



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
A.a. 2023/2024
Sessione di Laurea Aprile 2024

Relazione tra brevettazione in ambito CCS e CCUS da parte di imprese quotate e le loro performance finanziarie

Relatrice:
Prof.ssa Laura Rondi

Candidato:
Stefano Vercellone

Abstract

Nel contesto attuale in cui le tematiche ambientali risultano essere sempre più centrali per le imprese, l'attenzione e l'innovazione in ambito *green* risulta essere per esse fondamentale. L'elaborato, prima di tutto, introduce ed analizza il concetto di *green investing*, per poi concentrarsi sul ruolo del brevetto come asset intangibile che garantisce valore alle imprese, andando ad impattare sulle performance di esse, prima in maniera generale ed in seguito con un focus specifico sugli effetti della brevettazione *green*. La seconda parte dello studio, di carattere empirico, si concentra su una specifica famiglia di tecnologie, dette di *Carbon Capture & Storage (CCS)* e di *Carbon Capture Utilization & Storage (CCUS)*, e si pone l'obiettivo, in primo luogo, di ricercare quali siano le caratteristiche che determinano l'ottenimento da parte delle imprese di brevetti legati a questo ambito tecnologico. In secondo luogo, vuole indagare come l'attività di brevettazione in ambito CCS e CCUS da parte delle imprese sia percepita dal mercato azionario, ricercando una relazione tra essa ed i rendimenti ottenuti dai titoli di tali imprese. Per fare ciò è stato utilizzato un campione di imprese internazionali quotate alle quali è stato concesso almeno un brevetto legato a tecnologie CCS e CCUS in un periodo di tempo compreso tra il 2000 ed il 2022.

In the current context where environmental issues turn out to be more and more central for firms, attention and innovation in the green field result fundamental for them. This study, firstly, introduces and analyzes the concept of green investing, then focuses on the role of patenting as an intangible asset that guarantees value to companies, going on to impact their performance, first in a general way and then with a specific attention on the effects of green patenting. The second part of the study, which is empirical in nature, concentrates on a specific group of technologies, known as *Carbon Capture & Storage (CCS)* and *Carbon Capture Utilization & Storage (CCUS)*, and aims, first, to research what characteristics determine whether companies obtain patents related to this technology area. Secondly, it wants to investigate how patenting activity in CCS and CCUS by firms is perceived by the stock market, looking for a relationship between it and the returns obtained from the stocks of these firms. To do this, a sample of international public listed companies that have been granted at least one patent related to CCS and CCUS technologies in a time period between 2000 and 2022 is used.

Indice

Figure	4
Tabelle	6
Premessa e scopo del lavoro	8
1 Green Investing	10
1.1 <i>Introduzione e definizione del concetto di green investment</i>	10
1.2 <i>Principali classi di asset nel contesto del green investing</i>	13
1.2.1 Green equities	13
1.2.2 Green Bonds	16
1.2.3 Green private equity	18
1.3 <i>Analisi delle metodologie più comuni di misurazione di “greenness” di un’impresa</i>	19
1.3.1 Emissioni GHG	20
1.3.2 Rating ESG	22
1.3.3 Brevettazione green	23
1.4 <i>Relazione tra il livello di greenness di un’impresa e le performance dei titoli di essa</i>	24
1.4.1 Il concetto di carbon risk premium	25
1.4.2 Doing well by doing good	26
1.4.3 Analisi degli effetti delle azioni di policy e di eventi significativi	28
1.4.4 Analisi della differenza tra rendimenti attesi e rendimenti realizzati per il confronto delle performance di titoli <i>green</i> e <i>brown</i>	31
1.4.5 Definizione di possibili <i>bias</i> presenti in analisi empiriche svolte nel contesto <i>green investing</i>	34
2 Valorizzazione ed effetti della brevettazione sulle performance di un’impresa	36
2.1 <i>Introduzione al concetto di brevetto</i>	36
2.2 <i>Caratteristiche principali di un brevetto</i>	38
2.2.1 Domanda di brevetto	38
2.2.2 Citazioni di un brevetto	39
2.2.3 Concessione di un brevetto	39
2.2.4 Brevetto soggetto a procedure di opposizione	40
2.2.5 Dimensione della famiglia di un brevetto	40
2.2.6 Numero di inventori di un brevetto	41
2.3 <i>Presentazione ed analisi degli effetti della brevettazione sulle performance finanziarie e di mercato di imprese strutturate</i>	41
2.3.1 Relazione tra brevettazione ed indicatori di performance finanziaria	41
2.3.2 Relazione tra l’attività di brevettazione delle imprese ed i loro rendimenti azionari	46
2.3.3 Ruolo della brevettazione come garanzia per l’ottenimento di finanziamenti a debito	48
2.4 <i>Ruolo della brevettazione in procedure di initial public offering ed effetti su fenomeni di underpricing</i>	50
2.4.1 Introduzione ai concetti di IPO ed <i>underpricing</i>	50

2.4.2	Impatto della brevettazione come segnale nel mercato delle IPO	52
2.4.3	Relazione tra brevettazione e fenomeno dell' <i>underpricing</i>	56
2.5	<i>Valore ed effetti della brevettazione in contesti di start-up</i>	58
3	Brevettazione green	61
3.1	<i>Introduzione al concetto di innovazione e tecnologia green</i>	61
3.2	<i>Impatto della brevettazione green su investitori e valutazioni del mercato finanziario</i>	62
3.2.1	<i>Negative green innovation premium</i>	63
3.2.2	Analisi di come il mercato finanziario valuti e reagisca ad attività di brevettazione <i>green</i> da parte delle imprese	65
3.3	<i>Ruolo della regolamentazione e del climate concern rispetto alla brevettazione green</i>	68
3.3.1	Dipendenza tra il <i>climate concern</i> e valutazione di brevettazione <i>green</i>	69
3.3.2	Introduzione al concetto di doppia esternalità	74
3.3.3	Analisi del ruolo delle policy rispetto alla brevettazione <i>green</i>	74
3.4	<i>Effetto della brevettazione su performance d'impresa</i>	77
4	Introduzione alle tecnologie CCS e CCUS	81
4.1	<i>Introduzione all'innovazione Low Carbon Energy (LCE)</i>	81
4.2	<i>Le tecnologie CCS e CCUS</i>	86
4.2.1	Processo e principali tecnologie	86
4.2.2	Analisi dell'attività brevettuale legata a tecnologie CCS e CCUS	89
5	Analisi Empirica	95
5.1	<i>Introduzione all'analisi empirica</i>	95
5.2	<i>Analisi dei dati utilizzati riguardanti l'attività di brevettazione CCS e CCUS e delle imprese corrispondenti</i>	95
5.3	<i>Presentazione dei dataset costruiti e descrizione delle variabili di analisi</i>	104
5.4	<i>Analisi dei dataset costruiti</i>	109
5.4.1	Statistiche descrittive e distribuzione imprese in settori industriali	109
5.4.2	Test della differenza tra le medie	114
5.5	<i>Primo modello di regressione</i>	122
5.6	<i>Risultati ottenuti dal primo modello</i>	124
5.6.1	Regressione con variabili di performance, indebitamento, investimenti in ricerca e sviluppo ed effetto di COP21	125
5.6.2	Regressioni con score appartenenti al contesto ESG	128
5.6.3	Regressioni con emissioni <i>scope 1</i> e <i>scope 2</i>	132
5.7	<i>Secondo modello di regressione</i>	134
5.8	<i>Risultati ottenuti dal secondo modello di regressione</i>	135
5.8.1	Regressioni con brevetti CC(U)S concessi annualmente	136
5.8.2	Indagine sull'effetto causato dall'Accordo di Parigi	138
5.8.3	Indagine sull'effetto causato dalle performance in ambito ESG	140
5.8.4	Indagine sull'effetto causato dalle emissioni di tipo <i>scope 1</i> e <i>scope 2</i>	143

6	Conclusioni	145
	Bibliografia	148
	Sitografia	153

Figure

Figura 1-Principali motivazioni alla base del green investing	12
Figura 2-Attività volte al raggiungimento di un obiettivo ambientale	14
Figura 3-Panoramica generale degli indici azionari green al 2012	15
Figura 4-Scheda di valutazione del mercato dei green bond per gli anni 2021 e 2022	17
Figura 5-Principali aree legate all'ambito cleantech in cui sono presenti investimenti di fondi di private equity	18
Figura 6-Panoramica dei diversi scope ed emissioni lungo una value chain	21
Figura 7-Tre differenti approcci per definizione dello score della componente ambientale in rating ESG, utilizzati da Bloomberg (provider 1), MSCI (provider 2), Thomson Reuters (provider 3) ²³	23
Figura 8-Rendimenti cumulati dei tre portafogli EMI analizzati da In et al (2019)	28
Figura 9-Performance dei portafogli Brown versus Green nei paesi del G7 considerando il livello di emissioni, con asse delle y raffigurante il logaritmo dei rendimenti cumulati per i portafogli Brown minus Green costruiti.	32
Figura 10-Rappresentazione dell'evoluzione nel tempo del numero medio di brevetti applicati, ROI e q di Tobin, per le 479 imprese analizzate.	43
Figura 11-Numero di IPO (barre) e rendimento medio al primo giorno, equamente ponderato, per anno, nel periodo 1980-2022, per le società operative che si sono quotate in borsa con IPO tradizionali sulle principali borse statunitensi.	52
Figura 12-Rappresentazione del framework alla base delle analisi svolte da An et al (2023)	55
Figura 13-Rappresentazione dell'MCCC index di Ardia et al (2020), raffigurato sia come osservazioni giornaliere, corrispondenti ai punti grigi, sia come media mobile su 30 giorni, corrispondente alla linea nera, in parallelo ad alcuni importanti eventi collegati al cambiamento climatico, per il periodo 2003-2019.	70
Figura 14-Rappresentazione dei valori previsti, tramite modello di regressione OLS, della q di Tobin a diversi livelli di brevettazione green (GT_RD) ed EPS a tre valori: minimo, medio e massimo.	76
Figura 15-Panoramica delle tecnologie LCE e innovazioni tecnologiche in corso associate	83
Figura 16-Andamento a livello globale delle IPF relative a tecnologie LCE per il periodo 2000-2019 ⁵²	84
Figura 17-Top 15 delle imprese per numero di applicazioni di IPF, di tecnologie LCE, per il periodo 2000-2019.	85
Figura 18-Distribuzione e crescita di IPF di tecnologie LCE in Europa, Stati Uniti, Giappone, Corea del sud e Cina.	86
Figura 19-Distribuzione geografica della potenzialità di stoccaggio di CO ₂ .	87
Figura 20-Portfolio di tecnologie CCUS riferito allo step del processo in cui vengono generalmente utilizzate. ⁵	88

Figura 21-Overview dei valori di TRL, CRL e SRL per le principali tecnologie in ambito CCS e CCUS.	89
Figura 22-Numero di famiglie brevettuali riferite a tecnologie CCS depositate a livello globale per il periodo 2001-2018.	91
Figura 23- Numero di famiglie brevettuali riferite a tecnologie CCUS depositate a livello globale per il periodo 2001-2018. ⁵⁹	91
Figura 24-Distribuzione geografica di inventori di brevetti riferiti a tecnologie CCS.	92
Figura 25- Distribuzione geografica di inventori di brevetti riferiti a tecnologie CCUS. ⁶⁰	92
Figura 26-Top 20 a livello globale di imprese posseditrici di brevetti CCS nel periodo 2001-2018.	93
Figura 27- Top 20 a livello globale di imprese posseditrici di brevetti CCUS nel periodo 2001-2018.	94
Figura 28-Andamento puntuale annuale di brevetti CCS e CCUS concessi presente in dataset	97
Figura 29-Andamento cumulato annuale di brevetti CCS e CCUS concessi presente in dataset	98
Figura 30-Top 10 paesi per brevetti CC(U)S concessi presenti in dataset	99
Figura 31-Distribuzione geografica di brevetti CC(U)S presenti in dataset	100
Figura 32-Top 10 settori industriali per brevetti CC(U)S concessi presenti in dataset	101
Figura 33-Top 10 settori industriali per imprese presenti in dataset	104

Tabelle

Tabella 1-Elenco dei codici IPC utilizzati per l'individuazione di brevetti CCS e CCUS	97
Tabella 2-Suddivisione più dettagliata del settore industriale "Attività minerarie ed estrattive" secondo la variabile Orbis "INDUSTRY_PRIMARY_LABEL"	102
Tabella 3- Suddivisione più dettagliata del settore industriale "Prodotti chimici, farmaceutici, petroliferi, articoli in gomma e materie plastiche" secondo la variabile Orbis "INDUSTRY_PRIMARY_LABEL"	103
Tabella 4-Descrizione delle variabili considerate in Dataset_1	106
Tabella 5-Descrizione delle variabili aggiuntive considerate in Dataset_2	108
Tabella 6-Descrizione delle variabili aggiuntive considerate in Dataset_2	108
Tabella 7-Distribuzione delle imprese presenti nei 3 dataset costruiti per settore industriale di appartenenza	109
Tabella 8-Statistiche descrittive delle variabili presenti in Dataset_1	110
Tabella 9- Statistiche descrittive delle variabili presenti in Dataset_2	112
Tabella 10- Statistiche descrittive delle variabili presenti in Dataset_3	113
Tabella 11-t-test sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese sotto la dimensione media contro imprese oltre la dimensione media.	116
Tabella 12- t-test sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese con quota di asset intangibili sotto la media contro imprese con quota oltre la media.	117
Tabella 13-t-test sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese pre-COP21 contro post-COP21.	118
Tabella 14-t-test sul numero di brevetti CC(U)S "winsorizzati" concessi ad imprese pre-COP21 contro post-COP21 tra il 2009 ed il 2022.	119
Tabella 15- t-test sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese con performance ESG insufficienti contro imprese con performance ESG eccellenti.	120
Tabella 16- t-test sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese con alte emissioni Scope 1 contro imprese con basse emissioni Scope 1.	121
Tabella 17-t-test sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese con alte emissioni Scope 2 contro imprese con basse emissioni Scope 2.	122
Tabella 18-Risultati regressioni con variabili di performance, indebitamento, investimenti in ricerca e sviluppo ed effetto di COP21.	126
Tabella 19- Risultati regressioni con score ESG.	128
Tabella 20- Risultati regressioni con componente environment di score ESG.	129
Tabella 21- Risultati regressioni con score controversie in ambito ESG.	131

Tabella 22- Risultati regressioni con emissioni di tipo scope 1 e scope 2.	132
Tabella 23- Risultati regressioni con brevetti CC(U)S concessi annualmente.	137
Tabella 24- Risultati della regressione volta ad indagare l'effetto portato dalla sottoscrizione dell'Accordo di Parigi rispetto alla relazione tra rendimenti azionari e brevetti CC(U)S ottenuti.	139
Tabella 25- Risultati regressioni volti ad indagare l'effetto portato dagli score ESG.	142
Tabella 26- Risultati regressioni volti ad indagare l'effetto portato dalle emissioni di tipo scope 1 e scope 2	144

Premessa e scopo del lavoro

Il presente lavoro si concentra sullo studio delle attività di brevettazione da parte di imprese quotate, a livello globale, in due particolari tecnologie molto vicine tra di loro, dette di *Carbon Capture & Storage* (CCS) e di *Carbon Capture Utilization & Storage* (CCUS), e della loro influenza su performance finanziarie che caratterizzano tali imprese, quali i rendimenti azionari medi annuali dei loro titoli.

Tali tecnologie fanno parte di quello spettro di tecnologie considerabili come *green*, utilizzate in molti contesti come strumento in grado di permettere una diminuzione del livello di emissioni di gas GHG. L'importanza di tali tecnologie viene sottolineata anche dall'impegno di istituzioni internazionali come l'Unione Europea nei loro confronti; parlando proprio di EU, le tecnologie CCS e CCUS sono state selezionate tra le tecnologie incluse nel cosiddetto *Innovation Fund*, un fondo di 40 miliardi di euro per il periodo 2020-2030 che ha, tra gli altri, l'obiettivo di incentivare la decarbonizzazione a livello europeo, e proprio in tale contesto progetti legati a tecnologie CCS e CC(U)S si sono visti allocati fondi pari ad un miliardo di euro¹.

L'obiettivo di tale ricerca è, quindi, quello di cercare di capire come l'impegno di imprese rispetto ad attività di brevettazione in ambito CCS e CCUS, sia percepito dagli investitori in un contesto, come quello attuale, in cui le tematiche legate ai cambiamenti climatici ed al raggiungimento di livelli di emissioni di gas GHG minimi o addirittura nulli sono sempre più centrali in contesti sia politici che economici, andando ad indagare l'esistenza di una relazione tra l'ottenimento, da parte di imprese quotate, di brevetti legati a tali tecnologie e le performance dei loro titoli sui mercati azionari.

Nel Capitolo 1 di tale studio si presenta il concetto di *green investment*, in modo tale da avere un'introduzione di quello che è il contesto *green*, presentando le principali classi di asset *green* utilizzate dagli investitori, le metodologie usate per valutare il livello di *greenness* di imprese, tra cui è presente anche il livello di brevettazione in tale ambito. Verrà, infine, fatto un excursus di quelle che sono le principali teorie presenti in letteratura che

¹ Fonte: Levina Ellina, Gerrits Bruno, Blanchard Matilde, 2023. CCS in Europe Regional Overview. *Global CCS Institute*.

vanno ad analizzare la relazione tra le performance in ambito *green* delle imprese e le loro performance a livello finanziario, confrontando le varie posizioni esistenti.

Nel Capitolo 2 verrà invece analizzata, sempre tramite un'analisi della letteratura scientifica inerente, il ruolo della brevettazione rispetto alle performance finanziarie e di mercato di imprese strutturate, concentrandosi anche sull'importanza di asset brevettuali legati a tecnologie innovative rispetto ad eventi quali le IPO, per poi spostare il focus, nel terzo capitolo, verso la sola brevettazione *green*, analizzando, anche in questo caso, la sua relazione rispetto alle performance delle imprese ad essa legate, prendendo anche in considerazione il livello di *climate concern* degli investitori e l'influenza di eventi quali l'Accordo di Parigi del 2015. Si procede successivamente con il Capitolo 4, in cui vengono presentate più nello specifico le sole tecnologie CCS e CCUS e viene presentato il contesto brevettuale internazionale legato ad esse. In seguito, nel Capitolo 5, viene introdotto ed analizzato il campione di imprese quotate che si sono viste concesse brevetti CC(U)S tra il 2000 ed il 2022, alla base dell'analisi empirica successiva, effettuando un'analisi descrittiva dei vari dati relativi ad esse che sono stati raccolti. Sempre in tale capitolo vengono, infine, presentati i modelli di regressione utilizzati, i risultati ottenuti e le conclusioni da essi deducibili.

Codesta tesi è stata realizzata nell'ambito delle attività di ricerca per il progetto NODES, "Ecosistemi dell'Innovazione", SPOKE2 "*Green Technologies and Sustainable Industries*", del PNRR- NextGenerationEU.

1 *Green Investing*

1.1 Introduzione e definizione del concetto di *green investment*

Ormai è appurato che il cambiamento climatico, causato principalmente da emissioni di gas serra e CO₂, stia avendo effetti sempre più evidenti sul pianeta Terra, provocando fenomeni ambientali sempre più impattanti, con forti implicazioni a livello sociale e macroeconomico, oltre che ambientale. Sembra quindi chiaro che, in uno scenario del genere, in cui fenomeni come l'innalzamento delle temperature medie globali, l'innalzamento del livello medio degli oceani ed eventi climatici estremi sono sempre più preponderanti, sia necessario incentivare e velocizzare un passaggio a sistemi in grado di garantire un minimo livello di emissioni, investendo in tecnologie verdi che permettano di centrare questi obiettivi nel prossimo futuro.

È proprio in questo contesto che, nel corso degli ultimi anni, il livello di attenzione da parte degli investitori a tematiche legate al cambiamento climatico, all'efficientamento delle risorse e problematiche *green* in generale è aumentato in maniera evidente.

Nonostante ciò, tra i vari investitori, ed in generale in letteratura, non sembra ancora esserci una definizione ed una metodologia di misurazione univoca per gli investimenti *green*, che permetterebbe una maggior comprensione di essi da parte dei soggetti interessati ed una maggior facilità nel misurare la loro evoluzione nel tempo.

Ciò che sembra creare più incongruenze è il concetto di *green* stesso; infatti, come viene sottolineato da *Inderst et al (2012)*, la definizione di un asset come *green* può essere data sia in maniera esplicita che implicita, in modo generico o tecnico, in termini qualitativi o quantitativi, quindi facendo riferimento ad indicatori specifici. Tutte queste variabili generano quindi complessità e rendono difficile uniformarsi attorno ad una definizione univoca.

Per quanto riguarda il concetto di investimento, esso può essere definito più semplicemente, in termini generali, come il destinare del capitale a progetti o attività che si prevede generino un ritorno finanziario positivo².

Secondo *Eyraud et al (2013)* una definizione di *green investment* può corrispondere a:

² Fonte: <http://www.investopedia.com/terms/i/investing.asp#ixzz1op0pvgQG>

“investimento necessario a ridurre emissioni di gas a effetto serra e di inquinanti atmosferici, senza ridurre in modo significativo la produzione e il consumo di beni non energetici.”

Un'altra definizione viene fornita in letteratura da *Della Croce et al (2011)*, il quale cerca di fare riferimento in maniera più specifica alle tecnologie appartenenti al contesto *green* ed agli strumenti per investire in esse, scrivendo che:

“gli investimenti verdi si riferiscono in generale a investimenti a basse emissioni di carbonio e resilienti al clima effettuati in società, progetti e strumenti finanziari che operano principalmente nei mercati delle energie rinnovabili, delle tecnologie pulite, delle tecnologie ambientali o della sostenibilità, nonché a investimenti specifici per il cambiamento climatico.”

Come si può facilmente immaginare la tematica del *green investing* risulta essere fortemente correlata ad altre tematiche di investimento; infatti, come viene riportato da *Inderst et al (2012)*, essa presenta una forte relazione con:

- La “E” inerente agli investimenti ESG (*environmental, social e governance*)
- SRI (*sustainable responsible investing*)
- *Thematic Investing*³

Per quanto riguarda le tematiche ESG ed SRI, esse sono nate e si sono diffuse in maniera concreta nel corso degli anni novanta, concentrandosi inizialmente su problematiche di governance, ma includendo fin da subito una forte componente legata alle problematiche ambientali.

Per questo motivo in letteratura non vi è, al momento, una demarcata differenza, in termini di definizione, tra questi ulteriori approcci di investimento elencati ed il *green investing* e, a fronte di ciò, spesso capita che gli investitori prendano le loro decisioni andando ad applicare contemporaneamente più di uno tra questi.

Al fine di comprendere al meglio cosa si intenda per *green investing*, può risultare utile andare ad esaminare quelle che sembrano essere le principali motivazioni che spingono gli investitori a puntare su investimenti *green*. Le principali motivazioni sono riportate in Figura

³ *Somefun et al (2022)* definiscono l'investimento tematico come la pratica di investire in asset che sono in relazione con tendenze strutturali che si pensa potranno avere un impatto significativo sull'economia e su vari modelli di business.

1, nella quale è riportata la tabella con la quale *Inderst et al (2012)* hanno cercato di riassumere quelle che sembrano essere le motivazioni principali:

Figura 1-Principali motivazioni alla base del green investing⁴

<i>Financial considerations</i>	<i>Extra-financial considerations</i>	<i>Reputation</i>	<i>Compliance and fiduciary duty</i>
<ul style="list-style-type: none"> Standard <i>return</i> criteria - expected returns of green companies or assets 	<ul style="list-style-type: none"> ecological 	<ul style="list-style-type: none"> reputation of the investor and the investee companies 	<ul style="list-style-type: none"> domestic law and regulation (e.g. in the form of SRI policy, ESG disclosure)¹⁰
<ul style="list-style-type: none"> Standard <i>risk</i> criteria - volatility, downside risk, value-at-risk (VaR), default risk, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> scientific 	<ul style="list-style-type: none"> pressure by politicians, media, NGOs, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> international conventions (e.g. UN Global Compact)
<ul style="list-style-type: none"> Standard <i>diversification</i> criteria - (possibly lower) correlation of green assets with other assets 	<ul style="list-style-type: none"> ethical, religious 	<ul style="list-style-type: none"> 'intangible asset', e.g. 'community investing' 	<ul style="list-style-type: none"> voluntary industry codes and principles (e.g. UN PRI, Carbon Disclosure Project (CDP), Global Reporting Initiative (GRI))¹¹
<ul style="list-style-type: none"> <i>Long-term risk</i> consideration - non-standard risk criteria, (e.g. integration of tail-risk or black swan events, reduction of catastrophic risks by reducing long-term carbon emission) 	<ul style="list-style-type: none"> political, social 	<ul style="list-style-type: none"> marketing tool 	<ul style="list-style-type: none"> disclosure regulation
<ul style="list-style-type: none"> Internalization of (negative and positive) externalities (or 'universal ownership')¹² - via taxes and subsidies - via collective action of investor groups 	<ul style="list-style-type: none"> other 'norm-based' 		<ul style="list-style-type: none"> good governance codes for institutional investors and companies; corporate social responsibility (CSR).
	<ul style="list-style-type: none"> 'double bottom-line' or 'triple bottom-line' 		<ul style="list-style-type: none"> part of fiduciary obligations.

Si può notare come queste motivazioni siano divise in quattro principali macro categorie:

- Motivazioni di tipo finanziario
- Motivazioni di tipo extra-finanziario
- Motivazioni legate alla reputazione
- Motivazioni legate al "*fiduciary duty*"⁵

Va evidenziato come queste motivazioni non risultino mutuamente esclusive tra di loro, ma spesso co-presenti nel guidare le decisioni degli investitori. Tuttavia viene sottolineato come, nella maggior parte dei casi, le motivazioni di carattere finanziario, legate per esempio a criteri di rendimenti attesi, criteri di rischio e di diversificazione, rimangono le più impattanti nel guidare le decisioni degli investitori.

⁴ Fonte: Inderst Georg, Kaminker Christopher, Stewart Fiona (2012). *Defining and Measuring Green Investments*. OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions, No. 24.

⁵ Insieme degli obblighi dei soggetti che amministrano patrimonio di altri, nel loro interesse.

1.2 Principali classi di asset nel contesto del *green investing*

Quando si parla di una classe di asset si fa riferimento a strumenti di investimento che sono simili fra di loro. Infatti, generalmente, strumenti di investimento appartenenti alla stessa classe di asset sono scambiati negli stessi mercati finanziari e sono soggetti alle stesse regole e normative; esempi più comuni possono essere *equities* e *bonds*.⁶

Per quanto riguarda il contesto *green*, *Zhou e Caldecott (2020)* definiscono in maniera generale un asset *green* come:

“attività o progetti climate resilient e rispettosi dell'ambiente che affrontano i cambiamenti climatici e le questioni ambientali.”

In questa sezione verranno analizzate rapidamente le classi di asset *green* più comunemente utilizzate quali:

- *Green equities*
- *Green bonds*
- *Green private equity*

1.2.1 Green equities

Con il termine *green equities* ci si riferisce a quei titoli azionari appartenenti a società quotate che praticano attività volte al raggiungimento di un obiettivo ambientale ben definito (*Zhou e Caldecott, 2020*).

Un report redatto da Deutsche Bank (*DB Climate Change Advisors, 2012*) ha cercato di identificare tali attività, identificando tre macro settori:

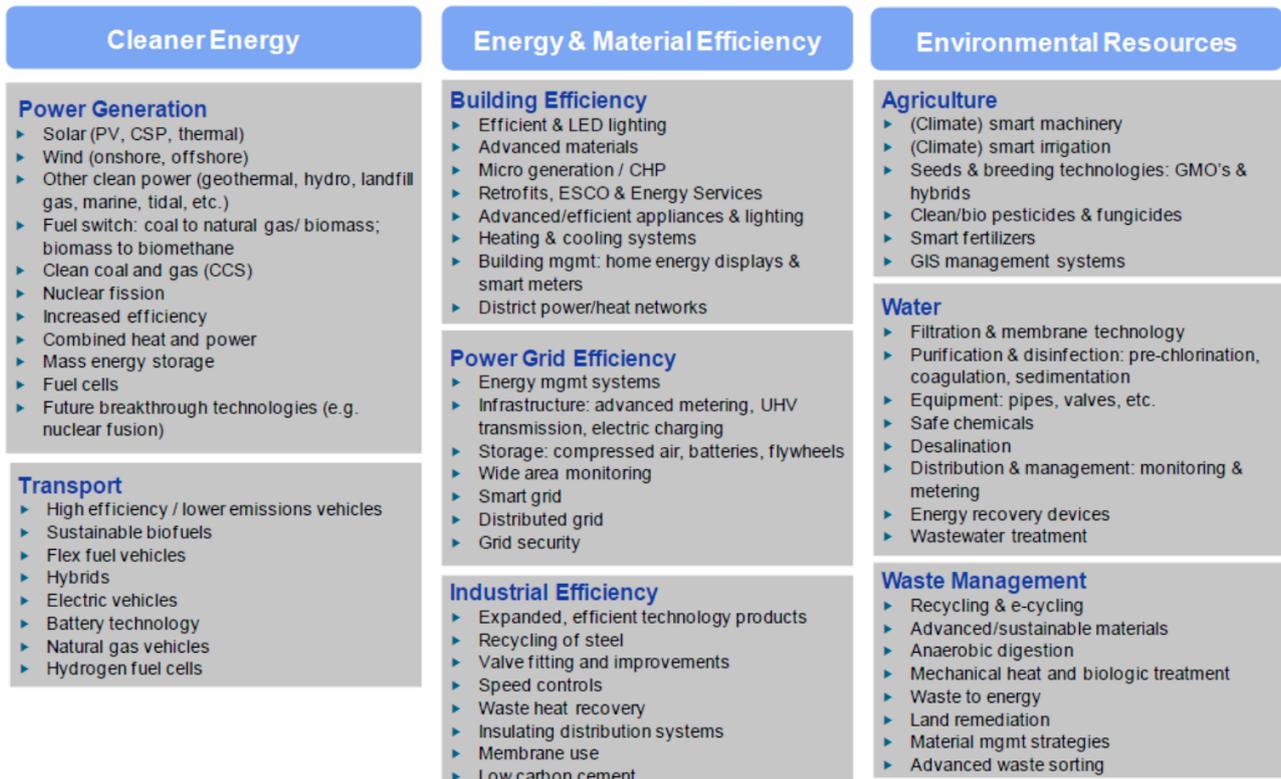
- Settore comprendente le attività volte alla produzione di energia più pulita (*cleaner energy*)
- Settore comprendente le attività volte all'efficientamento di consumo di energia e materiale (*energy and material efficiency*)

⁶ Fonte: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/wealth-management/asset-class/>

- Settore comprendente le attività volte alla gestione delle risorse ambientali (*environmental resource*)

In Figura 2, qui di seguito, sono rappresentate, in maniera più dettagliata, tutte le attività comprese nei tre settori sopra descritti:

Figura 2-Attività volte al raggiungimento di un obiettivo ambientale⁷



In parallelo alla nascita e alla diffusione di questa tipologia di equity, i principali fornitori di indici mondiali, come ad esempio *FTSE*, *Dow Jones* e *S&P*, hanno reso disponibili un'ampia scelta di indici azionari definiti da essi come *green*. Nello specifico, *Inderst et al (2012)*, sottolineano come alcuni di essi siano stati costruiti concentrandosi su un tema o settore specifico, come ad esempio le fonti di energia pulita, altri coprono attività appartenenti a più settori, quindi la tematica *green* in generale, e ve ne sono altri ancora che tendono a concentrarsi solamente su una specifica attività, come la riduzione di emissioni di carbonio. Viene infine sottolineato come gli indici meno recenti, avvicinabili a questa tipologia, tendano, in realtà, a trattare la tematica ESG in generale, quindi con focus non solo

⁷ Fonte: DB Climate Change Advisors (2012)

sull'aspetto ambientale. La Figura 3, sotto riportata, fornisce una panoramica generale di questi indici descritti.

Figura 3-Panoramica generale degli indici azionari green al 2012⁸

	<i>RI / SRI / ESG / SI</i>	<i>Green thematic</i>	<i>Sectors</i>	<i>Carbon related</i>
<i>FTSE</i>	FTSE4Good Series	FTSE Environmental Market		FTSE CDP Carbon Strategy
<i>Dow Jones</i>	DJ Sustainability			
<i>S&P</i>		S&P Eco	S&P Clean Energy, Alternative Energy	S&P Carbon Efficient
<i>MSCI</i>	MSCI ESG / SRI	MSCI Climate; Environmental		
<i>HSBC</i>		HSBC Climate Change		
<i>Bloomberg</i>			Bloomberg Clean Energy	
<i>Wilderhill</i>			Wilderhill New Energy Innovation (NEX)	
<i>NASDAQ</i>		NASDAQ OMX Green Economy		
<i>Markit</i>				Markit Carbon Disclosure

Va però sottolineato come questi indici presentino delle problematiche e delle debolezze. Sempre facendo riferimento ad *Inderst et al (2012)*, possono essere evidenziate alcune tra queste debolezze, come:

- Trasparenza e qualità dei dati disponibili
- Lacune nella reportistica legata a fattori *green* ed ESG delle società
- Mancanza di divulgazione di dati da parte di piccole e medie imprese
- Crescenti dibattiti riguardo a performance e rischio rispetto ad indici standard

Riprendendo quest'ultimo punto, *Lehnert (2022)* afferma che il mercato azionario *green* presenti caratteristiche quali valutazioni molto elevate, interesse aggressivo da parte di investitori individuali e un andamento parabolico dei prezzi, in grado di segnalare come in tale mercato si stia formando una bolla speculativa⁹, simile a quella che è stata la cosiddetta *dot-com bubble*, di fine anni novanta ed inizio anni duemila. Tuttavia, viene sottolineato

⁸ Fonte: Inderst Georg, Kaminker Christopher, Stewart Fiona (2012). *Defining and Measuring Green Investments*. OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions, No. 24.

⁹ Una bolla speculativa è un'impennata del valore di asset appartenenti ad un particolare settore, relativi ad una particolare commodity, causata da un'attività speculativa irrazionale. Fonte: <https://www.investopedia.com/terms/s/speculativebubble.asp>

come questa bolla possa avere effetti positivi, permettendo di compiere investimenti *green* con costi minori, contribuendo, per esempio, alla transizione verso fonti di energia pulita e alla lotta al cambiamento climatico.

1.2.2 Green Bonds

Così come nel caso delle *equities*, anche lato obbligazioni, nel corso degli ultimi, la tematica *green* è diventata sempre più rilevante.

Con il termine *green bonds* si intendono quei titoli a debito, nello specifico obbligazioni, emessi da enti come governi, banche e società, con fine ultimo quello di raccogliere il capitale necessario al finanziamento di progetti che contribuiscano allo sviluppo di un'economia *low carbon* e *climate resilient* (Della Croce et al, 2011).

