



**UNIVERSITÀ
DI TORINO**

Università degli Studi di Torino

Corso di Laurea

Economia e Statistica per le organizzazioni

Titolo

Analisi dell'impatto della transizione ecologica e
tecnologica nell'industria dell'automobile

Relatore

Patrucco Pier Paolo

Correlatrice

Novaresio Anna

Candidato

Rusu Florin Andrei

Matricola 954510

Anno Accademico 2022/2023

Abstract

In questa tesi sarà esaminato il concetto di sviluppo tecnologico nell'ottica dell'attuale transizione ecologica concentrandosi in particolare sull'industria dell'automobile. Verrà approfondito l'impatto dell'evoluzione tecnologica nell'industria automobile anche attraverso l'utilizzo di dati statistici. L'obiettivo principale è quello di effettuare un'indagine empirica e cercare di quantificare gli effetti sociali, in particolare occupazionali, della transizione tecnologica ed ecologica attraverso la produzione brevettuale delle imprese.

Indice

Introduzione	7
1 La transizione tecnologica ed ecologica	9
1.1 Storia del concetto di sviluppo tecnologico	9
1.2 Ruolo della tecnologia nella transizione per la sostenibilità	15
1.3 Impatto economico e sociale della transizione e la creazione di ‘Green Jobs’	20
2 Analisi dell’industria dell’automobile	25
2.1 Cenni alla storia dell’industria automobilistica	25
2.2 L’automazione e la digitalizzazione come fonte di crescita	28
2.3 Transizione ecologica come sfida ed opportunità per il settore	31
3 Indagine empirica	37
3.1 Obiettivo e metodo d’indagine	37
3.2 Descrizione dei dati	38
3.3 Analisi econometrica	40
3.3.1 Analisi esplorativa	40
3.3.2 Analisi econometrica	47
3.3.3 Analisi critica	52
Conclusione	57
A Appendix	59

Introduzione

L'industria automobilistica rappresenta una delle eccellenze che il nostro paese può vantare. Capire quali trasformazioni sono in atto e verso quale futuro viene proiettato il settore manifatturiero automobilistico italiano, sia per quanto riguarda i carmakers che i relativi fornitori diventa di fondamentale importanza. La transizione ecologica è la principale sfida che il settore dovrà affrontare per riuscire a rimanere competitivo a livello globale e mantenere l'impegno per inquadrarsi all'interno delle linee guida che i policy maker europei stanno delineando per arrivare alla decarbonizzazione completa di tutti i settori industriali europei, compreso quello automobilistico. L'obiettivo è quello di comprendere come si è sviluppato il concetto di progresso tecnologico nel tempo, analizzando la letteratura di economia dell'innovazione e delineando in che modo e quali sono le sue implicazioni all'interno delle industrie. A tal proposito vengono analizzati i diversi filoni di pensiero economico partendo dalla scuola classica e Schumpeter fino ad arrivare a Nelson e Winter. Per quanto riguarda la transizione ecologica si analizza, grazie alle pubblicazioni di Ekins, la definizione di eco-innovazione e le principali sfide che le industrie devono affrontare per essere innovative e contemporaneamente ridurre il proprio impatto ambientale. Il fattore sociale ed occupazionale viene preso in considerazione. La possibilità di una transizione ingiusta che possa creare un peggioramento delle condizioni sociali dei lavoratori coinvolti deve essere arginata tramite importanti interventi di policy, atti a mitigare gli effetti indesiderati che una trasformazione radicale può comportare. Si elencano quindi diverse politiche che devono essere introdotte e che possono aiutare a garantire una transizione ecologica giusta. Successivamente viene riassunta la storia dell'industria automobilistica e le principali innovazioni introdotte nel tempo come la catena di montaggio e la "lean manufacturing". Vengono illustrati i concetti alla base dell'industria 4.0 che vengono oggi impiegati all'interno dei processi produttivi permettendo agli impianti di diventare più automatizzati e connessi. Risulta importante soffermarsi sulle principali sfide da affrontare per raggiungere la decarbonizzazione tramite la produzione di veicoli alternativi come i veicoli elettrici e la necessità di infrastrutture adeguate. In fine viene eseguita un'indagine empirica per comprendere gli effetti della transizione tec-

nologica ed ecologica sull'industria automobilistica ed in particolare come la produzione brevettuale relativa a tecnologie "green" impatta sull'occupazione sia dei carmakers che dei fornitori all'interno del continente europeo. L'analisi è stata eseguita utilizzando dati panel provenienti dal database dell'OECD che raccoglie sia dati macroeconomici che dati relativi all'attività produttiva di diversi settori ed in particolare per quanto riguarda il settore automobilistico. La metodologia utilizzata è stata di valutare quantitativamente tramite un modello Fixed Effects l'impatto delle variabili dipendenti sull'occupazione dei carmakers e dei fornitori. I risultati dimostrano come la transizione offra sfide ma anche opportunità per un settore di estrema importanza che garantisce entrate ai bilanci statali e l'occupazione di milioni di persone.

Ringrazio il Professore P. Patrucco e la Professoressa A. Novaresio per avermi guidato tramite la propria esperienza e gli ottimi spunti di riflessione nella realizzazione di questa tesi. Ringrazio inoltre Mamma che mi ha sostenuto durante tutto il mio percorso universitario.

Capitolo 1

La transizione tecnologica ed ecologica

1.1 Storia del concetto di sviluppo tecnologico

Lo sviluppo tecnologico in ambito economico è l'adozione e l'utilizzo di nuove tecnologie per migliorare la produttività, l'efficienza e la competitività di un'economia. Ciò può includere l'introduzione di nuovi macchinari, processi di produzione, software e tecnologie digitali, nonché la formazione del personale per utilizzare queste tecnologie. Come descritto nel libro “Economia dell'innovazione” di Patrizia Fariselli, l'angolazione storica è di estrema importanza per osservare lo sviluppo nel tempo di tecniche, scienza e tecnologia, tra progresso tecnico e organizzazioni sociali, tra innovazioni tecnologiche e sistemi di produzione (Fariselli (2014)).

La scuola classica sviluppatasi a partire da Adam Smith durante il 1700, osserva e analizza con metodo il sistema di produzione capitalistico, dal quale emerge una relazione fondamentale tra progresso tecnico e crescita economica. Smith stesso ritiene fondamentale l'impiego delle macchine alla produzione e la divisione del lavoro che oltre alla “mano invisibile” permettono di generare la “ricchezza delle nazioni”. Il prodotto sociale cioè il valore aggiunto realizzato in un determinato lasso di tempo nell'economia di uno stato, aumenta in ragione dell'incremento di produttività dei lavoratori, che dipende dalla divisione del lavoro e della meccanizzazione e quindi dall'impiego di progresso tecnico alla produzione. L'accumulazione di capitale e progresso tecnico incidono sulla produttività che può essere stimolata aumentando la quantità di output prodotta per lavoratore oppure diminuendo il numero di lavoratori necessari alla produzione tramite la meccanizzazione generando così rendimenti di scala crescenti. Il progresso tecnico viene

visto come variabile endogena che alimenta il sistema stesso dall'interno. Un ulteriore contributo è stato aggiunto da David Ricardo con il principio di "scarsità relativa" delle risorse naturali, al quale si può rimediare tramite il progresso tecnico in quanto in grado di alterare la produttività delle risorse e quindi di attenuare o eliminare i vincoli creati dalla scarsità. Ricardo inoltre dedica attenzione all'impatto della meccanizzazione sui posti di lavoro abbracciando inizialmente una visione "compensativa", cioè che il calo di occupazione in uno dei settori sarà compensato da un aumento in altri settori. Questa analisi ha dato vita ad un importante dibattito sul progresso tecnico e le ricadute occupazionali che rimane vivo ancora oggi. La scuola neoclassica dà il suo contributo alla fine del XIX secolo interpretando le relazioni tra economia, società ed istituzioni tramite la modellazione formale dei componenti economici. Si assume in primis che la razionalità degli agenti sia sostanziale, creando così un modello dove viene sempre effettuata la scelta "ottimale" cercando di massimizzare il profitto e l'utilità. Si sviluppa quindi la funzione di produzione $Q = f(L, K)$ che relaziona l'output Q alla combinazione dei fattori input Capitale K e lavoro L . Il progresso tecnologico viene visto come variabile esogena nel modello neoclassico, cioè determinato all'esterno del sistema e perfettamente accessibile da tutti. Si assume che gli agenti abbiano a propria disposizione tutte le informazioni necessarie per poter scegliere la tecnologia e la combinazione di input più efficiente per massimizzare il profitto. Il progresso tecnico assunto come fattore esogeno, non può quindi essere oggetto dell'analisi economica in quanto entra nell'attività economica solo mediante flussi informativi dei quali gli agenti sono partecipi. L'utilizzo dell'approccio analitico statico assume sia le preferenze del consumatore che le tecniche produttive come date. L'economista austriaco Joseph Schumpeter modifica la visione neoclassica di progresso tecnico, vedendo il sistema economico capitalista, il cambiamento tecnologico e lo sviluppo come intrecciati in un unico concetto di "innovazione creatrice - distruttrice".

"Il capitalismo... è per sua natura una forma o un metodo di cambiamento economico e non solo non è mai, ma non può mai essere stazionario.... L'impulso fondamentale che mette e mantiene in moto il motore capitalistico proviene dai nuovi beni di consumo, dai nuovi metodi di produzione o di trasporto, dai nuovi mercati, dalle nuove forme di organizzazione industriale che l'impresa capitalistica crea.... L'apertura di nuovi mercati, esteri o nazionali, e lo sviluppo organizzativo dalla bottega artigianale e della fabbrica da imprese come la U.S. Steel illustrano lo stesso processo di mutazione industriale... che rivoluziona incessantemente la struttura economica dall'interno, distruggendo incessantemente quella vecchia e creandone una nuova. Questo processo di distruzione creativa è il fatto essenziale del capitalismo" (Schumpeter (1934) p.139).

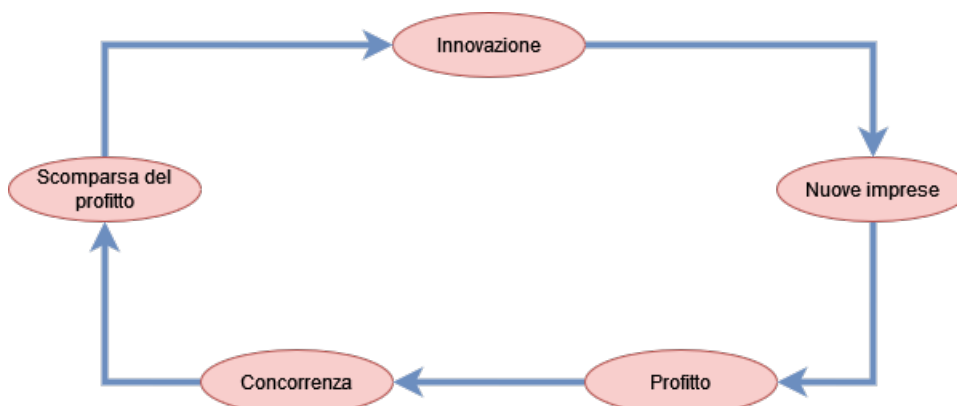
Per Schumpeter quindi le forze trainanti che sviluppano il sistema capitalistico sono il

cambiamento tecnologico stesso e l'imprenditoria. Si apre un nuovo metodo di analisi, in particolare nella Theory of Economic Development Schumpeter (1942) l'imprenditore viene visto come innovatore. Le routine che si attuano all'interno dei processi produttivi sono coordinate dall'imprenditore come dirigente aziendale e l'impresa utilizza tecniche per combinare i fattori produttivi importate dall'esterno. Questo progresso tecnico generato all'esterno entra all'interno del sistema economico tramite le innovazioni tecnologiche introdotte dall'imprenditore innovatore. Schumpeter quindi individua cinque tipologie di innovazione tecnologica:

1. **Innovazione di prodotto:** si verifica quando un'impresa introduce sul mercato un nuovo prodotto o un miglioramento significativo di un prodotto esistente. L'obiettivo è quello di generare extra-profitto che viene realizzando incrementando il prezzo del bene sia in caso di assenza di concorrenti in quanto si tratta di un nuovo prodotto, sia nel caso in cui il bene è già esistente ma la qualità superiore giustifica il prezzo superiore.
2. **Innovazione di processo:** che si verifica quando un'impresa implementa nuovi metodi o tecnologie per migliorare l'efficienza e la produttività. Ciò può comportare una riduzione dei costi e un aumento dei margini di profitto, o una maggiore capacità di rispondere alle richieste dei clienti in termini di tempi di consegna e flessibilità.
3. **Innovazione dell'organizzazione:** si riferisce a cambiamenti strutturali oppure organizzativi all'interno di un'impresa. Questo può comprendere l'adozione di nuovi modelli di business, la riorganizzazione dei dipartimenti o la creazione di nuove posizioni di lavoro. L'obiettivo di questo tipo di innovazione può essere quello di migliorare la comunicazione e la collaborazione all'interno dell'impresa o di adattarsi a nuovi sviluppi del mercato o della concorrenza.
4. **Innovazione nelle fonti di approvvigionamento:** accade quando un'impresa adotta nuovi fornitori o nuovi metodi di acquisto di materie prime o componenti. Ciò può comportare una riduzione dei costi o un miglioramento della qualità del prodotto finale utilizzando materie prime di migliore qualità.
5. **Innovazione dei mercati:** viene implementata tramite nuove strategie di vendita o di distribuzione, o all'entrata in nuovi mercati geografici o di nicchia. Ciò può comportare una maggiore espansione dell'azienda e una diversificazione delle fonti di reddito, ma anche una maggiore concorrenza e rischi associati alla penetrabilità del mercato.

Nel caso dell'innovazione di processo, organizzativa o delle fonti di approvvigionamento l'imprenditore ha come obiettivo la produzione e la vendita di un bene già presente sul mercato a costi unitari più bassi rispetto alla concorrenza, ottenendo così un ricavo che eccede i costi e che massimizza il profitto. Schumpeter introduce una visione dinamica della concorrenza che altera la visione classica del mercato statico a concorrenza perfetta dove le imprese di dimensione atomistica che producono beni totalmente omogenei non riescono ad influire liberamente sul prezzo. In una prima analisi definita anche “Mark I”, Schumpeter esamina all'interno del contesto storico del primo 1900 come la nascita di nuove imprese innovatrici sia un elemento fondamentale per lo sviluppo, favorito dalla dimensione ridotta delle imprese presenti sul mercato. La teoria della distruzione-creatrice trainata dall'innovazione tecnologica si integra quindi con il modello di concorrenza perfetta. Si configura un andamento ciclico che impatta sia sulle imprese all'interno del sistema economico che sul sistema economico stesso:

Figura 1.1: Ciclo di distruzione-creatrice descritto da Schumpeter (mia elaborazione)



Il vantaggio sociale viene aumentato senza conseguenze in quanto sono le imprese che introducendo innovazioni e tramite la concorrenza vedono il proprio profitto sparire. Il rischio è che se il meccanismo concorrenziale dovesse venire meno, il profitto è trattenuto all'interno dell'impresa che assume una posizione di monopolio sul mercato. Nella sua seconda fase di analisi definita “Mark II” (Schumpeter (1942)) si ribalta completamente il modello di mercato favorevole all'innovazione tecnologica. La forma di mercato monopolistica o mercato “trustificato” viene visto come unico modello capace di produrre innovazioni. Le grandi imprese che ottengono profitto dalla partecipazione al mercato possono permettersi di sostenere elevati costi di Ricerca e Sviluppo (R&D) necessari per la creazione di innovazioni. Inoltre le imprese devono sostenere i costi di adeguamento degli impianti necessari per poter implementare le innovazioni all'interno dei processi produttivi o dei prodotti. Il passaggio al mercato trustificato implica che le imprese

producano l'innovazione al proprio interno, rendendo il cambiamento tecnologico una variabile endogena del sistema economico. La seconda metà del 1900 è stata caratterizzata da un enorme sviluppo economico all'interno delle economie occidentali. Nel 1957 Robert Solow introduce l'ipotesi che i fattori produttivi Lavoro (L) e Capitale (K) siano sostituibili. Nel modello di Solow si evidenziano due importanti assunzioni di base: la neutralità del progresso tecnico ed i rendimenti di scala costanti. Il progresso tecnico influisce sulla crescita economica nei seguenti casi:

- Abbiamo incrementi di output Q a causa di una maggiore meccanizzazione dei processi produttivi;
- Progresso tecnico *disembodied*: si ha un output Q maggiore in presenza degli stessi input K ed L . La causa della maggiore produzione è imputabile a fattori esogeni che migliorano la produttività. Per Solow il progresso tecnico avviene indipendentemente dai cambiamenti nei fattori input, siamo in presenza della “manna dal cielo”.
- Progresso tecnico *embodied*: viene generato da cambiamenti negli input che possono essere un miglioramento nella qualifica dei lavoratori (fattore L) o innovazioni incorporate all'interno dei beni capitali (fattore K).

