede al riciclo, per ricavare gli elementi necessari alla fabbricazione di nuove batterie.

Il processo attuale di riciclaggio fatica a sostenere i ritmi, in costante aumento, della produzione di auto, inoltre implica lo stesso importanti emissioni di CO₂.

Si prevede che in una decina di anni molte auto elettriche verranno dismesse, innescando un ciclo in cui verranno restituite le batterie a fine vita per nuove costruzioni, favorendo la nascita di importanti fabbriche di riciclo.

È necessaria una tecnologia più efficiente di riciclo e rispettosa dell'ambiente, inoltre, le batterie dovrebbero essere progettate già con l'ottica di un successivo facile smontaggio.

Infine, qualora non ci sia riutilizzo o riciclaggio, si procede allo smaltimento delle batterie, che causa grandi quantità di rifiuti.

Per garantire la sostenibilità delle auto elettriche è necessario un sistema a ciclo chiuso, che preveda: produzione - utilizzo - riuso - riciclo, compiuto con l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili.

Tra gli svantaggi imputabili alla transizione all'elettrico, per ora, si colloca anche la fattibilità economica, ma si prevede che questa possa presto diventare un vantaggio.

Molti paesi, tra cui l'Italia, necessitano di grossi investimenti per la costruzione di infrastrutture che favoriscano la mobilità elettrica, come colonnine di ricarica, fabbriche di batterie e di riciclo, ma anche di un ulteriore sviluppo delle fonti di energia rinnovabile.

Dalle analisi sul costo del ciclo di vita (LCC) risulta che, tendenzialmente, l'auto elettrica è meno conveniente di una tradizionale. Il risultato, però, viene invertito all'aumentare dell'utilizzo del veicolo, in quanto un'auto elettrica presenta prezzi d'acquisto più elevati, per via del costo della batteria che grava sui produttori, ma ha costi minori di utilizzo, derivanti dal minor costo di ricarica confrontato al costo di rifornimento di carburante e minori interventi di manutenzione. Questo fa sì che ad elevati tassi di utilizzo del veicolo ci sia più convenienza nell'elettrico.

Attualmente gli incentivi statali permettono una riduzione dei prezzi d'acquisto e si prevede che in futuro nuove tecnologie e l'aumento della concorrenza favoriranno la convenienza economica dell'elettrico.

Si può concludere che, nel complesso, le auto elettriche risultino essere più sostenibili, come si nota anche dai dati esposti sulle emissioni di CO₂, ma necessitano di ulteriori tecnologie che vadano a risolvere i problemi legati al costo e alle fasi critiche del ciclo di vita del prodotto.

La soluzione all'inquinamento urbano, proposta dalla *smart mobility*, è la riduzione della quantità di auto prodotte, tramite l'utilizzo di diversi mezzi di trasporto sostenibili e la loro condivisione.

Le tre soluzioni innovative, presentate nel quarto capitolo, sono veicoli che rappresentano la sostenibilità.

Il primo esempio, il SUV 01 della cinese Link&co, è un'auto condivisa ibrida che può essere noleggiata mensilmente e a sua volta ri-noleggiata dal proprietario ad altri utenti. Il sistema consente di avere vantaggi economici poiché il canone di noleggio può essere ridotto e non si hanno i costi di mantenimento di un'auto di proprietà, ma consente di avere anche vantaggi ambientali derivanti dal motore ibrido e dalla riduzione delle auto in circolazione.

Il secondo esempio, il concept OLI, della francese Citroën, è un'auto da città, con un minor impatto durante il suo ciclo di vita e con un prezzo accessibile a tutta la popolazione, possibili grazie all'utilizzo di materiali sostenibili, leggeri, riciclati e riciclabili.

Il terzo concept, proposto dalla casa automobilistica francese Renault, vuole rivoluzionare la modalità di trasporto cittadino. Il veicolo robot può essere condiviso da più passeggeri, ha un motore totalmente elettrico che lo rende sostenibile, e una guida autonoma, che secondo l'azienda rappresenterà il futuro del settore.