Questa specifica tipologia di obbligazione può essere differenziata in quattro differenti categorie, con specifiche caratteristiche, come evidenziato da Inderst et al (2012), quali:

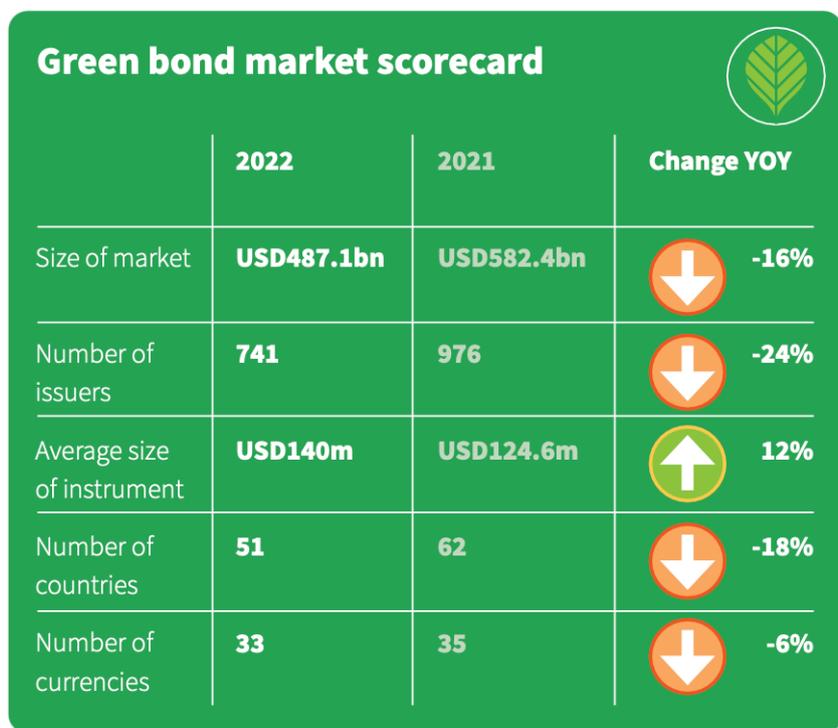
- Obbligazioni *green asset backed*, cioè legate direttamente a specifici progetti di natura *green*, come la costruzione di infrastrutture.
- Obbligazioni *green* di natura *corporate*, cioè emesse da società con forte impegno nel contesto *green*.
- Obbligazioni *green* emesse da un'istituzione finanziaria, al fine di finanziare progetti *green*, come ad esempio la Banca Mondiale.
- Obbligazioni *green municipal* e *sovereign*, cioè emesse da enti o amministrazioni locali, come stati e città.

Come detto in precedenza, il mercato dei *green bond* ha avuto una particolare espansione nel corso degli ultimi anni, Flammer (2020) evidenzia infatti come questa tipologia di obbligazione, nello specifico si fa riferimento alle obbligazioni *green* emesse da *corporate*, fosse praticamente inesistente prima del 2013, espandendosi poi rapidamente nel corso degli anni successivi; nel solo 2018, per esempio, lato *corporate* sono state emesse obbligazioni *green* per un totale di 95,7 miliardi di dollari.

Dati più recenti sono illustrati nella Figura 4 sotto riportata, raffigurante una *scorecard*, presentata in un report redatto dall'organizzazione no-profit *Climate Bonds Initiative*, che permette di capire al meglio le dimensioni del mercato dei *green bond* al 2022, sia in termini

di capitali, che in termini di espansione geografica, sottolineando infatti come i paesi coinvolti, sempre al 2022, abbiano raggiunto quota 51.

Figura 4-Scheda di valutazione del mercato dei green bond per gli anni 2021 e 2022¹⁰



Ritornando al contesto *corporate*, *Flammer (2020)*, tramite un accurato lavoro di analisi su come il mercato azionario reagisca all'emissione di questa tipologia di obbligazioni, prendendo in considerazione un campione di 1189 *green bond* emessi tra il 2013 ed il 2018 a livello globale, ha sottolineato come questo strumento finanziario abbia un ruolo determinante per permettere alle imprese che ne fanno uso di segnalare al mercato il loro impegno verso tematiche ambientali, acquisendo, quindi, credibilità agli occhi degli investitori sensibili a tali argomenti. Il lavoro sopra riportato sembra inoltre escludere la prospettiva secondo la quale questo crescente impegno lato *corporate* nell'emissione di obbligazioni verdi sia volto a sostenere pratiche di *greenwashing*, quindi presentarsi ai mercati ed agli investitori come responsabili rispetto a tematiche ambientali, senza però poi impegnarsi in maniera concreta in tale direzione.

¹⁰ Fonte: Michetti, C., et al., *Sustainable Debt Global State of the Market 2022*, Climate Bonds Initiative 2023.

1.2.3 Green private equity

Il *private equity* è una delle le più comuni classi di asset finanziari tra i cosiddetti asset “alternativi” e consiste nell’investimento in imprese non quotate, tipicamente da parte di fondi specializzati, che fondano il loro business su queste attività, tramite acquisto di partecipazioni, con la speranza che si verifichi un aumento di valore nel tempo da parte di esse.

Così come per le altre classi di asset analizzate in precedenza, anche il mondo del *private equity*, nel corso degli ultimi anni, ha visto una forte crescita nell’ambito *green*, soprattutto per quanto riguarda tematiche quali le energie rinnovabili ed il *cleantech*¹¹.

Secondo *Preqin Global Private Equity Report (2012)*, infatti, considerando il solo periodo tra il 2006 ed il 2011, all’incirca 170 nuovi fondi specializzati in *private equity*, in ambito *cleantech*, hanno visto la loro nascita, per un totale di 31 miliardi di dollari investiti.

In Figura 5 sono elencate le principali aree che interessano questa tipologia di investimenti:

Figura 5-Principali aree legate all’ambito *cleantech* in cui sono presenti investimenti di fondi di *private equity*¹²

Advanced Components	Energy Storage	Recycling
Advanced Materials	Fuel Cells	Recycling & Waste
Air Quality	GeoThermal	Solar Power
Automotive Components	Green IT	Solar Thermal
Batteries	Grid Management Systems	Solid State Lighting (SSL)
Biofuels	Hydro Power	Supercapacitors
Biomass	Integrated Fuel Cell	Transportation
Biopolymers	Intelligent Network Devices	Waste Management
Bioremediation	Intelligent Sensors	Waste to Energy
Carbon Credit	Materials	Water
Clean Coal	Molecular Chemicals	Water Management
Efficiency Infrastructure	Nanopower	Water Purification
Electric/Hybrid Vehicles	Nuclear	Water Recycling
Emissions Control	Power Generation	Wind Power

¹¹ Con il termine *cleantech* ci si riferisce a: “qualsiasi prodotto, servizio o processo che fornisce valore utilizzando risorse non rinnovabili in maniera limitata o nulla e/o che crea una quantità di rifiuti significativamente inferiore rispetto ad alternative analoghe convenzionali” (Pernick e Wilder, 2007)

¹² Fonte: *Preqin Global Private Equity Report (2012)*.

1.3 Analisi delle metodologie più comuni di misurazione di “greenness” di un’impresa

Per riuscire ad analizzare e comprendere al meglio il mondo del *green investing*, è necessario cercare di definire le metodologie e gli indicatori più opportuni per riuscire a valutare il livello di *greenness* di un’impresa, fattore chiave per orientare le decisioni degli investitori in questo contesto.

In et al (2019) non fanno direttamente riferimento al livello di *greenness* di un’impresa, ma parlano invece di *environmental performance*, confermando nuovamente come, nel contesto *green* la terminologia si abbastanza varia e confusionaria. Si evidenzia come il problema principale di questi indicatori di performance risulti essere che non ve ne siano di universalmente accettati, in termini di definizione, criteri e metodologie, a differenza, per esempio, di indicatori di performance di natura finanziaria, che, nel corso degli anni, sono riusciti a convergere verso uno standard.

Questa disomogeneità, che va aggiunta alla limitata disponibilità di dati, ha portato, in primo luogo, a studi empirici sulla questione che presentano problematiche di rappresentatività del campione, di significatività statistica e risultati discordanti. Inoltre, la molteplicità di metriche disponibili, rischia di far perdere fiducia in esse da parte degli investitori, come base per le loro decisioni, e creare confusione nei manager sulle azioni ed investimenti da intraprendere sul come migliorare le performance ambientali delle proprie imprese (*Delmas et al, 2013*).

L’obiettivo di questa sezione è quello di presentare alcune delle metriche, volte alla misura del livello di *greenness* di un’impresa, più utilizzate per analisi di tipo empirico, soffermandosi anche sui principali enti in grado di fornire quest’ultime.

Da un’analisi in letteratura è emerso che tra le metodologie più utilizzate per la quantificazione delle performance ambientali lato *corporate*, vi sono:

- Utilizzo di dati riguardanti emissioni GHG, o anche più specificamente di sola CO₂, delle singole imprese
- Utilizzo di rating ESG, più specificatamente rating riguardanti la “E” (*environmental*)
- Utilizzo delle attività di brevettazione *green* delle singole imprese

Di seguita verrà presentata in maniera più approfondita ciascuna delle tre metodologie presentate.

1.3.1 Emissioni GHG

Come affermato in precedenza, una delle variabili più utilizzate per la quantificazione delle performance ambientali di un'impresa, è quella legata alle emissioni GHG, quindi di tutti i gas serra, con però una maggiore attenzione, spesso, nei confronti della sola CO₂. Come affermato da *In et al (2019)*, l'uso di questa variabile è molto diffuso in letteratura, per analisi empiriche relative alla questione, in quanto, prima di tutto, è facilmente quantificabile, ed inoltre fa riferimento a parametri registrati dalle imprese da un periodo di tempo ormai relativamente lungo.

A ciò si aggiunge l'esistenza del "Greenhouse Gas Protocol", nato a fine anni novanta, grazie al quale si è cercato di definire un framework standardizzato per misurare e gestire le emissioni di gas serra. Come si può leggere sul sito ufficiale¹³, esso si basa sulla collaborazione tra *World Resources Institute*¹⁴ (WRI) e *World Business Council for Sustainable Development*¹⁵ (WBCSD) ed è indirizzato a governi, imprese, ONG, associazioni industriali ed altre organizzazioni; entrando nell'ambito *corporate*, al 2016 risultava che il 92% delle imprese *Fortune 500*¹⁶ facessero riferimento a questo protocollo.

È proprio grazie al GHG Protocol che è stato introdotto il concetto di "scope". Le emissioni di GHG, infatti, sono state suddivise in tre ambiti differenti che, facendo direttamente riferimento a *Greenhouse Gas Protocol: a Corporate Accounting and Reporting Standard (2015)*, risultano essere:

- Emissioni *scope 1*, cioè le emissioni di gas serra che provengono da fonti direttamente possedute e controllate dall'impresa, come ad esempio le emissioni derivanti da processi produttivi svolti internamente.
- Emissioni *scope 2*, cioè le emissioni di gas serra derivanti dalla produzione di energia elettrica acquistata, introdotta nei confini organizzativi dell'impresa ed utilizzata da essa.

¹³ Fonte: <https://ghgprotocol.org/about-us>

¹⁴ Organizzazione globale, senza scopo di lucro, che lavora con i leader di governi ed imprese per progettare e realizzare soluzioni in grado sia di migliorare la vita delle persone sia di far prosperare la natura.

Fonte: <https://www.nuvasustainability.com/glossario/world-resources-institute-wri/>

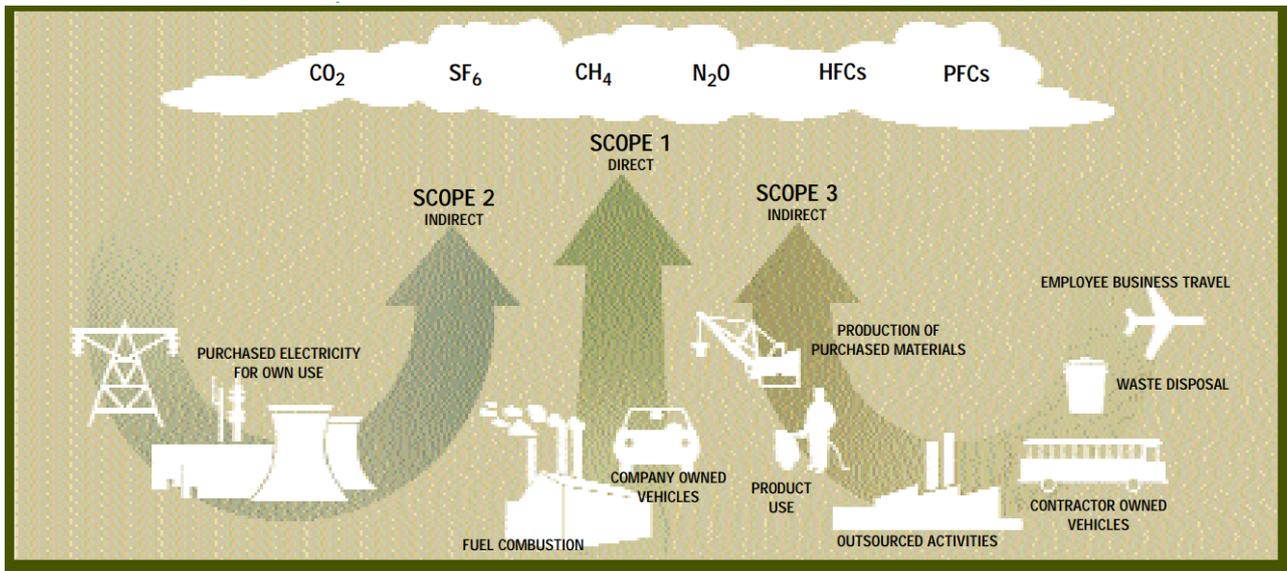
¹⁵ Comunità globale che riunisce più di 200 imprese, tra le più sostenibili al mondo, che lavora per accelerare le trasformazioni necessarie per un futuro a zero emissioni.

Fonte: <https://www.wbcsd.org/Overview/About-us>

¹⁶ Classifica delle 500 maggiori imprese statunitensi, misurate sulla base del loro fatturato, stilata dalla rivista *Fortune* annualmente.

- Emissioni *scope 3*, cioè le emissioni di gas serra derivanti dalle attività e dai prodotti dell'impresa, che però provengono da fonti non sotto il controllo di essa. Un esempio possono essere le emissioni derivanti dalla produzione di materiali acquistati.

Figura 6-Panoramica dei diversi scope ed emissioni lungo una value chain¹⁷



Come riportato da *Bolton et al (2021)*, vari provider forniscono dati riguardanti le emissioni GHG di imprese, tipicamente quantificate in tonnellate emesse per anno, seguendo il protocollo sopra descritto, quali:

- *Trucost*
- *Carbon Disclosure Project (CDP)*
- *MSCI*
- *Sustainalytics*
- *Thomson Reuters*
- *Bloomberg*
- *Institutional Shareholder Services (ISS)*

Tra questi provider, solamente *Trucost* ed *ISS* forniscono dati riguardanti emissioni scope 3, mentre per quanto riguarda scope 1 (scope 2), i dati forniti tra i provider elencati presentano un grado di correlazione pari a 0.99 (0.98). (*Bolton et al, 2021*)

¹⁷ Fonte: *Greenhouse Gas Protocol: a Corporate Accounting and Reporting Standard (2015)*

1.3.2 Rating ESG

Una seconda metodologia utilizzata per valutare il livello di *greenness* di un'impresa è quella basata sull'utilizzo di rating ESG, nello specifico su rating riguardanti la "E" (*environmental*). La componente ambientale di questi rating pone il proprio focus su tematiche, già citate in precedenza, quali cambiamento climatico, inquinamento di aria ed acqua, sfruttamento del territorio e perdita di biodiversità, valutando gli sforzi dell'impresa in termini di efficienza energetica, emissioni di gas serra, rifiuti, acqua e gestione delle risorse (*Billio et al, 2021*).

Nel contesto ESG non vi è uno standard comune, esistono infatti diversi provider che utilizzano metodologie e metriche che possono differire e quindi fornire valutazioni discordanti.

Nonostante ciò, *Boffo et al (2020)* hanno individuato cinque categorie generali in cui rientrano le metriche utilizzate da tre dei provider principali in ambito ESG, che sono *Bloomberg*, *MSCI* e *Thomson Reuters*, le quali risultano essere:

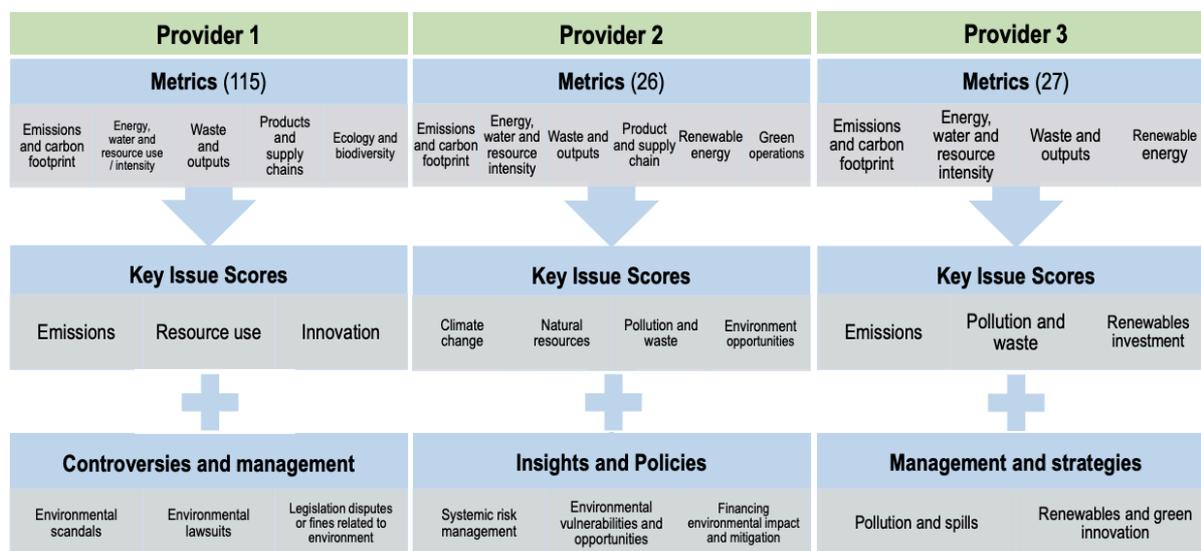
- Emissioni e *carbon footprint*
- Intensità ed uso di energia, risorse e acqua
- Ecologia e biodiversità
- Gestione dei rifiuti
- Energie rinnovabili e mitigazione del clima

Il report OECD in questione spiega, quindi, come queste metriche siano utilizzate assieme ad indicatori binari, basati su informazioni aggiuntive provenienti solitamente da report aziendali, per definire delle valutazioni, sotto forma di punteggi, riguardo alle questioni chiave dell'ambito ambientale.

La Figura 7, cerca di riassumere questo processo, mostrando, inoltre, come alle valutazioni ottenute, tutti i tre provider considerati definiscano due o tre categorie aggiuntive, che utilizzano informazioni qualitative e quantitative, i quali punteggi contribuiranno poi anch'essi alla definizione dello score "E" definitivo.

Viene, infine, sottolineato come una delle principali differenze tra i 3 provider analizzati riguardi la quantità di metriche utilizzate; *Bloomberg* utilizza all'incirca 115 metriche, *MSCI* ne utilizza 26 circa, mentre *Thomson Reuters* si attesta intorno alle 27.

Figura 7-Tre differenti approcci per definizione dello score della componente ambientale in rating ESG, utilizzati da Bloomberg (provider 1), MSCI (provider 2), Thomson Reuters (provider 3)¹⁸



Attualmente MSCI, con il suo database MSCI ESG Rating data, risulta essere, secondo *Eccles and Strohle (2018)*, il provider più grande di rating ESG, con oltre 1700 clienti, tra i quali fondi pensione, banche, assicuratori, consulenti e gestori patrimoniali.

1.3.3 Brevettazione green

L'ultima metodologia che verrà analizzata in questa sezione, utilizzata, specialmente in letteratura, per definire il livello di *greenness* di un'impresa, si basa sulla valutazione dell'attività di brevettazione, i cui effetti sulle performance di un'impresa verranno approfonditi più avanti, in ambito *green*.

L'innovazione in ambito *green*, come sottolineato da *Andriosopoulos et al (2022)*, è, infatti, una variabile importante per gli investitori che si concentrano e sono sensibili a problematiche ambientali e/o che vogliono minimizzare la loro esposizione a rischi connessi ad essi.

Detto ciò, il numero di brevetti di un'impresa risulta essere l'indicatore che meglio va a riflettere le performance in ambito innovazione, rispetto ad altri indicatori come le spese in ricerca e sviluppo (*Desheng et al, 2021*).

¹⁸ Fonte: Boffo, R., C. Marshall and R. Patalano (2020), "ESG Investing: Environmental Pillar Scoring and Reporting", OECD Paris.

Favot et al (2023) affermano che le metodologie principali per classificare ed identificare brevetti come *green* si basano principalmente su quattro approcci differenti:

- Classificazione basata sulla codifica del brevetto, come ad esempio la *International Patent Classification* (IPC) e la *Cooperative Patent Classification* (CPC).
- Classificazione basata sulle *keywords* presenti nel brevetto
- Classificazione basata su una combinazione delle due metodologie precedenti
- Classificazione eseguita tramite una selezione manuale del brevetto considerato *green*

Dati riguardanti le attività di brevettazione delle imprese sono reperibili presso i database di enti che si occupano direttamente di tali attività, quali la *World Intellectual Property Organization* (WIPO), lo *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) e l'*European Patent Office* (EPO).

1.4 Relazione tra il livello di *greenness* di un'impresa e le performance dei titoli di essa

Come sottolineato nelle sezioni precedenti, in questo periodo storico gli investitori sembrano preoccuparsi sempre maggiormente di tematiche ambientali, tentando di gestire i rischi e le opportunità che possono venire alla luce in un contesto caratterizzato da cambiamenti climatici sempre più evidenti.

La letteratura, tuttavia, sembra non essere ancora riuscita a fare chiarezza su quale sia la vera relazione che occorre tra le performance ambientali di un'impresa e le sue performance finanziarie, a causa, come presentato precedentemente, di mancanza di standard legati a tali misure e scarsità di dati.

In questo contesto si andranno ad analizzare due prospettive differenti; la prima, presentata da *Bolton et al (2021)*, secondo cui gli investitori ricercano una compensazione nel detenere dei titoli di imprese che producono grandi quantità di CO₂, portando a rendimenti anomali¹⁹ superiori rispetto a titoli più *green*.

¹⁹ Un rendimento anomalo si ha quando si generano dei profitti o delle perdite insolitamente elevate, generate da un investimento o un portafoglio in un periodo specifico. Il rendimento si definisce, quindi, anomalo perché si discosta dal rendimento previsto e stimato, basato per esempio su un *asset pricing model* o su una media storica di lungo periodo. Fonte: <https://www.investopedia.com/terms/a/abnormalreturn.asp>

In contrasto a ciò, *In et al (2019)*, presentano dei risultati secondo i quali sembra che il mercato sottostimi, in termini di prezzo, il rischio legato alla produzione di CO₂ al punto che, per gli investitori sensibili a questa tematica, sia possibile “*doing well by doing good*”.

Si cercherà, inoltre, di analizzare il ruolo e l’influenza delle policy e degli eventi, di natura, per esempio, geopolitica, in questo contesto, sempre concentrandosi sulle performance finanziarie delle imprese coinvolte.

Infine, verrà presentata una visione, in grado di far convivere le due analisi precedentemente descritte, facendo riferimento principalmente a *Bauer et al (2022)* ed ai concetti di rendimenti attesi e realizzati.

1.4.1 Il concetto di carbon risk premium

Bolton et al (2021) introducono, per primi in letteratura, il concetto di *carbon risk premium*, definito come la ricerca, da parte degli investitori, di una compensazione, o premio, dovuta dal fatto di detenere titoli di imprese che hanno un alto livello di emissioni di CO₂, il che le rende esposte ad un rischio tecnologico maggiore, andando a generare, quindi, una relazione positiva tra tali emissioni delle imprese ed i loro rendimenti azionari.

Per validare tale ipotesi è stata, in aggiunta, esplorata la possibilità che questo premio per il rischio legato alle emissioni delle imprese, che porta a rendimenti azionari elevati, sia in realtà determinato dal fatto che questi titoli potrebbero essere percepiti come “*sin stocks*”²⁰, provocando ampi fenomeni di disinvestimento; tale ipotesi non è stata, però, validata.

Per verificare e validare l’ipotesi principale è stato utilizzato un campione di 3421 imprese statunitensi quotate, osservate per un periodo compreso tra il 2005 ed il 2017. Di queste imprese sono state considerate le emissioni *scope 1*, *scope 2* e *scope 3*, ottenute combinando dati provenienti da 7 differenti database (*CDP*, *Trucost*, *MSCI*, *Sustainalytics*, *Thomson Reuters*, *Bloomberg*, *ISS*). Per quanto riguarda i dati storici sui rendimenti mensili dei titoli considerati, sono stati ottenuti dal provider *FactSet* e, in piccola parte, dal provider *Compustat*.

È stata quindi eseguita una analisi di regressione OLS per cercare di definire l’esistenza di una relazione tra il livello di emissioni (tCO₂/anno), il tasso di crescita anno per anno delle emissioni e l’intensità di emissioni (tCO₂/unità vendute), andando ad alternare queste tre

²⁰ Con *sin stock* ci si riferisce ad un titolo di una società quotata coinvolta o associata ad un’attività considerata non etica o immorale.

Fonte: <https://www.investopedia.com/terms/s/sinfulstock.asp>

variabili indipendenti nell'analisi, con i rendimenti azionari delle imprese considerate, usati come variabile dipendente, per il periodo di tempo preso in considerazione, utilizzando, in tutte e tre le casistiche, in sequenza i tre differenti *scope* di emissioni.

Bolton et al (2021) confermano la loro ipotesi di partenza, ottenendo risultati statisticamente significativi per quanto concerne l'effetto positivo, sui rendimenti dei titoli delle imprese considerate, delle variabili riguardanti il livello di emissioni, che rivela l'esistenza di un premio legato ad un rischio di lungo periodo delle imprese con alti livelli di emissioni, e il tasso di crescita annuo delle emissioni, che rivela l'esistenza di un premio legato ad un rischio, più di breve periodo, delle imprese le cui emissioni crescono di anno in anno; non sono stati ottenuti risultati analoghi, però, per quanto riguarda l'intensità di emissioni.

1.4.2 Doing well by doing good

In contrasto con le evidenze presentate da *Bolton et al (2021)*, in letteratura è presentata un'ipotesi, denominata come "*carbon alpha hypothesis*", secondo la quale i mercati finanziari non prezzano in maniera corretta il rischio legato ad emissioni CO₂ da parte delle imprese, permettendo agli investitori, che hanno a cuore tematiche ambientali, di ottenere rendimenti più elevati investendo in titoli di imprese *low-carbon*; da qui ne deriva il concetto di "*doing well by doing good*" citato precedentemente.

In et al (2019) hanno contribuito a questa tematica con una analisi basata su una metodologia di *portfolio sorting*, molto utilizzata in finanza empirica per testare teorie di asset pricing, per stabilire anomalie di prezzo e per identificare strategie di investimento redditizie (*Cattaneo et al, 2020*).

Per fare ciò, hanno utilizzato un campione formato da 736 imprese statunitensi quotate osservate per una finestra temporale che va da gennaio 2005 a dicembre 2015. Di queste imprese sono state considerate le emissioni *scope 1*, *scope 2* e *scope 3*, i cui dati sono stati ottenuti dal provider *Trucost*. Per quanto riguarda i dati storici relativi ai rendimenti azionari delle imprese considerate, sono stati ottenuti dal provider *CRSP*²¹.

È interessante presentare l'indicatore di *greenness* utilizzato, differente da quelli utilizzati da *Bolton et al (2019)*, cioè l'indicatore di *carbon efficiency* (CE), definito come tonnellate di CO₂ emesse, rapportate alle *revenues*, espresse in milioni di dollari, permettendo, quindi,

²¹ *Center for Research and Security Prices*

un confronto tra aziende di dimensioni differenti. All'aumentare di CE un'impresa è considerata come meno efficiente.

$$\text{Carbon Efficiency} = \frac{\text{Scope1} + \text{Scope2} + \text{Scope3}}{\text{revenue}} \quad (1)$$

Sulla base di questo indicatore sono stati costruiti tre portafogli, denominati “*Efficient minus Inefficient*” (EMI), differenti:

- EMI 1, in cui le imprese considerate sono state divise in tre gruppi, sulla base della loro *carbon efficiency* dell'anno precedente, aggiornando annualmente tale divisione.

$$\text{EMI1} = \text{top 33\% efficient} - \text{bottom 33\% efficient} \quad (2)$$

- EMI 2, in cui le imprese sono state prima divise in tre gruppi sulla base della loro *Book-to-Market Ratio*, imprese *value*, *neutral* e *growth* rispettivamente, per poi suddividere questi tre gruppi ulteriormente sulla base della loro CE dell'anno precedente, anche in questo caso annualmente si sono aggiornate tali divisioni.

$$\text{EMI2} = 0,5 * (\text{growth efficient} + \text{value efficient}) - 0,5 * (\text{growth inefficient} + \text{value inefficient}) \quad (3)$$

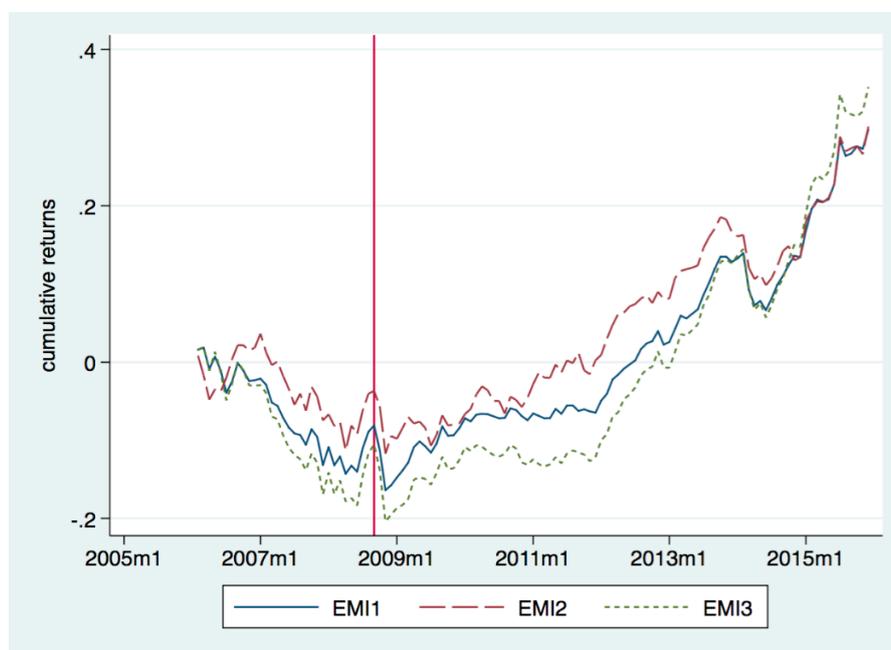
- EMI 3, in cui le imprese sono state prima divise in tre gruppi sulla base della loro capitalizzazione di mercato, imprese *big*, *medium* e *small* rispettivamente, per poi suddividere questi tre gruppi ulteriormente sulla base della loro CE dell'anno precedente, anche in questo caso annualmente si sono aggiornate tali divisioni.

$$\text{EMI3} = 0,5 * (\text{big efficient} + \text{small efficient}) - 0,5 * (\text{big inefficient} + \text{small inefficient}) \quad (4)$$

In et al (2019) hanno ottenuto risultati che evidenziano, per quanto riguarda EMI1, una sovra performance del portafoglio *carbon efficient* rispetto al portafoglio *carbon inefficient*, nell'intero periodo di tempo considerato. Per quanto riguarda EMI2, è stata riscontrata una sovra performance dei portafogli *carbon efficient* a partire dal 2010. Infine, rispetto ad EMI3 si sono ottenuti risultati discordanti a seconda della capitalizzazione di mercato considerata.

La Figura 8, che riporta i rendimenti cumulati dei tre portafogli EMI considerati, mostra e conferma come per essi vi sia una crescita soprattutto a partire dagli anni 2009 e 2010.

Figura 8-Rendimenti cumulati dei tre portafogli EMI analizzati da In et al (2019)



In et al (2019) concludono, quindi, che una strategia di investimento basata su una posizione “lunga” rispetto a titoli di imprese *carbon efficient* ed una posizione “corta”²² rispetto a titoli di imprese *carbon inefficient*, sia in grado di produrre dei rendimenti anomali, tra il 3,5% ed il 5,4% l’anno, evidenziando la redditività di investimenti in imprese efficienti dal punto di vista di emissioni CO₂.

1.4.3 Analisi degli effetti delle azioni di policy e di eventi significativi

Le azioni di policy in risposta ai fenomeni di cambiamento climatico, nel corso degli ultimi anni sono risultate essere sempre più frequenti da parte di governi ed enti internazionali, con manovre ed accordi volti a mitigare tale fenomeno; un esempio, in tal senso, è rappresentato dal *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC),

²² Avere una posizione “lunga” rispetto ad un titolo significa possedere il titolo stesso. Gli investitori mantengono posizioni “lunghe” in un titolo nella speranza che il suo valore aumenti in futuro. L’opposto di una posizione “lunga” è una posizione “corta”. Una posizione “corta” consiste generalmente nella vendita di un titolo che non si possiede. Gli investitori che vendono allo scoperto credono che il prezzo del titolo diminuirà di valore.

Fonte: <https://www.investor.gov/introduction-investing/investing-basics/how-stock-markets-work/stock-purchases-and-sales-long-and>

trattato internazionale firmato nel 1992, per sottoscrivere l'impegno a collaborare nella lotta al cambiamento climatico, limitando l'aumento della temperatura media globale²³; tale trattato è alla base della cosiddetta *Conference of the Parties (COP)*, summit che dal 1995 ha luogo con cadenza annuale. Proprio questi summit hanno permesso accordi estremamente importanti, presentati dalla pagina web ufficiale UNFCCC, quali:

- Protocollo di Kyoto, adottato l'11 dicembre 1997 durante la COP3, il cui obiettivo era di impegnare i paesi coinvolti a limitare e ridurre le emissioni di gas serra, presentando relazioni periodiche.
- Accordo di Parigi, sottoscritto il 12 dicembre 2015 durante COP21, il cui obiettivo è quello di “*contenere l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli preindustriali*” e “*perseguire gli sforzi per limitare l'aumento della temperatura a 1,5°C rispetto ai livelli preindustriali*”, come viene citato nel documento stesso.

Hengge et al (2023) riportano le principali azioni, in termini di policy, svolte dall'Unione Europea nel corso degli anni, con l'obiettivo di andare a ridurre le emissioni. Nel 2005 è stato fissato un tetto alle emissioni di CO₂, con l'introduzione dell'*Emission Trading System (ETS)*²⁴, mentre nel dicembre 2020 è stato sottoscritto un *Green Deal* tra i paesi UE, con obiettivi principali la riduzione del 55% delle emissioni di gas serra entro il 2030 e la neutralità climatica entro il 2050.

Hengge et al (2023) affermano che, tali azioni di policy *green*, risultano essere efficaci solamente nel caso in cui riescano ad aumentare il costo del capitale per le imprese le cui attività portano ad elevate emissioni di carbonio. A tale scopo hanno documentato come le policy che mirano ad aumentare il prezzo del carbonio abbiano un impatto sui prezzi delle azioni, riuscendo nell'obiettivo di aumentare il costo del capitale per le imprese che non operano in ottica *green*, concentrandosi sull'azione del sistema ETS precedentemente citato. Sono state analizzate 2149 imprese in 38 settori diversi, provenienti da 23 paesi europei, da gennaio 2011 a dicembre 2021. Ci si è concentrati su dati di tali imprese

²³ Fonte: <https://unfccc.int/process/the-convention/history-of-the-convention>

²⁴ L'EU ETS opera secondo il principio del “*Cap and Trade*”. Viene fissato un tetto o limite, che stabilisce la quantità massima che può essere emessa dagli impianti che rientrano nel sistema. Entro questo limite, le imprese possono acquistare o vendere quote in base alle loro esigenze. Le quote rappresentano la valuta centrale del sistema; una quota dà al suo titolare il diritto di emettere una tonnellata di CO₂ o l'ammontare equivalente di un altro GHG.