In un modello di analisi pubblicato da Solow su dati delle imprese statunitensi tra il 1909 ed il 1949 ed usando il rapporto tra output ed input ed il rapporto tra capitale e lavoro è stato concluso che solo $1/8$ dell'incremento totale di output era imputabile ad un incremento del rapporto Capitale/Lavoro mentre $7/8$ era imputabile al progresso tecnico inteso residualmente (progresso tecnico disembodied). Il fenomeno esogeno che porta all'incremento dell'output in maniera non linearmente proporzionale con un incremento negli input viene definito Total Factor Productivity (TFP). Si definisce quindi la natura residuale della TFP in quanto misura quantitativamente il rapporto tra l'incremento nell'input e nell'output. La TFP permette di individuare il fenomeno della crescita dovuto al progresso tecnico residuale ma non è capace di spiegarne le cause, motivo per cui Abramovitz nel 1956 definisce l'intuizione della TFP come “la misura della nostra ignoranza”. A partire dagli anni 1960 gli studi della growth accounting analizzano le relazioni tra gli investimenti in Ricerca e Sviluppo (R&S) e delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) ed in che modo questi fattori possano influenzare la crescita economica. La conoscenza tecnologica nei modelli neoclassici non è rivale nell'uso e non è escludibile dall'uso, ma richiede l'accumulo di conoscenze e competenze. Le competenze sono codificate (blue prints), cioè sono conoscenze disponibili a tutti e non

danno alcun tipo di vantaggio competitivo. Le competenze sono inoltre tacite, impossibili da trasferire e sono spesso frutto dell'accumulo di esperienza nel tempo. In questo quadro la R&S viene intesa come misura dell'accumulo di stock di conoscenze da parte dell'impresa. La R&S è una variabile quantitativa misurabile e che può quindi essere inclusa all'interno dei modelli econometrici. E' necessario considerare inoltre l'utilizzo delle ICT da parte delle imprese che investono sia in hardware che in software. Il diffondersi di queste nuove tecnologie richiede un accumulo di conoscenza pratica definita "learning by doing" che può avere effetti di diffusione sulle imprese con le quali si entra in contatto (effetto spillover). Si sviluppano all'interno delle imprese nuove skills necessarie ad operare l'hardware. Richard Nelson e Sidney Winter a partire dagli anni 1970 hanno dato il loro contributo alla teoria evolutiva del cambiamento tecnologico che cambia totalmente prospettiva. Alla base dell'approccio evolutivo troviamo diverse nozioni di base fondamentali che permettono di ridefinire le relazioni tra cambiamento tecnologico ed il sistema economico. Si assume che il cambiamento tecnologico alteri il modello competitivo delle imprese innescando processi di differenziazione. Le informazioni che hanno un alto grado di specificità vengono generate, accumulate e diffuse dalle imprese. Il progresso tecnologico è inoltre endogeno in quanto i processi di apprendimento e di competizione tra imprese alterano le imprese stesse. Il cambiamento è sistematico e comprende tutti i soggetti e le istituzioni che generano, accumulano e diffondono conoscenza. Le innovazioni nelle imprese contribuiscono a creare discontinuità e rendere il sistema economico più vario e differenziato. C'è una selezione sia tra le imprese che competono, ma anche tra processi produttivi, prodotti e materiali. Nasce quindi un ciclo di vita del prodotto che passa tra le diverse fasi di introduzione, sviluppo, maturità e declino. L'aspetto evolutivo è evidente quando sul mercato si afferma un dominant design a seguito della curva di apprendimento da parte delle imprese. Si delinea una nuova dinamica concorrenziale (Scumpeterian competition) divisa in tre fasi all'interno dei diversi settori industriali tra cui anche quello automobilistico. Nella prima fase altamente dinamica nuove imprese entrano sul mercato (followers), domina l'incertezza intorno alla nuova tecnologia. C'è un altro grado di competizione. Le imprese con il tempo cumulano capacità e conoscenze attraverso processi di apprendimento, alcune imprese di successo sviluppano innovazioni tecnologiche lungo la "traiettoria tecnologica" mentre altre rimangono indietro ed escono fuori mercato. L'ultima fase è quella caratterizzata da una competizione tra poche imprese oligopolistiche che hanno internalizzato i propri processi di Ricerca e Sviluppo, il mercato è stabile e non ci sono nuovi entranti. Per Nelson e Winter le routine cioè la conoscenza che le imprese accumulano rappresentano la risposta a problemi decisionali complessi. Individuiamo nelle routine una vera e propria "memoria dell'organizzazione"

fissando le procedure necessarie da adottare ad ogni situazione. Esse sono il frutto anche dei processi di apprendimento delle imprese in seguito a stimoli provenienti dall'ambiente esterno. In caso di stimoli che non rientrano tra le situazioni previste le routine si spezzano e necessitano di essere rimpiazzate o create. L'apprendimento è cumulativo e frutto di processi di trial and error.

L'innovazione all'interno di un settore può essere guidata da diversi fattori che interagiscono tra di loro. Tra i principali fattori individuabili troviamo:

- Tech push - questo driver si concentra sugli sviluppi scientifici e sull'innovazione tecnologica che spingono le imprese verso la creazione di nuovi prodotti e mercati. Il motore dell'innovazione è la tecnologia stessa che spinge le aziende a ricercare e sviluppare nuove soluzioni per utilizzare la tecnologia;
- Demand pull - si focalizza sulla domanda di mercato e sulle esigenze dei consumatori. Sono i consumatori stessi che tramite le proprie esigenze guidano le aziende nella ricerca e sviluppo di nuovi prodotti per far fronte alle nuove tendenze emergenti sul mercato;
- Institutional support - si dà importanza a tutte le policy che vengono introdotte per regolamentare un determinato settore. In particolare ci si focalizza sulle tutte le politiche pubbliche di sostegno alle imprese che tramite incentivi possono spingere gli investimenti in ricerca e sviluppo e l'adozione di nuove tecnologie.

Ad esempio la crescente attenzione dei consumatori verso i cambiamenti climatici e la necessità di ridurre l'inquinamento sta spingendo la domanda di mercato verso prodotti puliti e sostenibili. Il cambiamento nella domanda ha incentivato le aziende ad investire in tecnologie alternative come la produzione di energia da fonti sostenibili e produzione di veicoli elettrici.

1.2 Ruolo della tecnologia nella transizione per la sostenibilità

Nella letteratura economica abbiamo visto come l'innovazione è spesso associata ad un cambiamento che porta ad un miglioramento economico. Secondo Ekins (2010), la "environmental innovation" si riferisce allo sviluppo e all'applicazione di nuove o migliorate tecnologie, prodotti, servizi e processi che riducono gli impatti ambientali e migliorano l'efficienza delle risorse. Questo tipo di innovazione è necessario per affrontare con

concretezza la sfida del cambiamento climatico. L'eco-innovazione invece può essere interpretata come una sotto-categoria dell'innovazione ambientale che ha come obiettivo il miglioramento ecologico dell'ambiente ma perseguendo anche obiettivi economici. Secondo il progetto ECODRIVE l'eco-innovazione viene vista come la produzione, applicazione oppure lo sfruttamento di risorse, servizi, processi produttivi, strutture organizzative alternative e metodi di management e business che rappresentano una novità per l'impresa ed ha come risultato, tramite il suo ciclo di vita, la riduzione del rischio ambientale, la riduzione degli inquinanti e la diminuzione di risorse utilizzate (incluse quelle energetiche) (Ekins (2010)). L'eco-innovazione è ritenuta una leva necessaria per la transizione verso un'economia sostenibile che soddisfi contemporaneamente gli obiettivi economici delle imprese e di sostenibilità ambientale. Una misura per rilevare la performance economica per prodotti e processi è necessaria. Dobbiamo evidenziare quale prodotto o servizio mostra maggiori funzionalità allo stesso costo, oppure stesse funzionalità ad un costo minore. L'indice che possiamo utilizzare è il rapporto Funzionalità/Costo, dove entrambe queste variabili possono essere misurate in diversi modi. Le imprese producono diversi prodotti e servizi che possono avere caratteristiche e funzionalità diverse, quindi per quantificare la performance è necessario aggregare i diversi output. Normalmente l'aggregazione avviene in termini monetari, in modo che la performance dell'impresa sia misurata dal output in termini monetari e comparato con gli input. L'impresa "eco-innovativa" sarà quindi quella che incrementa la propria performance economica mentre incrementa anche la sua performance ambientale (Ekins (2010)).

Una delle problematiche delle nuove tecnologie e delle nuove imprese è che non sono economiche per cominciare, cioè offrono minori (funzionalità/costo unitario) rispetto agli incumbents. Per prodotti e processi che offrono miglioramenti nella performance ambientale abbiamo due possibilità:

1. Offre immediatamente migliori performance economiche oltre che ambientarli, si tratta senza dubbio di un'eco-innovazione;
2. Non offre immediatamente migliori performance economiche, si tratta di una *potenziale* eco-innovazione che può migliorare in futuro la propria performance economica e quindi diventare effettivamente un'eco-innovazione oppure non diventarla mai in quanto la propria performance economica non migliorerà. (Ekins (2010))

Un'attività economica può risultare di successo sui mercati ma generare enormi costi ambientali che superano i benefici offerti dal mercato. Similarmente, un'attività che favorisce l'ambiente può risultare non efficiente sul mercato ma essere socialmente desiderabile dati i benefici ambientali che produce. Data l'esistenza delle esternalità ambientali

le innovazioni ambientali sono sempre socialmente desiderabili nonostante non siano eco-innovazioni. A tal proposito le attività economiche sono guidate dalle istituzioni tramite normative, leggi e pratiche che definiscono il mercato e la sua struttura. Ekins (2010)

Diventa necessario introdurre il concetto di eco-industrie cioè secondo Ekins (2010) industrie che producono prodotti o servizi per misurare, prevenire, limitare, minimizzare e correggere i danni ambientali dell'acqua, aria e suolo, problemi legati ai rifiuti, rumore ed eco-sistemi. Questo include tecnologie più pulite, prodotti e servizi che riducono e minimizzano il rischio di inquinamento ed uso di risorse. Ekins individua diverse eco-industrie all'interno dell'UE che hanno un indotto economico ed occupazionale significativo. Tra queste troviamo le industrie che si occupano della gestione dei rifiuti, del trattamento delle acque reflue e del riciclo dei materiali. Inoltre sono rilevanti le industrie che si occupano della fornitura di acqua ed energia pulita. Possiamo distinguere tre diversi tipi di tecnologie che ridono l'impatto ambientale:

- Tecnologie che si limitano ad isolare e neutralizzare le sostanze inquinanti. Questo tipo di tecnologie è non desiderato in quanto potrebbe portare alla produzione di rifiuti da smaltire.
- Tecnologie pulite che si integrano all'interno dei processi produttivi che hanno come scopo di ridurre la produzione di sostanze inquinanti ed utilizzo di risorse ed energia.
- Abbiamo poi le innovazioni di prodotto, dove i prodotti finali vengono realizzati producendo una minore quantità di sostanze che danneggiano l'ambiente oppure una riduzione nell'uso di energia e risorse.

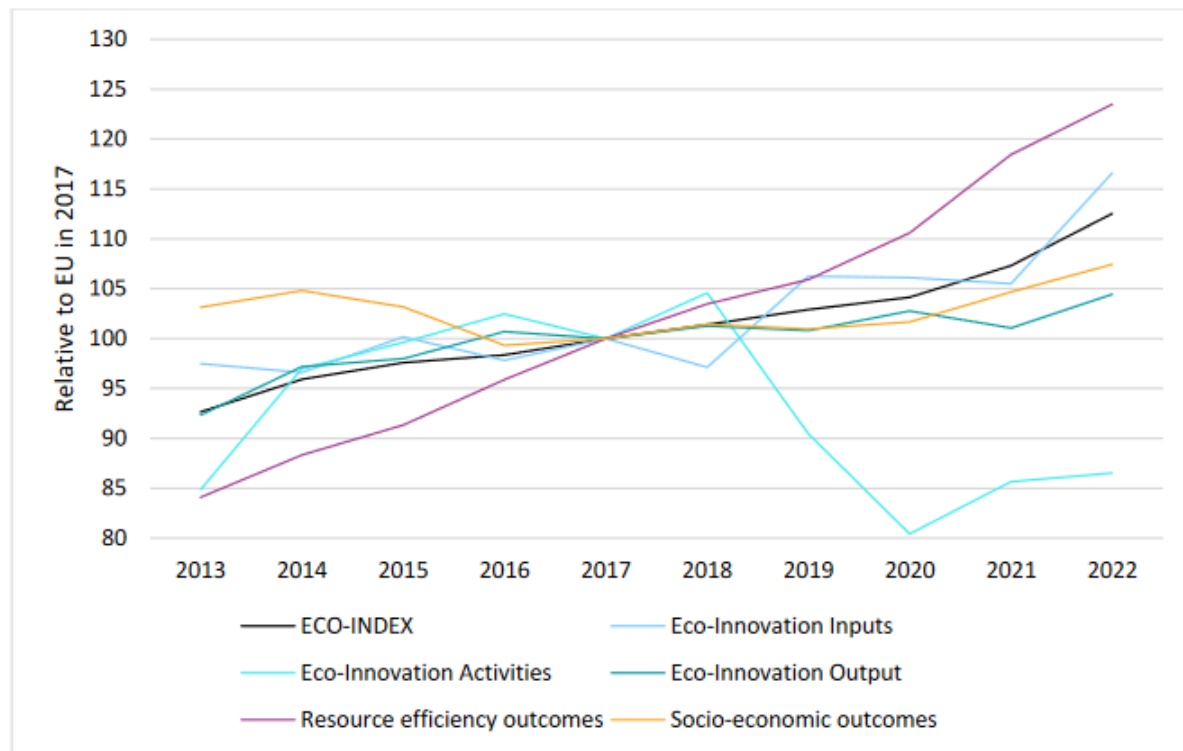
Secondo la CE (2023a) l'eco-innovazione può aiutare a creare nuove opportunità di business, lavoro e crescita in Europa. Il turnover totale del settore ammonta a 227 miliardi di euro, pari al 2.2% del Prodotto Interno Lordo dell'Unione Europea. Vengono impiegati direttamente nel settore oltre 3.4 milioni di persone. Per tracciare i progressi dei paesi membri l'Unione Europea ha elaborato l'indice europeo dell'eco-innovazione. L'indice prende in considerazione 5 aree tematiche:

1. Input per l'eco-innovazione, che comprende gli investimenti di capitale finanziario e umano in attività eco-innovative;
2. Attività di eco-innovazione, che definisce la misura in cui le aziende di un dato paese sono attive;
3. Output dell'eco-innovazione, che misura i risultati delle attività di eco-innovazione per quanto riguarda il numero di brevetti e la letteratura accademica;

4. Risultati dell'efficienza delle risorse, che individuano l'efficienza delle risorse e l'intensità delle emissioni di gas serra di un paese;
5. Risultati socio-economici, che mira a misurare i risultati positivi, sia sociali che economici, dell'eco-innovazione.

L'indice dell'eco-innovazione osservato sul periodo 2013-2022 presenta una forte e continua crescita all'interno dei 27 Paesi dell'Unione Europea.

Figura 1.2: Trends in the Eco-Innovation Index and its dimensions for the EU-27 average;
Source: (CIRCABC(2022))



Secondo i dati EUROSTAT (2022) nel terzo trimestre del 2022, i settori economici responsabili della maggior parte delle emissioni di gas serra sono stati il manifatturiero (23%), l'elettricità, la fornitura di gas (21%), i consumi domestici e l'agricoltura (entrambi 14%), seguiti da trasporto e stoccaggio (13%). Il settore manifatturiero e la produzione di elettricità e fornitura del gas rappresentano oltre il 40% delle emissioni totali dell'Unione Europea. L'eco-innovazione si trova di fronte ad una grande opportunità in quanto è necessario adottare nuove tecnologie per limitare e ridurre le emissioni all'interno dei settori più urgenti. Nel settore manifatturiero è possibile adottare tecnologie che si integrino con i processi produttivi per ridurre le emissioni, come ad esempio impianti a basso consumo energetico che premettono una riduzione dei consumi e quindi anche dei costi di produzione. Inoltre è possibile implementare la "circular economy" che tramite i processi di riciclo dei rifiuti permette di ridurre al minimo gli sprechi di materie prime utilizzate nei processi produttivi. Per quanto riguarda la produzione di elettricità si possono adottare tecnologie green per la produzione di energia rinnovabile come l'energia solare e l'energia eolica. Inoltre promuovere l'efficienza energetica per sensibilizzare l'opinione pubblica ed adottare tecnologie che permettano un uso intelligente dell'energia potrebbe portare ad una diminuzione degli sprechi e delle emissioni.