Dall'analisi emerge che il sistema di trasporto automobilistico sta subendo importanti trasformazioni che sono la base di una rivoluzione del settore, nel rispetto dei principi di sostenibilità: economici, ambientali e sociali.

Tale rivoluzione è ancora in corso e vede miglioramenti costanti grazie allo sviluppo di nuove tecnologie, come il veicolo elettrico, che vogliono avere come esito il raggiungimento di uno sviluppo sostenibile, che garantisca alle generazioni future la soddisfazione degli stessi bisogni delle generazioni attuali.

BIBLIOGRAFIA

ACEA (2023), *Passenger car registrations: +11.5% in February, battery electric 12.1% market share*, disponibile all'indirizzo: <https://www.acea.auto/pc-registrations/passenger-car-registrations-11-5-in-february-battery-electric-12-1-market-share/>

ACEA (2022), *Emissioni medie di CO2 delle autovetture nuove, per paese dell'UE*, disponibile all'indirizzo: <https://www.acea.auto/figure/average-co2-emissions-from-new-passenger-cars-by-eu-country/>

ANAS (2021), *Anas Smart Road Cortina 2021*.

Amaroli M., Carraro C., Cazzola P., Cherchi E., Tanelli M., Tavoni M., Tilche A., Torsello M. (2022). Decarbonizzare i trasporti, Evidenze scientifiche e proposte di policy. *Mims*.

Ayodele B. V., Indati Mustapa S. (2020). Life Cycle Cost Assessment of Electric Vehicles: A Review and Bibliometric Analysis. *Sustainability*.

Biagi M. (2010). Diritto delle Relazioni Industriali. *Giuffrè editore*, 1.

Bieker G. (2021). A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars. *International Council of Clean Transport*.

Bossut M, Jürgens I, Pioch T, Schiemann F, Spandel T., Tietmeyer R. (2021). What information is relevant for sustainability reporting? The concept of materiality and the EU Corporate Sustainability Reporting Directive. *Sustainable Finance Research Platform*, 7.

Bowen R. (1953). Social Responsibilities of the Businessman. *University of Michigan*.

Commissione Europea (2021). *proposta di Regolamento del Parlamento Europeo e del consiglio sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi, che abroga la direttiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio*.

Commissione Europea (2017). *Alleanza Europea per le batterie*, disponibile all'indirizzo: https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/industrial-alliances/european-battery-alliance_en

Corrigan D. A. (2022). Electric Vehicle Batteries: Past, Present, and Future. *The Electrochemical Society Interface*, 31(3), 63-68.

Danielis R. (2015). La diffusione dell'auto elettrica: uno sguardo a livello mondiale. *Università di Trieste*, 8-29.

Di Sarli M. (2021). Una proposta di direttiva della Commissione UE in materia di Corporate Sustainability Reporting. *Il Nuovo Diritto delle Società*, 9, 1561-1567.

EY (2023). *EY presenta lo studio annuale sulla sostenibilità "Seize the change"*, disponibile all'indirizzo: https://www.ey.com/it_it/news/2023-press-releases/02/ey-presenta-studio-annuale-sulla-sostenibilita-seize-the-change

European Environment Agency (2022). *CO2 performance of new passenger cars in Europe*, disponibile all'indirizzo: <https://www.eea.europa.eu/ims/co2-performance-of-new-passenger>

Forbes (2023). In Svezia la prima autostrada che ricarica le auto mentre vanno, disponibile all'indirizzo: <https://forbes.it/2023/05/05/svezia-prima-autostrada-ricarica-auto-mentre-vanno/>

Gandelli S. (2022). Classi Euro veicoli: cosa sono, quali sono e come verificare le classi ambientali. *Geopop*, disponibile all'indirizzo: <https://www.geopop.it/classe-euro-dei-veicoli/>

Gandelli S. (2022). Cosa causa l'esplosione di alcune batterie al litio?. *Geopop*, disponibile all'indirizzo: <https://www.geopop.it/cosa-causa-lesplorazione-di-alcune-batterie-al-litio/>

Gifford S. (2021). The UK: A Low Carbon Location to Manufacture, Drive and Recycle Electric Vehicles. *The Faraday Institution*.