Fonte: <https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/registro-italiano-emission-trading/contesto/emission-trading-europeo>

riguardanti le emissioni di tipo *scope 1* e *scope 2*, ricavate dal provider Urgentem, da cui è stata ricavato l'indicatore di intensità di emissioni, già presentato in precedenza. I dati riguardanti i rendimenti dei titoli azionari sono stati ricavati da Refinitiv Datastream.

È apparso che, i titoli azionari delle imprese analizzate, con indici di intensità di emissioni più elevati, tendono ad aumentare i loro rendimenti quando vi è un aumento nel prezzo del carbonio; nel dettaglio, le stime di *Hengge et al (2023)* suggeriscono che all'aumentare di una deviazione standard del prezzo del carbonio, un'impresa con alta intensità di emissioni presenta un rendimento giornaliero superiore alla media di circa il 4,2%.

Monasterolo e De Angelis (2020) hanno cercato anche essi di investigare sugli effetti, in termini finanziari, delle policy attuate in ambito *green*, chiedendosi se e come i mercati finanziari reagissero ad annunci legati al clima, per esempio, premiando gli asset *low carbon* e penalizzando quelli *carbon intensive*.

Nello specifico, hanno svolto un'indagine empirica riguardante gli effetti del sopracitato Accordo di Parigi sugli indici *low carbon* e *carbon intensive*, includendo indici S&P, *Stoxx*, *FTSE* e *Nasdaq*, andando a testare la presenza di differenze evidenti per quanto riguarda il rischio sistematico²⁵, detto anche *beta*, tra queste due classi di asset, cercando quindi di capire se il mercato avesse reagito all'accordo prezzandole in maniera differente.

Monasterolo e De Angelis (2020), per fare ciò, utilizzano un modello molto simile al modello di mercato basato sviluppato dalla teoria CAPM²⁶, presentata da *William F. Sharpe (1964)*, andando a ricavare la relazione lineare tra il rendimento atteso dell'asset considerato ed il suo *beta*, utilizzato come misura standard del rischio sistematico dell'attività considerata.

Questa loro analisi empirica ha permesso loro di osservare come:

- La performance complessiva degli indici *low carbon* è aumentata dopo l'Accordo di Parigi, grazie a una significativa riduzione del livello di rischio di tali indici.
- Il livello di rischio sistematico (*beta*) associato agli investimenti a basse emissioni di carbonio è diminuito significativamente dopo l'Accordo di Parigi sia negli Stati Uniti e

²⁵ Il rischio sistematico è quella parte di rischio totale causata da fattori al di fuori del controllo di una specifica impresa o individuo. Il rischio sistematico comprende il rischio di mercato, il rischio legato al tasso di interesse, il rischio legato al potere di acquisto ed il rischio di cambio.

Fonte: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/risk-management/systematic-risk/>

²⁶ Il *Capital Asset Pricing Model (CAPM)* è una rappresentazione idealizzata che descrive in che modo i mercati finanziari prezzano i titoli, determinando quindi i rendimenti attesi sugli investimenti di capitale. Il modello, quindi, fornisce una metodologia in grado di quantificare il rischio, trasponendolo in stime del rendimento atteso del capitale.

Fonte: <https://hbr.org/1982/01/does-the-capital-asset-pricing-model-work>

nell'UE, sia a livello globale; al contrario, il livello di rischio sistematico associato agli investimenti ad alte emissioni di carbonio ha presentato un aumento dopo l'Accordo.

Monasterolo e De Angelis (2020) concludono, quindi, che l'annuncio climatico, nel caso dell'Accordo di Parigi, sia stato in grado di influenzare i mercati finanziari, soprattutto per quanto riguarda gli asset *low carbon*, diventati più appetibili per gli investitori; tuttavia, essi evidenziano come, nel caso di asset *carbon intensive*, la reazione dei mercati sia stata più mite.

1.4.4 Analisi della differenza tra rendimenti attesi e rendimenti realizzati per il confronto delle performance di titoli *green* e *brown*

Bauer et al (2022) sottolineano come l'analisi dei prezzi assegnati a titoli azionari di imprese *green* rispetto ai prezzi di titoli di imprese meno *climate friendly* abbia generato, in letteratura, risultati contrastanti, come evidenziato anche nelle sezioni precedenti; da una parte, infatti, si trova chi ha evidenziato l'esistenza di un *carbon risk premium* e si può affermare che queste ricerche siano tipicamente basate su regressioni di dati panel, *Bolton e Kacperczyk (2021)* ne sono l'esempio principale. Dall'altra parte vi è chi ha evidenziato una sovra performance da parte di titoli *green*, tipicamente utilizzando metodi di portfolio sorting, come presentato da *In et al (2019)*.

In questo contesto *Bauer et al (2022)* propongono una analisi empirica basata su metodi di *portfolio sorting*, ai quali viene affiancato un modello di regressione panel, con l'obiettivo ultimo di colmare il gap presente in letteratura tra questi due differenti approcci.

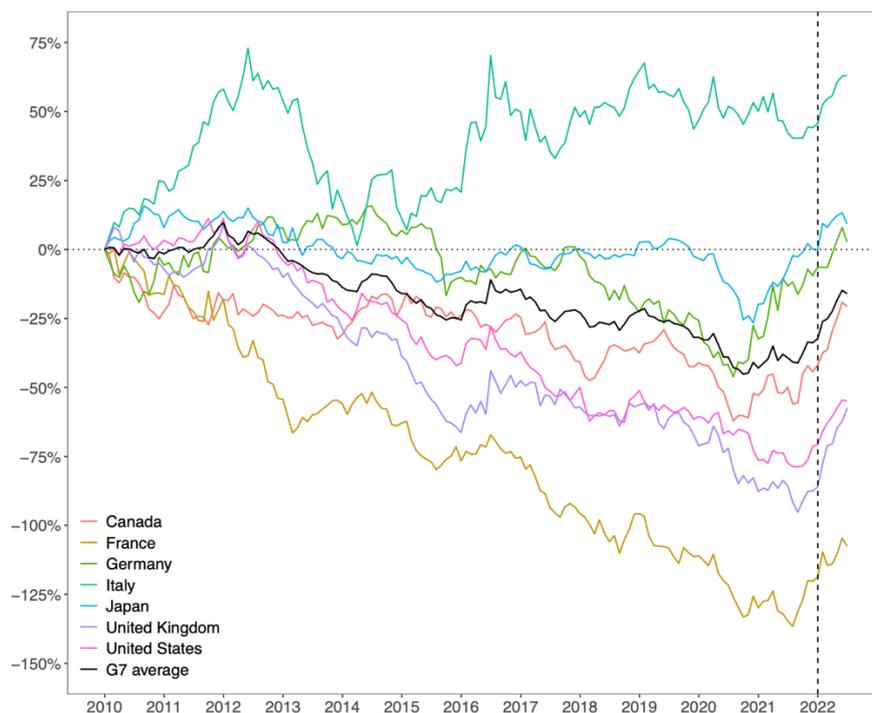
Per compiere questo tipo di analisi è stato utilizzato un campione di imprese quotate appartenenti a tutti i paesi del G7, che copre un periodo che va da gennaio 2010 a dicembre 2021, per un totale di 12000 osservazioni annuali di imprese. Per quanto riguarda i dati utilizzati, essi sono provenienti da diverse sezioni del provider *Refinitiv*; i dati riguardanti le emissioni, infatti, sono provenienti dal database di *Refinitiv Asset4/ESG*, da cui sono state estratte le emissioni annuali di categoria *scope 1* e *scope 2*, utilizzando poi come indicatori del livello di greenness delle imprese considerate sia il livello di emissioni sia l'intensità di emissioni. *Bauer et al (2022)* evidenziano in maniera particolare il fatto che siano stati utilizzati solo dati riportati dalle imprese analizzate e non dati stimati dai provider di database. Per quanto riguarda, invece, dati riguardanti rendimenti dei titoli, essi sono stati

ricavati, su base mensile, da *Refinitiv Datastream*, mentre i dati contabili sono stati ricavati, su base annua, da *Refinitiv's Worldscope*.

Come detto in precedenza, Bauer et al (2022) hanno svolto la loro analisi partendo da una metodologia di *portfolio sorting*, già presentata precedentemente, in cui i titoli considerati sono stati divisi, sulla base delle emissioni, considerando il livello o l'intensità, in 5 quintili, creando 5 portafogli *value weighted*, andando, infine, a calcolare un valore di spread come la differenza tra i rendimenti dei portafogli con maggiori e minori emissioni.

Nella Figura 9 vengono presentati i risultati da loro ottenuti applicando questa metodologia alle imprese considerate; nello specifico, l'analisi è stata fatta per ogni paese del G7 singolarmente, per poi calcolare il rendimento complessivo di tutti i paesi semplicemente mediando i rendimenti ottenuti per i singoli.

Figura 9-Performance dei portafogli Brown versus Green nei paesi del G7 considerando il livello di emissioni, con asse delle y raffigurante il logaritmo dei rendimenti cumulati per i portafogli Brown minus Green costruiti.²⁷



Bauer et al (2022) mostrano come i titoli *green* abbiano over performato rispetto a quelli *brown* di circa il 30% nel tempo considerato. Analizzando i paesi singolarmente, Francia ha raggiunto un -115%, US, UK e Canada si sono attestati tra il -80% ed il -30%, Germania e Giappone hanno visto una over performance dei titoli green fino a fine 2020, ma nel corso

²⁷ Fonte: Michael D. Bauer, Daniel Huber, Glenn D. Rudebusch, Ole Wilms, Where is the carbon premium? Global performance of green and brown stocks (2022)

del 2021 la differenza cumulata è arrivata nei pressi dello 0%, infine l'Italia risulta essere il vero *outlier*, presentando una over performance dei titoli *brown* rispetto a quelli *green* di circa il 45%. Viene, inoltre, sottolineato come i risultati ottenuti a partire dall'inizio dell'anno 2022 siano fortemente influenzati dalla sopraggiunta invasione russa dell'Ucraina.

Risultati analoghi sono stati ottenuti utilizzando come indicatore di *greenness* delle imprese l'intensità di emissioni.

Bauer et al (2022), dopo aver evidenziato come i titoli *green* da loro analizzati abbiano over performato rispetto ai titoli *brown* presenti nel loro campione, adottano una metodologia basata su regressioni panel, al fine di confrontare i risultati ottenuti. Viene definita come differenza chiave rispetto alle altre analisi basate sulla stessa metodologia, presenti in letteratura, il fatto che *Bauer et al (2022)* usino, come variabile legata alla *greenness* delle imprese considerate, una variabile D_{it} , che assume valore pari ad 1 nel caso in cui l'*i*-esimo titolo considerato, al mese *t*, appartenga al quinto dei titoli più *brown*, ed assume, invece, valore pari a -1 nel caso in cui l'*i*-esimo titolo considerato, al mese *t*, appartenga al quinto dei titoli più *green*, andando a sfruttare quindi i quintili considerati nella metodologia di *portfolio sorting* presentata in precedenza.

Anche con questa metodologia viene comunque riscontrato una over performance dei titoli *green* rispetto a quelli *brown*, contrastando, quindi, i risultati ottenuti da *Bolton e Kacperczyk (2021)*, anche utilizzando una metodologia basata su un modello di regressione.

Nonostante queste evidenze ottenute, le migliori performance di titoli *green* possono essere conciliate con l'esistenza di un *carbon risk premium* positivo, a patto che, nel periodo di interesse, si sia verificata una sequenza di shock inattesi, in grado di favorire i prezzi dei titoli *green* (*Bauer et al, 2022*). Sempre secondo *Bauer et al (2022)*, questi shock potrebbero rappresentati dal cambiamento inatteso nelle percezioni degli investitori sull'entità di un rischio climatico, dal cambiamento nella determinazione del prezzo di tale rischio e dal cambiamento delle informazioni disponibili agli investitori riguardanti tale tematica. *Ardia et al (2022)* forniscono delle evidenze empiriche in grado di supportare tale tesi, mostrando come i titoli *green* sovra performano i titoli *brown* in risposta a cambiamenti inattesi nelle preoccupazioni relative al cambiamento climatico degli investitori.

Secondo *Bauer et al (2022)*, dunque, in presenza di un consistente *carbon risk premium*, shock molto forti a favore dei prezzi dei titoli *green* sono in grado di più che compensare i maggiori rendimenti attesi dei titoli *brown*; questi shock di domanda riguardanti i titoli *green*

non renderebbero, quindi, possibile l'assunzione, utilizzata in molti lavori presenti in letteratura, secondo cui i rendimenti che si sono realizzati possano essere approssimati a quelli previsti.

1.4.5 Definizione di possibili *bias* presenti in analisi empiriche svolte nel contesto *green investing*

Antequin et al (2022) sottolineano come, molto spesso, i provider di dati riguardanti emissioni di CO₂ o, più in generale, GHG e le agenzie di rating devono fare affidamento a dei valori riguardanti le emissioni delle imprese considerate, che vengono riportati dalle imprese stesse, che sono fortemente incentivate a riportare dati per loro favorevoli, in modo tale da non essere categorizzate come imprese inquinanti. Questo comportamento genera un *self-reporting bias*, in grado di influenzare sia le decisioni degli investitori coinvolti, sia le analisi empiriche basate su tali dati. Sempre *Antequin et al (2022)*, aggiungono che, questa distorsione, è accentuata dal fatto che, le emissioni riguardanti un'intera *value chain*, tipicamente denominate emissioni *scope 3*, come visto in precedenza, sono notoriamente difficili da valutare, ed evidenziano come, queste problematiche, saranno presenti fino a che i legislatori non saranno in grado di definire degli standard obbligatori, al momento non presenti.

Presso il *CDP Corporate Environmental Action Tracker Dataset*, fornito da *Carbon Disclosure Project*, uno dei maggiori provider di dati riguardanti emissioni che segue il *GHG Protocol*, utilizzato da *Bolton et al (2021)* per la costruzione del loro dataset, è possibile valutare la numerosità di imprese, a livello globale, che hanno deciso di rivelare a tale provider i loro dati riguardanti le emissioni. Andando ad analizzare i paesi G7, viene presentato come Germania e Giappone abbiano raggiunto una copertura "significativa", cioè con una percentuale tra il 26% ed il 50% di emissioni *corporate* di tali paesi rivelate presso CDP, mentre per Italia, Regno Unito, USA e Canada è disponibile una copertura "moderata", cioè con una percentuale tra l'11% ed il 25% di emissioni *corporate* rivelate presso CDP; infine la Francia presenta una "bassa" copertura, cioè con una percentuale tra l'1% ed il 10% di emissioni *corporate* rivelate presso CDP.

Osservando questi dati, si può notare come il livello di imprese che, al 2021, forniscono dati riguardanti le proprie emissioni sia ben lontano dalla totalità. Basare quindi un'analisi

empirica su un campione di imprese di questa dimensione potrebbe portare ad un fenomeno di *selection bias*, essendo distanti dalla totalità della popolazione target.

Bolton et al (2021) trattano il fenomeno del *look ahead bias*²⁸ durante la loro analisi, in riferimento all'utilizzo di dati riguardanti le emissioni complessive delle imprese in un anno per spiegare i rendimenti mensili di tali imprese durante lo stesso anno, sottolineando come si potrebbe mettere erroneamente in relazione tali rendimenti mensili con dati di emissioni che in realtà non erano ancora disponibili per gli investitori. Essi risolvono questa possibile distorsione mettendo in relazione i rendimenti mensili considerati con le emissioni corrispondenti all'anno precedente, quindi con un *time lag* variabile tra gli 0 ed i 12 mesi. Anche *In et al (2019)* prendono in considerazione questa possibile problematica e, adottando un approccio molto simile a quello presentato precedentemente, cercano di minimizzare la possibilità di *look ahead bias* andando a costruire i portafogli, usati per la metodologia di *portfolio sorting* presentata in precedenza, utilizzando dati riguardanti le emissioni appartenenti all'anno precedente rispetto a quello considerato.

²⁸ Tipologia di bias che viene a verificarsi quando uno studio o una simulazione si basa su dati o informazioni che, durante il periodo di tempo analizzato, non erano ancora disponibili o noti.

2 Valorizzazione ed effetti della brevettazione sulle performance di un'impresa

2.1 Introduzione al concetto di brevetto

Come presentato nel primo capitolo, l'attività di brevettazione *green* da parte di un'impresa è stata utilizzata in letteratura come indicatore in grado di valutare il livello di *greenness* delle imprese stesse.

L'obiettivo di questo capitolo è quello di presentare come il portafoglio di brevetti posseduto da un'impresa venga valorizzato e come sia in grado di influenzare le attività e performance delle imprese stesse, andando ad analizzare i principali risultati presenti letteratura relativa a tali questioni. Ciò risulta essere fondamentale per affrontare il capitolo successivo, in cui verrà effettuato un focus sul ruolo della sola brevettazione *green*.

Prima di andare ad analizzare il ruolo e gli effetti principali della pratica della brevettazione da un punto di vista finanziario ed in contesti differenti, è bene introdurre ed esplorare brevemente il concetto stesso di brevetto come asset intangibile di un'impresa.

Come presentato dalla *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), durante un *symposium* internazionale del 1999, con asset intangibile si intende:

“Asset non monetari privi di sostanza fisica detenuti per essere utilizzati nella produzione o fornitura di beni o servizi, per essere affittati a terzi o per scopi amministrativi.”

Mehta e Madhani (2008) come le seguenti tipologie di asset intangibili come alcune tra le più importanti:

- Brevetti
- Copyright
- Diritti di locazione
- Franchising
- Trade Mark

- Brand
- Avviamento

Bauer et al (2020) sottolineano l'importanza di questa tipologia di asset per le imprese, al giorno d'oggi, per riuscire ad affrontare le continue sfide a cui sono sottoposte dal mercato, dovute, per esempio, al sempre più preponderante orientamento verso i servizi, al fenomeno della digitalizzazione e dell'ICT. Essi, infatti, descrivono gli *intangibles* come fondamentali per un'impresa al fine di riuscire a mantenere una posizione forte sul mercato, presentando anche un loro impatto positivo su performance quali la crescita delle vendite, produttività e innovatività.

Proprio nel contesto degli asset intangibili di un'impresa, come detto in precedenza, si collocano i brevetti.

La brevettazione è, forse, lo strumento legale più importante, a cui possono accedere le imprese, per la difesa della loro proprietà intellettuale; essi, infatti, sono in grado di garantire al solo inventore il diritto di usufruire economicamente della propria innovazione, per un periodo che è però limitato a 20 anni (*Langinier e Moschini, 2002*).

Neuhäusler et al (2011) sottolineano, inoltre, come, in un contesto in cui per le imprese la capacità di innovare i propri prodotti e servizi in maniera costante è sempre più determinante, la brevettazione risulta essere sia uno strumento in grado di evitare imitabilità da parte delle imprese competitor, permettendo quindi di sostenere un proprio vantaggio competitivo, sia il più importante indicatore in grado di valutare il livello di ricerca e sviluppo, utilizzabile a livello di impresa.

In letteratura, nel corso degli anni, si è cercato di valutare gli effetti della brevettazione, oltre che da un punto di vista di competizione sul mercato, anche da un punto di vista finanziario, cercando di valutarne gli *outcome* generati rispetto ad aspetti quali, per esempio, il valore di mercato, la generazione di profitti, l'ottenimento di debito e l'*initial public offering* (IPO), sia nel caso di imprese più strutturate sia nel caso di giovani imprese, quali possono essere le *start-up*.

Nel proseguo di questa sezione si cercherà di presentare ed analizzare, quindi, il ruolo e gli effetti della brevettazione nei contesti sopra citati, partendo, prima, dalla presentazione di

alcune caratteristiche tipiche di un brevetto, in grado, secondo la letteratura, di definirne il valore, ed utili per comprendere al meglio le analisi successive.

2.2 Caratteristiche principali di un brevetto

Come detto in precedenza, l'attività brevettuale rappresenta, per un'impresa, il più importante indicatore collegato al livello di innovazione all'interno di essa; appare quindi indispensabile essere in grado di valutare la qualità ed il valore, sia da un punto di vista economico che tecnologico, del singolo brevetto.

L'importanza da un punto di vista economico della valutazione di un brevetto viene evidenziata da *Bessen (2008)*, descrivendo come tale valore sia in grado di indicare quanto il sistema brevetti riesca a ricompensare gli inventori, aiuti le imprese a contabilizzare in un modo migliore il valore dei loro *intangibles* e, infine, permetta una misura della qualità e della produttività della ricerca e sviluppo di un'impresa, come già accennato in precedenza.

Neuhäusler et al (2011) presentano alcune caratteristiche appartenenti a tutti i brevetti, in grado di concorrere nella definizione del loro valore; esse risultano essere:

- Domanda di brevetto
- Citazioni di un brevetto
- Concessione di un brevetto
- Brevetti soggetti a procedure di opposizione
- Dimensione della famiglia di brevetti
- Numero di inventori di un brevetto

Queste caratteristiche verranno analizzate meglio singolarmente per capire in che modo, secondo la letteratura, esse siano in grado di determinare il valore dell'attività brevettuale di un'impresa e del portafoglio di brevetti da essa derivante.

2.2.1 Domanda di brevetto

Neuhäusler et al (2011) sottolineano come sia ragionevole assumere che un'ampia quantità di domande di brevetto possa avere un effetto positivo sulle performance di un'impresa, principalmente per due motivi. Prima di tutto, il cercare di creare un ampio portafoglio di

brevetti indica un forte impegno in attività di ricerca e sviluppo da parte dell'impresa, in secondo luogo, un ampio portafoglio di brevetti potrebbe favorire accordi di licenza o scambio di brevetti con altre imprese.

2.2.2 Citazioni di un brevetto

Le citazioni di un brevetto si dividono in due tipologie distinte:

- Citazione *forward*, cioè le citazioni che un brevetto riceve da parte di altri brevetti successivi
- Citazioni *backward*, cioè le citazioni che un brevetto fa, al suo interno, ad altri brevetti precedenti

Concentrandosi esclusivamente sulla prima tipologia, *Trajtenberg (1990)* evidenzia come, le citazioni che un brevetto riceve, possano essere usate come indicatore in grado di determinare l'importanza ed il valore del brevetto analizzato, dimostrando, tramite un'analisi empirica svolta su una serie di brevetti statunitensi riguardanti la tecnologia della tomografia computerizzata, l'esistenza di una correlazione positiva tra un indicatore da lui definito, funzione delle citazioni ottenute da un singolo brevetto, ed il valore dell'innovazione tecnologica portato alla società, funzione del delta di prodotti disponibili ai consumatori frutto dell'innovazione considerata.

Il ruolo delle citazioni *forward* nella determinazione del valore brevettuale viene analizzato anche da *Bessen (2008)*, il quale, tramite una analisi, basata su un modello di regressione, svolta su dati riguardanti i rinnovi di brevetti statunitensi, sottolinea come le citazioni siano sì correlate con il valore brevettuale, ma aggiunge il fatto che questa correlazione risulti essere poca significatività economicamente ed in grado di spiegare una piccola parte della varianza legata al valore brevettuale.

2.2.3 Concessione di un brevetto

La concessione di un brevetto, che si ottiene al termine di un iter con esito positivo di esame di una domanda di brevetto, può essere utilizzata anche essa come indicatore del valore del brevetto stesso. *Neuhäusler et al (2011)* affermano, infatti, che è il processo di concessione stesso che dona valore ad un brevetto, in quanto in grado di attestare come

esso sia allineato con i criteri di novità, livello tecnologico e commerciabilità tipicamente richiesti dagli enti esaminatori.

2.2.4 Brevetto soggetto a procedure di opposizione

Come riportato presso il sito ufficiale della *World Intellectual Property Organization*²⁹ (WIPO), molti paesi prevedono, nei loro sistemi brevettuali, sistemi di opposizione, che permettono a terzi di opporsi alla concessione di un brevetto, tipicamente entro un periodo di tempo stabilito per legge.

Harhoff et al (2003) hanno sottoposto ad analisi un campione di dati brevettuali, ottenuto grazie ad un questionario sottoposto a possessori di brevetti residenti in Germania, e, tramite un modello di regressione, hanno riscontrato una correlazione positiva e significativa tra il valore di un brevetto, approssimato da loro come il prezzo al quale l'inventore del brevetto sarebbe disposto a vendere il brevetto stesso al momento dell'indagine, e l'indicatore da loro utilizzato per sintetizzare gli esiti dei processi di opposizione a cui il brevetto è stato sottoposto, sottolineando come, a quanto emerge dai loro risultati, un brevetto che ha vinto una procedura di opposizione risulti avere un valore decisamente superiore rispetto ad un brevetto mai attaccato.

2.2.5 Dimensione della famiglia di un brevetto

Con dimensione della famiglia di un brevetto si intende il numero di paesi o uffici brevettuali presso i quali è stata presentata la domanda del brevetto stesso (*Neuhäusler et al, 2011*). *Putnam (1996)* afferma che il valore indicante le dimensioni della famiglia di un brevetto può essere particolarmente adatto come indicatore del valore del brevetto stesso; esso ha infatti evidenziato come la dimensione di una famiglia di brevetti, misurata, come detto in precedenza, come il numero di giurisdizioni in cui è stata richiesta la concessione, presenti un'alta correlazione con il periodo di sopravvivenza del brevetto, indicato come il tempo che intercorre tra la richiesta brevettuale e la scadenza, o mancato rinnovo.

²⁹ Fonte: https://www.wipo.int/scp/en/revocation_mechanisms/opposition/index.html

2.2.6 Numero di inventori di un brevetto

Neuhäusler et al (2011) presentano come ultima caratteristica caratterizzante il brevetto, ed in grado di indicarne il valore, il numero di inventori indicati nel brevetto stesso, basandosi sull'ipotesi che un brevetto frutto del lavoro di più inventori dovrebbe avere valore maggiore rispetto ad un brevetto sviluppato da un inventore singolarmente.

Questa ipotesi si basa sugli studi effettuati da *Guellec e van Pottelsberghe de la Potterie (2000)*, i quali, attraverso un modello probit volto a determinare le variabili che influenzano la probabilità di concessione di un brevetto, depositato presso l'*European Patent Office (EPO)*, hanno riscontrato una maggiore probabilità di concessione nel caso in cui il brevetto avesse due o più inventori.

2.3 Presentazione ed analisi degli effetti della brevettazione sulle performance finanziarie e di mercato di imprese strutturate

In questa sezione si cercherà di indagare se e come l'attività di brevettazione sia in grado di generare effetti positivi a livello di performance di tipo finanziario, concentrandosi in particolare su imprese strutturate e contesti *corporate*.

Nello specifico ci si concentrerà, in primo luogo, sull'effetto presente su variabili tipicamente utilizzate per valutare le performance finanziarie di un'impresa.

Si passerà poi ad una analisi più incentrata sull'influenza della brevettazione sul valore dei titoli delle imprese posseditrici, cercando di analizzare come tale attività sia in grado di fornire informazioni utili agli investitori per valutare al meglio i titoli di esse.

Infine, l'analisi si sposterà sulla tematica del debito di un'impresa, analizzando il ruolo che può avere per un'impresa un portafoglio di brevetti di valore come garanzia per riuscire ad attingere a fonti di finanziamento private.

2.3.1 Relazione tra brevettazione ed indicatori di performance finanziaria

Come detto in precedenza, la capacità innovativa di un'impresa, di cui i brevetti risultano essere l'indicatore principale, può essere in grado di permettere la costruzione di un vantaggio competitivo, anche di lungo termine, sfruttabile sul mercato; pare quindi fondamentale capire quale sia la relazione tra l'attività di brevettazione di un'impresa, ed il

portafoglio di brevetti che ne consegue, con le sue performance finanziarie e se tale attività si rispecchia in maniera positiva anche su di esse, andando ad analizzare come in letteratura si è affrontata tale questione.

Neuhäusler et al (2011) hanno portato avanti un'analisi di questo tipo, concentrandosi principalmente su due indicatori di performance finanziarie: la q di Tobin³⁰ ed il ROI³¹. Essi giustificano questa scelta affermando come queste due misure siano in grado di differenziare l'effetto dei portafogli di brevetti analizzati sia sul valore di mercato dell'impresa, grazie all'utilizzo della q di Tobin, che sulle sue performance di conto economico, grazie al ROI.

Per fare ciò essi hanno basato la loro analisi su un dataset, di tipo *panel*, formato da 479 imprese, osservate a partire dall'anno 1990 fino all'anno 2007. Per ognuna di queste imprese, sono stati analizzati dati principalmente di tre tipologie:

- Dati riguardanti le spese effettuate in ricerca e sviluppo dalle imprese, ottenuti tramite *DTI-Scoreboard*³².
- Dati riguardanti le principali caratteristiche brevettuali, ottenuti dal database *EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT)*.
- Dati finanziari, ottenuti dai database *Standard & Poor's COMPUSTAT Global e COMPUSTAT North America*.

Neuhäusler et al (2011), prima di tutto, sottolineano come, usando come indicatore rappresentante l'attività brevettuale di un'impresa il semplice conteggio di brevetti applicati da essa, esso risulti non presentare correlazione con gli indicatori finanziari da loro esaminati, ROI e q di Tobin, come mostrato in Figura 10, in cui viene rappresentata l'evoluzione del conteggio di brevetti, ROI e q di Tobin mediati sul campione di imprese analizzate.

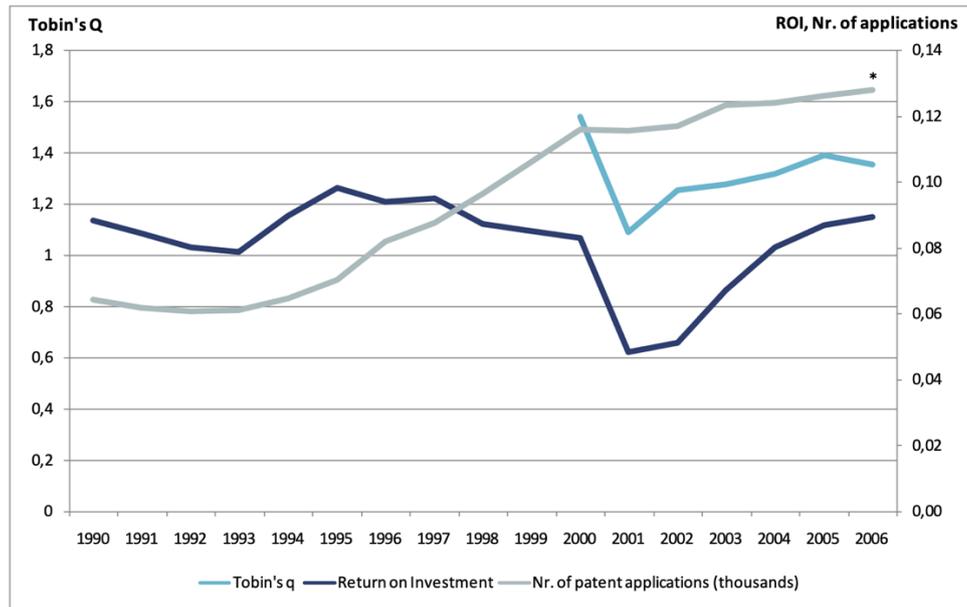
³⁰ La q di Tobin è un parametro definito da *Lewellen e Badrinath (1997)* come il "rapporto tra il valore di mercato dei crediti finanziari in essere nei confronti dell'impresa e il costo corrente di sostituzione degli attivi dell'impresa".

³¹ ROI sta per *return on investments* ed è definito come il rapporto tra il risultato operativo di un'impresa ed il suo capitale investito.

³² *Scoreboard* fornita con cadenza annuale dal *British Department for Innovation, Universities & Skills (DIUS)* e *Department for Business, Enterprise & Regulatory Reform (BERR)*.

Fonte: *Neuhäusler, Peter; Frietsch, Rainer; Schubert, Torben; Blind, Knut: Patents and the financial performance of firms - An analysis based on stock market data. (2011)*

Figura 10-Rappresentazione dell'evoluzione nel tempo del numero medio di brevetti applicati, ROI e q di Tobin, per le 479 imprese analizzate.³³



Ciò può risultare in linea con quanto affermato da *Trajtenberg (1990)*, secondo cui il semplice conteggio del numero di brevetti posseduti da un'impresa non sia in grado di fornire un buon indicatore di valore, in quanto essi possono variare molto in termini di importanza.

Utilizzando un modello di regressione, *Neuhäusler et al (2011)*, inseriscono, quindi, come variabili indipendenti, volte a verificare gli effetti dell'attività brevettuale, caratteristiche proprie dei brevetti, precedentemente descritte, quali la percentuale di brevetti concessi rispetto alle domande effettuate, percentuale di brevetti che hanno ricevuto opposizione rispetto alle domande effettuate, numero medio di citazioni *forward*, numero medio di inventori e dimensione media della famiglia di un brevetto.

A queste variabili riguardanti i brevetti vengono affiancate altre variabili indipendenti con funzione di controllo, come il numero di impiegati per impresa, volto a controllare l'effetto della dimensione, e la percentuale di spese in ricerca e sviluppo rispetto alle vendite, per controllare la capacità delle imprese analizzate di tramutare le spese in ricerca e sviluppo in ricavi.

³³ Fonte: Neuhäusler, Peter; Frietsch, Rainer; Schubert, Torben; Blind, Knut: *Patents and the financial performance of firms - An analysis based on stock market data.* (2011)

I risultati, statisticamente significativi, ottenuti da *Neuhäusler et al (2011)* attraverso il loro modello di regressione, con variabili dipendenti gli indicatori di performance finanziaria precedentemente descritti, ROI e q di Tobin, permettono loro di affermare che:

- Il numero di citazioni *forward* presenta una correlazione positiva con la q di Tobin, ma non con il ROI, facendo ipotizzare come il mercato percepisca segnali riguardanti la tecnologia posseduta da un'impresa, la quale però non è ancora in grado di impattarne i profitti
- L'ampiezza della famiglia di un brevetto presenta una correlazione positiva sia con la q di Tobin che con il ROI.
- Il numero di opposizioni ricevute da un brevetto presenta una correlazione positiva con il ROI, mentre una correlazione negativa con la q di Tobin, facendo ipotizzare come, tali opposizioni, possono sia essere correlate positivamente ai profitti contemporanei dell'impresa, perché indicano invenzioni di valore, sia comportare cattive notizie per i profitti futuri, che potrebbero essere messi a rischio.
- Il numero di inventori di un brevetto presenta una correlazione negativa con la q di Tobin, ma non con il ROI, facendo ipotizzare come molti inventori, che generalmente corrispondono a gruppi di lavoro di grandi dimensioni, intimoriscano il mercato poiché potrebbero portare a costi di transazione aggiuntivi per l'impresa.

Questi risultati permettono di capire come gli effetti della brevettazione sulle performance finanziarie analizzate siano fortemente dipendenti dalle caratteristiche dei brevetti presi in considerazione e, quindi, dal loro valore, evidenziando, altresì, le caratteristiche in grado di avere un impatto positivo su tali performance.