Il paper di Jens Horbach, "Determinants of Environmental Innovation - New Evidence from German Panel Data Sources" (2008), identifica diversi fattori che influenzano l'adozione di innovazioni ambientali da parte delle imprese tedesche. Molti di questi fattori possono essere ricondotti alle tre macro categorie di driver analizzate nel primo sottocapitolo. In particolare Horbach individua tre determinanti principali:

- Technology push - Le capacità tecnologiche dell'impresa sono necessarie per sviluppare nuovi prodotti e processi. Gli investimenti in Ricerca e Sviluppo diventano quindi un motore per l'innovazione ecologica.
- Demand pull - Nelle prime fasi di diffusione di un prodotto la domanda dei consumatori, degli enti pubblici ed altre imprese è fondamentale. Per quanto riguarda i prodotti legati all'ambiente la consapevolezza dei consumatori può diventare una variabile fondamentale nel successo del prodotto stesso.
- Environmental policy - le normative ambientali sono uno dei driver più potenti per l'innovazione ecologica. La teoria di Porter, basata in gran parte sulla teoria evolutiva di Nelson e Winter, afferma che la creazione di normative ambientali può portare ad una situazione di equilibrio dove da un lato l'inquinamento diminuisce mentre i profitti continuano a crescere. Tramite le normative ambientali le imprese vengono forzate a riconoscere i benefici dell'innovazione ecologica. Una seconda componente della teoria di Porter è che le normative ambientali portano vantaggi della prima mossa alle imprese regolamentate, che potrebbero comportare maggiori profitti sul lungo periodo. (Horbach (2008))

Ci sono poi gli strumenti economici come ad esempio le tasse ed i permessi negoziabili che forniscono alle imprese incentivi aggiuntivi per implementare soluzioni "green". Inoltre azioni di auto-regolamentazione tra imprese ed enti regolatori e strumenti informativi ed educativi per aumentare la consapevolezza nei consumatori possono essere strumenti di regolamentazione efficaci. (Ekins (2010))

1.3 Impatto economico e sociale della transizione e la creazione di 'Green Jobs'

Secondo l'International Labour Organization più di 18 milioni di posti di lavoro saranno creati a livello mondiale grazie al raggiungimento degli obiettivi imposti dall'Accordo di Parigi per mantenere il riscaldamento globale sotto i 2 gradi centigradi. In totale

24 milioni di posti di lavoro saranno aggiunti e 6 milioni andranno inevitabilmente persi a causa della transizione. A tal proposito gli apparati normativi devono assicurarsi che la transizione sia giusta. (ILO (2018))

Lo Skill-Based Technical Change (SBTC) nella letteratura dell'economia dell'innovazione viene definito come uno shift della funzione di produzione che favorisce i lavoratori qualificati rispetto a quelli non qualificati dato l'incremento dovuto alla loro maggiore produttività. Le teorie e i dati suggeriscono che le nuove tecnologie informatiche sono complementari alla manodopera qualificata, almeno nella fase di adozione. (Violante (2008)) Data quindi la maggiore digitalizzazione delle industrie green è necessario comprendere il fenomeno. La misura tradizionale del cambiamento tecnologico è data dalla Total Factor Productivity introdotta da Solow, il quale definisce un avanzamento della TFP come un aumento della produzione che lascia inalterati i tassi marginali di trasformazione per determinati fattori produttivi. Quindi una variazione della TFP è una forma di cambiamento tecnico neutrale ai fattori. I recenti cambiamenti nella tecnologia sono stati orientati verso le competenze. Alla base di queste dinamiche c'è un miglioramento della qualità e della produttività di tutti quei beni strumentali che dipendono in larga misura dai semiconduttori, come i computer ed i software alla base di gran parte delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT). La teoria della SBTC è basata sulla teoria della complementarità tra tecnologia e competenze la quale sostiene che l'adozione e l'uso della tecnologia richieda un aumento delle competenze e delle abilità dei lavoratori per massimizzarne i benefici. In altre parole, la tecnologia e le competenze umane si integrano reciprocamente per creare un vantaggio competitivo. L'introduzione di nuove tecnologie richiede che i lavoratori necessitino di sviluppare le competenze necessarie per utilizzarle e sfruttarne a pieno il potenziale. Le imprese che investono nella formazione dei propri dipendenti per sviluppare nuove competenze al fine di integrare nuove tecnologie ottengono un vantaggio competitivo. Le competenze diventano quindi essenziali per sfruttare le nuove tecnologie, da qui la complementarità dei due fattori. Tradizionalmente, nella letteratura sulla crescita, il progresso tecnologico è associato a miglioramenti della produttività che vanno a beneficio di tutti i lavoratori ed è considerato la principale determinante di lungo periodo dei livelli medi di reddito. La nozione di "skill-bias" e la letteratura che è recentemente fiorita intorno ad essa hanno introdotto la possibilità teorica che il progresso tecnologico vada a beneficio solo di un sottogruppo di lavoratori, ponendo il cambiamento tecnico anche al centro del dibattito sulla distribuzione del reddito (Violante (2008)).

Il settore dei trasporti contribuisce significativamente alle emissioni prodotte all'interno dell'Unione Europea come osservato precedentemente dai dati Eurostat. Nonostante

questo l'industria dell'automobile è fondamentale per lo sviluppo economico generando incasso ai bilanci statali ed offrendo impiego a milioni di persone. L'articolo "Beyond the jobs-versus-environment dilemma? Contested social-ecological transformations in the automotive industry" analizza le barriere e le opportunità che la transizione ecologica comporta all'interno del settore automotive austriaco. Si parte dal presupposto che il cambiamento ecologico comporti crisi ecologica e cambiamento all'interno dell'industria automobilistica. Diventa importante comprendere come i lavoratori interpretano questo processo di crisi e cambiamento permettendoci di individuare il loro ruolo all'interno della trasformazione. All'interno dei focus group emergono 3 principali categorie di crisi:

- Scenario di miglioramento - i lavoratori sono fiduciosi che ci sia un ampio margine per attuare miglioramenti al motore a combustione interna, principalmente motori diesel e basati su biocarburanti. Questa è lo scenario predominante.
- Scenario di diversificazione - si immagina una transizione graduale verso la mobilità elettrica. Veicoli tradizionali e veicoli elettrici coesistono.
- Scenario di trasformazione - rappresenta lo scenario più radicale che prevede una transizione sistematica verso la mobilità elettrica.

Gli scenari di miglioramento e diversificazione sono quelli che i lavoratori hanno individuato come più probabili dimostrando come uno scenario di trasformazione radicale possa avere un impatto altamente significativo sull'indotto occupazionale dell'industria. Vengono individuati quattro punti fondamentali per guidare la trasformazione tenendo in considerazione i lavoratori:

1. I lavoratori si sono dimostrati altamente consapevoli delle proprie capacità. Questa intelligenza collettiva rende le imprese altamente resilienti e permette loro di adeguarsi e rifornire anche altri settori anche alla luce del fatto che il settore automobilistico è uno con i requisiti più stringenti.
2. Il riorientamento strategico dei sindacati verso il sindacalismo sociale è uno strumento chiave per spingere l'immaginario dei lavoratori verso uno scenario di trasformazione più radicale. Attualmente però i sindacati tendono ad enfatizzare il dilemma del lavoro contro l'ambiente. Si cerca di salvaguardare la produzione attuale e la sicurezza occupazionale. Indirizzare i sindacati verso una versione più sociale significa che non rappresentano più soltanto gli interessi del lavoratore singolo ma della società.

3. Le istituzioni devono prendere provvedimenti a livello regionale, statale e sovranazionale tramite una "mano visibile" per cercare di condizionare aziende e lavoratori verso una direzione di trasformazione radicale. Le politiche industriali e politiche per il lavoro permettono di attuare una ristrutturazione industriale mantenendo la sicurezza economica per i lavoratori. Per quanto riguarda l'industria dell'automobile sono necessarie non solo politiche per promuovere nuove tecnologie, ma anche politiche per cercare di scoraggiare l'utilizzo di tecnologie come il motore a combustione interna. Ci sono esempi storici a riguardo come il caso della transizione coordinata del Regno Unito dal carbone verso fonti alternative. Le politiche di cancellazione graduale necessitano di politiche attive del mercato del lavoro per prevenire perdita di lavoro sul larga scala e garantire la sicurezza economica alle fasce della popolazione colpite. Il Green New Deal e la Just Transition hanno introdotto nuove proposte per garantire una direzione il più giusta possibile per i lavoratori. Garantire il posto di lavoro a chi lavora nell'industria fossile non è semplice ed a tal proposito la spesa pubblica dovrebbe essere destinata a garantire fonti di reddito, riqualificazione e sostegno alla riqualificazione dei lavoratori che si trovano ad affrontare licenziamenti. Bisogna inoltre garantire le pensioni dei lavoratori coinvolti e creare programmi di transizione efficaci per le comunità dipendenti dalle industrie basate sui combustibili fossili.
4. Sono necessarie alleanze con i movimenti ambientalisti. Queste coalizioni hanno il compito fondamentale di creare le condizioni politiche affinché la trasformazione ecologica dei settori avvenga. (Pichler et al. (2021))

Questi elementi rappresentano barriere ma anche sfide non solo per il settore dell'automobile e per i relativi fornitori, ma per tutti i settori che oggi basano il proprio modello di crescita sulle tecnologie che utilizzano combustibili fossili. La Commissione Europea ha presentato un meccanismo per la transizione giusta offrendo un sostegno mirato per contribuire a mobilitare 55 miliardi di euro nel periodo 2021-2027 nelle regioni più colpite con lo scopo di attenuare l'impatto socioeconomico della transizione. Il meccanismo prevede di sostenere i più vulnerabili di fronte alla transizione agevolando le opportunità di lavoro in altri settori, offrendo opportunità di riqualificazione, migliorando l'efficienza energetica degli alloggi e combattendo la povertà energetica. Per quanto riguarda le imprese sono previsti sostegni verso tecnologie a basse emissioni. Verranno create le condizioni per favorire gli investimenti pubblici e privati ed offrendo un accesso agevolato ai prestiti ed al sostegno finanziario permettendo quindi di potenziare le attività di ricerca e sviluppo. (CE (2023b))

Capitolo 2

Analisi dell'industria dell'automobile

2.1 Cenni alla storia dell'industria automobilistica

L'automobile è stata una delle invenzioni più significative della storia umana che ha avuto un impatto enorme sulla società, sull'economia e sulla cultura in tutto il mondo. La storia dell'automobile inizia nella seconda metà del 1600 grazie all'invenzione del motore a vapore che permette la creazione dei primi veicoli a propulsione capaci di trasportare una persona. Ma è a partire dal 1835 con lo sviluppo dell'auto elettrica (BEV) che possiamo iniziare un percorso evolutivo dell'automobile come la conosciamo oggi. Nel 1853 grazie a due brevetti depositati da due italiani (Bersanti e Matteucci) nasce il motore a combustione interna e quindi l'auto con motore endotermico (ICEV). Inizialmente di piccole dimensioni e capaci di produrre solo poche centinaia di veicoli fatti a mano, solo poche delle case automobilistiche sono riuscite a sopravvivere ed entrare nell'era della produzione di massa. Una delle caratteristiche delle imprese che si sono affermate è la loro competenza in settori per certi versi collegati all'automobile. Alcune producevano biciclette come la Opel e la Morris, altre invece producevano carrozze per i cavalli o macchinari industriali come la Durant in Gran Bretagna e la Daimler in Germania. Le uniche eccezioni furono la Rolls-Royce in Gran Bretagna e la Ford negli Stati Uniti che sono state fondate come "carmakers" (Britannica (2023)). Negli Stati Uniti la maggioranza dei produttori faceva largo uso di outsourcing, comprando quindi componenti da altre imprese ed assemblandoli per poi rivendere l'automobile completa. Questa tecnica risultava vantaggiosa perché richiedeva un investimento di capitale minimo e flussi di cassa continui grazie alla vendita delle autovetture. La sfida principale era decidere che tipo di tecnologia adottare tra motore elettrico oppure a combustione interna. In questo periodo storico l'auto elettrica era apprezzata per la sua silenziosità e praticità infatti c'è un boom nella produzione di auto elettriche nel 1912. Purtroppo la scarsa capacità della

batteria è stato il fattore che ha spinto il motore a combustione interna a prevalere nel 1930 come dominant design nel settore. La produzione di massa di prodotti altamente standardizzati è stata una delle innovazioni più importanti introdotte dall'industria dell'automobile e destinata ad espandersi a quasi tutti i settori industriali.

Henry Ford è stato uno dei pionieri che ha individuato le potenzialità della produzione di massa per quanto riguarda la produzione di automobili. L'obiettivo era quello di produrre grossi volumi di vetture altamente standardizzate a costi unitari bassi. Per raggiungere questo risultato Ford introdusse la catena di montaggio all'interno dei processi produttivi. Questa tecnica permetteva di utilizzare un nastro trasportatore per spostare l'autovettura lungo il percorso di costruzione ed un insieme di lavoratori che aveva il compito di svolgere operazioni di montaggio ripetitive.

"Nonostante le limitazioni in termini di personalizzazione del veicolo, la catena di montaggio di Ford riusciva a produrre le Model T ad un prezzo di \$950 nel 1909 arrivando ad un prezzo incredibile di \$290 nel 1926. In quella data Ford produceva la metà delle automobili prodotte in tutto il mondo." (Britannica (2023))

L'Italia ha dato il suo contributo grazie alla Fabbrica Italiana Automobili di Torino (FIAT) nata nel 1899 quando venne prodotta la sua prima vettura la Fiat 4 HP. Data l'assenza di un mercato di massa i produttori italiani riusciranno a raggiungere solo una produzione in piccola scala in questo periodo storico.

Il periodo tra il 1914 ed il 1945 vede l'industria dell'automobile svilupparsi anche in un ottica militare con la produzione di veicoli per la Prima e la Seconda Guerra Mondiale. I veicoli venivano utilizzati ampiamente per il trasporto di truppe e per gestire le linee di rifornimento.

Dopo il 1945, l'industria ha subito un notevole sviluppo. La crescente domanda da parte dei consumatori dovuta allo sviluppo economico ha portato l'industria ad introdurre importanti innovazioni tecnologiche. In Italia grazie al piano Marshall la FIAT riesce a rinnovare i propri impianti di produzione introducendo nei processi di produzione macchinari di costruzione americana all'avanguardia. Nel periodo dal 1921 al 1950 la FIAT ha prodotto 350.000 veicoli mentre dal 1950 al 1960 grazie all'impiego dei macchinari moderni è riuscita a produrre 2.9 milioni di veicoli. Dal 1961 al 1970 la produzione verrà triplicata raggiungendo un totale di 8.879.860 veicoli. La modernizzazione ha aumentato la produttività e permesso l'espansione degli impianti che ora potevano produrre veicoli anche per il mercato estero. Le esportazioni diventano un fattore chiave per la crescita dell'impresa.

La produzione per il mercato interno era incentrata su veicoli piccoli ed economici:

”L'utilitaria, economica e maneggevole, è sempre la priorità della produzione Fiat, perché, in un Paese economicamente arretrato, solo un'auto di questo tipo può interessare la popolazione”. Tuttavia, nel mercato delle esportazioni, dove ”la Fiat deve difendere le sue posizioni, le piccole auto non sono sufficienti. Lì la Fiat deve offrire auto grandi, comode e affidabili, come la 1400 o una vettura migliore” (Fauri (1996)).

Negli Stati Uniti grazie alla congiuntura economica favorevole l'industria dell'automobile entra nel suo ”periodo d'oro”. Le case automobilistiche statunitensi, come General Motors (GM), Ford e Chrysler, hanno introdotto nuovi modelli che riflettevano l'ottimismo e l'aspirazione dell'epoca come ad esempio la Ford Mustang e la Chevrolet Camaro. Le vetture degli anni '50 e '60 erano caratterizzate da linee fluide, cromature vistose e motori potenti, rappresentando l'idea di libertà e stile di vita americano. La crisi del petrolio del 1973 ha portato a un aumento dei prezzi del petrolio e ad una scarsità di carburante. Ciò ha causato una domanda ridotta di veicoli a elevato consumo di carburante e ha spinto le case automobilistiche a cercare soluzioni più efficienti. La maggioranza delle case automobilistiche statunitensi si trovava ad affrontare la concorrenza delle utilitarie giapponesi, più piccole, più affidabili ed efficienti nel consumo di carburante. Il vantaggio delle case giapponesi era dovuto anche all'introduzione di un nuovo modo di produrre automobili sviluppato dalla Toyota e definito ”lean manufacturing”. L'obiettivo è quello di migliorare i processi produttivi aumentando la soddisfazione dei lavoratori. La tecnica si focalizza sull'eliminazione degli sprechi e le inefficienze dall'organizzazione che possono essere di diverso tipo (ritardo di movimento, sovra-trattamento, trasporto, inventario, correzione e sovrapproduzione). Viene implementata una filosofia di miglioramento continuo tramite la standardizzazione dei processi lavorativi. Tramite l'automazione (Jidoka) e tramite la tecnica dei Just-In-Time (JIT) si arriva all'obiettivo di aumentare la qualità minimizzando i costi grazie all'eliminazione degli sprechi. L'obiettivo è quello di fornire a ogni processo un pezzo alla volta, esattamente quando ce n'è bisogno: questo è il principio del JIT. La riduzione delle dimensioni dei lotti, la riduzione delle dimensioni del buffer e la riduzione dei tempi di consegna degli ordini sono indicate come componenti importanti del JIT. Kaizen è un termine giapponese che indica il miglioramento continuo, con il coinvolgimento costante di tutti, dirigenti e dipendenti. (Gupta and Jain (2013)).