González A., Wilde-Ramsing J., Ngoatje P., Soekoe N., Vally F., Kwizera S., Dladla S. (2021). A metal of consequence for women and communities in South Africa affected by mining and the global energy transition. *ActionAid, SOMO, MACUA/WAMUA*.

González A., de Haan E. (2020). Il paradosso della batteria elettrica. Come il boom dei veicoli elettrici può logorare le comunità umane e le risorse del pianeta. *SOMO*.

GRI, UN Global Compact, wbcSD (2017). *SDG Compass*.

Hagman J., Ritzén S., Janhager Stier J., Susilo Y. (2016). Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion. *Research in Transportation Business & Management*, 18, 11-17.

Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E. et al. (2019). Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature*, 575, 75-86.

Henisz W., Koller T., Nuttall R. (2019). Five ways that ESG creates value, *McKinsey & Company*, disponibile all'indirizzo: <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/five-ways-that-esg-creates-value#/>

Hoogmartens R., Van Passel S., Van Acker K., Dubois M., (2014). Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 48, 27-33.

Hunt R. G., Franklin W. E. (1996). LCA- How it Came About. *Int. J. LCA*, 1(1), 4-7.

IKEA GROUP (2016). *YEARLY SUMMARY FY16*, disponibile all'indirizzo: www.Ikea.com

IKEA (2021). *Sustainability Report FY21*, disponibile all'indirizzo: www.Ikea.com

Internazionale (2020). L'estrazione del litio minaccia il deserto salato del Cile, disponibile all'indirizzo: <https://www.internazionale.it/video/2020/05/12/litio-deserto-cile>

Jungheinrich (2022). *Le batterie al litio: struttura e funzioni*, disponibile all'indirizzo: <https://www.jungheinrich-profishop.it/it/profi-guide/funzionamento-batteria-litio/>

La Monica M., Scagliarino C., Nania F., Massacci G., Cutaia L. (2020). Materie prime principali e critiche nelle batterie agli ioni di litio degli autoveicoli elettrici: analisi delle catene del valore di un'ottica di economia circolare. *CISA Publisher*.

Lai X., Chen Q., Tang X., Zhou Y., Gao F., Guo Y., Bhagat R., Zheng Y. (2022). Critical review of life cycle assessment of lithium-ion batteries for electric vehicles: A lifespan perspective. *eTransportation*, 12.

Lanzini P. (2019). *Responsible Citizens and Sustainable Consumer Behavior*, London, UK: Routledge.

Legambiente (2022). *Emergenza clima: il 2022 anno nero*, disponibile all'indirizzo: <https://www.legambiente.it/comunicati-stampa/emergenza-clima-il-2022-anno-nero/>

Letmathe P., Doost R.K. (2000). Environmental cost accounting and auditing. *Managerial Auditing Journal*, 15(8), 424-431.

Loprevite S., Raucci D., Rupo D. (2020). KPIs Reporting and Financial Performance in the Transition to Mandatory Disclosure: The Case of Italy. *Sustainability*, 12(12).

Mangin V. (2023). Formalizzare l'estrazione artigianale di cobalto in Congo. *Focsiv*, disponibile all'indirizzo: <https://www.focsiv.it/formalizzare-lestrazione-artigianale-di-cobalto-in-congo/>

Marchi L. (2020). Dalla crisi allo sviluppo sostenibile. Il ruolo dei sistemi di misurazione e controllo. *Management Control*, 3.

Mazzali N. (2022). Direttiva 2022/2464, la rendicontazione di sostenibilità diventa parte integrante della relazione finanziaria annuale. *Il Sole 24 ore*.