Anche *Ertugrul et al (2023)* hanno analizzato l'influenza dell'attività di brevettazione sulle performance finanziarie di un'impresa, scegliendo, però, di concentrarsi su come essa avvenga in maniera indiretta attraverso un precedente effetto della brevettazione su quello che è il *customer capital* dell'impresa stessa, dividendo, quindi, la loro analisi in due parti: una prima in cui si valuta l'effetto diretto dell'attività di brevettazione sull'asset intangibile rappresentato dal *customer capital*, seguita da una seconda parte in cui si valuta la correlazione tra esso e varie performance economico/finanziarie dell'impresa.

Il concetto di *customer capital* viene presentato, da *Ertugrul et al (2023)*, come un importante asset intangibile per un'impresa, rappresentante il valore della relazione che essa ha costruito con i propri clienti, basato, principalmente, dal loro apprezzamento verso i prodotti. Essi decidono di misurare questo asset attraverso delle valutazioni di novità e qualità rilasciate da clienti rispetto a 462 imprese quotate, osservate dal 2000 al 2014 e che vanno a formare l'intero dataset, ottenute tramite il dataset *Brand Asset Valuator*, fornito dalla società *BAV Consulting*.

Per quanto riguarda dati brevettuali, essi sono stati ottenuti da tre differenti database: *KPSS patent dataset*, *PatentsView* e *USPTO Patent Examination Research dataset*. Grazie a queste informazioni sono stati costruiti i 2 indicatori relativi ai brevetti utilizzati nell'analisi svolta, il primo basato sul numero di brevetti concessi, mentre il secondo sulle citazioni ottenute dai brevetti concessi, coerentemente, quindi, con gli indicatori relativi al valore brevettuale presentati nelle sezioni precedenti.

Il dataset viene, infine, completato dalle informazioni relative alle performance delle imprese analizzate, ottenute dal database *Compustat*.

Ertugrul et al (2023), quindi, prima, tramite un modello di regressione, valutano l'effetto della brevettazione sul *customer capital*, ottenendo una correlazione positiva e statisticamente significativa, per poi valutare, utilizzando un secondo modello di regressione, l'effetto di esso sulle performance delle imprese analizzate, usando come proxy i ricavi, la quota di mercato, il ROA³⁴, il margine di profitto lordo e valutazione del mercato finanziario.

Dalla seconda analisi svolta essi osservano come vi sia una correlazione positiva, statisticamente significativa almeno al 5%, tra gli indicatori utilizzati nel modello per valutare *il customer capital* e tutte e 5 le variabili riguardanti le performance di impresa.

Ertugrul et al (2023) concludono, quindi, affermando come l'attività di brevettazione di un'impresa abbia un impatto positivo sulle performance dell'impresa stessa in maniera indiretta, aumentando, in prima battuta, la percezione di qualità e novità dei prodotti presso i clienti, la quale si riflette successivamente, in maniera positiva, sulle performance analizzate.

³⁴ ROA sta per *return on asset* ed è definito come il rapporto tra il reddito netto di un'impresa ed il totale delle sue attività

2.3.2 Relazione tra l'attività di brevettazione delle imprese ed i loro rendimenti azionari

Come presentato nelle sezioni precedenti, i brevetti appartengono a quell'insieme di asset posseduti da un'impresa considerati come intangibili e, in quanto tali, ci si potrebbe aspettare che le informazioni da essi derivanti, riguardanti soprattutto il livello di innovazione dell'impresa posseditrice, siano difficili da processare da parte degli investitori presenti sui mercati finanziari.

Le informazioni riguardanti l'attività di innovazione di un'impresa, infatti, risultano difficili da elaborare da parte del mercato, poiché richiedono una capacità di visione, da parte degli investitori, sul come l'innovazione possa essere in grado di andare a modificare l'economia dell'impresa posseditrici o, addirittura, dell'intero settore industriale e, nella fattispecie dei brevetti, richiedono una capacità di analisi del percorso che parte dalla brevettazione e termina all'entrata di un nuovo prodotto sul mercato, percorso che è tipicamente ricco di incertezze (*Hirshleifer et al, 2013*).

In questo contesto, *Hirshleifer et al (2013)*, hanno cercato di testare l'ipotesi secondo la quale efficienza dell'attività innovativa da parte di un'impresa sia un indicatore, utilizzabile da parte degli investitori, in grado di predire in maniera positiva i rendimenti azionari dell'impresa stessa, utilizzando come misure del livello di innovazione, due misure legate a caratteristiche dei brevetti posseduti dalle imprese analizzate. Tale scelta viene giustificata dal fatto che i brevetti risultano essere la misura più importante dell'output generato dalla capacità di innovare di un'impresa (*Griliches, 1990*).

Hirshleifer et al (2013) hanno costruito un dataset composto da circa 1200 imprese statunitensi quotate, da cui sono state escluse imprese appartenenti al settore finanziario, osservate per un periodo che intercorre dal gennaio del 1976 al dicembre del 2006.

I dati riguardanti informazioni contabili e rendimenti di titoli azionari sono stati ricavati dai database *Compustat* e *CRSP*, mentre per quanto riguarda le informazioni legate ai brevetti, esse sono state ricavate da *NBER patent database*³⁵.

³⁵ *NBER patent database* sviluppato da *Hall, Jaffe e Trajtenberg* in cui vengono presentate le principali tendenze della brevettazione statunitense.

Fonte: Bronwyn H. Hall & Adam B. Jaffe & Manuel Trajtenberg, 2001. "*The NBER Patent Citation Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools*"

È fondamentale analizzare le due misure, costruite su base annua per l'intero orizzonte temporale considerato, utilizzate da *Hirshleifer et al (2013)* nel loro lavoro come proxy in grado di rappresentare l'efficienza dell'attività innovativa delle imprese esaminate; esse sono:

- Il rapporto tra il numero di brevetti concessi all'impresa i -esima al tempo t e la cumulata delle sue spese in ricerca e sviluppo effettuate in 5 anni, partendo, però, dall'istante $t-2$. Viene sottolineato come l'uso della spesa cumulata in ricerca e sviluppo come denominatore sia basata sull'ipotesi che tali spese siano state effettuate a favore dell'attività di brevettazione che ha dato origine ai brevetti concessi osservati all'anno t .

A sostegno di tale ipotesi Hall et al (2001), tramite un'analisi sull'attività brevettuale di imprese statunitensi, affermano che tipicamente il tempo che intercorre tra la domanda e la concessione di un brevetto è pari a 2 anni.

- Il rapporto tra il numero di citazioni ottenute all'anno t dai brevetti concessi all'impresa i -esima nei 5 anni precedenti, quindi a partire dall'anno $t-1$, e la somma delle spese in ricerca e sviluppo effettuate in 5 anni, partendo, però, dall'istante $t-3$. La motivazione del gap di due anni utilizzato per le spese in ricerca e sviluppo è la stessa presentata per l'indicatore precedente.

Attraverso due approcci differenti, uno basato su un modello di regressione ed un secondo basato su un approccio di *portfolio sorting*, *Hirshleifer et al (2013)* si apprestano ad esaminare se ed in che modo le due misure basate su informazioni brevettuali siano in grado di predire i rendimenti azionari delle imprese analizzate.

Per il primo approccio essi utilizzano una regressione *cross-sectional*, con variabile dipendente i rendimenti azionari mensili all'anno t delle imprese analizzate e come variabili indipendenti le due misure legate ai dati brevettuali presentate in precedenza, testate separatamente, affiancate da altre variabili di controllo come il ROA, la *size*, espressa in vendite, *B/M ratio*³⁶ e *institutional ownership*, cioè la frazione di azioni dell'impresa considerata possedute da investitori istituzionali. Tutte le variabili indipendenti presentano, nella regressione, un delay di un anno rispetto al rendimento mensile a cui sono associate.

³⁶ Il *Book to Market ratio* è una misura del valore di un'impresa, definito come il rapporto tra il valore a libro dell'impresa e la sua capitalizzazione di mercato.

Fonte: <https://www.investopedia.com/terms/b/booktomarketratio.asp>

I risultati ottenuti da *Hirshleifer et al (2013)* presentano dei coefficienti positivi e statisticamente significativi rispetto ad entrambe le variabili indipendenti di interesse utilizzate, i quali permettono loro di affermare come l'attività brevettuale sia in grado di fornire informazioni di valore agli investitori rispetto ad i futuri rendimenti delle imprese.

Come detto in precedenza, *Hirshleifer et al (2013)* utilizzano, in aggiunta, una metodologia basata su un approccio di *portfolio sorting*, per testare la loro ipotesi di partenza. Essi suddividono le imprese analizzate prima in due gruppi, *big* e *small*, basandosi sulla variabile *size*, presentata in precedenza, e poi suddividono i due gruppi in tre sottogruppi, *low*, *medium* e *high*, basandosi sui terzili delle variabili legate alle informazioni brevettuali, ottenendo, infine, sei portafogli separati. Sono poi stati calcolati i rendimenti mensili di tre portafogli, ottenuti mediando i portafogli *small* e *big* con imprese appartenenti allo stesso terzile rispetto alla seconda variabile considerata.

Hirshleifer et al (2013) ottengono uno spread tra i portafogli *high* ed i portafogli *low* positivo per entrambe le variabili brevettuali considerate e, sempre in entrambi i casi, statisticamente significativo all'1%.

Questi risultati portano *Hirshleifer et al (2013)* ad affermare che le imprese che presentano un'efficienza elevata nelle loro attività di innovazione, misurata attraverso informazioni in grado di cogliere il valore dei brevetti da esse generati, sono in grado di garantire dei rendimenti azionari più elevati rispetto alle imprese il cui grado di efficienza risulta essere inferiore.

2.3.3 Ruolo della brevettazione come garanzia per l'ottenimento di finanziamenti a debito

Corrado et al (2006) sottolineano il ruolo sempre più centrale degli investimenti, da parte delle imprese, in asset intangibili rispetto alle loro attività, mostrando come, secondo loro stime, tali investimenti abbiano raggiunto i 1200 miliardi di dollari l'anno negli Stati Uniti, andando ad eguagliare all'incirca il livello di investimenti lordi in asset tangibili nello stesso periodo. Questa crescita, quindi, influisce anche sull'attività di brevettazione da parte delle imprese e sull'ottenimento di diritti di proprietà industriale, i quali, per molte imprese risultano essere gli asset posseduti dal maggior valore. (*Chatelain et al, 2010*).

Per questo motivo *Chatelain et al (2010)* sottolineano come la pratica di utilizzare un portafoglio di brevetti, da parte delle imprese, come garanzia per l'ottenimento di debito sia diventata molto importante negli Stati Uniti, in cui sono anche presenti diversi servizi, forniti da intermediari, che forniscono valutazioni di brevetti usati in questi contesti.

Chatelain et al (2010), cercano di comprendere le principali conseguenze ed effetti di uno sviluppo consistente di questa pratica sulla crescita economica.

Prima di tutto, affermano che i prestiti garantiti da brevetti siano in grado di influire positivamente sulla crescita dell'innovazione, elencando le ragioni, che risultano essere:

- L'aumento degli investimenti in asset intangibili da parte delle imprese, descritto in precedenza
- Gli azionisti di imprese innovative sono incentivati all'uso di brevetti come garanzia per ricorrere a finanziamento tramite debito, in alternativa al finanziamento tramite l'emissione di nuove azioni, evitando, quindi, diluizione del loro capitale posseduto e permettendo loro di sfruttare l'effetto leva sui rendimenti forniti da *equity*.
- L'industria legata ai prestiti garantiti da brevetti, formata da avvocati specializzati in proprietà intellettuale, intermediari che forniscono valutazioni brevettuali e da società di assicurazioni che operano nel campo della proprietà intellettuale, esercitano forti pressioni affinché vengano introdotte regolamentazioni che favoriscano questa pratica.

Essi sviluppano, inoltre, un modello economico di crescita endogena basata sull'attività di ricerca e sviluppo, in grado, in primo luogo, di determinare le condizioni sotto le quali è garantito un effetto leva significativo sulla crescita dell'innovazione, causato dall'utilizzo di brevetti come garanzia, in secondo luogo, di dimostrare come il tasso di rendimento dell'innovazione sia superiore al tasso di interesse richiesto dai creditori in un'economia in crescita e che la crescita del numero dei brevetti risulta essere funzione decrescente del tasso di interesse.

Essi, infine, sottolineano la necessità di un miglioramento rispetto alla legislazione che tratta i diritti di garanzia sui brevetti, con lo scopo di ridurre l'incertezza dei creditori, i quali devono sentirsi protetti dalle possibilità che il debitore trasferisca, abbandoni o dia in licenza la

garanzia brevettuale, affermando come tali miglioramenti rappresentino un modo per aumentare il tetto del debito disponibile e la conseguente crescita dell'attività innovativa.

2.4 Ruolo della brevettazione in procedure di *initial public offering* ed effetti su fenomeni di *underpricing*

In questa sezione si cercherà di indagare in che modo l'attività di brevettazione di un'impresa, ed il portafoglio di brevetti posseduti che ne consegue, possano essere dei segnali utili ai mercati finanziari, permettendo, per esempio, una riduzione dei problemi di asimmetria informativa tra imprese ed investitori, influenzando, quindi, l'importo investito durante l'offerta pubblica iniziale (IPO) delle imprese ed i tipici fenomeni di *underpricing* che ne conseguono.

2.4.1 Introduzione ai concetti di IPO ed *underpricing*

Nel momento in cui un'impresa necessita di ulteriore capitale azionario, a un certo punto della propria vita, potrebbe ritenere opportuno "quotarsi in borsa", potendo, quindi, vendere le proprie azioni a un gran numero di investitori diversificati (*Ibbotson e Ritter, 1995*).

La quotazione in borsa segna, quindi, una svolta importante nella vita di un'impresa; come sottolineato da *Ljungqvist (2007)*, infatti, all'impresa è permesso di accedere a capitale azionario pubblico, come forma di finanziamento, riducendo i costi legati a finanziamento delle operazioni ed agli investimenti.

La maggior parte delle società che decidono di quotarsi in borsa lo fanno attraverso una, cosiddetta, offerta pubblica iniziale (IPO) di azioni ai soci.

Ljungqvist (2007) presenta l'iter tipico attraverso il quale l'IPO viene condotta negli Stati Uniti, descrivendo come sia necessaria per l'impresa una banca specializzata a cui appoggiarsi, la quale, dopo un'approvazione da parte della *Securities and Exchange Commission*, presenta la società agli investitori istituzionali, durante il cosiddetto "road show", i quali forniscono indicazioni di interesse più o meno esplicite, ma sempre non vincolanti. La banca, quindi, sulla base delle informazioni raccolte presso gli investitori istituzionali intervistati e sulla situazione di mercato, definisce un prezzo di offerta per la società.

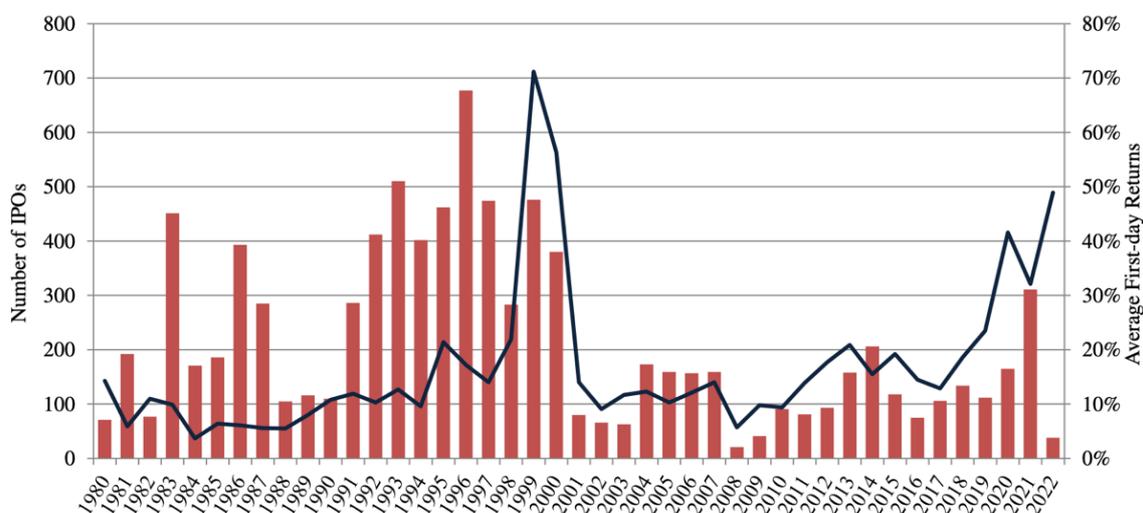
La più famosa anomalia associata alla procedura di quotazione in borsa è quella dell'*underpricing*, fenomeno su cui la letteratura si è concentrata molto nel corso degli anni.

L'*underpricing* avviene quando, dopo alcuni giorni in cui le azioni dell'impresa sono disponibili sul mercato azionario, il prezzo dei titoli azionari risulta essere superiore al prezzo a loro assegnato durante l'IPO, indicando come tale prezzo fosse inferiore all'attuale valore che il mercato dà all'impresa. Ciò sta a significare che l'impresa ha "*lasciato soldi sul tavolo*", cioè ha perso potenziali guadagni aggiuntivi, che sarebbero avvenuti se il prezzo di offerta fosse stato maggiormente in linea con il reale valore di mercato dell'impresa (Heeley et al, 2007).

Esso è quindi misurabile, come presentato da Ljungqvist (2007), come la differenza, in percentuale, tra il prezzo alle quali sono state vendute le azioni dell'IPO ed il prezzo alle quali le stesse azioni vengono poi scambiate sul mercato. Viene indicato, inoltre, come molti studi in letteratura calcolino la differenza utilizzando il prezzo delle azioni al termine del primo giorno in cui esse erano scambiabili, mentre, in alternativa, si considera il prezzo al termine della prima settimana di disponibilità sul mercato.

La Figura 11 mostra il numero di IPO avvenuto negli Stati Uniti tra il 1980 ed il 2022, indicando anche il rendimento medio al primo giorno, per ogni anno, che hanno avuto le azioni di tali IPO, mostrando come il fenomeno dell'*underpricing* abbia agito su di esse.

Figura 11-Numero di IPO (barre) e rendimento medio al primo giorno, equamente ponderato, per anno, nel periodo 1980-2022, per le società operative che si sono quotate in borsa con IPO tradizionali sulle principali borse statunitensi³⁷.



2.4.2 Impatto della brevettazione come segnale nel mercato delle IPO

Secondo la celebre teoria dei segnali, elaborata da *Spence (1973)*, le imprese intente ad intraprendere un percorso di quotazione in borsa, tramite IPO, sono in grado di influenzare la percezione che hanno di loro gli investitori fornendo dei segnali verso l'esterno, manipolando il loro grado di fiducia.

A tal proposito, in letteratura, sono stati individuati diversi aspetti ed indicatori che sono in grado di agire come segnali verso gli investitori prima di una IPO; alcuni di essi, indicati da *An et al (2023)*, risultano essere: società sostenute da *venture capital*, esperti in *investment banking* e partner commerciali, sottoscrittori³⁸, il background del CEO e qualifiche del *top management*.

Questi segnali da parte delle imprese possono essere, quindi, uno strumento molto utile al fine di ridurre la tipica asimmetria informativa presente tra impresa ed investitori, accentuata, nel caso di IPO, dal fatto che le imprese private, a differenze delle società già quotate,

³⁷ Grafico ottenuto dai dati riguardanti a IPO a cura di *Jay R. Ritter*, professore del dipartimento di finanza presso la *University of Florida*, disponibili sulla sua pagina personale
Fonte: <https://site.warrington.ufl.edu/ritter/files/IPOs-Underpricing.pdf>

³⁸ Un sottoscrittore è un soggetto, solitamente membro di un'organizzazione finanziaria, che valuta e si assume il rischio di un altro soggetto in mutui, assicurazioni, prestiti o investimenti dietro compenso, solitamente sotto forma di commissione, premio, spread o interesse.
Fonte: <https://www.investopedia.com/terms/u/underwriter.asp>

spesso non dispongono di informazioni affidabili consultabili, come, ad esempio, registri di operazioni e *cash-flow report* (An et al, 2023).

La letteratura ha, quindi, indagato il ruolo dei brevetti posseduti dalle imprese, che, come presentato nelle sezioni precedenti, risultano essere l'output principale della capacità di innovazione di un'impresa, come segnale utile agli investitori, in grado di attestare la qualità di un'impresa e ridurre l'asimmetria informativa, favorendo il processo di IPO.

An et al (2023) affermano che i brevetti risultano essere un potente strumento per segnalare le competenze tecniche e la qualità di un'impresa a causa dei seguenti aspetti:

- Il portafoglio di brevetti posseduto da un'impresa può certificare la sua competenza in ambito scientifico ed ingegneristico.
- I brevetti obbligano le imprese a sostenere alti costi legati al loro ottenimento ed al loro rinnovo e protezione.
- I brevetti vengono concessi solo per tecnologie veramente innovative ed al primo soggetto che può dimostrare di avere legittimi diritti legali su tali tecnologie, definendo un confine tra le imprese che presentano una maggiore ed una minore efficienza nei loro processi di innovazione.
- Le informazioni contenute nelle domande di brevetto sono pubbliche e possono essere, quindi, consultate dagli investitori.

Essi concludono, quindi, che i brevetti possono fornire agli investitori importanti informazioni ad un costo minimo.

Useche (2014) ha cercato di indagare riguardo il ruolo dei brevetti come segnale, testando se essi avessero effettivamente un impatto sul capitale raccolto durante una IPO. In questo caso si sono testate imprese appartenenti all'industria del software, provenienti sia dagli Stati Uniti che dall'Europa, indagando, inoltre, su eventuali differenze in queste due aree.

Per fare ciò, Useche (2014) ha utilizzato una metodologia basata su un'analisi di regressione OLS su un campione di 476 imprese, equamente suddivise tra Stati Uniti ed Europa, osservate da gennaio 2000 fino a dicembre 2009. I dati riguardanti le IPO sono stati

ricavati dal database *Bureau van Dijk ZEPHYR*, mentre le informazioni riguardanti i brevetti appartenenti alle imprese sono stati ricavati dal database *Questel-Orbit QPAT*.

Come variabile dipendente, volta a valutare l'effetto sulla IPO, *Useche (2014)* utilizza l'ammontare di capitale raccolto dall'impresa *i* durante la propria IPO, mentre, come variabile indipendente volta a controllare l'effetto della brevettazione, viene utilizzato lo stock complessivo di domande di brevetto dell'impresa *i* con *priority date*³⁹ antecedente all'IPO. Vengono poi inserite nel modello di regressione ulteriori variabili di controllo, come il ROA, la percentuale societaria venduta durante l'IPO, che, se ampia, potrebbe essere considerata negativamente dal mercato, secondo la letteratura, l'età dell'impresa all'IPO, e variabili di controllo classiche come la totalità degli asset posseduti e le vendite, volte a controllare l'effetto dato dalla *size*.

Dai risultati conseguiti dall'analisi di regressione OLS, *Useche (2014)* ottiene coefficienti positivi e statisticamente significativi sia per quanto riguarda il numero di domande di brevetto UE che per quelle statunitensi, verificando anche come la differenza tra il coefficiente UE e quello US sia significativamente maggiore di zero.

Questi risultati lo portano ad affermare che le imprese innovative che applicano per un maggior numero di brevetti sembrano in grado di raccogliere un maggior numero di fondi durante la loro IPO, sia in contesto UE che US, andando a confermare il ruolo di segnale, volto a ridurre l'asimmetria informativa, da parte dei brevetti, segnale che, tuttavia, sembra più forte per i brevetti applicati nell'area UE rispetto a quelli applicati negli Stati Uniti.

An et al (2023) hanno, anch'essi, contribuito alla letteratura riguardante il ruolo di segnale per gli investitori da parte dei brevetti posseduti dalle imprese, effettuando un'analisi del mercato Giapponese, il quale risulta essere un mercato più avverso al rischio rispetto a quello europeo e statunitense. Essi, oltre ad indagare l'utilità nella riduzione dell'asimmetria informativa tra investitori ed imprese, da parte dei brevetti posseduti, in situazioni pre-IPO, hanno anche indagato se tale effetto fosse differente per imprese *high-tech* e *low-tech*⁴⁰, in quanto i portafogli di brevetti posseduti dalle imprese high-tech potrebbero risultare molto

³⁹Con *priority date* si intende la data in cui una domanda di brevetto viene depositata, ritenuta essenziale per determinare se essa possa essere valutata come nuova rispetto a domande analoghe.

Fonte: https://e-courses.epo.org/wbts_int/litigation/Priority.pdf

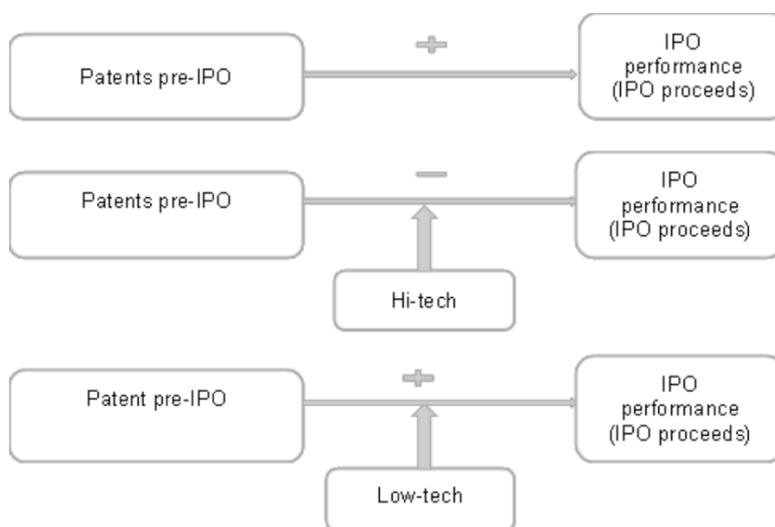
⁴⁰ Seguendo un report OECD, redatto da *Galindo-Rueda e Verger (2016)*, è possibile suddividere i vari settori industriali in settori high-tech e low-tech, sulla base dell'intensità delle attività di ricerca e sviluppo delle imprese appartenenti ad essi

complessi da comprendere, il che si potrebbe riflettere in una difficoltà da parte degli investitori nell'utilizzo di tali brevetti come informazioni utili a valutare l'impresa posseditrice. In Figura 12 è rappresentato il framework concettuale alla base dello studio di *An et al (2023)*.

Essi utilizzano un campione di 338 imprese giapponesi, che hanno intrapreso una IPO, osservate da gennaio 2000 a dicembre 2015, ricavando i dati riguardanti le IPO dal database *Thomson Reuters Eikon*, i dati brevettuali dal database *JplatPat* e, infine, i dati finanziari e contabili dal database *The FinancialQuest*.

Nella loro analisi di regressione OLS, anche *An et al (2023)* inseriscono come variabili dipendente l'ammontare di capitale raccolto dall'impresa *i* durante la propria IPO, mentre, come variabile indipendente principale, utilizzano l'ammontare di domande brevettuali depositate nei soli 4 anni precedenti l'IPO. Vengono infine inserite una *dummy*, volta a segnalare l'appartenenza a settori high-tech, nel caso assuma valore 1, o low-tech, nel caso assuma valore 0, ed altre variabili di controllo tipiche di queste analisi.

Figura 12-Rappresentazione del framework alla base delle analisi svolte da *An et al (2023)*⁴¹



Anche in questo caso, i risultati ottenuti supportano l'ipotesi secondo cui i brevetti segnalano agli investitori informazioni in grado di ridurre l'asimmetria informativa e portare all'impresa migliori performance durante l'IPO, anche per il mercato Giapponese. *An et al (2023)*, infatti

⁴¹ Fonte: An, Le Thuy Ngoc, Yoshiyuki Matsuura, Mohammad Ali Tareq, Nurhayati Md Issa, and Norliza Che-Yahya, "Impact of Patent Signal on Firm's Performance at IPO: An Empirical Analysis of Japanese Firms" (2023).

ottengono un coefficiente positivo e statisticamente significativo, che indica che ogni domanda di brevetto aggiuntiva depositata, nei 4 anni precedenti l'IPO, aumenta il capitale raccolto dall'impresa dello 0,5%.

I risultati ottenuti, permettono loro di aggiungere che i brevetti hanno utilità di segnale, verso gli investitori, maggiore per le imprese *low-tech* rispetto alle imprese *high-tech*, confermando come gli investitori faticino a comprendere e utilizzare le informazioni derivanti da brevetti *high-tech*, tipicamente di complessità maggiore.

2.4.3 Relazione tra brevettazione e fenomeno dell'*underpricing*

Come già presentato nelle sezioni precedenti, il fenomeno dell'*underpricing* rappresenta una delle maggiori problematiche con cui le imprese devono far fronte post IPO.

Una delle analisi più accreditate rispetto al fenomeno dell'*underpricing* viene fornita da *Rock (1986)*, il quale afferma che le imprese e gli *underwriters* sotto prezino le IPO per fare in modo che gli investitori, che mancano di informazioni rispetto a tali imprese, permettendo loro di partecipare al mercato delle IPO grazie ad un premio fornitogli sotto forma di prezzo scontato. A ciò consegue, quindi, che in presenza di asimmetria informativa maggiore, il fenomeno dell'*underpricing* sarà anch'esso maggiore.

A tal proposito, *Heeley et al (2007)* introducono il concetto della “*trasparenza tra il collegamento tra l'output dell'attività inventiva e l'appropriazione del valore*”, affermando come, la capacità dei brevetti posseduti da un'impresa di diminuire l'asimmetria informativa, riducendo il fenomeno dell'*underpricing*, dipenda dalla chiarezza con cui gli investitori sono in grado di comprendere quanto tali brevetti permettano all'impresa posseditrici di appropriarsi di valore, essendo quindi collegati ad esso. Essi affermano che ciò dipende dalla tipologia di tecnologia sottostante il brevetto, che può essere complessa o discreta⁴². *Heeley et al (2007)* presentano, quindi, le ragioni per cui, trattando una tecnologia discreta, il collegamento tra brevetti e appropriazione di valore, risulti essere trasparente:

- Con tecnologie discrete il numero di elementi brevettabili è generalmente basso, quindi esse sono facilmente difendibili.

⁴²*Cohen et al (2000)* presentano uno schema che permette di distinguere industrie di prodotto complesse e discrete, secondo cui i settori industriali con codice ISIC (*International Standard Industrial Classification*) inferiore a 2900 sono caratterizzate da tecnologie discrete, mentre i settori industriali con codice ISIC uguale o superiore a 2900 sono caratterizzate da tecnologie complesse.

- L'impresa che brevetta tecnologie discrete tende ad utilizzare l'invenzione per generare rendite direttamente o insieme ad altre proprietà intellettuali correlate.

Essi presentano anche i motivi per cui, trattando una tecnologia complessa, il collegamento tra brevetti e appropriazione di valore, risulti essere meno trasparente:

- Con tecnologie complesse non è chiaro definire quanto sia possibile proteggere la proprietà intellettuale a causa delle molte interdipendenze tecnologiche che le caratterizzano.
- L'impresa che brevetta tecnologie complesse potrebbe utilizzare la proprietà intellettuale per attuare strategie competitive basate sulla brevettazione, non con lo scopo, quindi, di generare rendite dirette.

Heeley et al (2007) hanno analizzato IPO di società statunitensi avvenute tra il 1981 ed il 1998, ricavando i dati riguardanti esse dal database *CRSP*, i dati riguardanti i brevetti dal database *USPTO patsic/coname* e informazioni riguardanti performance contabili e finanziarie delle imprese analizzate da *Compustat*.

Tramite un'analisi di regressione, hanno testato la relazione tra il rendimento al primo giorno dei titoli, calcolato come differenza percentuale tra il prezzo di offerta IPO ed il prezzo di chiusura al primo giorno del titolo, in grado, come detto in precedenza, di quantificare il fenomeno di *underpricing* e utilizzato come variabile dipendente nella regressione, e l'attività brevettuale, espressa nel modello come variabile indipendente e misurata come le domande di brevetto depositate dall'impresa, posta in relazione con due variabili *dummy* utili a distinguere se l'attività di brevettazione si riferisce a tecnologie discrete o complesse.

I risultati ottenuti da *Heeley et al (2007)* permettono loro di confermare come l'effetto della brevettazione sul fenomeno dell'*underpricing* dipenda dal livello di trasparenza presente tra i brevetti e la capacità di appropriarsi del valore da parte dell'impresa. Nel caso di un'alta trasparenza, la brevettazione riduce l'effetto dell'*underpricing*, nel caso di poca trasparenza, la brevettazione accentua tale effetto.

2.5 Valore ed effetti della brevettazione in contesti di *start-up*

L'incentivazione dell'attività imprenditoriale sotto forma di giovani imprese, quali sono le *start-up*, sta assumendo sempre più importanza nell'economia mondiale attuale.

Krejci et al (2015) forniscono la seguente definizione di *start-up*:

“Una startup è un'azienda nuova e temporanea che ha un modello di business basato sull'innovazione e sulla tecnologia. Inoltre, questo tipo di aziende hanno un potenziale di rapida crescita e scalabilità.”

Le *start-up* sono, quindi, associate ai criteri di novità e piccolezza, i quali, portano questo tipo di imprese ad avere tassi di fallimento maggiori ad imprese più strutturate e consolidate (*Audretsch et al, 2020*).

Così come in contesti di imprese strutturate, che sono stati analizzati in precedenza, l'attività brevettuale ha un ruolo anche in contesti di *start-up*; *Lamoreaux e Sokoloff (1999)*, infatti, evidenziano come esse possano giovare particolarmente dall'attività brevettuale, poiché esse, tipicamente, possiedono le loro idee come asset principale, essendo all'inizio della loro vita, e per questo i brevetti risultano uno dei meccanismi principali per proteggere queste idee e le invenzioni che ne potrebbero derivare.

In questo contesto, *Farre-Mensa et al (2020)* indagano proprio su quanto i brevetti possano creare valore per le *start-up*, cercando di separare i benefici economici che essi possono fornire grazie alla protezione legale che garantiscono, dal valore economico intrinseco nelle invenzioni che vengono protette.

Per poter fare ciò, essi hanno basato la loro analisi empirica su un confronto tra *start-up* alle quali è stato concesso un primo brevetto e *start-up* alle quali un primo brevetto è stato rifiutato, sfruttando un database interno dell'*USPTO*, per ricavare informazioni brevettuali di loro interesse, ed analizzando un campione di 34215 domande di brevetti, effettuate da *start-up* che non avevano fatto domande precedenti, per un periodo compreso tra gennaio 2001 e dicembre 2013.

Il focus di questa analisi è stato posto dagli autori su cinque *outcome* relative alle *start-up* analizzate dopo l'ottenimento del primo brevetto:

- Crescita di vendite ed assunzioni
- Brevettazioni e citazioni successive
- Utilizzo di brevetti come garanzie per accedere a debito
- Ottenimento di fondi da parte di *Venture Capitalist*
- Ottenimento di fondi tramite IPO

Farre-Mensa et al (2020), tramite un'analisi di regressione 2SLS⁴³, hanno stimato un coefficiente β , che ha permesso loro di stimare la differenza degli *outcome* presentati, a seconda che il primo brevetto depositato dalla *start-up* sia stato accettato o rifiutato.