A partire dagli anni 2000 l'elettrificazione diventa una sfida ma anche un'opportunità. Nascono nuove startup high tech come Tesla Motors (attuale Tesla Inc.). L'azienda californiana negli ultimi 20 anni ha puntato a rivoluzionare il segmento delle auto di fascia alta proponendo ai clienti veicoli totalmente elettrici e ricchi di funzioni innovative come la ”guida autonoma” e sistemi avanzati di sicurezza ed infotainment. Il successo della Model S e della Model X entrambi modelli dedicati alla fascia alta hanno permesso

di sviluppare ulteriormente la tecnologia e cercare di avviare una prima produzione di massa di un'utilitaria elettrica la Model 3. Nel 2022 Tesla è riuscita a produrre 1.369.611 veicoli ottenendo un grande successo considerando che solo nel 2012 quindi 10 anni prima i veicoli prodotti erano 2.600. Il successo della Model 3 ha di fatto creato un dominant design per quel determinato segmento di mercato relativo ai veicoli a zero emissioni. Tesla nel 2022 ha investito in Ricerca e Sviluppo 3 miliardi di dollari aumentando il proprio impegno per sviluppare nuovi prodotti e cercare di abbattere ulteriormente i costi con innovazioni sia all'interno delle tecniche di produzione che nella produzione stessa dei componenti. Uno dei progetti principali portati avanti dall'azienda è la progettazione e produzione di nuove celle di accumulo capaci di ricaricarsi più velocemente ed accumulare maggiore energia diminuendo i costi essendo proprio la batteria una delle componenti più costose all'interno del veicolo.

McKinsey (2023) individua diversi trend che potrebbero trasformare il settore nel futuro:

1. La guida autonoma di terzo e quarto livello diventeranno funzioni fondamentali dei veicoli. L'alta densità abitativa delle metropoli renderà il business dei robo-taxi altamente profittevole trasformando l'automobile da un prodotto ad un servizio che i carmakers offrono ai clienti.
2. McKinsey stima che il mercato globale della micromobilità potrebbe raddoppiare entro il 2030. Mezzi compatti ed efficienti come le e-bike, monopattini elettrici e biciclette tradizionali diventeranno una soluzione di trasporto più sostenibile, economica ed efficiente, impegnandosi a risolvere sfide come il traffico urbano e l'inquinamento.
3. L'auto a zero emissioni diventerà condivisa grazie a servizi come il car sharing che permette di ridurre i costi di gestione e rendere il mezzo più sostenibile.

2.2 L'automazione e la digitalizzazione come fonte di crescita

In un ambiente manifatturiero altamente competitivo fattori come la qualità, agilità, efficienza del prodotto diventano essenziali. Come abbiamo analizzato nel paragrafo precedente i carmakers si trovano di fronte alla sfida di una digitalizzazione dei prodotti sempre più richiesta dai consumatori, diventa quindi necessario incorporare la digitalizzazione anche all'interno dei processi produttivi.

L'industria 4.0 spesso denominata anche quarta rivoluzione industriale, si riferisce ad una serie di tecnologie che possono rendere i processi produttivi più efficienti, automatizzati e integrati. L'intelligenza artificiale ed i big data diventano fondamentali per migliorare qualitativamente i prodotti ed aumentare l'efficienza produttiva. Bhatia and Kumar (2022) descrivono l'industria 4.0 come un "nuovo approccio per controllare i processi produttivi permettendo di sincronizzare in tempo reale i flussi ed aumentare la personalizzazione dei prodotti". Le tecnologie principali individuate da Ghadge et al. (2022) sono: i "Cyber-Physical-Systems (CPS)" cioè sistemi che integrano il mondo reale con il mondo virtuale, Internet of Things (IoT) che permette la connessione tra piccoli computer integrati nei prodotti capaci di ricevere ed inviare dati, automazione e robotica riferito a tecnologie capaci di operare senza l'intervento umano durante i processi, stampa in 3D per creare componenti e big data e analytics per analizzare le grandi quantità di dati generati durante i processi produttivi. L'implementazione di queste tecnologie può apportare diversi benefici, nel caso dell'industria automobilistica si possono raggiungere diversi obiettivi:

- La produzione personalizzata per soddisfare le esigenze di clienti singoli. La lean manufacturing è stata un'importante svolta per permettere di diversificare i lotti prodotti ed aumentare la personalizzazione, ma grazie a nuovi sistemi di configurazione digitali i clienti possono configurare a proprio piacimento il veicolo raggiungendo livelli di personalizzazione estremamente elevati sia nell'aspetto che nelle caratteristiche.
- Grazie ai Big Data si possono raccogliere dati in tempo reale sulla produzione per monitorare ed analizzare ogni singolo output del processo produttivo per rilevare eventuali anomalie e guasti. La qualità dei veicoli aumenta permettendo di evitare costi di manutenzione futuri. Inoltre l'analisi dei dati permette di controllare i flussi ed ottimizzare l'utilizzo delle risorse dando la possibilità ai manager di migliorare le scelte di decision-making ed organizzazione. Si individuano possibili aree di miglioramento per incrementare l'efficienza degli input e ridurre gli sprechi.
- I robot possono eseguire compiti ripetitivi in modo rapido, preciso e coerente, riducendo al minimo gli errori umani e aumentando la velocità di produzione lavorando 24 ore su 24, 7 giorni su 7 il che significa che le linee di produzione possono funzionare ininterrottamente, massimizzando la produttività. Ciò consente di ridurre i tempi di consegna e di soddisfare la domanda dei clienti in modo più rapido ed efficiente.

Bhatia and Kumar (2022) individuano diversi fattori che possono portare al successo dell'implementazione delle tecnologie dell'industria 4.0 per creare le "smart factories". Tra questi le competenze e la conoscenza risultano essere i fattori principali per permettere l'implementazione delle nuove tecnologie. L'organizzazione e l'amministrazione diventano fondamentali per guidare i lavoratori ad essere più indipendenti ed innovativi ed acquisire le competenze necessarie tramite programmi di aggiornamento. Il fattore umano gioca un ruolo fondamentale per l'implementazione della quarta rivoluzione industriale. L'implementazione delle tecnologie 4.0 hanno un impatto sul mercato del lavoro e la società che va considerato.

"Il rapporto dell'OCSE ha rilevato una quota significativa di posti di lavoro a rischio di essere sostituiti dall'automazione con differenze a seconda del Paese e della posizione geografica. In particolari regioni, la quota di questi posti di lavoro varia dal 4% al 40%. Il rischio è maggiore nelle regioni con un alto tasso di disoccupazione e una bassa produttività. Il rischio è molto più basso nelle aree altamente urbanizzate, con un settore dei servizi sviluppato e un gran numero di lavoratori altamente istruiti. Questo rischio si riflette nei risultati di diversi studi pubblicati. Il rapporto presentato sugli atteggiamenti dei dipendenti verso il futuro del lavoro, condotto in alcuni paesi europei, mostra che quasi un terzo (28%) dei dipendenti europei teme che il proprio lavoro sarà automatizzato in futuro. Il 15% degli intervistati ritiene che ciò avverrà nei prossimi cinque anni e il 28% stima che ciò avverrà nei prossimi dieci anni. Le preoccupazioni sull'automazione sono espresse più spesso dai dipendenti in Italia (40%) e meno spesso in Svizzera e Polonia (20%)."

Ligarski et al. (2021) Il periodo di transizione tra la trasformazione dei luoghi di lavoro e l'implementazione delle nuove tecnologie richiederà di prendere una serie di decisioni di compromesso legate al sostegno di un aumento della produttività attraverso l'automazione, considerando al contempo le politiche di modifica o riduzione dei termini di impiego. È essenziale vengano introdotte politiche di sostegno come l'incentivazione degli investimenti nei posti di lavoro del futuro, programmi di screening per proteggere i posti di lavoro chiave e migliori sistemi di istruzione e formazione. Si prevede inoltre che dovranno essere prese in considerazione misure volte a migliorare il comfort lavorativo e il benessere dei dipendenti rispetto al cambiamento del loro nuovo ambiente di lavoro automatizzato e al lavoro a distanza. (Ligarski et al. (2021)

Athanasopoulou et al. (2022) analizzano la connessione tra industria 4.0 e le sfide dell'elettrificazione delle automobili. Viene proposto un modello di business di sostituzione delle batterie tramite una rete di stazioni intermedie che sono create utilizzando i fattori principali e le tecnologie dell'industria 4.0. Le sfide relative all'infrastruttura necessaria per le stazioni di batterie sostitutive e all'infrastruttura dei veicoli elettrici sono state

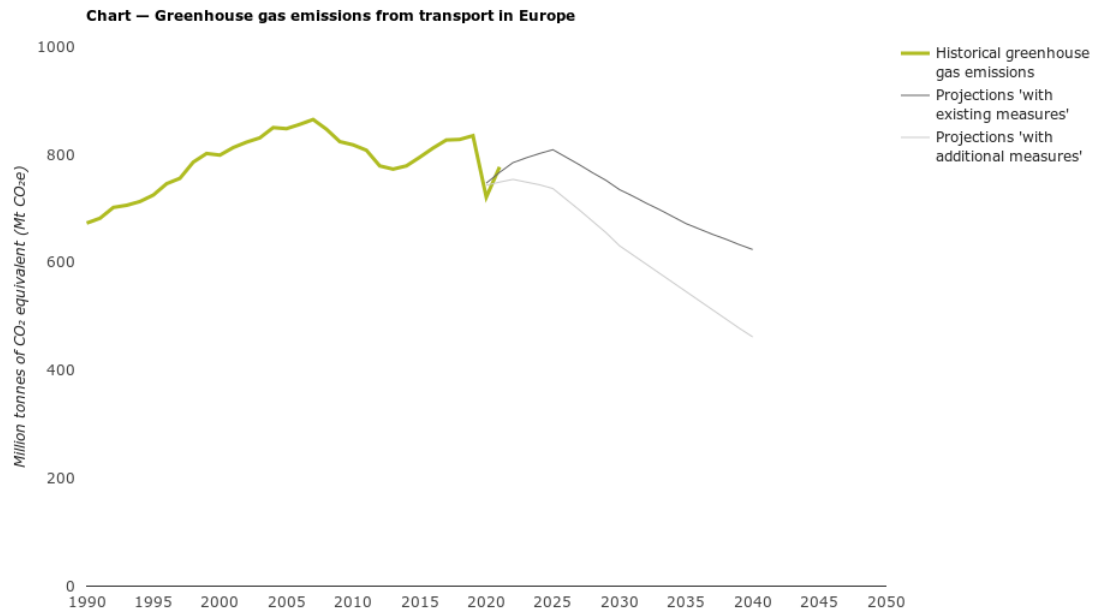
esaminate e distinte in questioni di sicurezza, operatività e di connettività. Sono state ricercate soluzioni innovative in grado di affrontare tali problematiche e di garantire una distribuzione efficiente e un funzionamento sicuro della rete di stazioni di sostituzione delle batterie. Vengono individuate diverse sfide sia per le infrastrutture che per i veicoli come la sicurezza, accessibilità, il trasporto, la connettività e la modularità. Per risolvere le problematiche si propone l'utilizzo di varie soluzioni derivanti dall'industria 4.0 come sistemi basati sul cloud, pianificazione dei processi, protocolli di comunicazione e sicurezza e l'utilizzo della blockchain.

2.3 Transizione ecologica come sfida ed opportunità per il settore

L'Unione Europea si trova ad affrontare la sfida per la decarbonizzazione necessaria a raggiungere gli obiettivi di neutralità climatica entro il 2050. Questo obiettivo è il cuore del “European Green Deal” presentato l'11 Dicembre 2019 dalla Commissione Europea (CE (2019)). Tra gli altri obiettivi troviamo una crescita economica indipendente dall'uso intensivo delle risorse naturali e non lasciare nessuno indietro. Le policy climatiche stabilite dall'Unione Europea hanno quindi l'obiettivo di trasformare tutti i settori industriali dei paesi membri richiedendo di “revisionare il modello di crescita lineare basato sull'estrazione e lo sfruttamento delle risorse fossili del passato” (Galcóczy (2019a)). La transizione ecologica basata su avanzamento tecnologico e scoperte scientifiche necessita di essere accompagnata da un cambiamento politico-culturale radicale. Tutti i principali settori industriali saranno coinvolti nella sfida per la decarbonizzazione con un eventuale impatto anche sul mondo lavorativo. Uno dei settori più rilevanti coinvolti nella decarbonizzazione è l'industria automobilistica che sta subendo una profonda fase di cambiamento, con una continua e sempre più profonda globalizzazione delle imprese e delle rispettive catene del valore. L'industria automobilistica è quindi fortemente impattata dai meccanismi regolatori messi in atto per provocare cambiamenti sia nei prodotti delle imprese che nelle tecniche di produzione.. Il riscaldamento globale e le sue conseguenze catastrofiche sono un tema di attuale importanza agli occhi dell'opinione pubblica e dei policy maker che da anni cercano strategie per limitare la produzione di anidride carbonica. La conferenza delle Nazioni Unite sul clima tenutasi a Parigi nel 2015, ha prodotto un accordo per limitare il riscaldamento globale sotto i 2 gradi centigradi. Questo obiettivo è molto ambizioso e necessita di azzerare le emissioni di anidride carbonica tra il 2045 ed il 2060. Questo cambiamento sarà possibile solo grazie alla transizione verso fonti di

energia rinnovabili e l'impiego di tecnologie alternative (Galcóczy (2019b)). B. Galgóczy descrive in "Towards a just transition: coal, cars and the world of work" come l'industria automobilistica europea stia attraversando tre diverse trasformazioni. Anzitutto la trasformazione normativa che ha come obiettivo il perseguimento delle policy climatiche e il miglioramento della salute pubblica. Le nuove policy spingono l'industria verso l'elettrificazione ed il progressivo abbandono della tecnologia del motore a combustione interna. La seconda trasformazione è dovuta al radicale cambio nella "mobilità" resa possibile grazie alla sempre maggiore digitalizzazione ed elettrificazione dei veicoli che offrono servizi aggiuntivi ed una sempre maggiore autonomia del mezzo. Infine la terza trasformazione riguarda la digitalizzazione della catena del valore automobilistica permettendo di elasticizzare la produzione ulteriormente. Il cambiamento tecnologico sta forzando le aziende a ripensare le proprie strategie, i prodotti ed i processi produttivi. L'aumento della domanda per veicoli alimentati ad energia pulita e l'emergente shift verso la mobilità elettrica provoca profondi cambiamenti all'interno dell'industria. L'Unione Europea ha adottato una linea particolarmente dura per quanto riguarda gli obiettivi di neutralità climatica dell'industria automobilistica, imponendo dei limiti stringenti ed ambiziosi se consideriamo che il motore a combustione interna è destinato ad essere rimpiazzato completamente in tempi meno brevi. L'unico modo per raggiungere questo obiettivo entro il 2050 è tramite la produzione esclusiva di veicoli elettrici in combinazione con una produzione energetica totalmente green e senza l'utilizzo di fonti fossili (carbone, gas, petrolio, etc.). I fornitori dell'industria automobilistica per riuscire a sopravvivere alla transizione ecologica devono rafforzare la loro potenza innovativa. La sempre maggiore diffusione del motore elettrico impatta sui fornitori che producono componenti per il motore a combustione interna il quale non sarà più necessario in futuro. Oltre alla mobilità elettrica i fornitori dovranno adeguarsi anche alla maggiore domanda di nuove funzioni e servizi a bordo delle automobili come la guida autonoma ed un software dinamico e ricco di servizi aggiuntivi. Giuseppe Calabrese nel suo libro "The Greening of the automotive industry" spiega l'importanza dell'industria automobilistica essendo una componente dell'economia globale fondamentale che impiega una grande porzione della popolazione all'interno dei propri settori produttivi. Lo sviluppo del settore ha permesso di soddisfare i bisogni quotidiani di mobilità di milioni di persone ma con un enorme costo ambientale e di salute pubblica.