Ministero dello sviluppo economico, Ministero della transizione ecologica, Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili (2022). *Guida sul risparmio di carburante e sulle emissioni di CO2 delle autovetture*.

Mio C. (2021). *L'azienda sostenibile*. Bari, IT: Laterza.

Mio C. (2002). *Il Budget ambientale, Programmazione e controllo della variabile ambientale*. Milano, IT: Egea.

Nazioni Unite (2019). *PRI, I PRINCIPI PER L'INVESTIMENTO RESPONSABILE*.

Nicolella M., De Falco F. (2018). Verso una “sostenibilità programmata”: valutazioni LCA e LCC per la progettazione di coperture piane. *ingegno*.

Nielson media research (2015). *L'imperativo della sostenibilità: sempre più italiani scelgono prodotti buoni per la propria salute e per l'ambiente*, disponibile all'indirizzo: <https://nielseniq.com/global/it/insights/report/2015/l-imperativo-della-sostenibilita-sempre-piu-italiani-scelgono-prodotti-buoni-per-la-propria-salute-e-per-l-ambiente/>

OECD (2018). *Guida dell'OCSE sul dovere di diligenza per la condotta d'impresa responsabile*.

Oncioiu I, Petrescu G., Bilcan F. R., Petrescu M., Popescu D. M, Anghel E., (2020). Corporate Sustainability Reporting and Financial Performance. *Sustainability*, 12(10)

Paiva S., Ahad M. A., Tripathi G., Feroz N., Casalino G. (2021). Enabling Technologies for Urban Smart Mobility: Recent Trends, Opportunities and Challenges. *Sensors*, 21(6).

Pan X., Sinha P., Chen X. (2020). Corporate social responsibility and eco-innovation: The triple bottom line perspective. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28(1), 214-228.

Parlamento Europeo (2023). *il divieto di vendita per le nuove auto a benzina e diesel nell'UE dal 2035*, disponibile all'indirizzo: <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20221019STO44572/il-divieto-di-vendita-per-le-nuove-auto-a-benzina-e-diesel-nell-ue-dal-2035>

Parlamento Europeo (2023). *Emissioni di CO2 delle auto: i numeri e i dati. Infografica*, disponibile all'indirizzo: <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20190313STO31218/emissioni-di-co2-delle-auto-i-numeri-e-i-dati-infografica>

Parlamento Europeo (2022). *Nuove regole dell'UE per batterie più sostenibili ed etiche*, disponibile all'indirizzo: <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20220228STO24218/nuove-regole-dell-ue-per-batterie-piu-sostenibili-ed-etiche>

Porter M., Kramer M. (2011). Creating Shared Value. *Harvard Business Review*.

Rizzo A. (2021). Arriva Link & Co, il brand cinese dell'auto in abbonamento si presenta all'Italia. *Forbes*.

Sethi S. P. (1975). Dimensions of Corporate Social Performance: An Analytical Framework. *California Management Review*, 17(3), 58-64.

Siano A. (2012). La comunicazione per la sostenibilità nel management delle imprese. *sinergie*, 89, 3-23.

Silvestri M., (2015). Sviluppo sostenibile: un problema di definizione. *Gentes*, 2, 215-219.

Smith G., Sochora J., Karlssona M. (2022). Adopting Mobility-as-a-Service: An empirical analysis of end-users' experiences. *Travel Behaviour and Society*, 28, 237–248.

Stavo M. (2023). Auto elettriche 2023 2024, modelli, autonomia e prezzi. *NewsAuto*.

Stellantis (2023). Citroën Oli laboratorio d'innovazione e manifesto di sostenibilità alla Milano Design Week 2023, disponibile all'indirizzo: <https://www.media.stellantis.com/it-it/citroen/press/citroen-oli-laboratorio-d-innovazione-e-manifesto-di-sostenibilita-alla-milano-design-week-2023>

Stevanin E. (2019). Sostenibilità ambientale: preoccupazioni e soluzioni. *YouGov*.