Essi, basandosi sull'analisi empirica svolta, giungono a conclusioni riguardanti tutti e 5 gli *outcome* presi in esame:

- Viene riscontrata una differenza, statisticamente significativa, per quanto riguarda la crescita di assunzioni, pari al 20% circa ad un anno dalla concessione del primo brevetto, fino al 54,4% circa a 5 anni, a favore delle startup a cui il primo brevetto è stato concesso; risultati analoghi vengono presentati in relazione alla crescita di vendite, per cui viene riscontrata una differenza che va dal 9,6% fino al 79,5% in 5 anni.
- Viene presentato come, l'approvazione del primo brevetto, porti ad un aumento del 56,5% del numero di domande di brevetto successive, ad un aumento del 42,3% del numero di brevetti successivi ottenuti e, infine, ad un aumento del 60,3% delle citazioni ottenute nel complessivo.
- Viene presentato come, l'approvazione del primo brevetto, porti ad un aumento di 8,6 punti percentuali della probabilità che, tale brevetto, sia accettato come garanzia dell'impresa per accedere a capitale di debito.
- Viene affermato che, l'approvazione del primo brevetto, permetta un aumento di 1,7 punti percentuali della probabilità che la *start-up* riesca ad ottenere finanziamenti da fondi di *venture capital*.

⁴³ La regressione minimi quadrati a due fasi (2SLS) viene utilizzata nei casi in cui si presume una correlazione tra gli errori nella variabile dipendente del modello e le variabili indipendenti. Essa sfrutta, infatti, delle variabili dette strumentali, non correlate agli errori, per calcolare, al primo stadio, dei valori stimati dei predittori problematici, cioè le variabili indipendenti che presentano correlazione, utilizzando poi tali valori, al secondo stadio, per stimare un modello di regressione lineare della variabile dipendente.

Fonte: <https://www.ibm.com/docs/it/spss-statistics/29.0.0?topic=regression-two-stage-least-squares>

- Viene, infine, presentato come, l'approvazione del primo brevetto permetta alla *start-up* di aumentare di un punto percentuale la propria possibilità di raccogliere capitale tramite IPO.

Farre-Mensa et al (2020) hanno quindi presentato e quantificato i benefici che la brevettazione è in grado di portare in un contesto di start-up, differente dai contesti di imprese maggiormente strutturate analizzate nelle sezioni precedenti, mostrando come essi siano ottenibili nel caso in cui il primo brevetto presentato venga ottenuto, facilitando l'accesso a capitali, migliorando performance come le vendite e l'attività innovativa nel corso degli anni successivi.

3 Brevettazione green

3.1 Introduzione al concetto di innovazione e tecnologia *green*

Come già sottolineato nel corso del primo capitolo, attorno al concetto di *green*, in letteratura, non sono presenti delle definizioni univoche ed adottate come standard in ambiti come quello economico/finanziario e scientifico; infatti, come ciò avviene nel contesto del *green investing*, anche quando si parla di innovazione e tecnologia in ambito *green* potrebbero sorgere delle incongruenze tra i vari riferimenti.

Kraus et al (2020) definiscono l'innovazione green come:

“L'innovazione green si riferisce all'innovazione tecnologica applicata a minimizzare gli sprechi, il riscaldamento globale, l'uso dell'acqua, l'inquinamento atmosferico, l'uso di carbone, petrolio, elettricità e la conservazione dell'energia.”

Schiederig et al (2012) evidenziano come la letteratura si riferisca a questo tipo di innovazione principalmente in 4 modi, definendola, a seconda dei casi, come “*green*”, “*eco*”, “*environmental*” e “*sustainable*”. Essi sottolineano, però, a termine di un'analisi accurata sulla letteratura a loro antecedente, che le nozioni di *green*, *eco* ed *environmental* sono largamente usate come sinonimo per riferirsi ad innovazioni il cui obiettivo è quello di riuscire a ridurre qualsivoglia impatto negativo a livello ambientale, mentre, il concetto di *sustainable innovation* si differenzia leggermente dai precedenti, andando ad includere anche una dimensione sociale.

Per quanto riguarda il concetto di tecnologia *green*, per ovvi motivi strettamente correlato a quello di innovazione appena analizzato, *Colombelli et al (2020)* propongono tale definizione:

“Le tecnologie green sono tecnologie che permettono di migliorare le prestazioni ambientali di prodotti, processi e servizi.”

Si può notare, quindi, come questa definizione sia molto in linea con l'accezione caratterizzante l'innovazione in ambito *green*, anche se, in entrambi i casi pare non vengano forniti standard da seguire per permettere una chiara distinzione.

Vista la grande importanza della tematica *green* in questo periodo storico, la letteratura scientifica ha posto la propria attenzione sul ruolo e sugli effetti che l'innovazione *green*, cruciale per permettere le imprese a diminuire le loro emissioni ed i loro sprechi, può avere nei confronti delle imprese e degli investitori in termini economici e finanziari, andando ad investigare, per esempio, sull'impatto delle attività di brevettazione in questo contesto; infatti, come già sottolineato nei capitoli precedenti, l'analisi dell'attività brevettuale è una delle metodologie più utilizzate per valutare gli effetti dell'attività innovativa a livello di impresa, essendo i brevetti il principale output di essa, e così è anche in ambito *green*.

A tal proposito, nel capitolo 4, sarà approfondita la questione su quali siano le metodologie più adatte ed utilizzate al fine di riuscire a categorizzare ed individuare i brevetti riguardanti tecnologie *green*, per essere in grado di analizzarne gli effetti economico finanziari a livello di impresa, metodologie già accennate nel corso del primo capitolo, in riferimento all'utilizzo, in letteratura, della brevettazione *green* di un'impresa come misura del suo livello di *greenness*.

3.2 Impatto della brevettazione *green* su investitori e valutazioni del mercato finanziario

Come è stato fatto nel capitolo precedente, in cui si sono andati ad analizzare gli effetti e l'impatto dell'attività di brevettazione da parte delle imprese sui titoli azionari di esse, in questa sezione verranno discussi aspetti analoghi, facendo riferimento alla letteratura disponibile a riguardo, esclusivamente concentrandosi sull'innovazione *green*, definita in precedenza, e sull'attività di brevettazione da essa derivante, riferendosi, quindi, anche ad alcuni concetti presentati nel corso del primo capitolo, come l'uso della brevettazione *green* come proxy in grado di misurare il livello di *greenness* di un'impresa e l'impatto di quest'ultima sui rendimenti dei titoli delle imprese analizzate.

A tal proposito ci si concentrerà nel presentare come la brevettazione *green* abbia impatto sui rendimenti attesi delle azioni delle imprese posseditrici, come i mercati finanziari

reagiscono ad annunci di brevetti *green* concessi ad imprese quotate e come essi valutino tali imprese, evidenziando anche posizioni contrastanti presenti in letteratura.

3.2.1 *Negative green innovation premium*

Nel corso del primo capitolo è stata analizzato il dibattito, presente in letteratura, avente come fulcro il se ed il come i mercati finanziari considerino e stimino il rischio legato alla produzione di CO₂, da parte delle imprese quotate, sui titoli delle stesse, andando a considerare come proxy della *greenness* principalmente valori relativi ad emissioni, nelle varie sfumature analizzate.

È interessante analizzare come l'innovazione in ambito *green* portata avanti dalle imprese e l'attività di brevettazione da essa derivante possano impattare in queste dinamiche di valutazione da parte del mercato del rischio legato alle emissioni, soprattutto in un periodo come quello attuale, dove istituzioni e privati stanno compiendo sforzi nel raggiungimento di obiettivi climatici, ad esempio, come quelli fissati dall'Accordo di Parigi del 2015, citato nei capitoli precedenti.

In tale contesto si inserisce il lavoro di *Leippold e Yu (2023)*, i quali indagano come i mercati finanziari incorporino nelle loro valutazioni i brevetti *green* posseduti dalle imprese quotate, cercando, nello specifico, di verificare la loro ipotesi di partenza secondo la quale gli investitori richiedano dei rendimenti minori alle imprese con un numero maggiore di brevetti *green* posseduti, introducendo il concetto di "*negative green innovation premium*", andando quindi a premiare l'*effort* di queste imprese in ambito *green*.

Essi hanno analizzato il mercato statunitense, andando a formare un campione di 22693 osservazioni annue di imprese quotate con attività di brevettazione *green*, osservate da gennaio 2001 fino a dicembre 2021, ottenendo i dati riguardanti i brevetti *green* dal database fornito dall'*USPTO*, i dati relativi ai rendimenti mensili dei titoli azionari dal database *CRSP* e, infine, i dati contabili dal database *Compustat North America Fundamentals Annualy*.

La loro analisi si è basata su una metodologia di *portfolio sorting*, prima univariata e, in secondo luogo, multivariata; in entrambi i casi, però, le imprese sono state suddivise in quintili sulla base della loro intensità in ambito di brevettazione *green*. A tale scopo, *Leippold*

e Yu (2023), hanno costruito un indicatore in grado di rappresentare la percentuale di brevetti *green* concessi all'impresa i all'anno t , definito, semplicemente, come il rapporto tra il numero di brevetti *green* concessi all'anno t ed il totale dei brevetti concessi, sempre all'anno t , per l'impresa considerata.

Utilizzando questo indicatore, quindi, sono stati prima costruiti 5 portafogli di quintili, per poi calcolare i rendimenti azionari medi di ciascun portafoglio per il periodo di tempo preso in esame e, in ultima battuta, costruire un ulteriore portafoglio "*High-minus-Low*" (HML), con posizione lunga rispetto al portafoglio *high*, formato dalle imprese appartenenti all'ultimo quintile, quindi con indicatore di livello di brevettazione *green* alto, e con posizione corta rispetto al portafoglio *low*, formato dalle imprese appartenenti al primo quintile, quindi con indicatore di livello di brevettazione *green* basso.

Essi sono passati poi ad una metodologia di *portfolio sorting* multivariata basata sia sull'indicatore usato in precedenza, che su altre caratteristiche quali: capitalizzazione di mercato, *Book to Market ratio*, ROA, ROI ed intensità di emissioni di CO₂, tipologia *scope* 1. I 5 portafogli precedentemente formati sono, quindi, stati suddivisi, ciascuno in ulteriori due portafogli, basandosi sul valore mediano delle caratteristiche di impresa indicate, ottenendo, infine, 10 portafogli.

È stato, quindi, effettuato il calcolo dello spread di rendimenti rispetto al livello di *greenness* due volte per ognuna di queste caratteristiche, sia considerando le imprese che hanno un alto valore della caratteristica secondaria osservata, sia per quelle che hanno un valore basso di tale caratteristica.

Leippold e Yu (2023), per quanto riguarda il *portfolio sorting* univariato, riscontrano dei rendimenti decrescenti passando dal portafoglio *low* a quello *high*, ottenendo un rendimento negativo, pari a circa al -0,67% e statisticamente significativo, per quanto riguarda il portafoglio HML da loro costruito.

Questo risultato va a favore della loro ipotesi di partenza, secondo la quale gli investitori presenti sui mercati finanziari richiedano dei rendimenti minori alle imprese con un maggiore impegno in attività di innovazione in ambito *green*, le quali possono, quindi, trarre vantaggio dal cosiddetto "*negative innovation premium*".

Anche i risultati da loro ottenuti rispetto alla metodologia di *portfolio sorting* multivariata vanno nella medesima direzione, confermando un rendimento maggiore da parte dei

portafogli con un minore livello di brevetti *green* concessi, il che permette loro di affermare come le caratteristiche aggiuntive analizzate non vadano ad influenzare il risultato da loro ottenuto con la prima metodologia utilizzata.

3.2.2 Analisi di come il mercato finanziario valuti e reagisca ad attività di brevettazione *green* da parte delle imprese

Oltre al concetto di *negative innovation premium* presentato nella sezione precedente, la letteratura economico/finanziaria ha cercato di studiare l'effetto della brevettazione *green* sui titoli azionari delle imprese posseditrici da ulteriori punti di vista.

Andriosopoulos et al (2022), a tal proposito, hanno cercato di rispondere alla domanda:

*“I brevetti *green* sono in grado di aumentare il benessere degli azionisti?”*

Per fare ciò, il loro lavoro si è concentrato su un confronto tra le reazioni da parte dei mercati finanziari agli annunci di brevetti *green* e brevetti *grey*, cioè brevetti *non-green*, portato avanti analizzando un campione di 1616934 brevetti, di cui 67310 classificati come *green*, ottenuti, da imprese statunitensi quotate, tra il 1976 ed il 2019.

I dati riguardanti i brevetti sono stati da loro ottenuti dal database *PatentsView*, quelli riguardanti le performance finanziarie dal database *Compustat* e, infine, quelli riguardanti i rendimenti ed i prezzi dei titoli azionari dal database *CRSP*.

Andriosopoulos et al (2022) misurano, quindi, i rendimenti anomali cumulati ottenuti dalle imprese durante una finestra di tre giorni, formata dal giorno in cui l'ottenimento del brevetto da parte dell'impresa analizzata viene annunciato ed i due giorni successivi all'annuncio. Questa metodologia da loro utilizzata si basa sul lavoro di *Kogan et al (2017)*, i quali mostrano evidenze di come il turnover delle azioni⁴⁴ aumenti proprio nella finestra dei tre giorni indicata, in seguito all'annuncio di un brevetto, suggerendo che ciò indichi come,

⁴⁴ Il turnover delle azioni è una misura della liquidità azionaria in quanto indica con che facilità un investitore è in grado di trovare un acquirente o un venditore per un determinato asset azionario; esso viene calcolato come il rapporto tra il numero totale di azioni scambiate in un determinato periodo ed il numero di tali azioni in circolazione nello stesso periodo.

Fonte: <https://www.investopedia.com/terms/s/shareturnover.asp>

durante quegli stessi tre giorni, i mercati finanziari prezzano l'annuncio di un brevetto ed indicando, inoltre, come non vadano considerati i giorni precedenti all'annuncio, poiché è molto improbabile che notizie riguardante ad esso trapelino dall'*USPTO*.

I risultati da essi ottenuti evidenziano come, in media, l'annuncio di brevetti *grey* da parte delle imprese analizzate porti dei rendimenti anomali cumulati, dei titoli azionari corrispondenti, dello 0,033%, con significatività statistica all'1%, i quali sono associati ad un aumento medio in valore di mercato di tali imprese di circa 6,4 milioni di dollari complessivi. Dall'altra parte, viene evidenziato come l'annuncio di brevetti *green* da parte delle imprese analizzate non porti a rendimenti anomali cumulati, statisticamente significativi, nella finestra temporale analizzata.

Andriosopoulos et al (2022), per confermare e rafforzare i loro risultati iniziali, decidono di compiere la stessa tipologia di analisi prima andando a considerare solamente i brevetti, sia *green* che *grey*, concessi ad imprese appartenenti a settori industriali inquinanti⁴⁵, poi di considerare solamente brevetti con alto valore tecnologico, andando a selezionare quei brevetti appartenenti alla top 33% rispetto al numero di citazioni *forward* ottenute in seguito all'annuncio. In entrambi i casi i risultati ottenuti sono analoghi a quelli ottenuti in prima battuta.

Essi, basandosi sui risultati ottenuti confrontando le reazioni dei mercati finanziari rispetto all'annuncio di brevetti *grey* e *green* da parte di imprese statunitensi quotate, affermano che, la brevettazione in ambito *green*, portata avanti da un'impresa, non permette ad essa di aumentare il benessere dei propri azionisti.

Viene inoltre sottolineato come questi risultati risultino in linea con quanto affermato da *Pástor et al (2021)* nel suo lavoro, in cui viene presentato come il grande aumento della domanda di titoli di imprese *green*, avvenuto nel corso degli ultimi anni, abbia provocato un aumento del loro prezzo, riflettendosi in un abbassamento dei loro rendimenti attesi futuri, teoria che risulta, inoltre, molto collegata con il lavoro di *Bauer et al (2022)*, presentato nelle

⁴⁵ *Andriosopoulos et al (2022)* individuano i settori industriali inquinanti seguendo quanto fatto da *Berrone et al (2013)*, i quali, basandosi sui dati forniti dal *Toxic Release Inventory*, un programma del governo statunitense che monitora le emissioni di sostanze tossiche, hanno definito i codici SIC dei 20 settori industriali più inquinanti negli Stati Uniti.

sezioni precedenti, in cui viene presentata la differenza tra rendimenti attesi e realizzati rispetto all'analisi ed al confronto delle performance di titoli azionari *green* e *brown*.

Sempre in questo contesto, *Colombelli et al (2020)* hanno indagato gli effetti della generazione di tecnologie *green*, da parte delle imprese, sulla loro valutazione da parte dei mercati finanziari, basando la loro analisi su un modello presente in letteratura, elaborato da *Cockburn e Griliches (1987)*, il quale presuppone che, la valutazione di un'impresa da parte dei mercati finanziari, tenga in considerazione sia gli asset tangibili di tale impresa, che quelli intangibili, come la capacità innovativa in ambito *green* e le tecnologie da essa derivanti, misurabile, come già spiegato in precedenza, dall'attività brevettuale, in questo caso in ambito *green*, svolta dall'impresa.

Sulla base di ciò, essi hanno utilizzato una metodologia di analisi basata su un modello di regressione OLS, indagando su quali fossero gli effetti sulla valutazione di mercato delle imprese, utilizzando come variabile dipendente il logaritmo della q di Tobin, della generazione di tecnologie *green* e non, includendo nel modello delle variabili dipendenti costruite come il rapporto tra le domande di brevetti, sia nel caso *green* che non, e le spese in ricerca e sviluppo, ed ulteriori variabili, utilizzate per catturare il reale valore della brevettazione, costruite come il rapporto tra il numero di citazioni ottenute ed il numero di domande effettuate per ogni anno t , sempre considerando sia brevetti *green* che non.

Essi hanno costruito un dataset panel bilanciato, formato da 4449 imprese europee, provenienti da Italia, Francia, Germania, Paesi Bassi e Regno Unito, quotate sui principali mercati finanziari, osservate per un periodo di 10 anni, da gennaio 2002 a dicembre 2011, i cui dati brevettuali sono stati ricavati dal database *OECD REGPAT*, mentre dati di bilancio e capitalizzazione di mercato sono stati ricavati dal database *The Bureau van Dijk ORBIS*.

I risultati ottenuti da *Colombelli et al (2020)* evidenziano come la variabile dipendente utilizzata per catturare l'attività innovativa in ambito *green* presenti un coefficiente positivo e statisticamente significativo, segnalando come essa sia valutata positivamente dai mercati finanziari.

Per rafforzare i risultati ottenuti, essi decidono di includere nella loro analisi solamente le imprese appartenenti ai settori industriali a cui corrisponde l'80% della brevettazione *green*

presente nel loro campione, per cercare di evitare l'effetto del *bias* che, secondo loro, sarebbe generato dal fatto che non tutte le imprese con spese in ricerca e sviluppo siano in grado di generare tecnologie *green*, ed analoghi brevetti, allo stesso modo. Anche in questa seconda analisi vengono confermati i risultati ottenuti in prima battuta, presentando un coefficiente positivo e statisticamente significativo rispetto alla variabile utilizzata per catturare l'attività innovativa.

Colombelli et al (2020) concludono, quindi, che la generazione di tecnologie *green* da parte delle imprese quotate riesca a stimolare positivamente i mercati finanziari, portando ad una loro valutazione positiva rispetto a queste imprese, sottolineando, inoltre, come queste tecnologie siano in grado di portare a questi effetti poiché in grado di creare aspettative positive, da parte degli investitori, per quanto riguarda *cashflow* e redditività futuri.

Questi loro risultati, da una parte, risultano in linea con i vari studi presenti in letteratura, alcuni dei quali sono stati presentati in precedenza, che descrivono l'impatto positivo dell'attività di innovazione da parte delle imprese, spesso misurata tramite l'output della brevettazione, sui rendimenti dei titoli azionari e sulla valutazione di mercato delle stesse; tuttavia, sembrano essere in conflitto con il concetto di *negative innovation premium* e con il lavoro di *Andriosopoulos et al (2022)*, in cui, come presentato in precedenza, vengono presentate delle relazioni negative tra l'attività di brevettazione *green* ed i rendimenti dei titoli delle imprese posseditrici, dovute, secondo gli autori, ad una richiesta di rendimenti inferiori da tali titoli da parte degli investitori e da un aumento della domanda di essi nel corso degli ultimi anni.

3.3 Ruolo della regolamentazione e del *climate concern* rispetto alla brevettazione *green*

Come già detto in precedenza, la lotta al cambiamento climatico risulta essere una delle più grandi sfide del nostro periodo, con grandi implicazioni sia per quanto riguarda le attività delle imprese sia per quanto riguarda i mercati finanziari e gli investitori in essi coinvolti.

In questo contesto, sia la preoccupazione e l'attenzione che gli investitori nutrono per tematiche ambientali, cioè il cosiddetto *climate concern*, che le varie regolamentazioni volte

a limitare i fenomeni climatici avversi, introdotte da istituzioni, possono avere effetti e provocare reazioni importanti a livello finanziario.

In questa sezione si cercherà di analizzare come la brevettazione *green* da parte delle imprese possa essere correlata a queste due tematiche, andando a confrontare lavori e punti di vista emersi nella letteratura a riguardo.

3.3.1 Dipendenza tra il *climate concern* e valutazione di brevettazione *green*

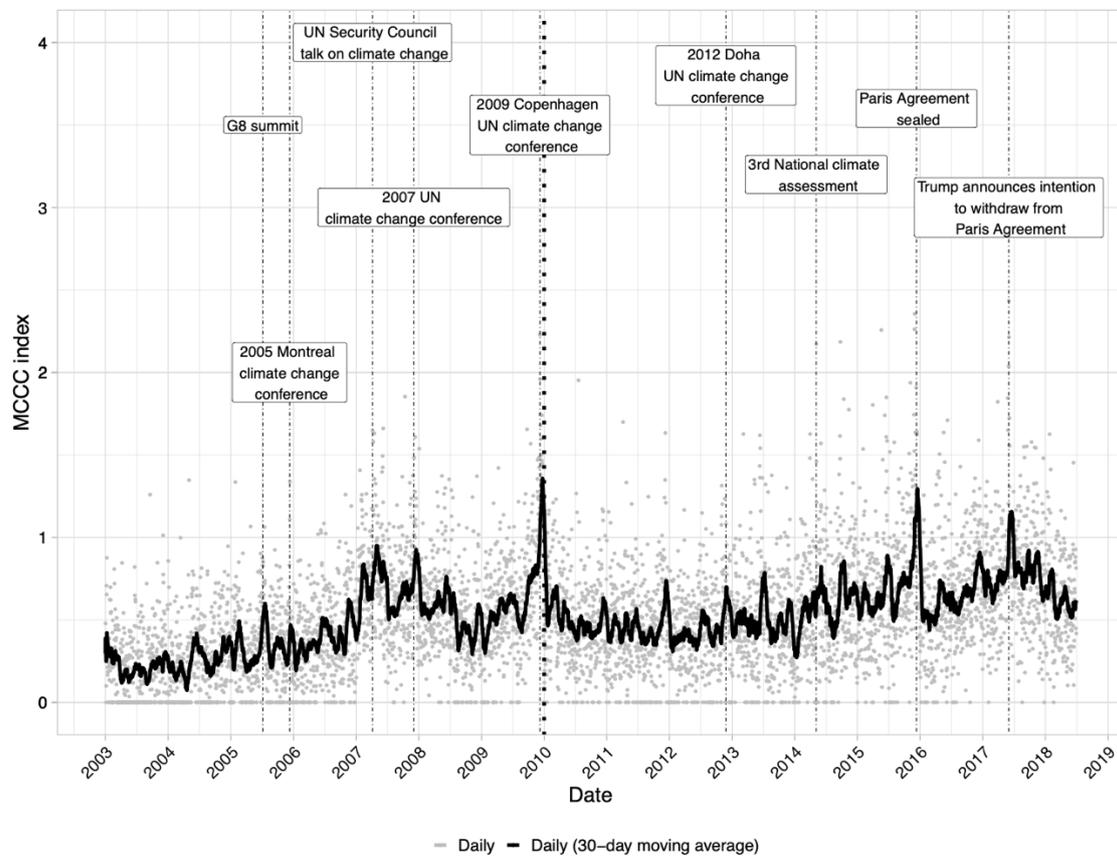
Il già citato lavoro presentato da *Pástor et al (2021)* è stato fra i primi in letteratura ad analizzare l'impatto dei cambiamenti delle preferenze degli investitori, in termini di sostenibilità ambientale e climatica, sui prezzi dei principali asset finanziari, concentrandosi sull'effetto riscontrabile su titoli *green* e *brown*.

Ardia et al (2020) sottolineano come le informazioni trasmesse dai media siano in grado di influenzare fortemente consumatori ed investitori sotto l'aspetto della preoccupazione che essi presentano rispetto a problematiche ambientali, andando a modificare il loro *climate concern*. Sulla base di ciò, *Ardia et al (2020)* hanno costruito un indicatore, denominato *Media Climate Change Concerns index (MCCC)*, in grado di valutare il livello giornaliero di *climate concern*, grazie ad un'analisi sulle news e gli articoli, aventi come topic principale il cambiamento climatico, resi disponibili da alcuni delle più famose agenzie di stampa e quotidiani statunitensi.

Ciò ha permesso loro di raffigurare l'andamento di questo indice, e quindi del livello del *climate concern* negli Stati Uniti, tra il 2003 ed il 2019, in parallelo ad alcuni eventi chiave, che hanno avuto luogo in tale finestra temporale, in tale contesto, come l'Accordo di Parigi del 2015 e l'uscita da tale accordo annunciata dal presidente Trump nel 2017, come presentato in Figura 13.

La letteratura economico/finanziaria ha, quindi, indagato su eventuali relazioni tra il livello di *climate concern*, appartenente agli investitori, e l'attività di brevettazione *green* da parte delle imprese, analizzando se e come quest'ultimo aspetto avesse un impatto diverso sulle performance finanziarie delle imprese a seconda del livello di importanza ed attenzione dato alle tematiche ambientali dai mercati finanziari.

Figura 13-Rappresentazione dell'MCCC index di Ardia et al (2020), raffigurato sia come osservazioni giornaliere, corrispondenti ai punti grigi, sia come media mobile su 30 giorni, corrispondente alla linea nera, in parallelo ad alcuni importanti eventi collegati al cambiamento climatico, per il periodo 2003-2019⁴⁶.



Andriosopoulos et al (2022), durante la loro indagine riguardante gli effetti della brevettazione green, da parte di imprese quotate, sul benessere dei loro azionisti, hanno analizzato anche se e come questi effetti fossero dipendenti dal livello di *climate concern* avuto dagli investitori, supponendo come gli investitori potessero reagire in maniera più positiva agli annunci di brevetti *green* in momenti di alta preoccupazione rispetto a tematiche ambientali e climatiche.

Per condurre questa analisi, essi hanno utilizzato un modello di regressione OLS, con variabile dipendente i rendimenti anomali cumulati ottenuti dai titoli di imprese, che hanno annunciato un brevetto, sia *green* che non, nei tre giorni a seguito di tale annuncio, comprendendo il giorno dell'annuncio stesso, e con variabili indipendenti di interesse il

⁴⁶ Fonte: Ardia, David and Bluteau, Keven and Boudt, Kris and Inghelbrecht, Koen, *Climate Change Concerns and the Performance of Green Versus Brown Stocks* (2020).

climate concern relativo alla finestra temporale considerata ed il conteggio di brevetti *green* compresi nell'annuncio considerato, presenti sia singolarmente che in relazione.

Andriosopoulos et al (2022), come variabile in grado di rappresentare il *climate concern*, si rifanno al lavoro di *Ardia et al (2020)*, utilizzando il valore medio dell'indice, da loro definito, *Unexpected Media Climate Change Concerns (UMC)*⁴⁷, misurato per la finestra di tre giorni dall'annuncio di un brevetto.

Da questo loro modello di regressione, essi ottengono risultati che presentano sia una non significatività statistica da parte della variabile *climate concern* come predittore della reazione di mercato all'annuncio di un qualsiasi brevetto, sia una non significatività statistica per quanto riguarda l'interazione tra la variabile *climate concern* ed il numero di brevetti *green* presenti nell'annuncio considerato.

Inoltre, essi aggiungono al loro modello di regressione una variabile dummy, in grado di valutare se l'impresa considerata appartenga ad un settore industriale *carbon intensive*, in modo tale da poter testare la tripla interazione tra questa *dummy*, la variabile *climate concern* e la variabile che conta il numero di brevetti *green* presenti nell'annuncio considerato; anche questa interazione, tuttavia, risulta non statisticamente significativa.

A fronte di questi risultati, *Andriosopoulos et al (2022)* affermano come non sia stata riscontrata nessuna evidenza che l'impatto dell'annuncio di brevetti *green* da parte di un'impresa sul benessere dei propri azionisti dipenda dal livello di *climate concern* presente al momento dell'annuncio, anche nel caso in cui, le imprese analizzate, siano imprese appartenenti a settori industriali molto inquinanti, più esposte, quindi, a rischi legati al loro alto livello di emissioni.

Viene, quindi, smentita l'ipotesi di partenza, secondo cui gli investitori avrebbero potuto reagire in maniera più positiva agli annunci di brevetti *green* in momenti di alta preoccupazione rispetto a tematiche ambientali e climatiche.

⁴⁷ L' *Unexpected Media Climate Change Concerns* viene definite da *Ardia et al (2020)* come la componente di shock dell'indice *MCCC*, presentato in precedenza, ottenuta filtrando l'indice *MCCC* stesso per i potenziali effetti dati da variabili finanziarie, macroeconomiche ed energetiche. La differenza tra *MCCC* ed *UMC* è data dal fatto che, quest'ultimo, rappresenta una proxy dei cambiamenti in *climate concern* inaspettati.

Anche nello studio svolto da *Leippold e Yu (2023)*, presentato in precedenza, viene analizzato come il livello di *climate concern* sia in grado di influenzare l'impatto che ha la brevettazione green sui titoli delle imprese posseditrici.

Nello specifico, essi analizzano la reazione dei prezzi di titoli azionari rispetto a quattro eventi riguardanti il rischio climatico, che hanno avuto luogo negli Stati Uniti, aspettandosi una performance migliore da parte dei titoli di imprese, posseditrici di una maggiore *share* di brevetti *green*, nei giorni in cui, a causa degli eventi considerati, vi è un maggiore livello di *climate concern* e, al contrario, performance migliore da parte dei titoli di imprese, posseditrici di una minore *share* di brevetti *green*, nei giorni caratterizzati da un minor livello di *climate concern*.

I quattro eventi, da loro presi in considerazione, sono stati:

- L'elezione di *Donald Trump*, come presidente degli Stati Uniti, avvenuta l'8 novembre 2016, evento il quale, vista la politica del neo presidente, viene considerato come causa di un abbassamento del livello di *climate concern*.
- L'elezione di *Joe Biden*, come presidente degli Stati Uniti, avvenuta il 14 dicembre 2020, evento il quale, vista la politica del neo presidente, viene considerato come causa di un innalzamento del livello di *climate concern*.
- L'invasione russa dell'Ucraina, e lo scoppio della conseguente guerra, avvenuta il 24 febbraio 2022, evento il quale viene considerato come un evento che, nel breve periodo, ha, inevitabilmente, resi inutili decenni di progressi nella lotta al cambiamento climatico, a causa dell'obbligato ritorno ad un maggior uso di fonti di energia fossile ed a una ripresa massiccia della produzione dell'industria militare, che a tolto soldi a politiche ecologiche. Esso, tuttavia, ha anche aumentato la consapevolezza di come fosse indispensabile investire in energie rinnovabili, per cercare di raggiungere un'indipendenza dai combustibili fossili scambiati sul mercato, avendo, quindi, un impatto positivo su azioni volte alla lotta al cambiamento climatico nel lungo periodo.
- La firma, da parte del presidente Biden, dell'*Inflation Reduction Act (IRA)* il 16 agosto 2022, il quale ha previsto una spesa di 370 miliardi di dollari volti ad una riduzione del 41% di emissioni di gas serra negli Stati Uniti e, per questo motivo, viene considerato come causa di un innalzamento del livello di *climate concern*.

Leippold e Yu (2023) hanno, quindi, utilizzato un modello di regressione lineare, con variabile dipendente la cumulata dei rendimenti anomali, misurata a 1/5/10 giorni dall'evento considerato, dei titoli delle imprese analizzate, corrispondenti a quelle presentate nelle sezioni precedenti durante il primo riferimento a questo lavoro, e come variabile indipendente di interesse la quota di brevetti *green* posseduti dall'impresa rispetto alla totalità di brevetti posseduti.

Da questa loro analisi emerge come:

- Rispetto alla data corrispondente all'elezione di *Donald Trump* come presidente degli Stati Uniti, i coefficienti relativi alla variabile rappresentante la share di brevetti *green* posseduti da un'impresa risultano essere significativamente negativi e crescenti, in valore assoluto, al crescere della finestra temporale, indicando come i prezzi dei titoli analizzati continuino a decrescere dopo l'evento analizzato.
- Rispetto alla data corrispondente all'elezione di *Joe Biden* come presidente degli Stati Uniti, i coefficienti relativi alla variabile rappresentante la share di brevetti *green* posseduti da un'impresa risultano essere significativamente positivi e crescenti, in valore assoluto, al crescere della finestra temporale, indicando come i prezzi dei titoli analizzati continuino ad aumentare dopo l'evento analizzato.
- Rispetto allo scoppio della guerra in Ucraina, i coefficienti relativi alla variabile rappresentante la share di brevetti *green* posseduti da un'impresa risultano essere significativamente positivi e crescenti, in valore assoluto, al crescere della finestra temporale.
- Rispetto alla firma dell'*IRA*, i coefficienti relativi alla variabile rappresentante la share di brevetti *green* posseduti da un'impresa risultano essere significativamente positivi.

A seguito di questi risultati, e rispetto a quanto detto in precedenza rispetto ai quattro eventi analizzati, *Leippold e Yu (2023)* evidenziano come il livello di *climate concern* sia correlato all'effetto della brevettazione *green* portata avanti dalle imprese sui rendimenti dei titoli di quest'ultima; la brevettazione, infatti, sembra influire positivamente nei giorni successivi agli eventi che tendono ad aumentare il livello di preoccupazione verso tematiche climatiche ed ambientali, contrariamente a quanto succede, invece, nei giorni successivi ad eventi che tendono a diminuire la stessa preoccupazione.

3.3.2 Introduzione al concetto di doppia esternalità

La letteratura economica/finanziaria ha evidenziato come, l'innovazione in ambito *green* da parte delle imprese, compreso lo sviluppo di tecnologie *green* ad essa collegate, sia strettamente correlata alle *policy* ed alle regolamentazioni inerenti a tematiche climatiche ed ambientali, introdotte principalmente da istituzioni pubbliche, come governi nazionali ed enti internazionali.

In tale contesto si inserisce uno studio di *Rennings (2000)*, il quale introduce, per primo, il concetto di doppia esternalità a cui l'innovazione in ambito *green* sembra essere soggetta. Questa tipologia di innovazione, infatti, come ogni innovazione, genera un tipo di esternalità positiva data dal fatto che, la conoscenza tecnologica ad essa associata, risulti essere un bene pubblico⁴⁸. In aggiunta a ciò, la natura *green* di questo tipo di innovazione, genera un'ulteriore esternalità, dovuta all'impatto ambientale positivo che essa ha verso l'esterno e per cui le imprese, generalmente, non sono ricompensate.

Rennings (2000) evidenzia, quindi, come questa doppia esternalità provochi un investimento sub-ottimale, da parte delle imprese, in innovazione in ambito *green* e come, per questo motivo, risulti fondamentale un'azione regolatoria da parte delle istituzioni, in grado di incentivare le imprese verso lo sviluppo di tecnologie *green* e colmare il gap generato dai fenomeni precedentemente descritti, per esempio, attraverso ad azioni di finanziamento di progetti pilota.