Figura 2.1: Greenhouse gas emissions from transport in Europe (Source: EEA (2023))



Dal 1990 fino al 2008 le emissioni di CO₂ dovute al trasporto su gomma sono aumentate mentre in altri settori si sono verificati dei decrementi sostanziali anche del 23% (Calabrese (2012)). Lo scenario più probabile nel breve periodo è la coesistenza di un portfolio di tecnologie che soddisfano diversi segmenti di mercato in termini di performance dei veicoli. I veicoli a zero emissioni rappresenteranno un utile soluzione per la mobilità urbana, i veicoli ibridi possono essere una scelta per coloro che fanno i pendolari ed infine i veicoli ad alta autonomia per chi viaggia a lunghe distanze. Per questo motivo la transizione verso veicoli eco-friendly necessita di ripensare la mobilità in generale e dare una nuova struttura all'industria dell'automobile. Il settore automotive è un'industria matura con diversi dominant design affermati, come la carrozzeria in acciaio ed il motore a combustione interna. Questi aspetti hanno portato l'industria ad avere dei costi fissi estremamente alti che necessitano della produzione di massa per raggiungere costi di mercato più bassi per unità. L'innovazione è maggiormente incrementale e conservativa ed orientata ai processi. Il metodo design-driven supera il concetto di innovazione basata sul problem solving, market pull e technology push. Qualsiasi tecnologia di propulsione alternativa necessita di passare attraverso tutte le fasi di Ricerca e Sviluppo. Indipendentemente dalla tecnologia da adottare per transitare verso veicoli

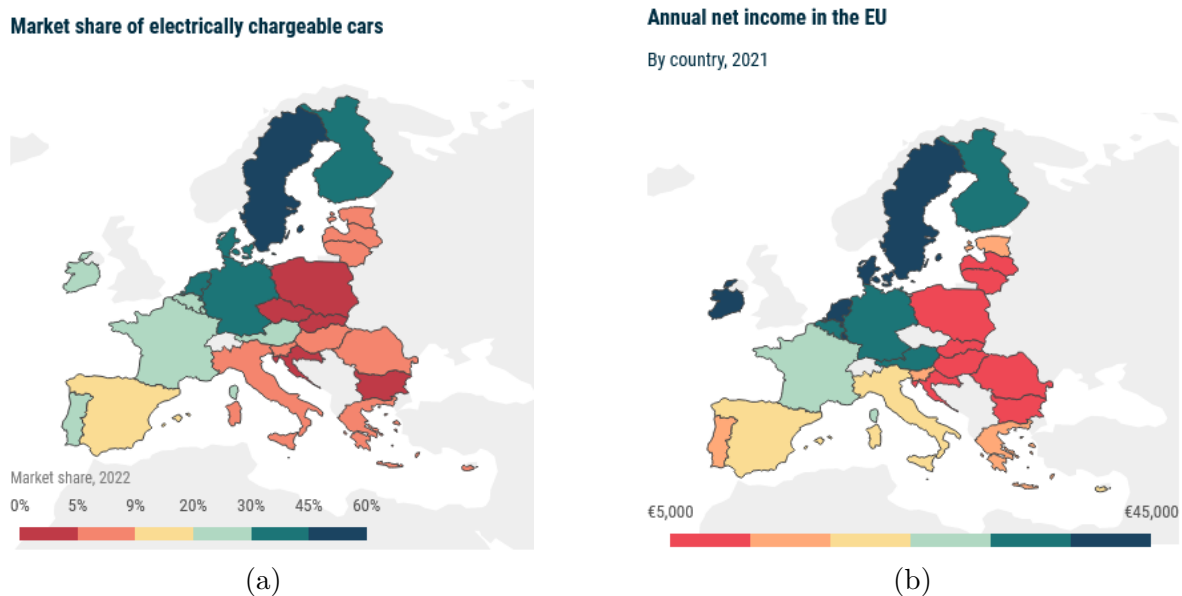
a zero emissioni la sfida principale rimane il costo elevato da sostenere. La chiave per risolvere il problema sarà ridurre i costi di produzione tramite le economie di scala e l'esperienza mentre i volumi di mercati aumentano. Ci sono poi costi non quantificabili come la manutenzione necessaria per le batterie sulle quali non si hanno ancora dati a disposizione. Lo standard che prevarrà deciderà quale traiettoria l'industria automobilistica seguirà, se a prevalere saranno i veicoli convenzionali a combustibili fossili o ibridi il cambiamento sarà meno radicale. D'altro canto se l'elettricità diventerà l'unico combustibile disponibile l'industria sarà maggiormente rivoluzionata. La diffusione dei veicoli elettrici rappresenta anche problemi e sfide che dovranno essere affrontati. L'elettricità della quale i veicoli necessitano per essere ricaricati deve essere prodotta tramite fonti rinnovabili e poi trasportata tramite un sistema di distribuzione. Gli attuali impianti di produzione energetica basata su combustibili fossili dovranno essere completamente rimpiazzati ed il sistema di distribuzione potenziato ed integrato in modo intelligente per soddisfare la maggiore domanda di elettricità. Diventa quindi necessario specificare che con l'attuale sistema produttivo energetico la sostituzione dei veicoli tradizionali con veicoli elettrici non rappresenta una completa soluzione per la decarbonizzazione (Calabrese (2012)). Il settore delle auto elettriche rimane un settore emergente che deve affrontare numerose sfide. Si deve considerare la rapida evoluzione delle tecnologie correlate, come la composizione chimica delle batterie e l'efficienza dei motori elettrici. Un altro aspetto determinante per il successo nella diffusione delle auto elettriche è il sistema di ricarica distribuito su ampia scala. La configurazione stessa dei veicoli elettrici non presenta un dominant design ma ci sono diversi modelli disponibili attualmente sul mercato: elettrico puro, elettrico ibrido e PHEV (plug-in electric vehicle). Secondo Ho and Huang (2022) l'adozione dei veicoli elettrici da parte del mercato di massa può essere esaminata utilizzando le classiche teorie di diffusione dell'innovazione. La teoria della diffusione delle innovazioni di Rogers propone che il vantaggio relativo, la compatibilità, la complessità, la sperimentabilità e l'osservabilità siano i fattori che influenzano il tasso di adozione. Quando più tecnologie offrono caratteristiche tecnologiche simili ma con livelli di prestazione diversi, è opportuno utilizzare alcuni approcci di valutazione tecnologica. Secondo lo studio condotto che considera le performance e le caratteristiche di veicoli elettrici con batterie agli ioni di litio (Li-Ion), Fuel cells e tecnologie ibride emerge che i risultati della segmentazione del mercato offre alle case automobilistiche i profili dei vari gruppi di consumatori e facilitano lo sviluppo di programmi di marketing. Considerando solo i veicoli elettrici puri, la tecnologia a ioni di litio supera quella a celle a combustibile in termini di ambiente, sicurezza e potenza, mentre le celle a combustibile hanno un vantaggio nel tempo di rifornimento. A parte l'attuale tecnologia ibrida, le tecnologie a ioni di litio e

a celle a combustibile sono risultate reciprocamente complementari per i veicoli elettrici puri.

Grazie a miglioramenti tecnologici nella capacità delle batterie, alla diffusione della rete di ricarica ed ai vantaggi economici offerti, le auto elettriche si confermano la tecnologia più matura per essere implementata su larga scala in sostituzione al motore endotermico. A conferma di questo nel Q1 del 2023 la Tesla Model Y è stata l'auto più venduta al mondo con 267,200 unità superando la Toyota corolla con 256,400 unità vendute (Motor1 (2023)). In generale secondo IEA (2023) il mercato delle auto elettriche sta vivendo una fase di crescita esponenziale raggiungendo oltre 10 milioni di vendite nel 2022 ed il 14% del mercato totale. In Europa, il secondo mercato più grande, le vendite di auto elettriche sono aumentate di oltre il 15% nel 2022, il che significa che più di un'auto su cinque venduta era elettrica.

La diffusione di veicoli elettrici è spesso favorita da un intervento pubblico che fornisce sussidi per agevolare l'acquisto di veicoli a zero emissioni, ma questo meccanismo non è sostenibile sul lungo periodo. Secondo uno studio di ACEA effettuato ad Aprile del 2023 il reddito annuo medio all'interno del paese è strettamente collegato con la diffusione di auto elettriche come si può vedere nella figura 2.2a, dimostrando quindi come il fattore economico sia determinante nella scelta del veicolo da parte del consumatore.

Figura 2.2: Affordability of electric cars: Correlation between market uptake and annual net income - source: (ACEA (2023a))



Il mercato europeo continua a presentare una forte crescita anche per quanto riguarda

i veicoli ibridi che hanno visto un aumento del 9.6% dimostrando come la domanda di veicoli alternativi sia in crescita. (ACEA (2023b)) L'intervento pubblico è necessario anche per quanto riguarda la rete di produzione di energia rinnovabile e la distribuzione tramite le "smart grid" che devono essere efficienti e soddisfare la domanda che è destinata ad incrementare. In questo scenario di incertezza all'interno dell'industria le imprese possono innovare non solo tramite i propri processi interni di Ricerca e Sviluppo ma anche ottenendo vantaggi tramite le esternalità positive (spillovers) create da altre imprese ed organizzazioni. Inoltre condividere i rischi di Ricerca e Sviluppo in un ambiente non maturo e dove il dominant design non è ancora prevalente può risultare una scelta ottimale. A tal proposito accordi tecnologici e joint ventures possono rappresentare un'alternativa permettendo di suddividere i costi di Ricerca e Sviluppo estremamente elevati in particolare per superare le barriere d'entrata per il mercato delle auto elettriche. Viene spartito anche il rischio relativo ai progetti ed ai potenziali fallimenti e costi da sostenere. Possiamo sostenere che il cambiamento tecnologico viene in questo caso portato avanti da accordi di Ricerca e Sviluppo congiunti tra le principali case automobilistiche e le piccole imprese high-tech (Calabrese (2012)). Secondo il Clean Energy Manufacturing Analysis Center i processi produttivi per le batterie agli ioni di litio (LIBs) che sono le più comuni utilizzate all'interno dei veicoli elettrici, necessitano di risorse grezze importanti come: litio, grafite, cobalto e manganese. Con l'aumento nella produzione di veicoli elettrici la domanda di batterie agli ioni di litio è destinata ad aumentare con conseguente sfruttamento ed estrazione delle risorse naturali (NREL (2023)). Il 60% del cobalto che viene estratto proviene dalla Repubblica Democratica del Congo dove sono state riportate gravi violazioni nei diritti dei lavoratori. (Boyle (2023, February 23)) La sfida dei carmakers diventa quindi non solo quella di una transizione verso i veicoli ad impatto zero ma anche di una transizione verso un utilizzo delle risorse naturali in maniera giusta e tenendo conto dell'impatto sociale che viene generato. Oltre all'impatto climatico dei carmakers è necessario prendere in considerazione tutta la filiera e controllare che la supply chain sia eticamente giusta e carbon neutral.

Capitolo 3

Indagine empirica

3.1 Obiettivo e metodo d'indagine

L'obiettivo ultimo di questa indagine empirica è quello di quantificare l'impatto che la transizione ecologica e tecnologica ha sull'industria dell'automobile e sui relativi fornitori prendendo come riferimento il continente europeo. In particolare si cercherà di quantificare l'effetto della produzione di brevetti registrati come green, hybrid e brown. L'indagine empirica si basa su quanto ricercato dalla prof.ssa Anna Novaresio nel suo paper "Eco-innovations and labor in the European automotive industry: an econometric study" (Novaresio (2023)) con il duplice obiettivo di: 1) analizzare le tendenze occupazionali ed eco-innovative dei produttori di automobili e fornitori di attrezzature in Europa per cogliere potenziali tendenze e discontinuità nel corso degli ultimi oltre 20 anni, e 2) capire, attraverso un metodo econometrico appropriato, se e quale tipo di eco-innovazione, vale a dire ICE verde, soluzioni ibride (HEV) e veicoli elettrici a batteria (BEV), hanno avuto un impatto più significativo sulla manodopera e sulla sua efficienza nel settore automobilistico europeo e nella sua filiera tradizionale, fornendo utili consigli di politica industriale. Il risultato atteso è che in qualche modo la produzione di brevetti green e hybrid e l'introduzione quindi di nuove tecnologie porti ad una diminuzione degli occupati sia nel settore automotive che per i rispettivi fornitori. Per rendere il modello il più completo possibile verranno introdotte diverse variabili esplicative ritenute rilevanti e poi verrà eseguito un test di robustezza del modello cercando di estendere le possibili variabili esplicative. Per i dati panel sono possibili diversi modelli di analisi tra cui: Pooled OLS, First Difference, Fixed Effects e Random Effects. I modelli che verranno considerati al fine dell'analisi sono:

- Il modello Fixed Effects che permette di controllare per tutte le differenze tra i

Paesi che sono costanti nel tempo;

- Il modello Random Effects che tiene conto di queste differenze, ma le assume come variabili casuali.

Una volta creati i modelli si può verificare quale dei due sia da scegliere ed includere nell'analisi utilizzando il test di Hausman. Al fine di controllare la presenza di eteroschedasticità è utile utilizzare il test di Breusch - Pagan e rendere gli errori robusti. Un altro test da effettuare per controllare se c'è correlazione seriale nei dati, è il test di Breusch-Godfrey/Wooldridge. Per evitare il problema della reverse-causality si possono laggar i dati di t-1 periodi. (Script R in appendice)

Dopo aver effettuato tutte le verifiche affinché il modello possa avere dei coefficienti che siano interpretabili si può procedere alla costruzione del modello finale e all'analisi dei relativi risultati.

3.2 Descrizione dei dati

Il panel di dati è stato realizzato utilizzando diversi dataset forniti dall'OECD. Ho deciso di analizzare 23 paesi appartenenti al continente Europeo (Italy, Belgium, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom). I paesi verranno osservati per un periodo che va dal 1995 al 2019 per un totale di 24 anni. Come variabili dipendenti si utilizzano il numero di occupati per paese diviso per area produttori (OEMs) e fornitori (equipment). I dati forniti dall'OECD rappresentano il numero di occupati all'interno del settore - D29: Motor vehicles, Trailers and semi-trailers ed il numero di occupati (total employment) dell'area - D29T30 Transport equipment. (OECD DATA appendice) Sono state poi scelte diverse variabili esplicative da includere nel nostro modello di partenza:

- Le Registrations, cioè il numero di nuove automobili immatricolate all'interno di un determinato paese. Il dato viene riportato come numero indice con anno base il 2015;
- La spesa in R&D, che rappresenta la spesa in ricerca e sviluppo della categoria "manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers" del paese e viene riportata in dollari ma divisa per 10000 per permettere una migliore interpretazione;

- Vengono poi riportati il totale in migliaia di dollari dell'import ed export relativi al settore - D29: Motor vehicles, trailers and semi-trailers divisi per 1000 al fine di rendere l'interpretazione più semplice;
- Il numero di brevetti green registrati per paese - veicoli elettrici (basati su motore 100% elettrico):
 - Tecnologie delle macchine elettriche per l'elettromobilità;
 - Sistemi di accumulo dell'energia per l'elettromobilità, ad esempio batterie;
 - Sistemi o metodi di ricarica specifici per l'elettromobilità per batterie, ultra-capacitori, supercapacitori o condensatori a doppio strato;
 - Gestione dell'energia elettrica nell'elettromobilità.
- Il numero di brevetti hybrid registrati per paese (basati su motore a combustione interna e motore elettrico);
- Il numero di brevetti brown registrati per paese - veicoli convenzionali (basati su motore a combustione interna):
 - Miglioramento dell'efficienza del motore a combustione interna (ICE);
 - Uso di carburanti alternativi, ad esempio i biocarburanti;
 - Sistemi di gestione del motore.

Per effettuare un test di 'robustness check' si possono includere altre variabili esplicative che potrebbero influenzare in qualche modo l'occupazione all'interno dei due settori. Ho scelto di includere le seguenti variabili:

- Il Prodotto Interno Lordo espresso in tasso di variazione rispetto all'anno precedente. La crescita del PIL può stimolare la domanda e quindi la produzione di automobili e di conseguenza avere un incremento dell'occupazione nei settori automotive e fornitori;
- L'andamento demografico (Population), cioè il numero totale di cittadini per ogni paese. Un aumento della popolazione può stimolare la domanda e la conseguente occupazione nei settori automotive e fornitori;
- I salari (Wage) espresso in milioni di dollari sia per settore automotive che fornitori. Flessioni nei salari possono portare a variazioni dell'occupazione dei settori automotive e fornitori;

3.3 Analisi econometrica

3.3.1 Analisi esplorativa

Durante la fase di analisi preliminare si evidenziano diversi trend che verranno illustrati nelle figure sottostanti. In particolare sono stati prodotti dei grafici che mostrano l'andamento temporale delle principali variabili considerate all'interno del modello. Inoltre vengono presentati gli scatterplot per analizzare in modo esplorativo il tipo di relazione tra le variabili.