Stocchetti A. (2023). Tratti evolutivi di una transizione necessaria. *Osservatorio sulle trasformazioni dell'ecosistema automotive italiano 2022*, 53-68.

Sundin H., Brown D. A., (2017). Greening the black box: integrating the environmental and management control system. *Emerald Insight*, 620-642.

Treedom (2020). *Bilancio di impatto 2020*, disponibile all'indirizzo: www.treedom.net

Treedom (2021). *Report d'impatto 2021*, disponibile all'indirizzo: www.treedom.net

Tsai W., Lin T. W., Chou W. (2010). Integrating activity-based Costing and environmental cost accounting systems: a case study. *Int. J. Business and Systems Research*, 4 (2), 186-208.

UL (2016). NEITHER BOASTFUL NOR BASHFUL: MAKING EFFECTIVE SUSTAINABILITY CLAIMS. *Sustainability Positioning*.

UN United State (2019). *PRI I principi per l'investimento responsabile*.

Verma S., Dwivedi G., Verma P. (2021). Life cycle assessment of electric vehicles in comparison to combustion engine vehicles: A review. *Materials Today: Proceedings*, 49, 217-222.

Vieira de Freitas Netto S., Falcão Sobra M. F., Bezerra Ribeiro A. R., da Luz Soares G. R. (2020). Concepts and forms of greenwashing: a systematic review. *Environmental Sciences Europe*, 32(19).

Volkswagen (2017). "Shift", *The Volkswagen Sustainability Magazine 2017*, disponibile all'indirizzo: www.volkswagenag.com

Volkswagen (2017). *Sustainability Report 2017*, sito: www.volkswagenag.com

Volkswagen (2022). *Sustainability Report 2021*, sito: www.volkswagenag.com

Volkswagen (2020). L'estrazione del litio: fatti e cifre da conoscere, reperibile all'indirizzo: www.volkswagenag.com

Wawer M., Grzesiuk K., Jegorow D. (2022). Smart Mobility in a Smart City in the Context of Generation Z Sustainability, Use of ICT, and Participation. *Energies*, 15(13).

Weldon P., Morrissey P., O'Mahony M. (2018). Long-term cost of ownership comparative analysis between electric vehicles T and internal combustion engine vehicles. *Sustainable Cities and Society*, 39, 578-591.

SITOGRAFIA

- <https://www.luxottica.com/it/limpegno-verso-dipendenti-sistema-welfare>. L'impegno verso i dipendenti: il sistema welfare, 11 Febbraio 2020
- <https://www.barillagroup.com/it/sala-stampa/comunicati-stampa/barilla-carbon-footprint-trigenerazione-muggia/>. Barilla riduce la carbon footprint della pasta: un impianto di rigenerazione a Muggia per coniugare competitività e sostenibilità ambientale, 17 Febbraio 2022
- <https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/environment.html>. Vertice di Parigi 1972
- <https://www.flashbattery.tech/tipi-batterie-litio-qual-chimica-utilizzare/>. Qual'è la chimica più adatta per l'elettrificazione del tuo mezzo? Scopriamo i vari tipi di batteria, Flash Battery
- <https://www.hdmotori.it/citroen/recensioni/n566563/citroen-oli-auto-elettrica-25000-euro-400-km/>. Citroën Oli: l'auto elettrica da 25.000 euro, pesa poco e fa 400 km, HDMotori.it, Febbraio 2023
- <https://bgreen.tech/green-economy/lca/fasi-lca/>. Le fasi di un LCA, BGT Bgreen technologies
- <https://global.nissannews.com/en/releases/europes-largest-energy-storage-system-now-live-at-the-johan-cruijff-arena>. Europe's largest energy storage system now live at the Johan Cruijff Arena, Giugno 2018
- <https://www.stellantis.com/it/tecnologie/tecnologia-a-celle-a-combustibile-a-idrogeno>. Tecnologia a celle a combustibile a idrogeno, Stellantis

- www.Citroën.com
- www.Renault.com