3.3.3 Analisi del ruolo delle policy rispetto alla brevettazione *green*

Colombelli et al (2020) riprendono proprio il concetto di doppia esternalità, sopra presentato, per introdurre la loro analisi riguardo l'influenza delle policy e delle regolamentazioni sullo sviluppo di tecnologie *green* da parte delle imprese e sull'effetto di queste tecnologie sulla valutazione data dai mercati finanziari.

⁴⁸ I beni pubblici sono quei beni non escludibili, quindi disponibili indistintamente per tutti, e non rivali, cioè che possono essere sfruttati più volte da chiunque senza andare a diminuire i benefici che essi forniscono agli altri soggetti.

Fonte: <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2021/12/Global-Public-Goods-Chin-basics>

Essi evidenziano, inoltre, come azioni di regolamentazione ambientale portino ad un aumento dei costi per le imprese inquinanti, le quali sono, quindi, stimolate ad investire in innovazione *green*, cercando di sviluppare e brevettare tecnologie in questo campo, al fine di migliorare i loro processi produttivi a livello di impatto ambientale, in modo tale da poter non far più fronte a costi aggiuntivi sopraggiunti a seguito delle regolamentazioni.

Al fine di indagare sul ruolo delle regolamentazioni in questo contesto, *Colombelli et al (2020)* inseriscono nel loro modello di regressione OLS, presentato in precedenza, usato per valutare gli effetti sulla valutazione di mercato delle imprese della generazione di tecnologie *green*, un indicatore, come variabile indipendente, denominato *Environmental Policy Stringency (EPS)*, presentato da *Botta Koźluk (2014)* in un *working paper OECD* ed utilizzato per valutare la severità delle policy ambientali nei paesi membri *OECD*. Questo indicatore, che può variare da 0 a 6, mette in relazione le policy ambientali che agiscono sul mercato, come possono essere tasse specifiche, con le policy non basate sul mercato, come norme e sussidi alla ricerca e sviluppo, e la sua validità è stata confermata da un'elevata correlazione con altri indicatori più utilizzati volti a valutare l'entità delle policy, come il *CLIMI Index* definito dalla *EBRD*⁴⁹.

Questo indicatore, valutato su base annuale, viene da loro posto in relazione con la variabile indipendente usata per valutare l'attività di brevettazione *green* delle imprese analizzate e viene anche utilizzato per la costruzione di due ulteriori variabili *dummy* indipendenti, in grado di valutare se il paese in cui risiede l'impresa analizzata presenti un EPS superiore o inferiore al valore mediano, messe anch'esse in relazione con la variabile legata alla brevettazione *green*.

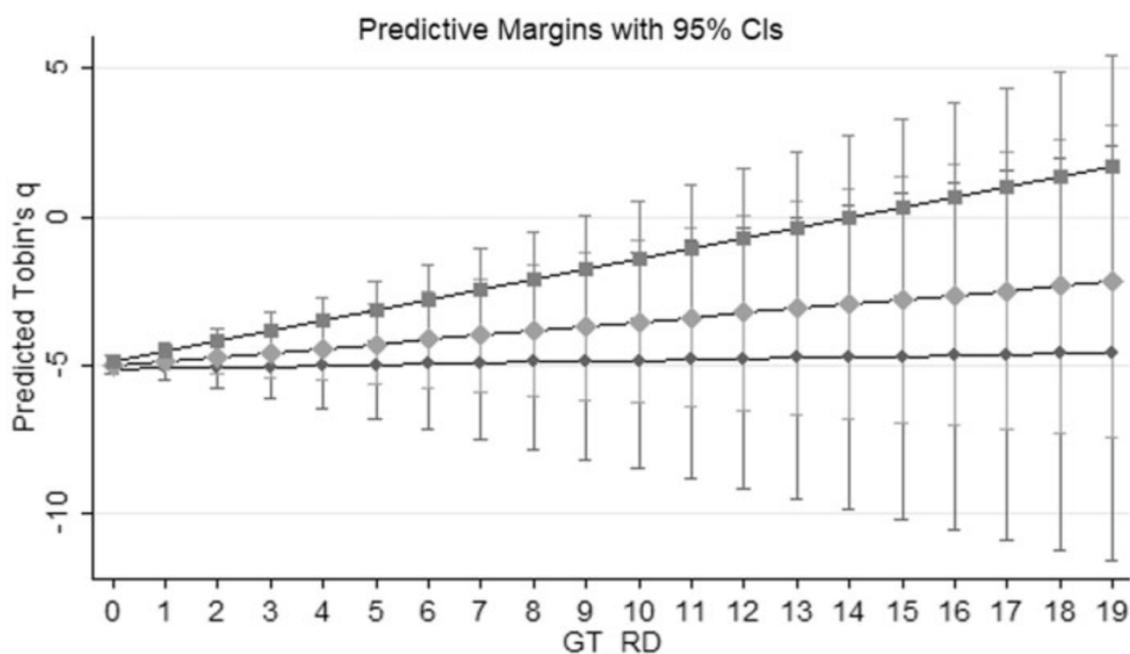
Colombelli et al (2020) ottengono, dalla loro analisi di regressione, dei risultati che evidenziano un effetto positivo e statisticamente significativo della variabile EPS, sia singolarmente, che quando posta in relazione alla variabile legata alla brevettazione *green*, risultato il quale gli permette di affermare come, una crescita della regolamentazione in ambito climatico ed ambientale, abbia un effetto significativo sulla valutazione fornita dai mercati azionari rispetto ad imprese con un'alta tendenza alla brevettazione *green*, valutazione che sarà, quindi, maggiore all'aumentare della severità della regolamentazione ed a parità di livello di brevettazione.

⁴⁹ *European Bank for Reconstruction and Development*

Andando, inoltre, ad analizzare i risultati ottenuti rispetto all'interazione tra la variabile di brevettazione *green* e le *dummy* introdotte, presentate in precedenza, essi riscontrano come solamente l'interazione con la *dummy* utilizzata per segnalare un valore di EPS superiore alla media nel paese in cui si trova l'impresa analizzata presenti coefficiente significativo e positivo, permettendo loro di affermare come una severità di regolamentazione superiore alla media influisca in modo ancora maggiore sulla valutazione dei mercati finanziari rispetto alla brevettazione *green* di un'impresa.

In Figura 14 è fornita una rappresentazione grafica che mostra l'effetto della variabile inerente alla brevettazione *green* rispetto alla *q* di Tobin, variabile dipendente utilizzata per monitorare la valutazione di mercato data all'impresa, a tre differenti livelli di severità delle regolamentazioni climatiche ed ambientali, che permette di visualizzare graficamente l'effetto generato da quest'ultime, riscontrato da *Colombelli et al (2020)*.

Figura 14-Rappresentazione dei valori previsti, tramite modello di regressione OLS, della *q* di Tobin a diversi livelli di brevettazione *green* (GT_RD) ed EPS a tre valori: minimo, medio e massimo⁵⁰.



Essi, infine, ipotizzano un'ulteriore spiegazione rispetto ai risultati ottenuti, affermando come, una regolamentazione più severa, aumenti la domanda, da parte di imprese, di tecnologie *green*, andando a creare nuove nicchie di mercato o espandendo quelle già

⁵⁰ Fonte: Alessandra Colombelli & Claudia Ghisetti & Francesco Quatraro, *Green technologies and firms' market value: a micro-econometric analysis of Europe* (2020).

presenti correlate a queste tecnologie, aumentando la probabilità che le imprese in possesso di brevetti *green* riescano ad appropriarsi di nuovi profitti futuri, il che porta ad una valutazione positiva dai mercati azionari.

3.4 Effetto della brevettazione su performance d'impresa

In questa ultima sezione, con focus rispetto l'innovazione portata avanti dalle imprese in ambito *green*, e brevettazione che ne consegue, verrà posta l'attenzione sull'analisi degli effetti della brevettazione *green* su performance operative di impresa, andando a presentare alcuni studi, presenti in letteratura, che si sono concentrati proprio sull'indagine di correlazioni tra la brevettazione *green* portata avanti dalle imprese e indicatori tipicamente usati per valutare le performance operative di quest'ultime, come ROA e *cashflow*.

In tale ambito, si posiziona il lavoro di *Reza e Wu (2023)*, i quali hanno portato avanti un'analisi empirica per riuscire ad esaminare l'impatto avuto dall'innovazione *green* sulla redditività delle imprese. Il loro studio ha come punto di partenza un'ipotesi, denominata come "*cost reduction hypothesis*", secondo la quale la brevettazione in ambito *green* sia utile alle imprese in quanto in grado di migliorare l'efficienza operativa di esse, andando a ridurre i costi di produzione; questa ipotesi viene, da loro, testata andando a valutare se e come i brevetti *green*, posseduti da un'impresa, siano correlati alla profittabilità futura dell'impresa stessa.

Per portare avanti questa analisi empirica, essi hanno costruito un dataset formato da 2390 imprese statunitensi, quotate, e 162839 brevetti *green*, per un periodo che va da gennaio 1963 a dicembre 2019.

I dati riguardanti i brevetti sono stati da loro ottenuti tramite il database *USPTO*, quelli riguardanti i dati contabili dal database *Compustat* e, infine, i dati riguardanti i titoli dei prezzi azionari dal database *CRSP*.

Reza e Wu (2023) hanno, quindi, utilizzato un modello di regressione lineare, utilizzando come variabili dipendenti ROA e *cashflow*, entrambe introdotte al fine di valutare le performance operative delle imprese analizzate, e come variabile indipendente, in grado di valutare il livello di brevettazione *green* delle imprese, il logaritmo naturale di 1 più il numero

di brevetti *green* concessi all'impresa i tra l'anno t considerato ed i 4 anni precedenti ad esso.

Essi hanno, inoltre, introdotto nel modello un lag temporale tra la variabile dipendente considerata e quelle indipendenti, andando ad utilizzare le performance operative delle imprese analizzate riferite all'anno $t+\tau$, con $\tau=1,2,3$, valutando gli effetti della brevettazione *green* sulle performance operative delle imprese dal primo fino al terzo anno successivo.

I risultati ottenuti da *Reza e Wu (2023)* indicano come, per tutti i valori di τ , il coefficiente riferito alla variabile indipendente d'interesse, volta a misurare la brevettazione *green* di un'impresa all'anno t , risulti essere positivo e statisticamente significativo al 10%, sia utilizzando come variabile dipendente il ROA che il *cashflow*.

Questi risultati, da loro ottenuti, vanno a favore dell'ipotesi iniziale di riduzione di costi, confermando come la brevettazione *green* permetta di aumentare l'efficienza delle imprese brevettatrici, il che è suggerito dalla correlazione positiva riscontrata tra brevetti *green* e performance operative di impresa.

Anche nello studio presentato da *Semenova et al (2023)* viene indagata la relazione tra la brevettazione *green*, in questo caso utilizzata come proxy dell'attivismo ambientale delle imprese analizzate, e indicatori di performance di impresa, nello specifico il ROA, cercando, inoltre, di capire se questa relazione presenti differenze a seconda che la impresa analizzata sia di piccole, medie o grandi dimensioni.

Un'ulteriore differenza, rispetto al primo lavoro analizzato, è presente nel campione da loro utilizzato; è stato, infatti, costruito un dataset panel formato sia da imprese *green*, cioè che hanno ottenuto almeno un brevetto *green* tra il 2013 ed il 2018, per un totale di 1136 imprese, sia da imprese non *green*, cioè che non hanno ottenuto alcun brevetto *green* tra il 2010 ed il 2018, per un totale di 2395, proveniente sia dall'Europa che dagli Stati Uniti.

Tutte le imprese sono state poi suddivise, sulla base della loro *size*, in tre sottogruppi: imprese *small*, cioè sotto i 50 dipendenti, imprese *medium*, cioè dai 50 ai 249 dipendenti, ed imprese *large*, dai 250 dipendenti in su.

Per quanto riguarda i dati utilizzati, quelli riguardanti i brevetti sono stati ottenuti dal database *WIPO*, mentre quelli contabili dal database *Orbis*.

Semenova et al (2023) hanno, quindi, confrontato, le imprese *green* con quelle non *green*, andando ad applicare 3 differenti test statistici:

- *One-sided t test*, con ipotesi nulla secondo cui il ROA delle imprese con n brevetti *green* è maggiore rispetto al valore mediano di ROA di imprese senza brevetti *green* dopo k anni dal rilascio dell'ultimo brevetto *green*.
- Test del segno monolaterale, utilizzato per testare l'ipotesi nulla secondo cui il ROA delle imprese con n brevetti *green* è più spesso maggiore rispetto al valore mediano del ROA di imprese senza brevetti *green* a k anni dal rilascio dell'ultimo brevetto *green*.
- Probabilità q che il ROA delle imprese con n brevetti *green* sia maggiore rispetto al valore mediano di ROA di imprese senza brevetti *green*, dopo k anni dal rilascio dell'ultimo brevetto *green*.

Questi test sono stati, da loro, applicati con $n=1,2,3$ e $k=1,2,3,4$, all'interno dei tre sottogruppi di imprese, *small*, *medium* e *large*, definiti in precedenza.

I risultati da loro ottenuti riportano che:

- Con $k=1$, quindi ad un anno di distanza dall'ultima brevettazione *green*, le imprese *small* non presentano benefici finanziari dall'ottenimento di brevetti *green* in generale, le imprese *medium*, invece, presentano un vantaggio solo dall'ottenimento del primo brevetto, mentre le imprese *large* traggono vantaggio per $n=1,2,3$.
- Con $k=2$, quindi a due anni di distanza dall'ultima brevettazione *green*, le imprese *small* traggono beneficio solo con un brevetto *green*, per le imprese *medium* il beneficio vi è fino a due brevetti *green*, mentre per le imprese *large* vi è aumento delle performance finanziarie in tutti e tre i casi.
- Con $k=3$ e $k=4$ la differenza in ROA risulta minore e non significativa in tutti i casi.

Questi risultati permettono a *Semenova et al (2023)* di affermare come, l'impatto di innovazioni *green* rispetto alle performance operative delle imprese, sia fortemente dipendente dalla dimensione dell'impresa considerata, dal numero di innovazioni *green* in

capo all'impresa ed, infine, dal tempo trascorso dall'ottenimento dell'ultima di queste innovazioni.

4 Introduzione alle tecnologie CCS e CCUS

4.1 Introduzione all'innovazione *Low Carbon Energy (LCE)*

Dopo aver analizzato l'evoluzione ed i principali fenomeni presenti nel contesto del *green investing*, gli effetti economico finanziari relativi all'attività di brevettazione da parte delle imprese, prima da un punto di vista generale, poi con un focus su quelli che sono i brevetti *green*, fondamentali per le imprese e per le istituzioni pubbliche al fine raggiungere risultati e miglioramenti in termini di sostenibilità ed impatto climatico tramite le loro attività di innovazione, l'elaborato prosegue con un'analisi di quella che è la cosiddetta innovazione *low carbon energy*, con una particolare attenzione alle tecnologie *Carbon Capture and Storage (CCS)* e *Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS)*.

Il *World Economic Forum* definisce le tecnologie *low carbon energy* come:

*“Le tecnologie a bassa emissione di carbonio (LCET) sono indicate come soluzioni tecniche innovative caratterizzate da una bassa intensità di emissioni, rispetto alle alternative allo stato dell'arte. In un certo senso, possono essere considerate come le migliori tecnologie della categoria con un'attenzione particolare all'impatto ambientale. Dovrebbero fungere da tecnologia sostitutiva economica, pur mantenendo le promesse iniziali di prestazioni”*⁵¹

L'*International Energy Agency (IEA)*, in un report focalizzato sull'analisi dei principali trend, a livello globale, riguardanti le tecnologie LCE, suddivide queste tecnologie in tre differenti categorie:

- *Energy supply technologies*, cioè quelle tecnologie che permettono la produzione di energia alternativa a quella prodotta da fonti fossili, favorendo la transizione energetica andando a ridurre le emissioni GHG. Tra queste tecnologie vengono riportate: le tecnologie per energie rinnovabili, come, ad esempio, energia eolica, solare e geotermica, quelle relative a combustibili alternativi, come i bio carburanti ed i carburanti ricavati dai rifiuti, e le tecnologie di combustione efficiente e nucleari.

⁵¹ Fonte: <https://www.weforum.org/agenda/2022/02/what-are-low-carbon-emitting-technologies-an-expert-explains/>

- *Enabling technologies*, cioè quelle tecnologie che permettono che, sul lato dell'offerta, si sviluppino fonti energetiche pulite, aiutando e facilitando, inoltre, l'utilizzo di esse nei settori in cui verranno utilizzate in fase finale. Tra queste tecnologie vengono riportate: le batterie, le tecnologie *smart grids*, cioè reti di distribuzione di energia intelligenti, e le tecnologie CCS e CCUS.
- *End-use technologies*, cioè quelle tecnologie che permettono di rendere più efficiente l'uso di energia in fasi di applicazione finale di essa o permettono l'utilizzo di energia prodotta da fonti a basse emissioni di gas serra. Tra queste tecnologie vengono riportate: le tecnologie legate ai trasporti, come i veicoli elettrici, tecnologie che permettono minori emissioni a livello di produzione industriale e tecnologie legate all'efficientamento energetico delle costruzioni.

In Figura 15 viene fornita una suddivisione ancora più precisa di queste tre categorie presentate; ogni tecnologia viene inoltre affiancata dalla principale innovazione tecnologica, ad essa associata, a cui corrisponde uno specifico *TRL*⁵².

Lo stesso report, riporta, in seguito, un'analisi di quello che è l'andamento, nel corso degli anni, dell'attività brevettuale collegata a queste tecnologie presentate, usando, nello specifico, come indicatore il numero di famiglie di brevetti internazionali (IPF), cioè quei brevetti che sono stati depositati in più uffici brevettuali, al fine di ottenere una protezione internazionale. Viene sottolineato come, questo indicatore, sia in grado di individuare solamente brevetti di alto valore, visti gli alti costi che un inventore è obbligato a sostenere per ottenere una protezione a livello internazionale.

In Figura 16 è presentato proprio l'andamento, a livello globale, delle famiglie di brevetti internazionali relativi a tecnologie LCE, per un intervallo di tempo che va dall'anno 2000 all'anno 2019. Viene sottolineato come le tecnologie *end-use* siano quelle a cui è riferita una maggior attività brevettuale in ambito LCE, rappresentandone il 60% al 2019, mentre, per quanto riguarda le tecnologie *energy supply*, l'attività brevettuale ha subito un forte declino, pari al 13%, rispetto al 2013. Viene, infine, evidenziata la crescita delle tecnologie *enabling*, con l'attività brevettuale, ad esse riferita, in forte aumento, passata da una quota del 27%

⁵² Il Technology Readiness Levels è un indicatore, introdotto dalla NASA, utilizzato per valutare il livello di maturità di una tecnologia. Esso è suddiviso in 9 livelli, TRL 1 è quello più basso, mentre TRL 9 è quello più alto.

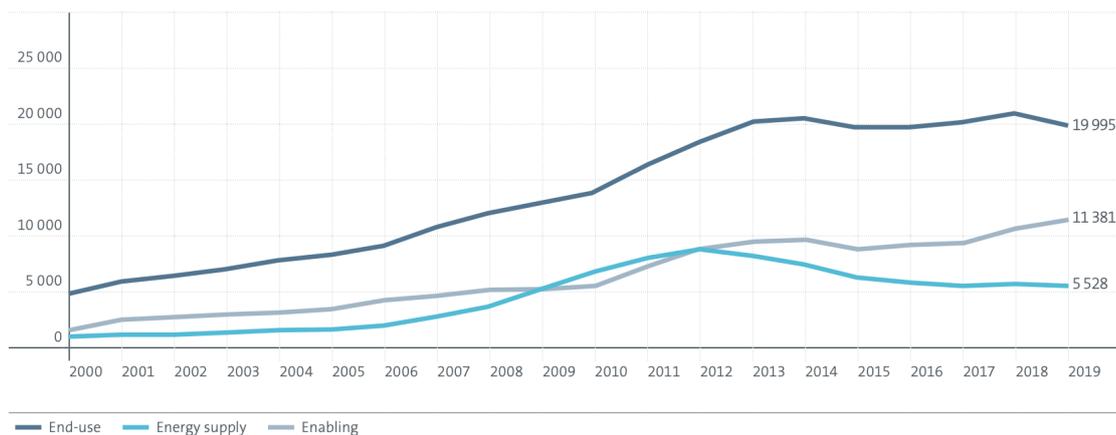
Fonte: https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level

Figura 15-Panoramica delle tecnologie LCE e innovazioni tecnologiche in corso associate⁵³

Grouping	Technology area	Examples of innovation priorities to maximise technology potential and their current TRL level	
Energy supply technologies	Wind	Floating offshore wind (TRL 8)	
	Solar	Solar PV	Concentrated PV (TRL 9) Organic printable thin-film PV (TRL 6)
		Solar thermal	Linear Fresnel reflectors (TRL 7)
		Other solar	Mass production of solar thermal heating (TRL 9)
		Geothermal energy	Kalina cycle low temperature geothermal (TRL 6)
	Other renewables	Hydro	Further standardisation and environmental protection (TRL 9)
		Ocean power	Ocean thermal energy conversion (TRL 4) Wave energy converters (TRL 4) Salinity gradient (TRL 3)
		Bioenergy	Lignocellulosic ethanol via enzymatic fermentation (TRL 8)
	Fuel of non-fossil origin	Fuel from waste	Waste gasification and syngas fermentation (TRL 7)
		Other	Liquid fuels from hydrogen and CO ₂ (TRL 6)
		Combustion technologies with mitigation potential	Waste heat recovery systems using phase change materials (TRL 8) Integrated gasification combined cycle to enable CO ₂ capture (TRL 7)
	Energy generation of nuclear origin (electricity)		Light water reactor-based small modular reactor (TRL 6) Fusion (TRL 3)
CCUS		CO ₂ storage in a saline formation (TRL 9) Direct air capture (TRL 6)	
Enabling technologies	Batteries	Redox flow (TRL 8) Solid state lithium metal battery for vehicles (TRL 5)	
	Hydrogen and fuel cells	Salt cavern hydrogen storage (TRL 9) Polymer electrolyte membrane (TRL 8) Solid oxide electrolyser cell (TRL 7)	
	Other	Compressed air energy storage (TRL 8) Virtual inertia for fast frequency response (TRL 6)	
	Smart grids	Smart inverter (TRL 8) Transactive energy (TRL 4) Gamification of demand response (TRL 8) Level 4+ automated and connected vehicles (TRL 6)	
	Buildings	Organic and polymer LED (TRL 9) Highly insulating window (TRL 8) Direct current building, direct current microgrid system (TRL 7) Water heating heat pump (TRL 7)	
End-use technologies	Production/chemical and oil refining	BTX from methanol or lignin (TRL 6) Oxy fluid catalytic cracking (TRL 5) Steam cracker electrification (TRL 3)	
	Production/metal and minerals processing	CCUS on DRI steel production (TRL 9) DRI steel based on 100% hydrogen (TRL 5) Cement kiln oxy fuelling with CCUS (TRL 6)	
	Production/ other	Agriculture	Electromagnetic heating for large-scale industrial processes (TRL 5)
		Consumer products	Folding shearing (TRL 3)
		Other production	
	Transportation/ electric vehicles and EV infrastructure	EV and infrastructure	Electric heavy-duty trucks (TRL 9) Conductive electric road systems (TRL 8)
		Fuel cells for road vehicles	Fuel cell truck (TRL 7) Low-platinum intensity PEM fuel cell (TRL 7)
	Transportation/other road technologies	(Bio)gas internal combustion engine vehicles (TRL 9)	
	Other transportation	Aviation	Ultra-high bypass ratio engine (TRL 9) Electric taxiing (TRL 6) Battery and hydrogen planes (TRL 4)
		Maritime and waterways	Rotor sail or kite (TRL 9) Battery electric ship (TRL 8) Solid oxide ammonia fuel cell ship (TRL 4)
Railways		Hydrogen fuel cell train (TRL 8) Gas hybrid train (TRL 7)	
Computing and communication	Power efficient CPUs and GPUs		

⁵³ Fonte: IEA, *Patents and the Energy Transition* (2021).

Figura 16-Andamento a livello globale delle IPF relative a tecnologie LCE per il periodo 2000-2019⁵²



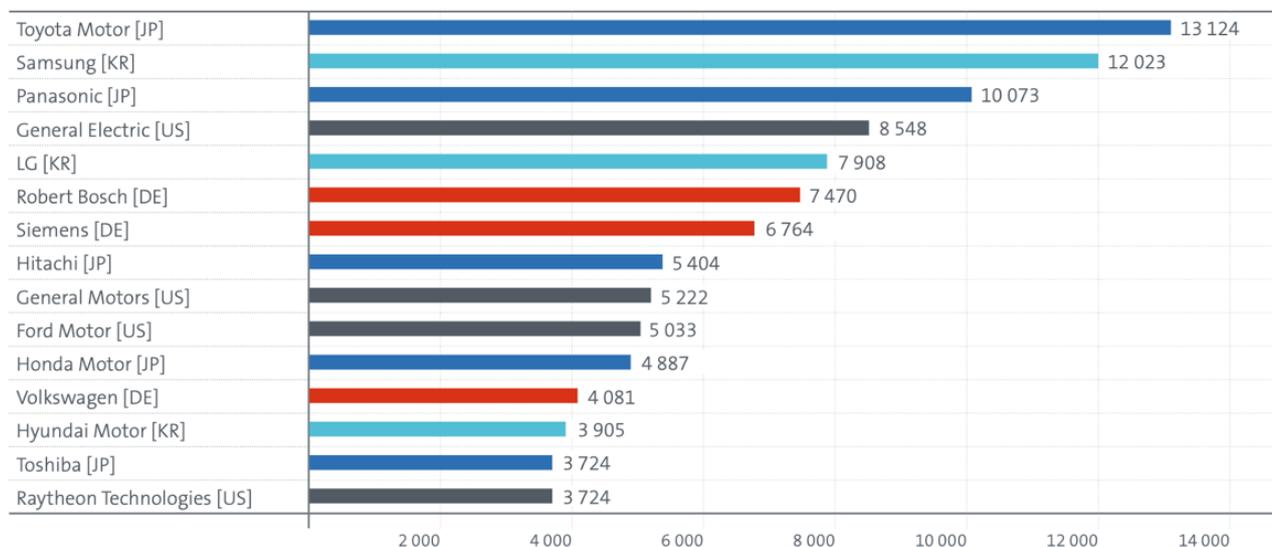
nel 2000 ad una quota del 34% al 2019; questa forte crescita viene giustificata da un crescente interesse verso tecnologie collegate allo stoccaggio di energia ed alle *smart grids*, il cui valore di mercato è aumentato a causa dell'uso sempre più comune di energie rinnovabili, la cui gestione è facilitata da tali tecnologie.

Il report IEA si concentra anche nell'identificare quelli che sono i maggiori applicanti di IPF, principalmente imprese, e come essi siano posizionati a livello globale.

In Figura 17 si possono, infatti, osservare le prime 15 imprese, a livello globale, per numero di IPF applicate in contesto LCE, per un periodo che va dal 2000 al 2019, i quali hanno generato, da soli, un terzo delle IPF applicate in tale periodo.

Si può notare come questa classifica sia principalmente dominata da imprese del settore automotive e da loro diretti fornitori, nello specifico sei compagnie automobilistiche e sei fornitori di batterie; ciò permette di comprendere come i veicoli elettrici e le loro batterie abbiano avuto una grande importanza nella crescita delle tecnologie *enabling*, categoria di tecnologia LCE di cui le batterie fanno parte, avvenuta negli ultimi anni e presentata in precedenza.

Figura 17-Top 15 delle imprese per numero di applicazioni di IPF, di tecnologie LCE, per il periodo 2000-2019.⁵⁴



Per quanto riguarda, invece, la distribuzione geografica, a livello globale, delle IPF riferite a tecnologie LCE, lo stesso report evidenzia come, la maggior parte degli inventori di tali IPF sia localizzata in Stati Uniti, Europa e Giappone.

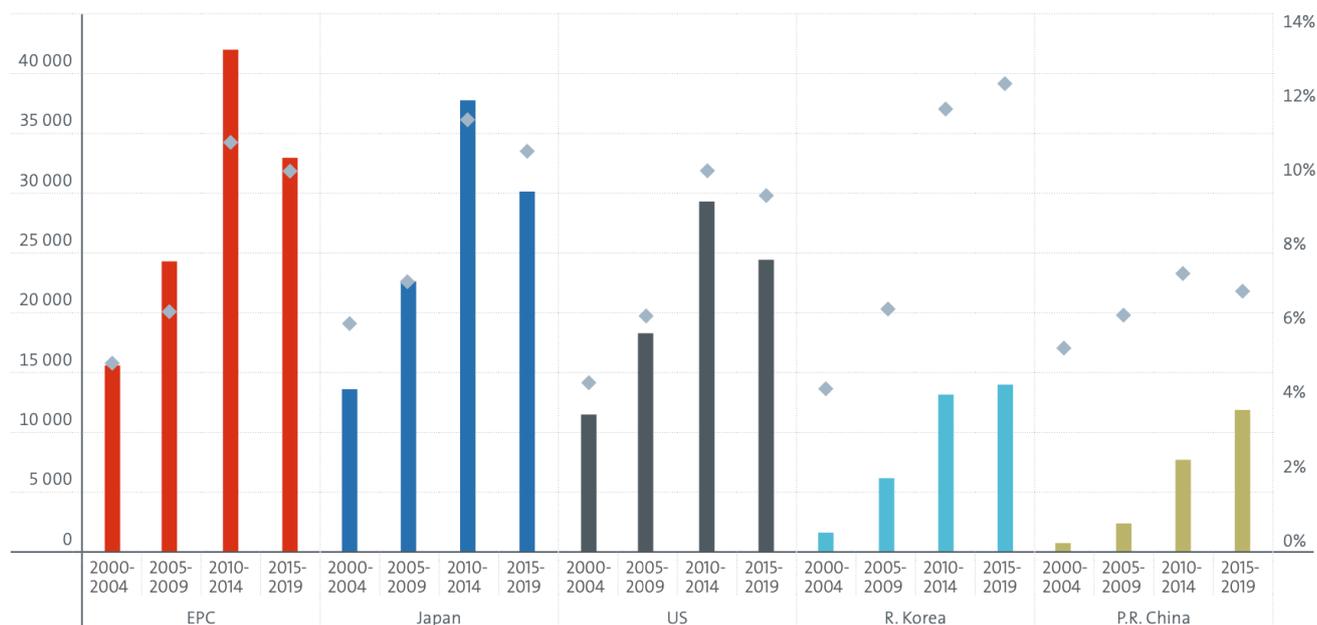
In Figura 18 è mostrata tale distribuzione, con un confronto tra i tre paesi sopra citati, a cui si aggiungono Cina e Corea del Sud, con relativa *share* per paese, sempre per il periodo che va da inizio 2000 fino a fine 2019.

Dalla rappresentazione grafica sottostante, l'IEA evidenzia come l'Europa abbia avuto un ruolo fondamentale rispetto alle attività di brevettazione LCE, in maniera costante, a partire dall'anno 2000; in Europa, infatti, sono stati generati il 28% di tutti gli IPF relativi a tecnologie LCE, sempre a partire dall'anno 2000. Il Giappone si trova subito a seguire, avendo generato circa il 25% di IPD tra il 2010 ed il 2019, mentre, al terzo posto, vi sono gli Stati Uniti, con un 20%.

Per concludere, Corea del Sud e la Cina hanno generato solamente il 10% e l'8%, rispettivamente, di tutti gli IPF generati dal 2010 al 2019.

⁵⁴Fonte: IEA, *Patents and the Energy Transition* (2021).

Figura 18-Distribuzione e crescita di IPF di tecnologie LCE in Europa, Stati Uniti, Giappone, Corea del sud e Cina.⁵⁵



4.2 Le tecnologie CCS e CCUS

Dopo aver introdotto l'innovazione in ambito LCE e le tecnologie ad essa collegate da un punto di vista generale, il focus di questo lavoro si sposta su quelle che sono le tecnologie *Carbon capture and storage (CCS)* e *Carbon capture utilization and storage (CCUS)*, poiché saranno centrali nel capitolo successivo, in cui si andranno ad indagare ed analizzare eventuali effetti economico finanziari correlati proprio dall'ottenimento, da parte delle imprese, di brevetti relativi ad esse.

4.2.1 Processo e principali tecnologie

Le tecnologie CCS raggruppano tutte quelle tecnologie che, principalmente, permettono una cattura di biossido di carbonio ed un suo stoccaggio, in modo tale da favorire una riduzione di tale gas nell'atmosfera.

Il *Global CCS Institute*, fornisce, tramite quattro differenti *factsheet*, una spiegazione ed una suddivisione in step precisa di quello che è il processo messo in atto dalle tecnologie CCS,

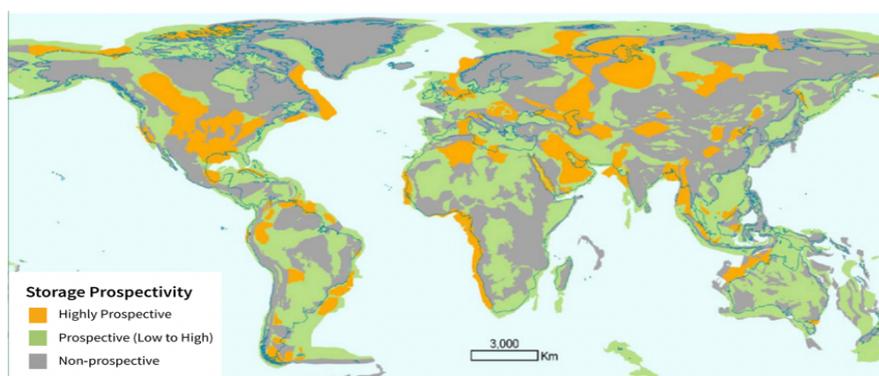
⁵⁵Fonte: IEA, *Patents and the Energy Transition* (2021).

presentando, inoltre, alcune casistiche in cui l'applicazione di queste tecnologie può risultare molto utile alla riduzione di emissioni, come la produzione industriale del cemento, la produzione di energia fossile e la produzione di acciaio.

Tale processo, quindi, viene suddiviso in tre step principali:

- La cattura della CO₂, che avviene prima che essa raggiunga l'atmosfera, tramite 5 principali e differenti approcci ingegneristici: *pre-combustion capture*, *post-combustion capture*, *oxyfuel capture*, *biomass energy capture* e *direct air carbon capture*.
- Il trasporto della CO₂, che dopo essere stata catturata viene compressa, ad alte pressioni, in liquido inerte, il che rende il suo trasporto molto più sicuro di tante altre sostanze, come petrolio e gas. Il trasporto avviene principalmente tramite gasdotti e oleodotti, permettendo, quindi, un utilizzo di infrastrutture già esistenti. Alternative sono il trasporto su camion, utile nel caso in cui vi sia vicinanza con il sito di stoccaggio, ed il trasporto via nave.
- Lo stoccaggio della CO₂, che sfrutta formazioni rocciose, tipicamente a profondità superiori di 1 km, le quali devono però garantire le giuste caratteristiche di porosità e permeabilità; per tali motivi, i giacimenti di petrolio e gas esauriti risultano essere degli ottimi siti di stoccaggio per CO₂ catturata. In Figura 19 viene presentata una mappa che permette di visualizzare come è distribuita geograficamente la capacità potenziale di stoccaggio di CO₂ in prospettiva, la quale potrebbe diventare, in futuro, un asset molto importante.