Figura 3.1: Source: OECD DATA (mia elaborazione)

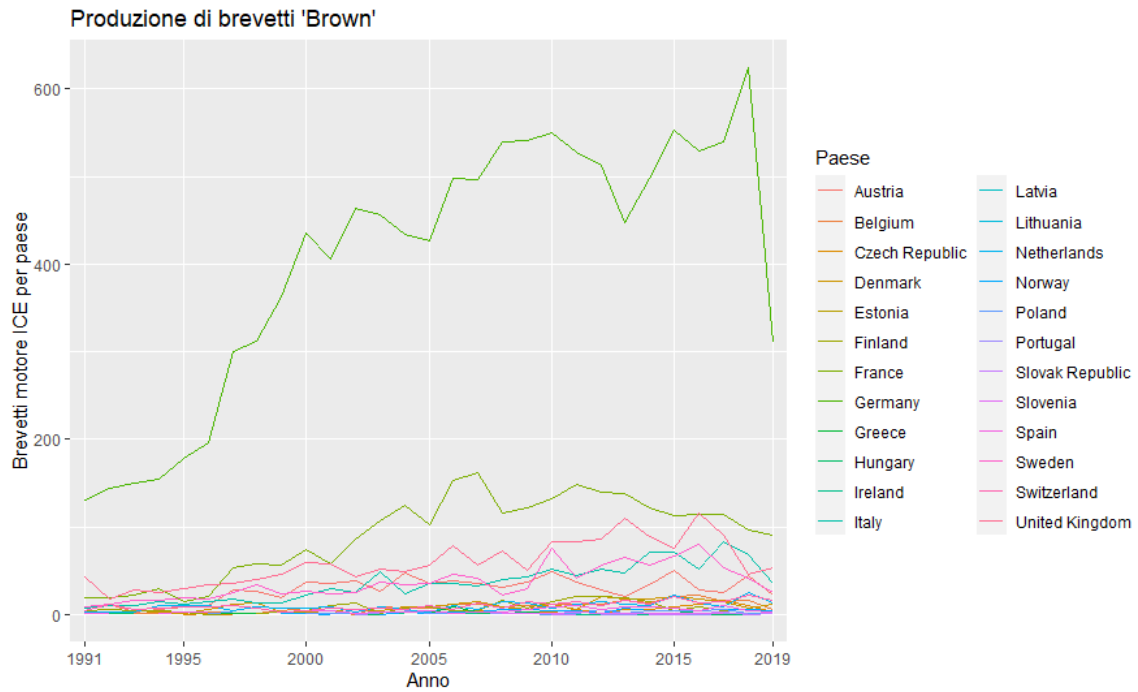


Figura 3.2: Source: OECD DATA (mia elaborazione)

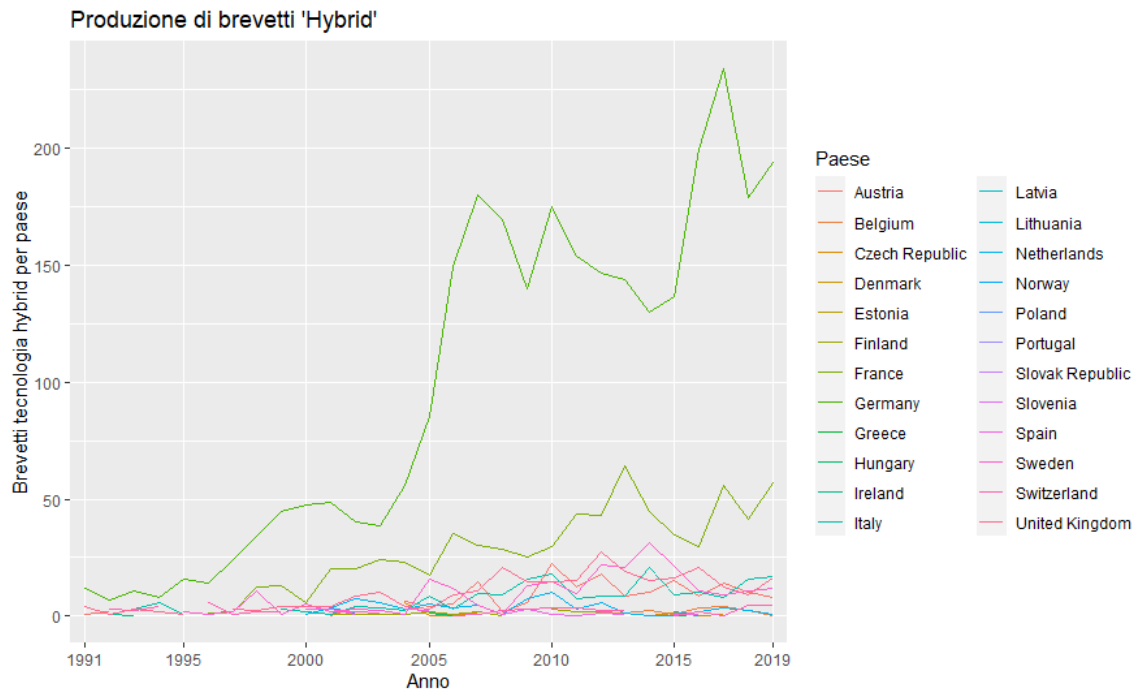
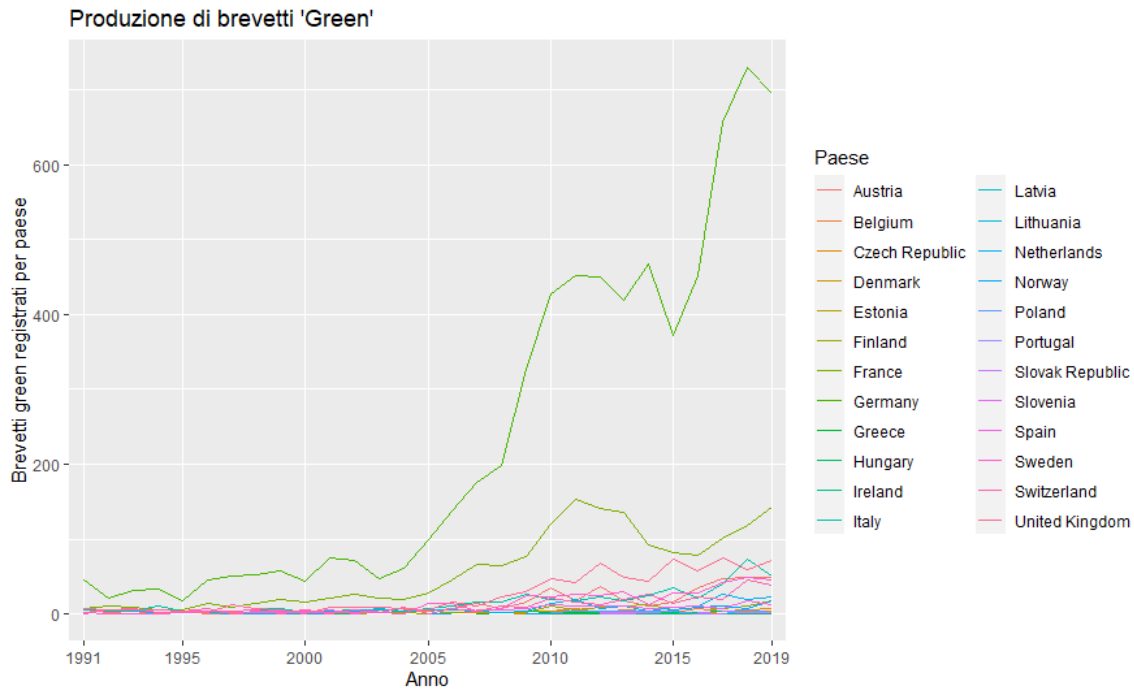
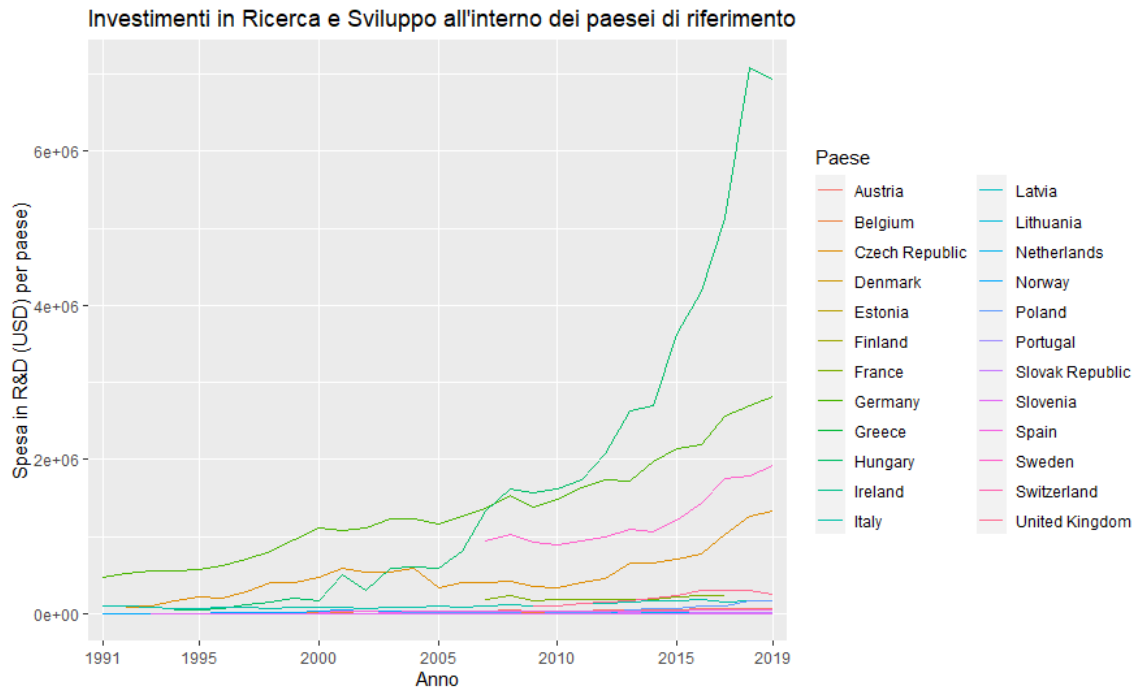


Figura 3.3: Source: OECD DATA (mia elaborazione)



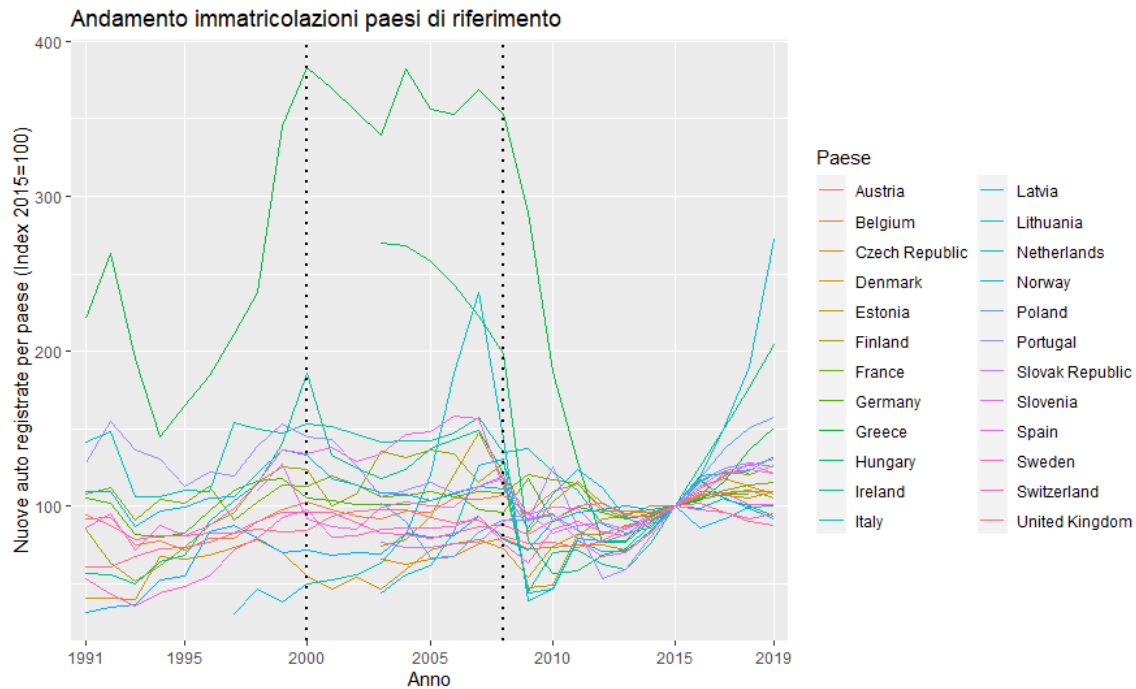
Come possiamo notare nella figura 3.1 la produzione di brevetti rivolta alla tecnologia del motore endotermico tradizionale ha un trend decrescente a partire dal 2005. Il crollo è particolarmente evidente per la Germania che ha ridotto nel 2019 del 50% circa la produzione di brevetti brown rispetto all'anno precedente. Dalle figure 3.2 e 3.3 si nota come a partire dal 2000 i paesi europei con in testa la Germania abbiano incrementato la ricerca per la produzione di brevetti alternativi categorizzati come hybrid o green. La Germania stessa ha prodotto nel 2019 il doppio dei brevetti green rispetto a quelli brown.

Figura 3.4: Source: OECD DATA (mia elaborazione)



La spesa in Ricerca e Sviluppo (R&D) ha visto un aumento considerevole negli ultimi 20 anni (Figura 3.4). Si evince cioè come i carmakers appartenenti ai diversi paesi siano sempre più consapevoli della necessità di una transizione tecnologica ed ecologica come osservato anche dalla produzione brevettuale. La crescita della produzione brevettuale osservata precedentemente è in qualche modo correlata anche alla crescente spesa in R&D da parte dei paesi osservati.

Figura 3.5: Source: OECD DATA (mia elaborazione)



Le immatricolazioni di automobili hanno subito alcuni momenti di decrescita, in particolare come segnalato dalle linee tratteggiate in corrispondenza delle crisi economiche avvenute nel 2000 e nel 2008. A partire dal 2015 si osserva una notevole crescita delle immatricolazioni in alcuni paesi ed una decrescita in altri.

Figura 3.6: Source: OECD DATA (mia elaborazione)

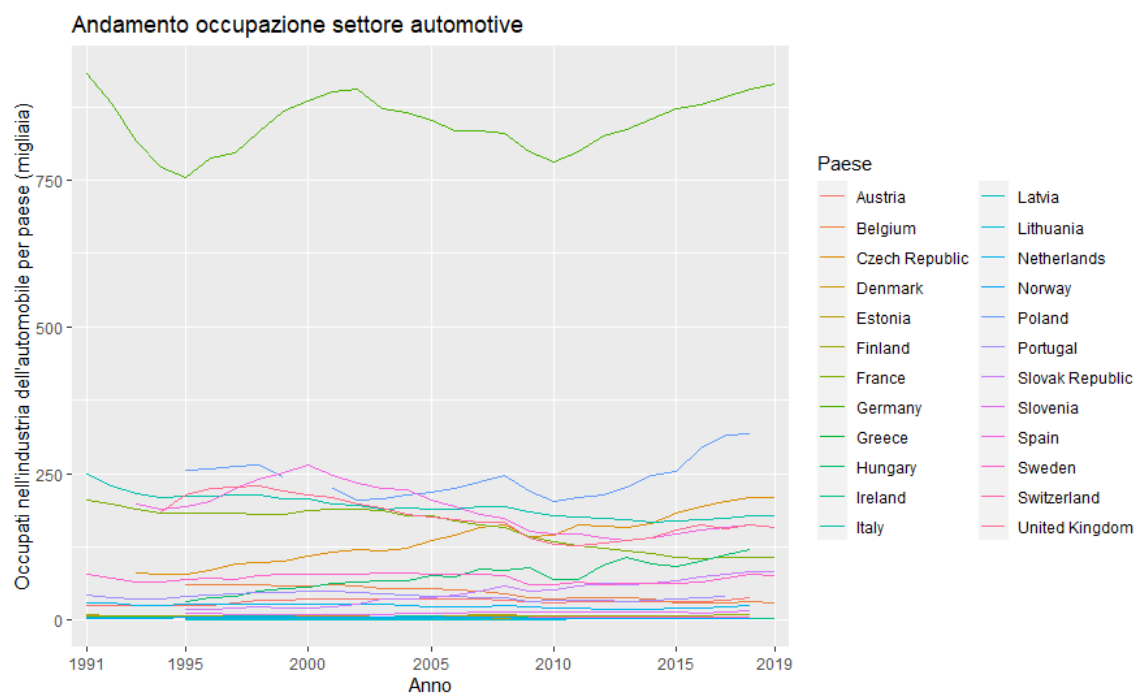
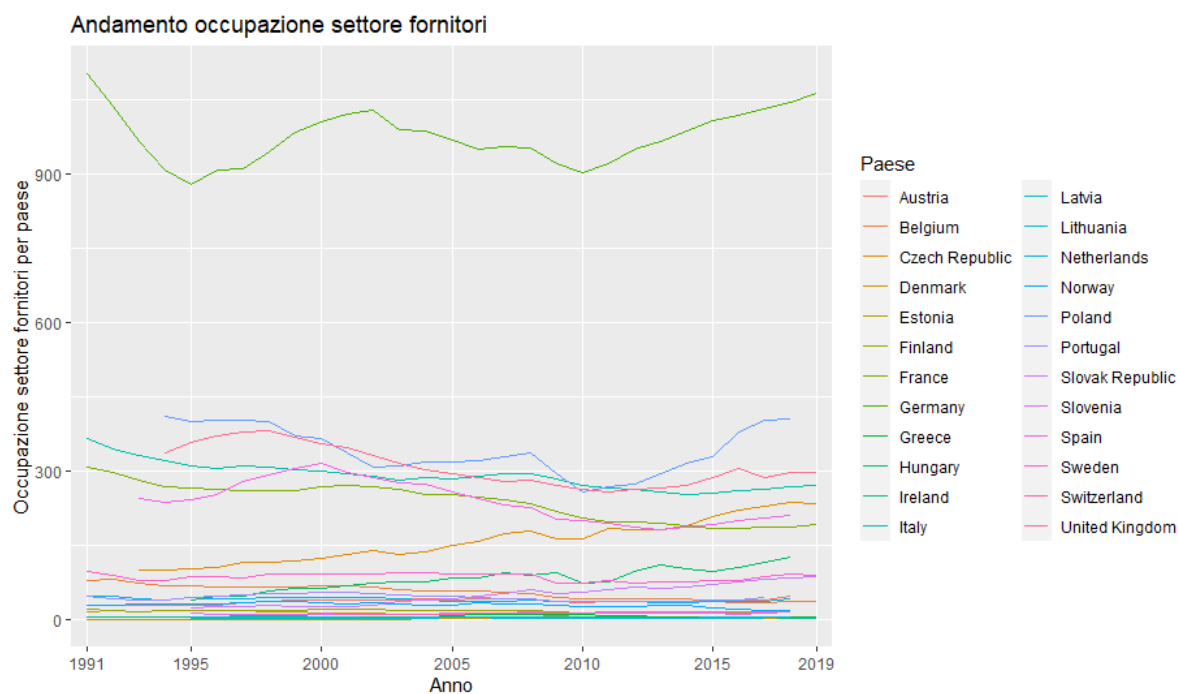