Figura 19-Distribuzione geografica della potenzialità di stoccaggio di CO₂.⁵⁶

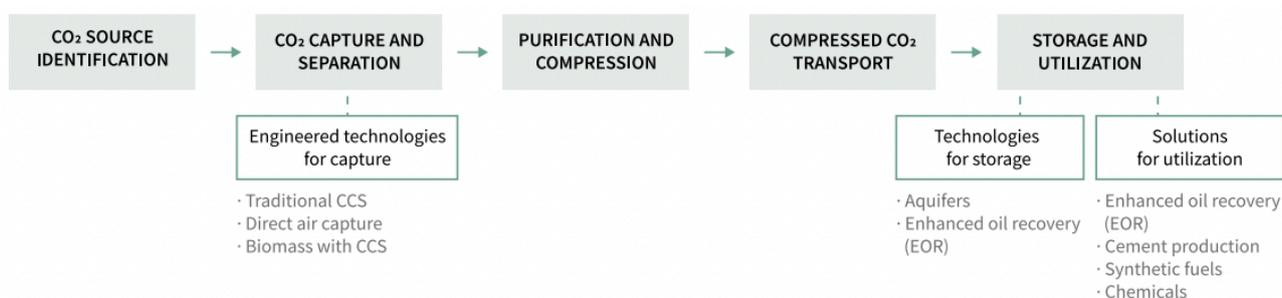


⁵⁶ Fonte: Report UNECE, *Technology Brief - Carbon Capture, Use and Storage (CCUS)* (2021).

Per quanto riguarda le tecnologie CCUS, invece, esse differiscono solamente per il fatto che prevedono un riutilizzo della CO₂ catturata in processi nella quale essa risulta essere una materia prima, in alternativa allo stoccaggio.

In Figura 20 sono presentate le differenti tecnologie CC(U)S che vedono il loro utilizzo durante il processo di cattura, stoccaggio o utilizzo della CO₂, ciascuna delle quali collegata allo step nella quale può essere utilizzata, permettendo, così, di avere una visione completa del *portfolio* di tecnologie presenti in questo contesto.

Figura 20-Portfolio di tecnologie CCUS riferito allo step del processo in cui vengono generalmente utilizzate.⁵⁵



Il report UNECE (*Technology Brief - Carbon Capture, Use and Storage (CCUS), 2021*) fornisce un'analisi di quelli che sono gli indicatori TRL, già presentati in precedenza, CRL, cioè *commercial readiness level*, e SRL⁵⁷, cioè *social readiness level*, associati alle tecnologie CCS e CCUS, permettendo di avere una visione di quello che è lo stato di maturità di esse da un punto di vista tecnologico, economico e sociale di esse.

Viene, quindi, presentato come, da un punto di vista tecnologico, molte delle tecnologie CCUS siano ad alti livelli di maturità, essendo vicine o avendo già raggiunto un TRL pari a 9, sottolineando la necessità di investimenti pubblici in esse per permettere una loro scalabilità a livello commerciale. Viene inoltre, evidenziato, come, oltre ad un intervento pubblico in termini di sussidi, queste tecnologie necessitino di un *framework* di policy favorevole, che permetta ad esse di superare i livelli di CRL 3 a cui mediamente si attestano,

⁵⁷ CRL e SRL sono due indicatori che permettono, insieme al TRL, di valutare la competitività di una tecnologia. CRL, che varia da un minimo di 1 ad un Massimo di 6, permette di valutare la condizione commerciale e di mercato di una tecnologia, mentre l'indicatore SRL, che va da un minimo di 1 ad un massimo di 5, permette di valutare quanto una tecnologia è integrata e conosciuta all'interno di una società. Fonte: Report UNECE, *Technology Brief - Carbon Capture, Use and Storage (CCUS)* (2021).

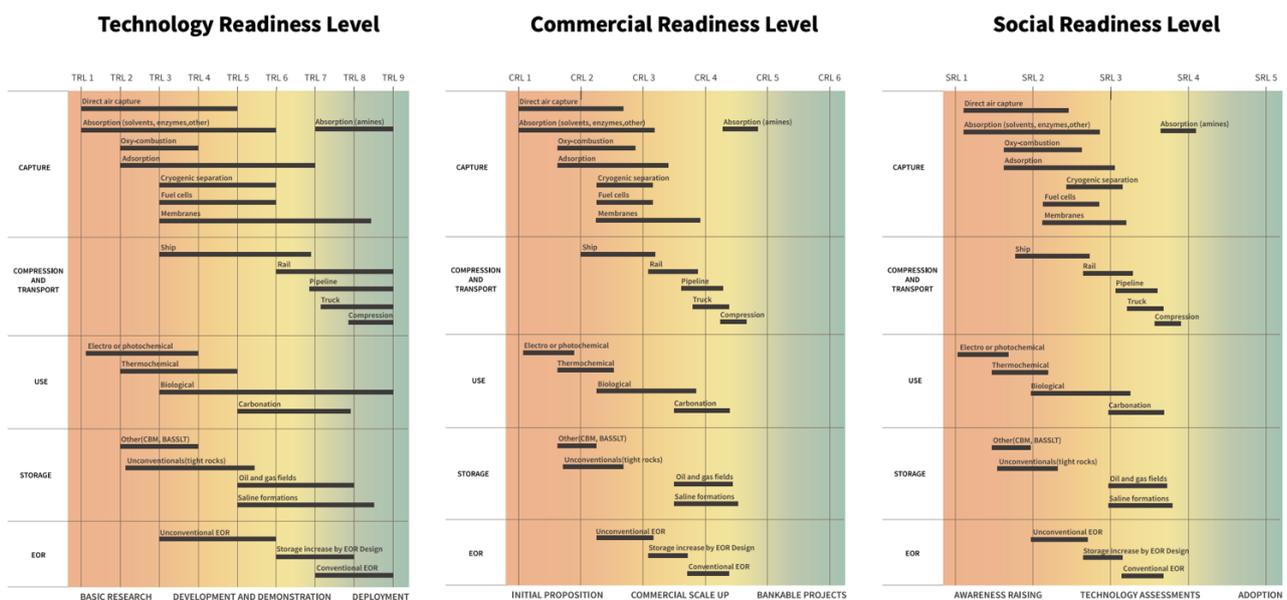
che indicano si stia tentando di rendere il più possibile scalabili queste tecnologie, e passare una commercializzazione totale.

Vengono, infine, analizzati i valori di SRL di queste tecnologie, che, come è possibile vedere in Figura 21, in cui viene fornita una panoramica dei vari TRL, CRL ed SRL relativi alle tecnologie CC(U)S, risultano essere in ritardo rispetto agli altri due indicatori; ciò evidenzia come vi sia una mancanza di consapevolezza e riconoscibilità, da un punto di vista sociale, di queste tecnologie, ostacolo che va superato se l'obiettivo risulta essere quello di cercare di favorire sempre più la loro diffusione a livello globale.

4.2.2 Analisi dell'attività brevettuale legata a tecnologie CCS e CCUS

Come è stato fatto nelle sezioni precedenti per le tecnologie LCE, in questa sezione si cercherà di analizzare l'attività brevettuale riferita alle tecnologie CCS e CCUS, analizzando quello che è stato l'andamento del livello di essa nel corso degli anni, come tale attività brevettuale si sia distribuita a livello globale e quali siano i principali settori industriali e le principali imprese che hanno allocato risorse per ottenere brevetti in grado di proteggere le loro tecnologie di questa famiglia.

Figura 21-Overview dei valori di TRL, CRL e SRL per le principali tecnologie in ambito CCS e CCUS.⁵⁸



⁵⁸ Fonte: Report UNECE, *Technology Brief - Carbon Capture, Use and Storage (CCUS)* (2021).

A tal proposito si inserisce un report redatto dall'IPO⁵⁹ (*A worldwide overview of carbon capture, usage and storage patents, 2021*), che fornisce un'analisi del *landscape* globale della brevettazione in ambito CCS e CCUS, tecnologie che fanno parte della famiglia di tecnologie scelte dal governo del Regno Unito per traghettare la rivoluzione industriale in ambito *green* del paese.

Tale report, in prima battuta, fornisce una rappresentazione, in Figura 22 e 23, del totale delle famiglie di brevetti attive, a livello globale, dal 2001 al 2018, indicando il numero di famiglie brevettuali depositate anno per anno, prima per le sole tecnologie CCS e poi per le tecnologie CCUS.

Per quanto riguarda le prime, si può notare come il numero di famiglie brevettuali depositate sia in quasi costante crescita in ciascuno degli anni analizzati, con un aumento di quasi quattro volte dal 2008 al 2018, evidenziando come il settore relativo a tali tecnologie sia sempre più in auge.

Concentrandosi sulle sole tecnologie CCUS, invece, si può notare come il numero di famiglie brevettuali nell'intero periodo analizzato sia stato in forte crescita, ma con un forte trend al rialzo tra il 2003 ed il 2018 a cui è seguito un periodo in cui la crescita è rimasta costante tra il 2012 ed il 2018, il che suggerisce una stabilità del livello di innovazione, per quegli anni, in ambito CCUS.

⁵⁹ L'*Intellectual Property Office* (IPO) è l'organo ufficiale del governo del Regno Unito che si occupa di proprietà intellettuale.

Figura 22-Numero di famiglie brevettuali riferite a tecnologie CCS depositate a livello globale per il periodo 2001-2018.⁶⁰

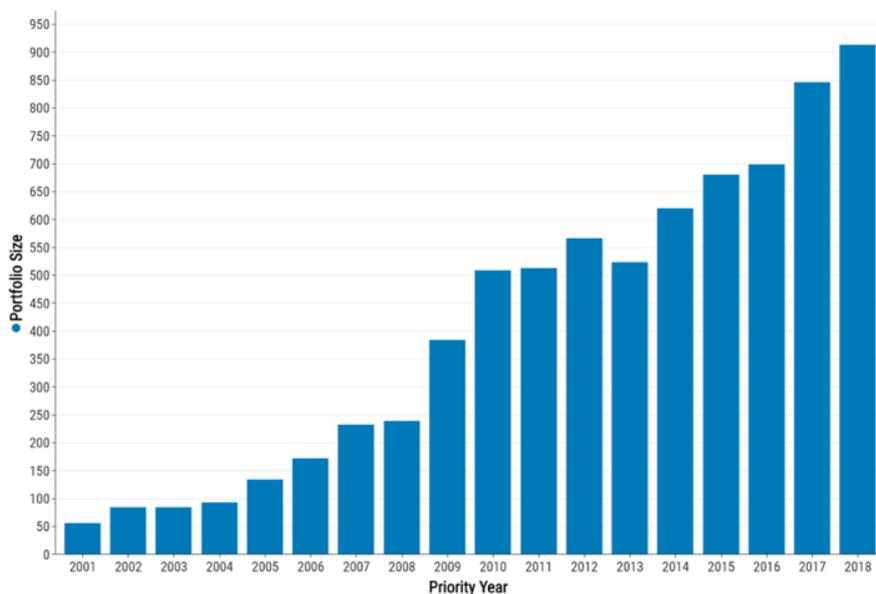
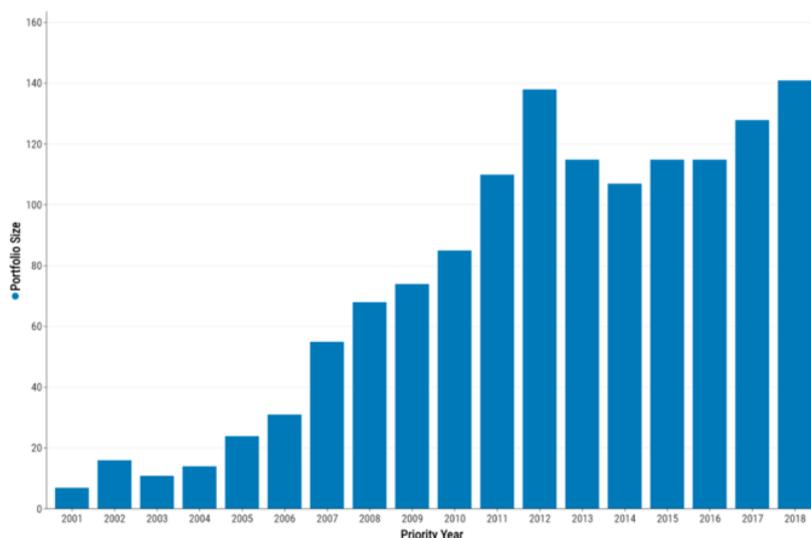


Figura 23- Numero di famiglie brevettuali riferite a tecnologie CCUS depositate a livello globale per il periodo 2001-2018.⁵⁹



Lo stesso report, in seguito, mostra come gli inventori di brevetti, compresi tra il 2001 ed il 2018, riferiti alle tecnologie CCS e CCUS siano distribuiti a livello globale, sottolineando come, tale rappresentazione, non vada ad indicare i paesi dove tali tecnologie sono più utilizzate; la brevettazione, infatti, non presuppone l'utilizzo della tecnologia protetta, tuttavia, le analisi presentate in Figura 24 e 25, possono essere utile al fine di visualizzare

⁶⁰ Fonte: IPO, *A worldwide overview of carbon capture, usage and storage patents* (2021).

le aree del mondo in cui vi è maggiore attenzione e sforzo verso l'innovazione collegata a tali tecnologie.

Figura 24-Distribuzione geografica di inventori di brevetti riferiti a tecnologie CCS.⁶¹

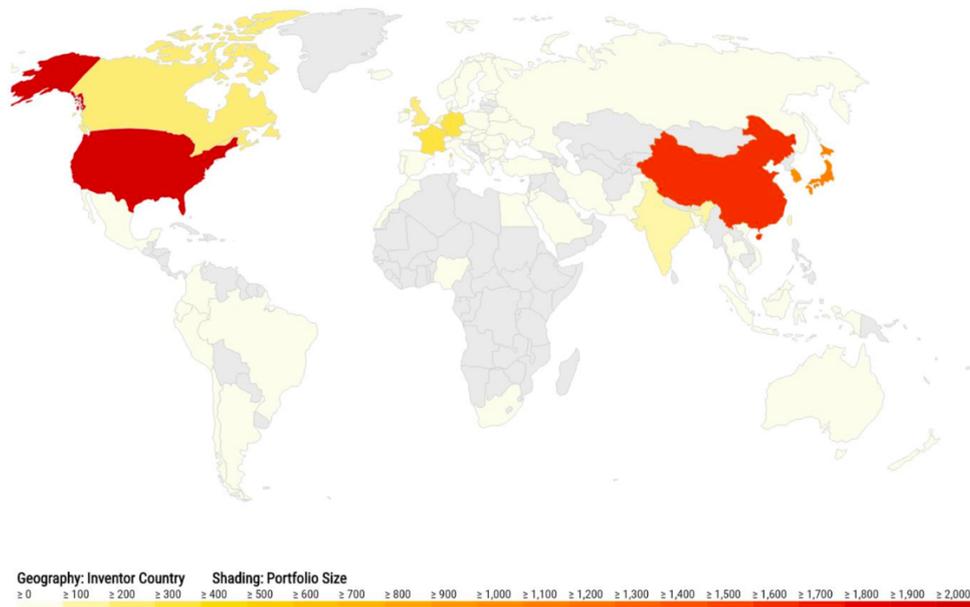
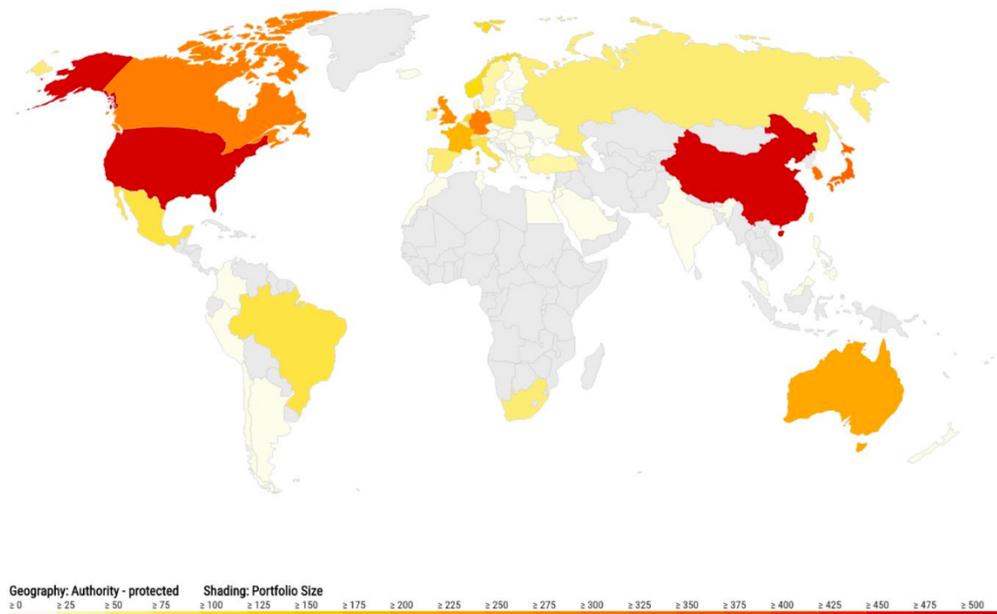


Figura 25- Distribuzione geografica di inventori di brevetti riferiti a tecnologie CCUS.⁶⁰



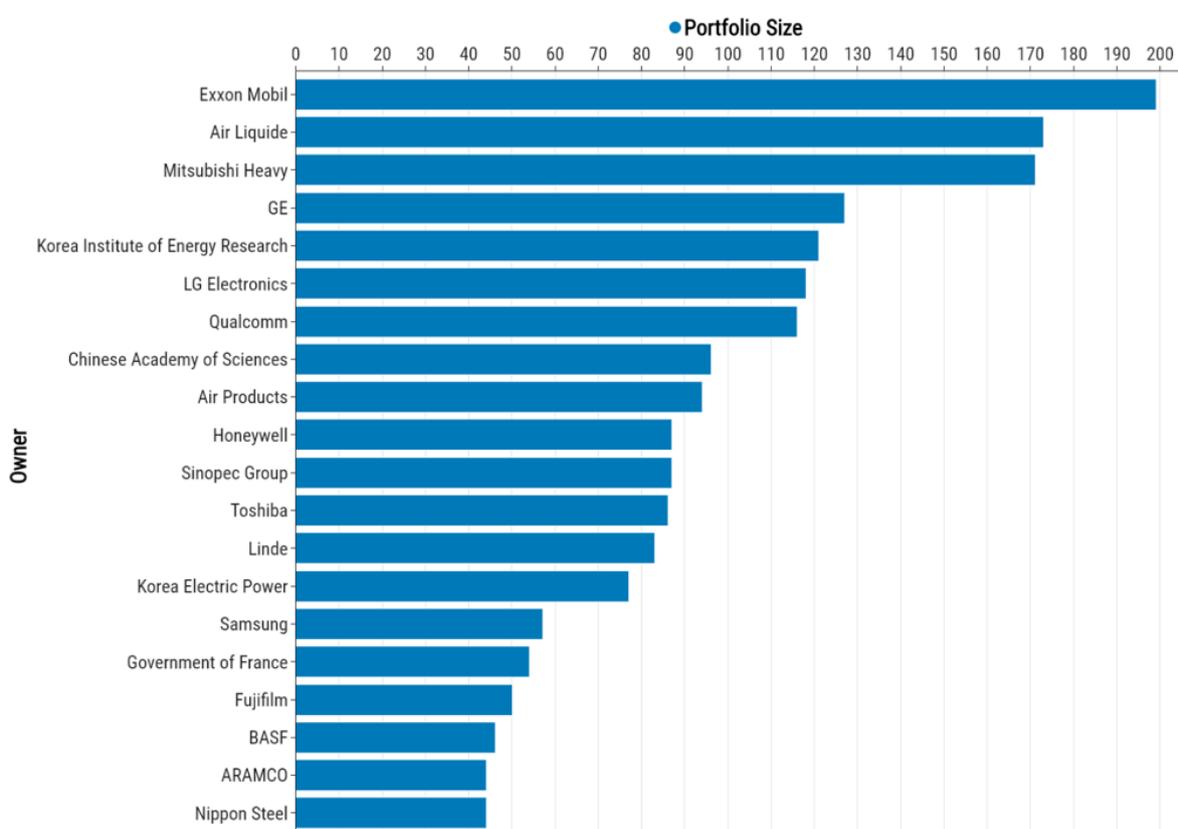
Per quanto riguarda le tecnologie CCS, si può notare come la scena sia dominata da Stati Uniti e Cina, a cui si aggiunge una buona concentrazione di inventori provenienti dal Giappone ed una modesta attività presente in paesi europei come Francia e Regno Unito.

⁶¹ Fonte: IPO, *A worldwide overview of carbon capture, usage and storage patents* (2021).

Per quanto riguarda, invece, le tecnologie CCUS, anche in questo caso Stati Uniti e Cina la fanno da padroni, ma si può notare un'attività più considerevole riferita al Canada ed ai paesi europei in generale.

È interessante, infine, analizzare le principali imprese posseditrici di brevetti CCS e CCUS. A tal proposito, sempre facendo riferimento al report IPO, in Figura 26 e 27, sono rappresentati le prime venti imprese, a livello globale, per numero di brevetti posseduti, sia per le tecnologie CCS che per le tecnologie CCUS, facendo riferimento al periodo 2001-2018.

Figura 26-Top 20 a livello globale di imprese posseditrici di brevetti CCS nel periodo 2001-2018.⁶²

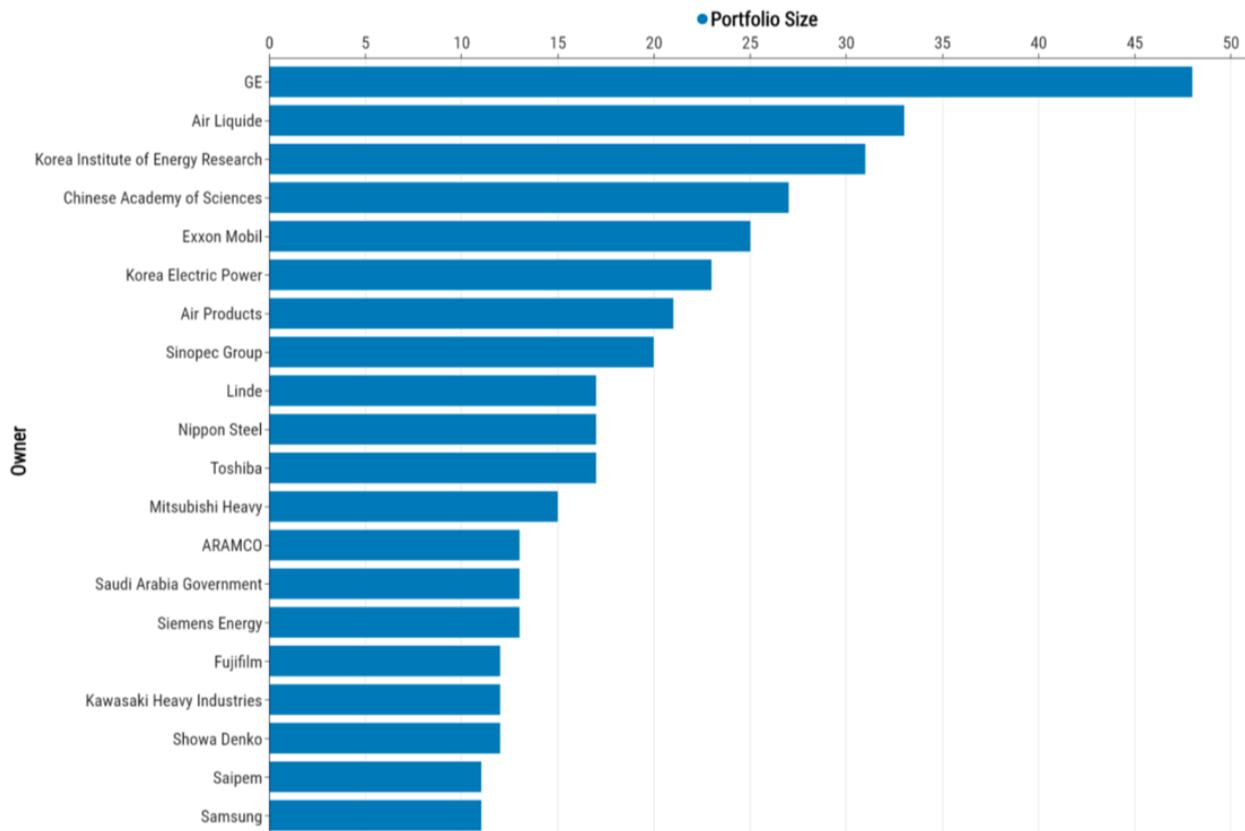


La Figura 27 sottolinea come, per quanto riguarda le tecnologie CCS, le imprese posseditrici del maggior numero di brevetti risultano essere tutte imprese appartenenti all'industria dell'energia e all'industria chimica, le quali possiedono il 26% dei brevetti CCS riferiti al 2001-2018, con *Exxon Mobil*, una delle più grandi compagnie petrolifere a livello mondiale, a farla da padrone.

⁶² Fonte: IPO, *A worldwide overview of carbon capture, usage and storage patents* (2021).

Anche per quanto riguarda le tecnologie CCUS, facendo riferimento, quindi, a Figura 28, la classifica risulta essere dominata da imprese dei medesimi settori, i quali possiedono circa il 29% della totalità di brevetti CCUS; in questo caso la classifica è guidata da *General Electrics*, multinazionale statunitense attiva nel campo della tecnologia e dei servizi.

Figura 27- Top 20 a livello globale di imprese possitrici di brevetti CCUS nel periodo 2001-2018.⁶³



È interessante sottolineare come, passando dalla totalità delle tecnologie LCE, analizzate nella sessione precedente, e per cui, a livello di imprese possitrici di brevetti, il settore automotive la faceva da padrone, se ci si concentra sulle sole tecnologie CCS e CCUS il settore industriale di riferimento, come visto, cambia, facendo notare come queste tecnologie risultino essere molto considerate dalle imprese appartenenti a settori dell'energia e della chimica, le quali puntano a proteggere le loro innovazioni in tale ambito tramite brevettazione.

⁶³ Fonte: IPO, *A worldwide overview of carbon capture, usage and storage patents* (2021).

5 Analisi Empirica

5.1 Introduzione all'analisi empirica

L'obiettivo principale della seguente analisi empirica è quella di indagare l'eventuale correlazione tra la concessione di brevetti CCS e CCUS ad imprese e la loro performance finanziaria e di mercato.

A questa analisi verrà preceduta una analisi volta ad indagare l'esistenza di una correlazione multivariata tra varie caratteristiche di impresa, che ne descrivono, per esempio, la grandezza, l'indebitamento, l'efficienza operativa e la redditività, con la concessione di brevetti CC(U)S nel corso degli anni.

In questa sezione verranno, quindi presentati i dataset e le metodologie utilizzate e, infine, i risultati e le evidenze ottenute.

5.2 Analisi dei dati utilizzati riguardanti l'attività di brevettazione CCS e CCUS e delle imprese corrispondenti

Il dataset riguardante l'attività di brevettazione da parte di imprese relativa a tecnologie CCS e CCUS è stato fornito dalla docente Laura Rondi e dal dottor Antonio Barchi e si compone di 2294 imprese quotate, definite univocamente da un codice *ISIN*⁶⁴, osservate per un periodo che va dall'anno 2000 all'anno 2022, per un totale di 42000 osservazioni iniziali.

L'anno che corrisponde al primo anno di osservazione non risulta essere per tutte le imprese il 2000, ma può variare, ed in molti casi le osservazioni relative ad una singola impresa non terminano all'anno 2022, ma in anni precedenti, ciò non toglie che, all'interno del dataset, siano presenti almeno 4 osservazioni annuali consecutive per ogni impresa. Va sottolineato poi come le caratteristiche del dataset sopradescritte rendano quest'ultimo un dataset *panel*

⁶⁴ Il codice ISIN è un codice dalla valenza internazionale utilizzato per identificare in maniera univoca un determinato strumento finanziario. La struttura del codice e le regole per la sua assegnazione sono stabilite dall'ISO (*International Organization for Standardization*) nello standard ISO 6166.

Fonte: <https://www.bancaditalia.it/statistiche/servizi/isin-anagrafe-titoli/faq/index.html?dotcache=refresh>

non bilanciato, in quanto non tutte le imprese sono osservate in tutti gli istanti di tempo considerati.

Come detto in precedenza, il dataset contiene il numero di brevetti, correlati a tecnologie CCS o CCUS, contati in maniera congiunta nella stessa variabile *ccs_pat*, concessi all'impresa *i*-esima osservata all'anno *t*.

Per l'individuazione dei brevetti CC(U)S sono state utilizzate due differenti classificazioni:

- Classificazione IPC, cioè, come riportato dal sito ufficiale dell'Ufficio Italiano Brevetti e Marchi, una classificazione di brevetti istituita dalla *World Intellectual Property Organization (WIPO)*, strutturata in maniera gerarchica andando a suddividere in 8 sezioni le tecnologie brevettabili, dalla A alla H, a loro volta suddivise in maniera sempre più dettagliata in vari sottolivelli, cioè sottosezioni, classi, sottoclassi, gruppi e sottogruppi.
- Classificazione CPC, cioè una classificazione gestita congiuntamente dall'*EPO* e dallo *US Patent and Trademark Office* e che va ad estendere la IPC precedentemente descritta, aggiungendo una sezione, corrispondente alla lettera Y ,per le tecnologie brevettabili alle 8 già definite e mantenendo la medesima struttura gerarchica.

In Tabella 1 sottostante sono rappresentati tutti i codici appartenenti alla classificazione IPC e tutti i codici appartenenti alla classificazione EPC utilizzati per l'individuazione dei brevetti CCS e CCUS presenti nel dataset e per ciascuno di essi è riportata la sezione tecnologica di appartenenza ed una breve descrizione, entrambi fornite dai siti ufficiali WIPO ed EPC, in cui vengono riportate le strutture integrali delle due classificazioni utilizzate.

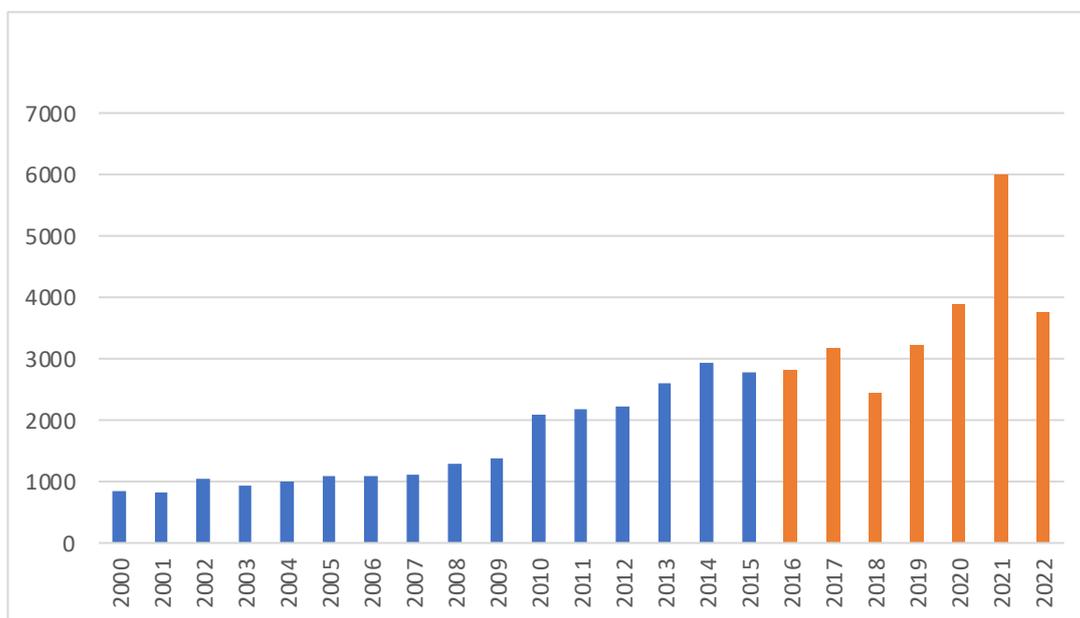
Una volta definiti i codici identificativi sopra presentati, è stata svolta una ricerca di dati brevettuali utilizzando il database *Orbis Intellectual Property*, fornito da *Bureau van Dijk*, ottenendo un totale di 50858 brevetti concessi a livello mondiale ad imprese quotate, tra l'anno 2000 e l'anno 2022.

Tabella 1-Elenco dei codici IPC utilizzati per l'individuazione di brevetti CCS e CCUS⁶⁵

	Codice	Sezione	Descrizione
IPC & EPC codification	B01D 53/14	PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING	Separation of gases or vapours; Recovering vapours of volatile solvents from gases; Chemical or biological purification of waste gases, e.g. engine exhaust gases, smoke, fumes, flue gases or aerosols
	B01D 53/22	PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING	Separation of gases or vapours; Recovering vapours of volatile solvents from gases; Chemical or biological purification of waste gases, e.g. engine exhaust gases, smoke, fumes, flue gases or aerosols
	B01D 53/62	PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING	Separation of gases or vapours; Recovering vapours of volatile solvents from gases; Chemical or biological purification of waste gases, e.g. engine exhaust gases, smoke, fumes, flue gases or aerosols
	B65G 5/00	PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING	Storing fluids in natural or artificial cavities or chambers in the earth
	C01B 32/50	CHEMISTRY; METALLURGY	Carbon; Compounds thereof; Carbon Dioxide
	E21B 41/00	FIXED CONSTRUCTIONS	Equipment or details not covered by groups
	E21B 43/16	FIXED CONSTRUCTIONS	Enhanced recovery methods for obtaining hydrocarbons
	E21F 17/16	FIXED CONSTRUCTIONS	Modification of mine passages or chambers for storage purposes, especially for liquids or gases
	F25J 3/02	MECHANICAL ENGINEERING; LIGHTING; HEATING; WEAPONS; BLASTING	Processes or apparatus for separating the constituents of gaseous mixtures involving the use of liquefaction or solidification by rectification, i.e. by continuous interchange of heat and material between a vapour stream and a liquid stream
	EPC codification	Y02A50/00	GENERAL TAGGING OF NEW TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS; GENERAL TAGGING OF CROSS-SECTIONAL TECHNOLOGIES SPANNING OVER SEVERAL SECTIONS OF THE IPC; TECHNICAL SUBJECTS COVERED BY FORMER USPC CROSS-REFERENCE ART COLLECTIONS [XRACS] AND DIGESTS
Y02C20/00		Capture or disposal of greenhouse gases	
Y02C20/40		Capture or disposal of CO2	
Y02P20/00		Technologies relating to chemical industry	
Y02P40/18		Technologies relating to the processing of minerals, Carbon Capture and Storage	
Y02P10/122		Technologies related to metal processing by capturing or storing CO2	
Y02P90/70		Enabling technologies with a potential contribution to greenhouse gas [GHG] emissions mitigation combining sequestration of CO2 and exploitation of hydrocarbons by injecting CO2 or carbonated water in oil wells	

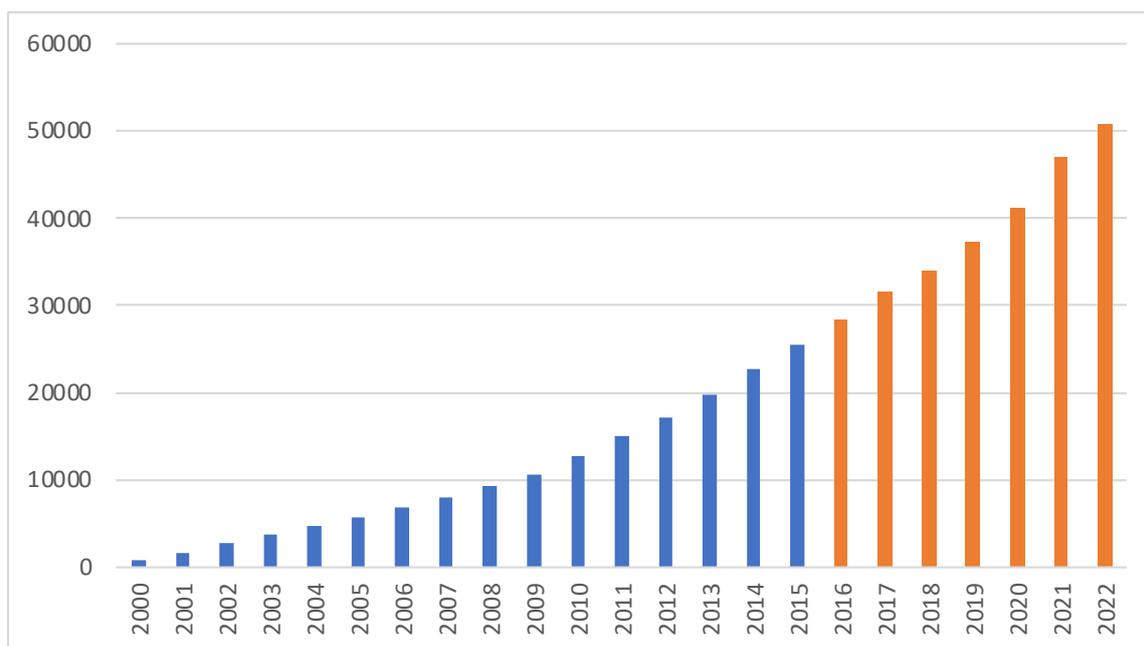
In Figura 28 ed in Figura 29 viene rappresentata la suddivisione anno per anno dei brevetti presenti nel dataset a disposizione, sia in maniera puntuale che tramite cumulata, evidenziando, in arancione, i brevetti concessi negli anni successivi all'Accordo di Parigi del 2015.