Figura 3.7: Source: OECD DATA (mia elaborazione)

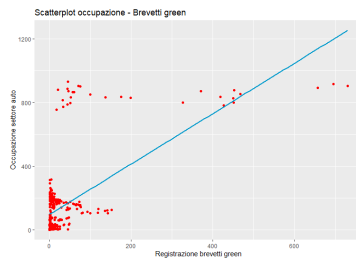


Nelle figure 3.6 e 3.7 osserviamo l'andamento occupazionale sia relativamente al settore automotive che quello dei fornitori. A partire dal 2010 sembra che l'occupazione in entrambi i settori sia in forte crescita e ripresa rispetto al periodo precedente. Risulta evidente come l'occupazione nel settore fornitori sia collegata all'occupazione all'interno del settore automotive. A tal proposito per evidenziare il tipo di correlazione tra variabili è stata prodotta la figura 3.8 che rappresenta la correlazione tra le diverse variabili. Si osserva come l'occupazione del settore automotive e l'occupazione del settore fornitori siano positivamente correlate.

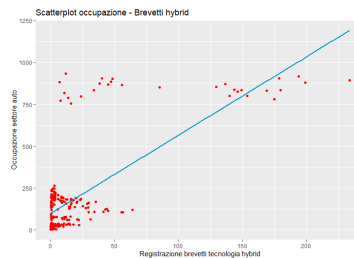
Figura 3.8: Tabella di correlazione 'Pearson' (mia elaborazione)

	Employment	Employment_equipment	Registrations	R.D	Patents_G	Patents_H	Patents_B	Exports	Imports
Employment	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Employment_equipment	.99	1	.	.	.	.	.	.	.
Registrations	-.01	-.02	1	.	.	.	.	.	.
R.D	.44	.42	.15	1	.	.	.	.	.
Patents_G	.64	.63	-.01	.39	1	.	.	.	.
Patents_H	.72	.71	.00	.50	.92	1	.	.	.
Patents_B	.86	.84	-.04	.39	.80	.89	1	.	.
Exports	.87	.85	-.03	.44	.85	.93	.93	1	.
Imports	.74	.76	-.01	.33	.76	.80	.78	.89	1

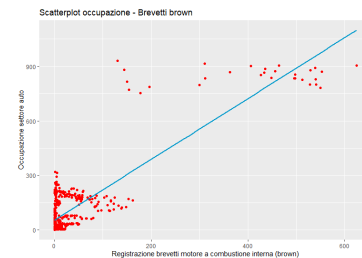
Figura 3.9: Scatterplot occupazione settore automotive e brevetti (mia elaborazione)



(a) Occupazione - brevetti green



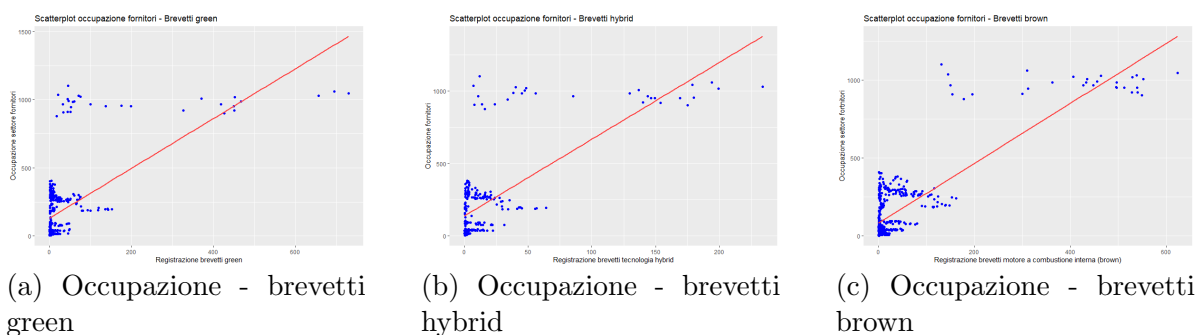
(b) Occupazione - brevetti hybrid



(c) Occupazione - brevetti brown

Nelle figure 3.9a, 3.9b e 3.9c viene illustrata la relazione fortemente positiva tra occupazione nel settore automotive ed i brevetti green, hybrid e brown.

Figura 3.10: Scatterplot occupazione settore fornitori e brevetti (mia elaborazione)



Anche per quanto riguarda l'occupazione nel settore fornitori abbiamo una relazione positiva con la produzione di brevetti brown, hybrid e green come illustrato nelle figure 3.10a, 3.10b e 3.10c.

Figura 3.11: Source: OECD DATA (mia elaborazione)

	vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se	IQR
Paese*	1	696	12.5	6.9	12.5	12.5	8.9	1.0	24.0	23.0	0.0	-1.2	0.3	11.5
Anno	2	696	2005.0	8.4	2005.0	2005.0	10.4	1991.0	2019.0	28.0	0.0	-1.2	0.3	14.0
Employment	3	617	103.0	182.2	34.5	62.8	46.2	0.5	932.0	931.5	3.2	10.5	7.3	138.5
Employment_equipment	4	637	133.1	214.2	41.6	86.4	52.6	1.1	1102.0	1100.9	2.8	8.3	8.5	180.8
Registrations	5	580	105.8	48.6	98.1	99.1	25.1	30.7	382.9	352.2	3.0	12.5	2.0	33.9
R&D	6	419	3040471375.3	7705528275.0	216469011.0	1183163357.0	317233717.4	0.0	70863800000.0	70863800000.0	4.9	32.2	376439689.8	1715348799.5
Patents_G	7	415	27.6	84.4	4.3	9.5	4.9	0.2	729.6	729.3	5.7	35.3	4.1	15.2
Patents_H	8	275	16.9	37.4	3.5	7.4	3.7	0.2	233.8	233.5	3.6	13.2	2.3	13.0
Patents_B	9	508	40.9	99.9	8.4	16.0	10.9	0.2	623.9	623.7	3.9	15.5	4.4	26.9
Exports	10	673	20824686.5	40789913.2	6010667.0	12340023.2	8460813.3	9384.7	282797449.2	282788064.5	4.4	21.9	1572335.6	24612888.8
Imports	11	673	17770332.5	23499767.6	8045370.0	12807273.0	9605405.6	71893.0	152500731.8	152428838.8	2.4	7.1	905849.5	19818195.2

La produzione di una summary table come avviene nella figura 3.11 con le principali statistiche descrittive è un passaggio cruciale nell'analisi dei dati, in quanto offre una panoramica sintetica e visivamente intuitiva delle caratteristiche salienti del dataset. Questa tabella riassume le informazioni essenziali, come la media, la mediana, la deviazione standard, il minimo, il massimo e i quartili dei dati.

3.3.2 Analisi econometrica

La regressione ad effetti fissi è un metodo per controllare le variabili omesse nei dati panel quando le variabili omesse variano tra le entità ma non cambiano nel tempo. La regressione a effetti fissi può essere utilizzata quando esistono due o più osservazioni temporali per ciascuna entità. Il modello di regressione ad effetti fissi ha n intercette diverse, una per ogni entità. Queste intercette possono essere rappresentate da un insieme di variabili binarie (o indicatori). Queste variabili binarie assorbono le influenze di tutte le variabili omesse che differiscono da un'entità all'altra, ma che sono costanti nel corso del tempo. Possiamo definire il modello come:

$$Y_{it} = \beta_1 * X_{1,it} + \dots + \beta_k * X_{k,it} + \alpha_i + u_{it}$$

dove $i=1,\dots,n; t=1,\dots,T$; $X_{1,it}$ è il valore del primo regressore per l'entità i nel periodo di tempo t , $X_{2,it}$ è il valore del secondo regressore, e così via;

$\alpha_1, \dots, \alpha_n$ sono intercette specifiche dell'entità.

Nei dati panel, l'errore di regressione può essere correlato nel tempo all'interno di un'entità. Come l'eteroschedasticità, questa correlazione non introduce bias nello stimatore a effetti fissi, ma influisce sulla varianza dello stimatore e quindi sul modo in cui si calcola l'errore standard. Gli errori standard per le regressioni a effetti fissi sono i cosiddetti errori standard clusterizzati (clustered standard errors), che sono robusti sia all'eteroschedasticità sia alla correlazione nel tempo all'interno di un'entità. Quando ci sono molte entità (quando n è grande), i test di ipotesi e gli intervalli di confidenza possono essere calcolati utilizzando i consueti valori critici normali ed F .

Dato quindi il modello:

$$Y_{it} = \beta_1 X_{it} + a_i$$

con $i = 1, \dots, n$; $t = 1, \dots, T$ dove β_1 è l'effetto causale di X su Y le assunzioni del modello sono che:

1. u_{it} ha media condizionale 0: $E(u_{it}|X_{i1}, \dots, X_{iT}, a_i) = 0$;
2. $X_{i1}, \dots, X_{iT}, u_{i1}, \dots, u_{iT}, i = 1, \dots, n$ sono estratti i.i.d. dalla loro distribuzione congiunta;
3. È improbabile che si verifichino grandi outlier: X_{it}, u_{it} hanno quarti momenti finiti non nulli;
4. Non c'è multicollinearità perfetta.

La prima ipotesi è che il termine di errore abbia media condizionale 0 dati tutti i valori T di X per quell'entità. Questa ipotesi svolge lo stesso ruolo della prima ipotesi dei minimi quadrati per i dati cross-section e implica l'assenza di distorsioni da variabili omesse. Il requisito che la media condizionale di u non dipenda da nessuno dei valori di X per quell'entità - passati, presenti o futuri - aggiunge un'importante sottigliezza rispetto all'ipotesi dei minimi quadrati per i dati trasversali. Questa ipotesi viene violata se u_{it} corrente è correlato con i valori passati, presenti o futuri di X . La seconda ipotesi è che le variabili di un'entità siano distribuite in modo identico, ma indipendente dalle variabili di un'altra entità; cioè, le variabili sono i.i.d. tra le entità per $i = 1, \dots, n$. Come la seconda ipotesi dei minimi quadrati, la seconda ipotesi per la regressione a effetti

fissi è valida se le entità sono selezionate con un semplice campionamento casuale dalla popolazione. La terza e la quarta ipotesi per la regressione a effetti fissi sono analoghe alla terza e quarta ipotesi dei minimi quadrati per i dati trasversali (Watson (2020)). Nel modello empirico in cui le variabili sono state mantenute "pure" senza essere trasformate in forma logaritmica, la normalità dei residui può essere garantita grazie all'ampio panel sample utilizzato. Un ampio panel sample comprende un grande numero di osservazioni provenienti da diverse unità (paesi) e periodi di tempo, il che consente di ottenere una migliore approssimazione della distribuzione normale dei dati. Nel nostro caso il modello da specificare è:

$$\begin{aligned} Employment_{it} = & a_i + \beta_1 PatentsG_{it} + \beta_2 PatentsH_{it} + \beta_3 PatentsB_{it} + \\ & + \beta_4 Registrations_{it} + \beta_5 R\&D_{it} + \beta_6 Imports_{it} + \beta_7 Exports_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

Dove i indica l'unità di analisi e t indica il periodo di tempo di osservazione, a_i rappresenta l'effetto fisso per l'unità i e β_1, \dots, β_7 sono i coefficienti di regressione associati alle rispettive variabili esplicative:

- $PatentsG_{it}$ - brevetti "green" prodotti all'interno dei paesi
- $PatentsH_{it}$ - i brevetti "hybrid" prodotti all'interno dei paesi;
- $PatentsB_{it}$ - i brevetti "brown" prodotti all'interno dei paesi;
- $Registrations_{it}$ - le immatricolazioni di automobili all'interno dei paesi;
- $R\&D_{it}$ - la spesa in Ricerca e Sviluppo per paese;
- $Imports_{it}$ - il totale di importazioni settore auto per paese;
- $Exports_{it}$ - il totale di esportazioni settore auto per paese.

Sono state utilizzate le tecniche Fixed Effects (FE) e Random Effects (RE) per creare due modelli con la stesse variabili esplicative. Quello che emerge dal modello "FE" è che solo le Registrations e la spesa in R&D sono dei fattori significativi che influiscono sull'occupazione nel settore automotive, in particolare sia le Registrations che la spesa in R&D hanno un impatto positivo significativo. Nel modello RE sono presenti 3 variabili esplicative significative che sono: i brevetti hybrid con coefficiente negativo, i brevetti brown e le esportazioni con coefficiente positivo. Il modello RE inoltre presenta il R^2 maggiore rispetto al modello FE.

Figura 3.12: Source: OECD DATA (mia ellaborazione)

	Modello FE			Modello RE		
<i>Predictors</i>	<i>Estimates</i>	<i>std. Error</i>	<i>p</i>	<i>Estimates</i>	<i>std. Error</i>	<i>p</i>
Registrations	0.63	0.12	<0.001	0.44	0.31	0.159
Patents_G	0.05	0.04	0.297	-0.10	0.13	0.469
Patents_H	-0.23	0.17	0.192	-1.99	0.50	<0.001
Patents_B	0.10	0.06	0.098	0.85	0.16	<0.001
R.D	1934.59	507.22	<0.001	142.41	1123.05	0.899
Imports	-630.50	402.99	0.120	-932.47	812.00	0.253
Exports	85.34	240.61	0.723	1648.97	589.44	0.006
(Intercept)				57.50	37.36	0.126
Observations	151			151		
R ² / R ² adjusted	0.262 / 0.141			0.285 / 0.250		
AIC	1380.354			1737.232		

Per poter interpretare correttamente i coefficienti è necessario assicurarsi che il modello sia adeguato e rispetti le assunzioni necessarie. Per prima cosa si può testare il modello migliore da utilizzare tra “RE” ed “FE” utilizzando il test di Hausman. Questo test assume come ipotesi nulla che il modello preferito sia il “RE” contro l’alternativa che il modello preferito sia il FE. Nel nostro caso dopo aver eseguito il test e dato il p-value estremamente basso e comunque minore di 0.05 possiamo concludere che il modello migliore sia il Fixed Effects (FE). Un ulteriore problema potrebbe essere rappresentato dalla correlazione seriale. Per questo si può utilizzare il “Breusch-Godfrey/Wooldridge test for serial correlation in panel models”. Nel nostro caso la statistica del test di Breusch-Godfrey/Wooldridge segue una distribuzione chi-quadrato con un grado di libertà. La statistica del test è di 51,164 con un p-value di 8.495e-13, il che indica una forte evidenza contro l’ipotesi nulla di assenza di correlazione seriale negli errori idiosincratici. Pertanto, l’ipotesi alternativa della presenza di correlazione seriale negli errori idiosincratici è supportata. Inoltre è utile testare la presenza di eteroschedasticità tramite il test di Breusch-Pagan. Nel risultato fornito, il test di Breusch-Pagan ha prodotto un valore di BP = 61.641 con 7 gradi di libertà e un p-value molto basso (7.093e-11), il che suggerisce che ci sia una significativa violazione dell’omoschedasticità nei dati. In altre parole, la varianza degli errori non è costante su tutto il range dei valori delle variabili indipendenti. Per risolvere i problemi sopra enunciati e per riuscire ad interpretare correttamente i coefficienti occorre eseguire delle operazioni sui dati. Prima di tutto il dataset viene

laggato di $t-1$ periodi per risolvere il problema di endogeneità (reverse/simultaneous causality). Inoltre è utile utilizzare all'interno del modello gli standard error robusti per risolvere il problema dell'eteroschedasticità e tutelarsi dalla correlazione seriale temporale. In seguito ai test ed alle modifiche sono stati creati due modelli. Il primo modello ha come variabile dipendente l'occupazione del settore automotive mentre il secondo è relativo all'occupazione nel settore fornitori.

3.3.3 Analisi critica

Tabella 3.1: Source: OECD DATA (mia elaborazione)

	<i>Modelli</i>	
	(Modello automotive)	(Modello fornitori)
Registrations	0.760*** (0.208)	0.862*** (0.216)
Patents_G	0.050** (0.022)	0.090*** (0.025)
Patents_H	-0.287*** (0.077)	-0.259*** (0.081)
Patents_B	0.122*** (0.020)	0.040* (0.024)
R.D	0.00005*** (0.00002)	0.0001*** (0.00002)
Imports	-0.001** (0.0004)	-0.001* (0.001)
Exports	0.0001 (0.0001)	0.0002 (0.0002)
Osservazioni	146	146
R^2	0.4605022	0.4367205

Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01
(Tra parentesi lo standard error)

Il “Modello Automotive” che ha come variabile dipendente l’occupazione del settore auto ci mostra come le variabili esplicative influiscono. In particolare abbiamo diverse variabili altamente significative. Il coefficiente delle Registrations è significativo allo 0.001 ed è positivo. La spesa in Ricerca e Sviluppo (R&D) ha un coefficiente positivo e significativo allo 0.001. Un aumento della spesa in R&D comporta un aumento significativo dell’occupazione. Le importazioni invece sono significative allo 0.05 con coefficiente

negativo. L'interpretazione è che le importazioni di auto dall'estero comportino una diminuzione della domanda e quindi una conseguente diminuzione di produzione e bisogno di input lavoratori. Abbiamo quindi una minore produzione nazionale ed un eventuale minore occupazione. I brevetti brown hanno un coefficiente positivo ed altamente significativo allo 0.001. Un aumento nella produzione di brevetti brown influisce positivamente sull'occupazione. D'altro canto i brevetti Hybrid hanno un coefficiente negativo ed altamente significativo. Tutte le altre variabili nel modello non sono significative.

Il “Modello fornitori” ha come variabile dipendente l'occupazione nel settore fornitori. Come per il modello relativo all'occupazione settore automotive anche per i fornitori le Registrations hanno coefficiente positivo ed altamente significativo. Anche la spesa in Ricerca e Sviluppo ha un impatto analogo. Differisce invece l'impatto dei brevetti green che hanno un coefficiente positivo ed altamente significativo. I brevetti hybrid hanno un coefficiente negativo ed altamente significativo. Tutte le altre variabili non sono significative.

Per cercare di avere un modello ben specificato e testare la robustezza del precedente è stato creato un nuovo modello introducendo delle nuove variabili esplicative.

$$\begin{aligned} Employment_{it} = & a_i + \beta_1 PatentsG_{it} + \beta_2 PatentsH_{it} + \beta_3 PatentsB_{it} + \\ & + \beta_4 Registrations_{it} + \beta_5 R\&D_{it} + \beta_6 Imports_{it} + \beta_7 Exports_{it} + \\ & \beta_8 Wage_{it} + \beta_9 Population_{it} + \beta_{10} GDP_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

Vengono utilizzate come variabili dipendenti l'occupazione nel settore automotive e successivamente l'occupazione nel settore fornitori. Sono state aggiunte le variabili esplicative:

- Population - il numero di cittadini all'interno del paese;
- Wage - salario riferito agli occupati nel settore automotive (Wage_equip relativo ai fornitori);
- GDP - il Prodotto Interno Lordo del paese espresso in variazione percentuale rispetto all'anno precedente.

I risultati vengono illustrati nella tabella 3.2 dove il “modello automotive robusto” ha come variabile dipendente l'occupazione riferita al settore automotive ed il “modello fornitori robusto” ha come variabile dipendente l'occupazione nel settore fornitori. Per quanto riguarda il modello automotive abbiamo diversi coefficienti che sono significativi. I brevetti brown sono altamente significativi allo 0.001 con un coefficiente positivo pari

a 0.160. I brevetti hybrid sono altamente significativi allo 0.001 con un coefficiente negativo pari a 0.359. Il coefficiente dei brevetti hybrid si conferma negativo e significativo anche nel modello robusto. Gli altri coefficienti significativi ma allora 0.05 sono le Registrations, i brevetti green e la spesa in R&D tutti con coefficiente positivo. Il modello relativo ai fornitori presenta i coefficienti dei brevetti green e brown positivi ed altamente significativi allo 0.001. Il coefficiente dei brevetti hybrid si ripresenta come altamente significativo allo 0.001 e con segno negativo. Altre variabili significative al 0.05 sono le Registrations e la spesa in R&D entrambe con segno positivo.

Tabella 3.2: (Source: OECD DATA mia elaborazione)

	(Modello automotive robusto)	(Modello fornitori robusto)
Registrations	0.436** (0.214)	0.499** (0.229)
Patents_G	0.043** (0.017)	0.079*** (0.023)
Patents_H	-0.359*** (0.052)	-0.345*** (0.046)
Patents_B	0.160*** (0.037)	0.141*** (0.034)
R.D	0.00004** (0.00002)	0.00004** (0.00002)
Imports	0.0001 (0.0005)	0.0003 (0.001)
Exports	-0.0002 (0.0002)	-0.0002 (0.0002)
Wage	-0.001 (0.001)	
Wage_equip		-0.005 (0.004)
GDP	1.965* (1.157)	1.863 (1.134)
Population	-0.057 (0.042)	-0.056 (0.043)
Osservazioni	139	139
AIC	1377.5	1403.3
BIC	1712.0	1737.8
R^2	0.5405061	0.5563025

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Quello che si può concludere dopo aver ottenuto questi coefficienti è che la produzione brevettuale impatta in modo significativo l'occupazione sia nell'industria dell'automobile che per i relativi fornitori. I brevetti relativi alla tecnologia del motore a combustione interna si confermano ancora un importante componente nella ricerca, produzione ed occupazione dei carmakers europei. Va specificato che anche i brevetti green risultano positivi e significativi dimostrando come la transizione ecologica sia in atto e non ha un impatto negativo. Molto interessante il coefficiente negativo ed altamente significativo dei brevetti ibridi. Questo può essere dovuto al fatto che per quanto riguarda la categoria hybrid i carmakers europei soffrono la competizione delle imprese asiatiche come la giapponese Toyota e la sudcoreana Hyundai. Secondo uno studio di Statista (2023) nella top 6 dei veicoli ibridi più venduti troviamo i modelli asiatici con in testa la Toyota. Inoltre il coefficiente negativo potrebbe essere dovuto anche alle tecniche di produzione più automatizzate che richiedono un minore numero di lavoratori non qualificati. La spesa in ricerca e sviluppo si conferma un driver importante nella crescita occupazionale delle imprese confermando quanto analizzato dalla teoria economica del primo capitolo. L'ultimo coefficiente interessante è quello relativo alle immatricolazioni di nuove automobili, che risulta essere positivo in linea con quanto ci si aspetterebbe secondo la teoria economica. Più immatricolazioni significano una maggiore domanda di veicoli e quindi una produzione maggiore che necessità di un incremento degli input ed in particolare di Lavoro (L). Tutti gli altri coefficienti risultano non essere significativi e quindi non interessanti ad essere analizzati. Il modello può essere ulteriormente raffinato per ottenere delle stime ancora più robuste tramite tecniche per ricostruire i "missing values". Questo può essere osservato nel modello proposto all'interno del paper "Eco-innovations and labor in the European automotive industry: an econometric study" che riscontra:

"L'analisi della produttività del lavoro mostra che le innovazioni legate al processo di elettrificazione hanno un effetto positivo sulla produttività del lavoro degli OEM, suggerendo che la riduzione della domanda di lavoro determinata dalle tecnologie più pulite è stata compensata da una maggiore produttività del lavoro. I nostri risultati, che mostrano come il processo di elettrificazione abbia il potenziale per portare OEM e fornitori a un risultato "win-win", sono sostanzialmente robusti a un test in un modello dinamico che include i livelli di occupazione passati, che rivela che l'attività brevettuale nel settore dei BEV può effettivamente avere un effetto positivo sulla domanda di posti di lavoro anche tra le case automobilistiche, sostenendo l'ipotesi che la transizione verso l'elettromobilità possa portare a più posti di lavoro nella produzione di motopropulsori." (Novaresio (2023), p.1)

Conclusione

Sono stati analizzati il concetto di innovazione tecnologica e sviluppo ecologico sia in una chiave storica analizzando la letteratura e le principali teorie economiche che in un'ottica moderna individuando le sfide tecnologiche ed ecologiche che l'industria dell'automobile deve affrontare per raggiungere la decarbonizzazione. Il modello di analisi empirico si è dimostrato ben strutturato ed ha prodotto dei risultati interessanti che sono stati analizzati per comprendere gli effetti occupazionali della transizione ecologica in atto all'interno dell'industria automobilistica. Il lavoro può essere spunto di riflessione per produrre analisi future necessarie a guidare le scelte di policy industriali sia nazionali che europee. La riflessione principale è sul modello futuro di mobilità e sul tipo di tecnologia da adottare. Ad oggi la tecnologia più matura è risultata essere quella del motore elettrico che viene scelta sempre più spesso dai consumatori. La produzione di veicoli elettrici non rappresenta una soluzione ottimale se non si convertono anche gli impianti di produzione energetica basati sul fossile per alimentare i veicoli. La sfida sociale non riguarda solo la garanzia dei posti di lavoro di chi è coinvolto nella transizione ecologica ma anche di garantire la dignità e condizioni di lavoro umane a tutta la filiera produttiva, dall'estrazione dei materiali all'assemblaggio del prodotto finale.

Appendice A

Appendix

Scirpt R e dati utilizzati: <https://github.com/Andy99R/TESI-Analisi-transizione-ecologica-e-tecnologica-sull-industria-dell-automobile.git>

OECD DATA: <https://stats.oecd.org/>

Bibliografia

- ACEA. Affordability of electric cars: Correlation between market uptake and annual net income, 2023a. URL <https://www.acea.auto/figure/interactive-map-affordability-of-electric-cars-correlation-between-market-uptake-and-annual-net-income/>.
- ACEA. Fuel types of new cars: Battery electric 12.1%, hybrid 22.6% and petrol 36.4% market share full-year 2022, 2023b. URL <https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-12-1-hybrid-22-6-and-petrol-36-4-market-share-full-year-2022/>.
- Lydia Athanasopoulou, Harry Bikas, Alexios Papacharalampopoulos, Panos Stavropoulos, and George Chrysosolouris. An industry 4.0 approach to electric vehicles. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 36(2):334–348, 2022. doi: 10.1080/0951192x.2022.2081363.
- Manjot Singh Bhatia and Saurabh Kumar. Critical success factors of industry 4.0 in automotive manufacturing industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(5):2439–2453, 2022. doi: 10.1109/TEM.2020.3017004.
- L. Boyle. Cobalt mining for big tech is driving child labor, deaths in the congo. the independent., 2023, February 23. URL <https://www.independent.co.uk/climate-change/news/phone-electric-vehicle-congo-cobalt-mine-b2277665.html>.
- Britannica. automotive industry, 2023. URL <https://www.britannica.com/technology/automotive-industry>.
- G. Calabrese. *The greening of the automotive industry*. Palgrave Macmillan, 2012.
- CE. European green deal striving to be the first climate-neutral continent, 2019. URL https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.

- CE. Eco-innovation, 2023a. URL https://ec.europa.eu/environment/green-growth/eco-innovation/index_en.htm.
- CE. Il meccanismo per una transizione giusta: per non lasciare indietro nessuno, 2023b. URL https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/finance-and-green-deal/just-transition-mechanism_it.
- CE (CIRCABC. Eco innovation policy brief 2022, 2022. URL <https://circabc.europa.eu/ui/group/96ccdecd-11b4-4a35-a046-30e01459ea9e/library/2d8fadd0-f87f-416b-ba50-62e822c5f4e6/details>.
- EEA. Greenhouse gas emissions from transport in europe, 2023. URL <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-transport>.
- Paul Ekins. Eco-innovation for environmental sustainability: concepts, progress and policies. *Springer-Verlag 2010*, 2010.
- EUROSTAT. Quarterly greenhouse gas emissions in the eu, 2022. URL https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Quarterly_greenhouse_gas_emissions_in_the_EU#Emissions_by_economic_activity.
- Patrizia Fariselli. *Economia dell'Innovazione*. Giappichelli, 2014.
- Francesca Fauri. The role of fiat in the development of the italian car industry in the 1950's. *Business History Review*, 70(2):167–206, 1996. doi: 10.2307/3116880.
- B. Galcòczy. Why should just transition be an integral part of the european green deal?,in social europe, 2019a. URL <https://socialeurope.eu/why-should-just-transition-be-an-integral-part-of-the-european-green-deal>.
- B. Galcòczy. *Towards a just transition:coal, cars and the world of work*, Brussels. Etui, 2019b.
- Abhijeet Ghadge, D.G. Mogale, Michael Bourlakis, Lohithaksha M. Maiyar, and Hamid Moradlou. Link between industry 4.0 and green supply chain management: Evidence from the automotive industry. *Computers; Industrial Engineering*, 169:108303, 2022. doi: 10.1016/j.cie.2022.108303.
- Shaman Gupta and Sanjiv Kumar Jain. A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4):241–249, 2013. doi: 10.1080/17509653.2013.825074.

- Jonathan C. Ho and Yu-Hua S. Huang. Evaluation of electric vehicle power technologies: Integration of technological performance and market preference. *Cleaner and Responsible Consumption*, 5:100063, 2022. doi: 10.1016/j.clrc.2022.100063.
- Jens Horbach. Determinants of environmental innovation—new evidence from german panel data sources. *Research Policy*, 37(1):163–173, 2008. doi: 10.1016/j.respol.2007.08.006.
- IEA. Global ev outlook 2023: Executive summary, 2023. URL <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/executive-summary>.
- International Labour Organization ILO. Greening with jobs, 2018. URL <https://www.ilo.org/weso-greening/#Intro-1>.
- Mariusz J. Ligarski, Barbara Rożałowska, and Krzysztof Kalinowski. A study of the human factor in industry 4.0 based on the automotive industry. *Energies*, 14(20):6833, 2021. doi: 10.3390/en14206833.
- McKinsey. The future of mobility, 2023. URL <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-future-of-mobility-mobility-evolves>.
- Motor1. Tesla model y was the world’s best-selling car in q1 2023, 2023. URL <https://www.motor1.com/news/669135/tesla-model-y-worlds-best-selling-car-q1-2023/>.
- Anna Novaresio. Eco-innovations and labor in the european automotive industry: an econometric study, 2023. URL <https://www.ircres.cnr.it/index.php/en/pubblicazioni?id=501>.
- NREL. Supply chain of raw materials used in the manufacturing of light ..., 2023. URL <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/73374.pdf>.
- Melanie Pichler, Nora Krenmayr, Danyal Maneka, Ulrich Brand, Heinz Högelsberger, and Markus Wissen. Beyond the jobs-versus-environment dilemma? contested social-ecological transformations in the automotive industry. *Energy Research & Social Science*, 79:102180, 2021. doi: 10.1016/j.erss.2021.102180.
- J.A. Schumpeter. *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press, Cambridge, MA, English Edition, 1934.

J.A. Schumpeter. *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper, New York, NY, 1942.

Statista. Leading models of hybrid passenger cars and light commercial vehicles by new registrations in the european union in 2021, 2023. URL <https://www.statista.com/statistics/972859/hybrid-vehicles-leading-models-europe/>.

Giovanni L. Violante. Skill-biased technical change, 2008. URL https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1057/978-1-349-95121-5_2388-1.

Stock & Watson. *Introduction to econometrics*. Pearson, 2020.