Figura 28-Andamento puntuale annuale di brevetti CCS e CCUS concessi presente in dataset



⁶⁵Fonti:<https://ipcpub.wipo.int/?notion=scheme&version=20230101&symbol=none&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipcc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>;
<https://worldwide.espacenet.com/patent/cpc-browser>

Figura 29-Andamento cumulato annuale di brevetti CCS e CCUS concessi presente in dataset



Analizzando i due grafici sopra riportati, si può affermare come, a livello puntuale, il numero di brevetti CC(U)S concessi sia stabile intorno al migliaio tra il 2000 ed il 2009, per avere poi un forte aumento dal 2010, anno in cui vi è un aumento del 100% circa, in poi, con un picco di 6006 brevetti al 2021. Lo stesso andamento è riscontrabile, ovviamente, nella cumulata, in cui i brevetti concessi raggiungono circa quota 10000 nei primi 9 anni, per poi raddoppiare solamente nei 4 anni successivi.

Andando, inoltre, ad analizzare la distinzione tra anni precedenti ed anni successivi all'Accordo di Parigi del 2015, in cui, come già presentato nelle sezioni precedenti, è stato definito l'obiettivo di mantenere l'aumento delle temperature medie globali, rispetto ai livelli pre-industriali, al di sotto di 1,5°C, si riscontra come i brevetti concessi, presenti nel dataset, antecedenti al 2016 siano in totale 25514, suddivisi in 15 anni, mentre quelli concessi successivi al 2015 siano in totale 25344, suddivisi in soli 7 anni.

Dai dati presenti nel dataset sembra, quindi, possibile riscontrare una correlazione tra l'attività di brevettazione in ambito CC(U)S da parte delle imprese e l'accordo sottoscritto durante la COP21, suggerendo l'importanza che queste tecnologie possono avere secondo le imprese per cercare di ridurre il livello del loro impatto ambientale; questa questione verrà comunque approfondita tramite altre analisi statistiche più precise nelle sezioni successive.

Andando, invece, ad analizzare la suddivisione dei 50858 brevetti CC(U)S presenti nel dataset da un punto di vista geografico, in Figura 30 sono riportati i primi 10 paesi per numero di brevetti concessi presenti nel dataset, i quali rappresentano il 93,8% della totalità dei brevetti raccolti. Appare evidente un dominio da parte della Cina, con 22731 brevetti, il 44,7% della totalità presente nel dataset, seguita dal Giappone e dagli Stati Uniti.

Questa suddivisione è in linea con quella presentata nel capitolo 4, in cui è stata riportata l'analisi della distribuzione geografica, a livello mondiale, di famiglie di brevetti CCS e CCUS, concesse tra il 2001 ed il 2018, svolta dall'IPO in un proprio report, in cui la top 3 dei paesi era composta proprio da Cina, Stati Uniti e Giappone. Lo stesso vale per i paesi europei, che nel dataset a disposizione possiedono circa il 6,5% dei brevetti raccolti, grazie all'apporto di Germania, Francia e Regno Unito, ed anche nel report IPO si posizionano in maniera analoga, contribuendo in maniera modesta alla totalità dei brevetti analizzati.

Per completezza, in Figura 31, è possibile osservare la suddivisione geografica a livello mondiale dei brevetti CC(U)S presenti nel dataset a disposizione.

Figura 30-Top 10 paesi per brevetti CC(U)S concessi presenti in dataset

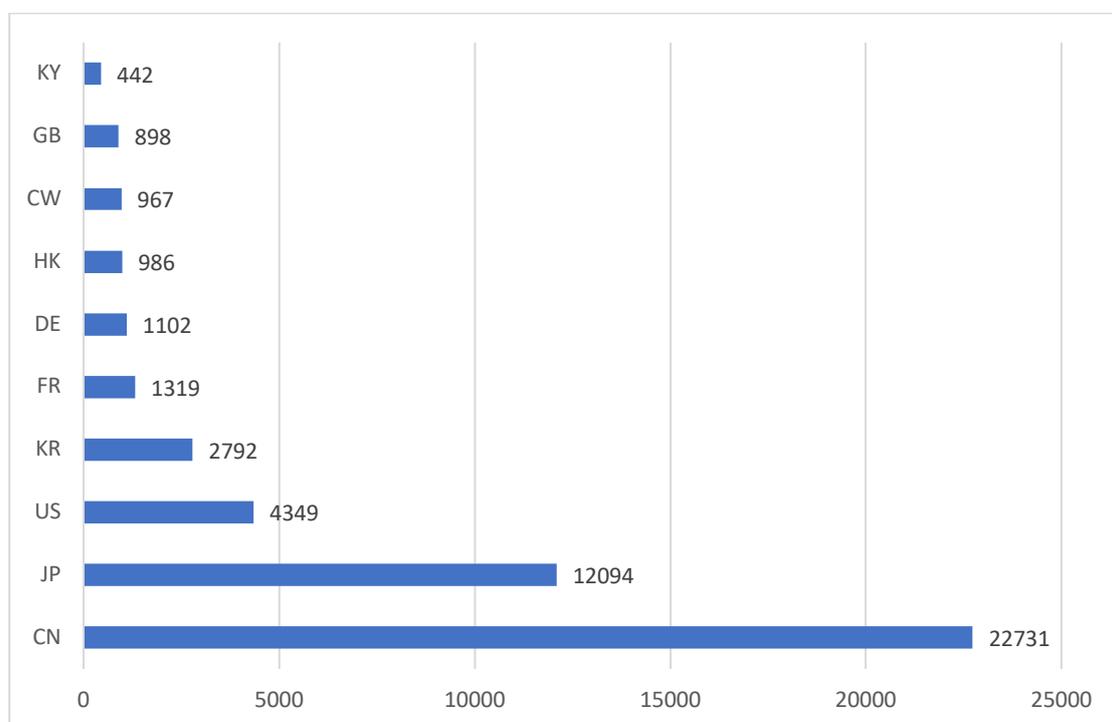
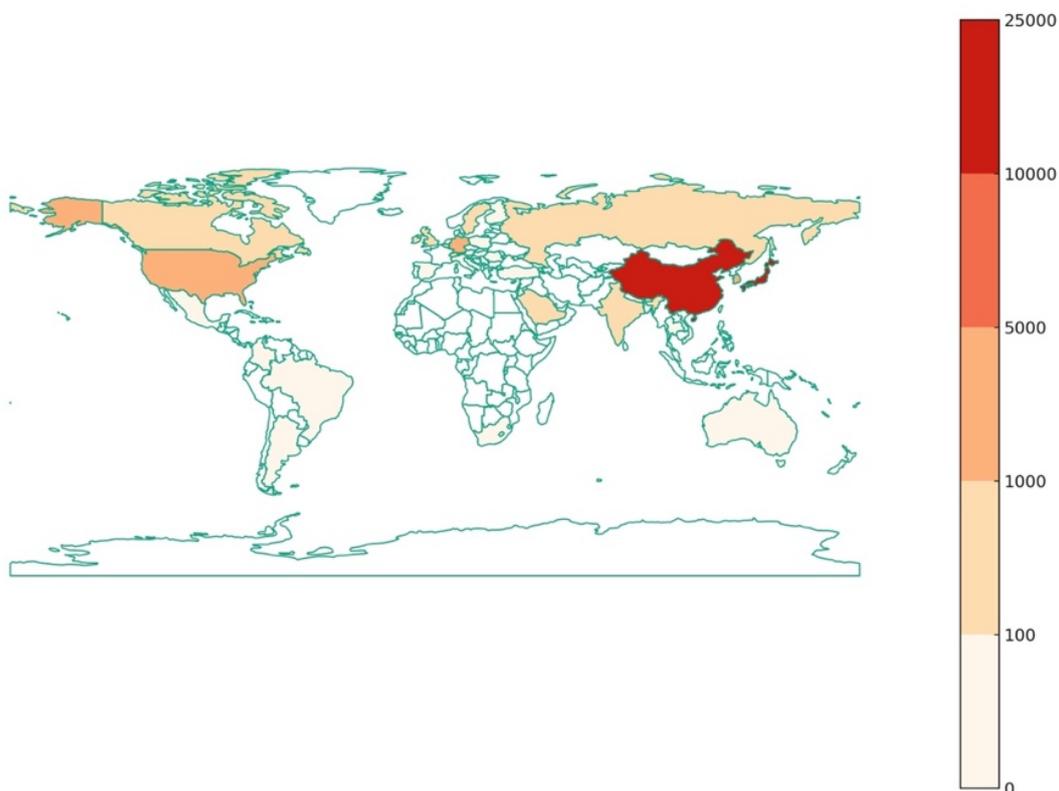


Figura 31-Distribuzione geografica di brevetti CC(U)S presenti in dataset

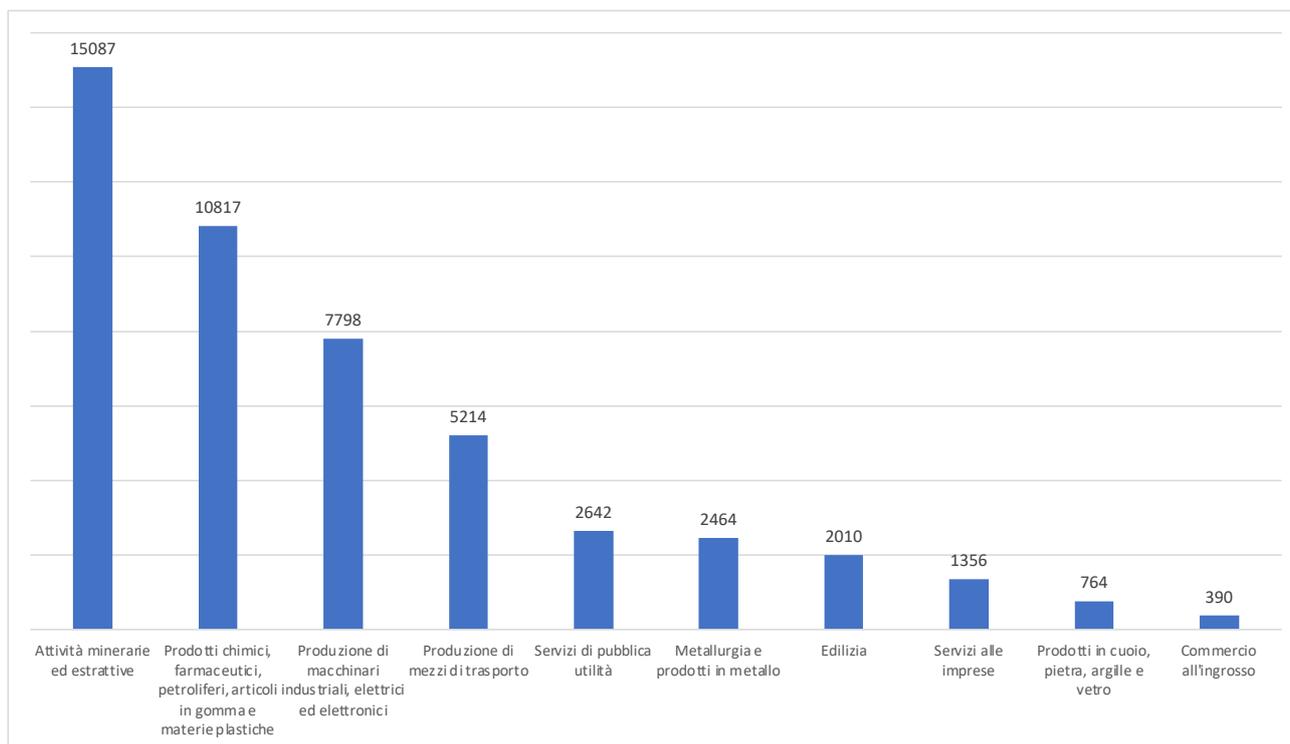


Andando, invece, ad analizzare le imprese a cui sono stati concessi i brevetti CC(U)S presenti nel dataset a disposizione, ciascuna identificata tramite codice ISIN univoco, è possibile ricavare la suddivisione di esse nei rispettivi settori industriali e, di conseguenza, individuare i settori industriali più propensi alla brevettazione CC(U)S nel periodo di tempo analizzato nel dataset utilizzato.

A questo scopo, tramite il provider *Orbis Bureau van Dijk*, ogni singola impresa presente nel dataset è stata collegata al settore industriale di riferimento, tramite la variabile *BVD_SECTOR* fornita dal provider utilizzato.

In Figura 32 è possibile osservare i primi 10 settori industriali, classificati per brevetti CC(U)S concessi dall'anno 2000 all'anno 2022, sulla base dei dati brevettuali disponibili.

Figura 32-Top 10 settori industriali per brevetti CC(U)S concessi presenti in dataset



Si può affermare come, dall'analisi svolta, il settore “Attività minerarie ed estrattive” la faccia da padrone, con circa il 30% dei brevetti concessi presenti in dataset. Questo risultato sembra essere, inoltre, in linea con quanto descritto nella sezione precedente, in cui è stato individuato, con fonte report IPO, come settore industriale di maggior proliferazione di brevetti CC(U)S il settore dell'energia. In Tabella 2, infatti, è possibile osservare la scomposizione più dettagliata, fornita dalla variabile *INDUSTRY_PRIMARY_LABEL* presente in Orbis, del settore “Attività minerarie ed estrattive”, che rende chiara la correlazione con il settore dell'energia sopra citato, per la presenza di attività come l'estrazione e la fornitura di petrolio, gas e carbone. Ciò è in linea con quanto presentato da *Byrd e Cooperman (2018)*, i quali analizzano come le industrie dei settori *Oil & Gas* e del carbone siano soggette al rischio finanziario di avere le loro riserve, quindi i loro principali asset, considerabili come *stranded asset*, cioè asset “incagliati” e non più valorizzabili. Essi sottolineano come tali imprese vedano le tecnologie CCS come un investimento per cercare di mitigare tale rischio e siano, quindi, propense, in attività di brevettazione ad esse collegate, come si evince dal nostro database.

Tabella 2-Suddivisione più dettagliata del settore industriale “Attività minerarie ed estrattive” secondo la variabile Orbis “INDUSTRY_PRIMARY_LABEL”

INDUSTRY_PRIMARY_LABEL	Brevetti concessi
Oil and gas field services, not elsewhere classified	6124
Oil and gas field exploration services	4678
Crude petroleum and natural gas	2941
Coal mining services	599
Copper ores	231
Drilling oil and gas wells	206
Bituminous coal underground mining	157
Chemical and fertilizer mineral mining, not elsewhere classified	37
Miscellaneous nonmetallic minerals, except fuels	30
Gold ores	28
Crushed and broken granite	10
Natural gas liquids	10
Iron ores	9
Miscellaneous metal ores, not elsewhere classified	9
Lead and zinc ores	7
Potash, soda and borate minerals	4
Metal mining services	3
Other common non-ferrous metal ores	2
Bituminous coal and lignite surface mining	1
Extraction of Iron ore	1

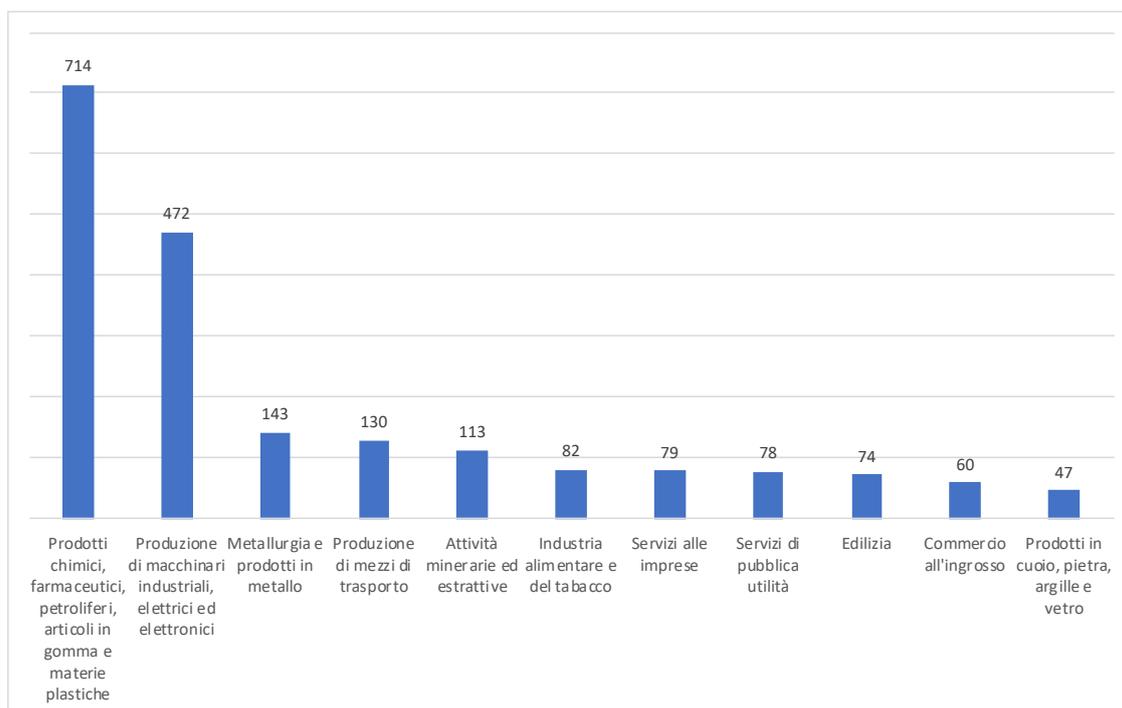
Anche per quanto riguarda il secondo settore industriale riportato in Figura 32, cioè “*Prodotti chimici, farmaceutici, petroliferi, articoli in gomma e materie plastiche*”, a cui sono associati il 21% circa dei brevetti CC(U)S, il dataset utilizzato riporta a risultati in linea con quanto presentato nella sezione precedente, in cui il settore chimico veniva presentato in seconda posizione per brevetti CC(U)S concessi tra il 2001 ed il 2018. In Tabella 3 è inoltre possibile osservare la scomposizione più dettagliata, fornita dalla variabile *INDUSTRY_PRIMARY_LABEL* presente in Orbis, anche del settore “*Prodotti chimici, farmaceutici, petroliferi, articoli in gomma e materie plastiche*”, che permette di osservare come il 41% della brevettazione CC(U)S appartenente a questo macro settore sia relativa ad imprese concentrate nella produzione di gas industriali, nella preparazione di farmaci e nella raffinazione di petrolio.

Tabella 3- Suddivisione più dettagliata del settore industriale “Prodotti chimici, farmaceutici, petroliferi, articoli in gomma e materie plastiche” secondo la variabile Orbis “INDUSTRY_PRIMARY_LABEL”

INDUSTRY_PRIMARY_LABEL	Brevetti concessi
Chemicals and chemical preparations, not elsewhere specified manufacturing	2808
Industrial gases	1850
Pharmaceutical preparations	1329
Petroleum refining	1268
Industrial inorganic chemicals, not elsewhere specified	718
Industrial organic chemicals, not elsewhere specified manufacturing	609
Plastic materials, synthetic resins and nonvulcanizable elastomers	336
Biological products, except diagnostic substances	206
Pesticides and agricultural chemicals, not elsewhere specified	172
Manmade organic fibers, except cellulosic	135
Nitrogenous fertilizers	132
Soap and other detergents, except specialty cleaners	119
Medicinal chemicals and botanical products	115
Cellulosic manmade fibers	105
Tires and inner tubes	103
Products of petroleum and coal, not elsewhere specified	99
Fertilizers, mixing only	88
Plastic products, not elsewhere specified	85
Alkalies and chlorine	57
Inorganic pigments	55

In aggiunta a questa analisi legata ad i settori industriali coinvolti nel dataset utilizzato, in Figura 33 è possibile osservare la suddivisione del numero di singole imprese, 2294 in totale, nei settori industriali presi in esame in precedenza e definiti dalla variabile *BVD_SECTOR*.

Figura 33-Top 10 settori industriali per imprese presenti in dataset



Osservando i primi 10 settori industriali individuati, per numero di singole imprese ad essi appartenenti presenti nel dataset, si può notare come al primo posto, con 714 imprese, si trovi il settore denominato “*Prodotti chimici, farmaceutici, petroliferi, articoli in gomma e materie plastiche*”, che in precedenza è stato presentato come il secondo settore industriale per numero di brevetti concessi presenti nel dataset, mentre, per quanto riguarda il settore “*Attività minerarie ed estrattive*”, presentato al primo posto per brevetti concessi, esso si trova al quinto posto, avendo in relazione 113 imprese presenti nel dataset.

Tutto ciò suggerisce come, per quanto riguarda il settore “*Attività minerarie ed estrattive*”, il grande numero di brevetti ad esso correlati, 15087 per l'esattezza, sia molto più concentrato in un numero limitato di imprese, rispetto al settore “*Prodotti chimici, farmaceutici, petroliferi, articoli in gomma e materie plastiche*” in cui le imprese sono circa 600 in più, mentre i brevetti ad esso analoghi sono circa 5000 in meno.

5.3 Presentazione dei dataset costruiti e descrizione delle variabili di analisi

Partendo dai dati riguardanti i brevetti CC(U)S concessi, che sono stati forniti, e tramite l'utilizzo di due provider di dati di imprese a livello globale, *Refinitiv Eikon* e *Orbis Bureau*

van Dijk, si è andato a costruire un dataset panel, anche in questo caso non bilanciato per le stesse motivazioni discusse nella sezione precedente, formato da diverse variabili legate alle varie imprese considerate.

Ciò è stato possibile, sia nel caso di *Eikon* che nel caso di *Orbis*, grazie all'utilizzo del codice *ISIN*, il quale caratterizza univocamente ciascuna delle imprese presenti inizialmente nel campione, tramite cui le imprese sono state ricercate all'interno dei database forniti dai due provider e per ognuna di esse si sono andate ad estrarre le variabili di interesse per gli anni in cui esse presentavano osservazioni rispetto alla variabile *ccs_pat* presente in origine.

Infine, tramite l'utilizzo del tool *PowerQuery* presente nel programma *MS Excel*, il dataset di partenza e quello ottenuto dalle variabili estratte sono stati uniti, tramite una azione di *merge* usando come variabile chiave una variabile artificiale "*ISIN_year*", formata dall'*ISIN* specifico dell'impresa osservata e dall'anno dell'osservazione, in grado di definire in maniera univoca ciascuna delle osservazioni per ciascuna impresa considerata in entrambi i dataset.

In Tabella 4 è fornita una descrizione del dataset ottenuto, che verrà denominato nel proseguo dell'elaborato come *Dataset_1*. In essa è presente, per ciascuna delle variabili elencate, il nome utilizzato, la fonte da cui è stata ricavata, una breve definizione ed il modo con cui essa viene misurata.

Tabella 4-Descrizione delle variabili considerate in Dataset_1

Nome	Fonte	Definizione	Misura
isin	Orbis IP	Codice ISIN univoco	-
year	Orbis IP	Anno considerato	-
ccs_pat	Orbis IP	Brevetti CC(U)S concessi all'impresa i-esima all'anno t	-
tot_return	Refinitiv Eikon	Rendimento azionario annuale	-
equity	Orbis	Patrimonio netto	-
ROE	Orbis	Return on equity	$ROE = \frac{\text{Reddito netto}}{\text{Patrimonio netto}}$
sales	Orbis	Fatturato netto	-
tot_asset	Orbis	Totale attivo	-
intang	Orbis	Totale attivo intangibile	-
net_income	Orbis	Utile/Perdita netto	-
cf	Orbis	Cashflow	-
debt	Orbis	Debiti finanziari	-
leverage	-	Leva finanziaria	$Leva = \frac{\text{Debiti finanziari}}{\text{Totale attività}}$
ROA	Refinitiv Eikon	Return on asset	$ROA = \frac{\text{Utile netto}}{\text{Totale attività}}$
tobinq	-	Q di Tobin	$q = \frac{\text{Totale attivo} - \text{Patrimonio netto} + \text{Cap.di mercato}}{\text{Totale attivo}}$
mcap	Refinitiv Eikon	Capitalizzazione di mercato	mcap = Numero azioni * Prezzo
rd	Refinitiv Eikon	Costi di ricerca e sviluppo	-
cop21	-	Dummy relativa all'Accordo di Parigi del 2015, sottoscritto durante COP21	Se year < 2016 allora = 0; altrimenti = 1
osservazioni totali	21688		
imprese osservate	1764		

In questo primo dataset costruito sono state inserite principalmente variabili in grado di monitorare le performance operative e finanziarie delle imprese considerate, cercando di valutarne redditività, indebitamento ed investimenti in ricerca e sviluppo.

Le variabili rappresentanti la leva finanziari e la q di Tobin non sono state direttamente estratte dai provider utilizzati, ma costruite, come descritto in tabella, partendo da variabili estratte.

Come si può notare dalla Tabella 4, il *Dataset_1* presenta 21688 osservazioni totali e 1765 imprese osservate, entrambe inferiori rispetto alle 42000 osservazioni ed alle 2294 imprese presenti nel dataset di partenza descritto nella sezione precedente. Ciò è dovuta dal fatto che, tra le variabili estratte sono stati trovate molte osservazioni *missing* che sono andate a ridurre il numero delle osservazioni utilizzabili totali. Considerando, per esempio, la sola variabile riferita alle spese in ricerca e sviluppo delle imprese, essa risulta *missing* per 18918 osservazioni, risultando essere la variabile estratta con meno osservazioni disponibili.

In seguito sono state estratte dal database fornito da *Refinitiv Eikon* variabili relative al contesto *green* che sono state presentate nel capitolo 1 come variabili utilizzate in letteratura per la valutazione del livello di *greenness* di un'impresa.

In primo luogo sono state estratte quattro variabili relative al contesto ESG, presentate e descritte in Tabella 5, che sono state integrate al *Dataset_1*, sempre tramite una operazione di *merge* come quella descritta in precedenza, per andare a formare un secondo dataset panel, che verrà d'ora in poi denominato come *Dataset_2*. Da Tabella 5 si può notare come il numero di osservazioni totali e singole imprese considerate, andando ad aggiungere queste quattro variabili ESG, siano entrambe nuovamente calate, in maniera anche più drastica; ciò è dovuto al fatto che le variabili ESG estratte presentavano una grande quantità di osservazioni *missing*, come poteva essere previsto a fronte di ciò che è stato detto nel primo capitolo, in cui si è sottolineato come il contesto *green* sia caratterizzato da una limitata quantità di dati relativi alle imprese per cause come la mancanza di standard e di interventi regolatori a riguardo.

Infine, sono state estratte, sempre tramite *Refinitiv Eikon*, due variabili relative alle emissioni di CO₂ da parte delle imprese, presentate in Tabella 6.

Tabella 5-Descrizione delle variabili aggiuntive considerate in Dataset_2

Tutte le variabili presenti in Dataset_1 a cui si aggiungono:			
Nome	Fonte	Definizione	Misura
esgscore	Refinitiv Eikon	Score ESG	-
esgcontr	Refinitiv Eikon	Score legato alle controversie in ambito ESG a cui una determinata impresa è associata dai media. Vale 100 se le controversie sono nulle	-
escore	Refinitiv Eikon	Componente "Environment" dello score ESG	-
sscore	Refinitiv Eikon	Componente "Social" dello score ESG	-
gscore	Refinitiv Eikon	Componente "Governance" dello score ESG	-
osservazioni totali	7557		
imprese osservate	685		

Tabella 6-Descrizione delle variabili aggiuntive considerate in Dataset_2

Tutte le variabili presenti in Dataset_2 a cui si aggiungono:			
Nome	Fonte	Definizione	Misura
scope1	Refinitiv Eikon	Tonnellate di emissioni annue GHG di tipo <i>scope 1</i>	-
scope2	Refinitiv Eikon	Tonnellate di emissioni annue GHG di tipo <i>scope 2</i>	-
osservazioni totali	4098		
imprese osservate	388		

Si è dunque costruito un terzo dataset panel, denominato *Dataset_3*, integrando le due ulteriori variabili al secondo dataset.

Anche in questo caso le osservazioni totali e le singole imprese considerate presenti nel nuovo dataset sono ulteriormente diminuite, sempre a causa delle molte osservazioni *missing* relative alle variabili collegate alle emissioni delle imprese, in linea con quanto presentato nel primo capitolo rispetto alla poca quantità di dati disponibili riguardo le emissioni delle imprese e la mancanza di standard globali in grado di definirne una corretta misurazione.

5.4 Analisi dei dataset costruiti

In questa sezione verrà presentata un'analisi specifica di ciascuno dei tre campioni costruiti, partendo da un'analisi della distribuzione tra i vari settori industriali delle imprese presenti in ciascuno dei dataset, specifiche statistiche descrittive rispetto alle variabili utilizzate in ciascuno di essi e, infine, alcuni test statistici di differenze tra le medie.

5.4.1 Statistiche descrittive e distribuzione imprese in settori industriali

Come descritto in precedenza, nei tre campioni costruiti, il numero di osservazioni totali ed imprese considerate risulta inferiore rispetto al dataset iniziale, contenente i soli dati riguardanti le concessioni di brevetti CC(U)S; per questo è utile andare a capire se in questi tre sotto campioni le imprese considerate abbiano una distribuzione differente nei diversi settori industriali rispetto a quella presentata nella sezione 5.2.

Tabella 7-Distribuzione delle imprese presenti nei 3 dataset costruiti per settore industriale di appartenenza

Settore industriale	Dataset_1	Dataset_2	Dataset_3
Prodotti chimici, farmaceutici, petroliferi, articoli in gomma e materie plastiche	626	216	127
Produzione di macchinari industriali, elettrici ed elettronici	390	153	87
Metallurgia e prodotti in metallo	113	43	24
Produzione di mezzi di trasporto	99	53	33
Attività minerarie ed estrattive	72	49	38
Industria alimentare e del tabacco	63	33	14
Edilizia	49	24	9
Commercio all'ingrosso	40	13	2
Prodotti in cuoio, pietra, argille e vetro	40	17	8
Servizi alle imprese	38	5	5
Industria tessile e dell'abbigliamento	37	8	4
Servizi di pubblica utilità	36	14	5
Comunicazioni	32	15	12
Industria del legno, dell'arredo e della carta	26	6	1
Biotecnologie e scienze della vita	19	6	1
Hardware per computer	10	5	4
Pubblica amministrazione, Istruzione, Salute e Servizi sociali	10	2	2
Servizi immobiliari	9	4	1
Software per computer	9	4	3
Editoria e stampa	8	3	2
Commercio al dettaglio	7	5	2
Altre attività manifatturiere	6	0	0
Media e telecomunicazioni	6	0	0
Trasporti, servizi doganali e stoccaggio	6	3	2
Gestione e trattamento dei rifiuti	4	0	0
Viaggi, intrattenimento e accoglienza	4	1	1
Agricoltura, orticoltura e allevamento	3	1	0
Servizi bancari, assicurativi e finanziari	2	2	1

In Tabella 7, a tale scopo, è rappresentata la distribuzione delle imprese presenti nei tre differenti campioni costruiti, come descritto nella sezione precedente, rispetto al settore

industriale di appartenenza, sempre facendo riferimento alla variabile *BVD_SECTOR* presente su *Orbis*. Osservando la tabella può essere utile sottolineare come, nel caso di *Dataset_2* e *Dataset_3* il settore industriale “Attività minerarie ed estrattive” risulti maggiormente rappresentato, raccogliendo rispettivamente il 7% ed il 10% delle imprese presenti nei due campioni, rispetto a quanto accade nel *Dataset_1* in cui contribuisce per un 4%; per quanto riguarda la distribuzione sugli altri settori analizzati, i tre campioni risultano allineati.

Prima di passare all’analisi econometrica è, inoltre, importante riportare le statistiche descrittive delle variabili prese in esame, concentrandosi singolarmente su ognuno dei tre campioni descritti. In particolare, nelle tabelle che seguiranno, è indicato il numero delle osservazioni, la media, la deviazione standard ed i valori di minimo e di massimo per ciascuna variabile presa in esame.

Tabella 8-Statistiche descrittive delle variabili presenti in Dataset_1

Variabile	Osservazioni	Media	Dev.Std.	Min	Max
ccs_pat	21688	1.630164	18.25063	0	1909
tot_return	21688	.1512531	.5645802	-.9358974	9.731013
equity	21688	4.87e+09	1.57e+10	34890.14	2.94e+11
ROE	21688	.036452	.3650755	-9.55881	6.79421
sales	21688	8.40e+09	2.74e+10	0	4.70e+11
tot_asset	21688	1.15e+10	3.37e+10	254836.8	4.43e+11
intang	21688	1.54e+09	7.09e+09	0	1.59e+11
net_income	21688	5.64e+08	2.45e+09	-2.24e+10	5.57e+10
cf	21688	1.06e+09	3.81e+09	-6.56e+09	7.98e+10
debt	21688	7.25e+08	2.49e+09	0	6.25e+10
leverage	21688	.0938844	.098208	0	.762479
ROA	21688	.0289237	.1270368	-2.387714	2.423388
tobinq	21688	1.808739	1.698452	.1728554	83.24896
mcap	21688	9.93e+09	3.24e+10	717431.9	7.24e+11
r_d	21688	2.80e+08	1.01e+09	0	1.98e+10

In Tabella 8 sono presentate le statistiche descrittive delle variabili utilizzate in *Dataset_1*. Partendo dalla variabile *ccs_pat*, che indica i brevetti concessi nell'anno ed all'impresa considerata, si osserva che il numero di brevetti concessi annualmente è pari a 1,63, mentre la deviazione standard risulta molto maggiore e pari a 18,25063; ciò suggerisce che gran parte delle osservazioni presentino conteggi molto bassi, tra 0 e 2, mentre vi sono alcuni osservazioni che presentano conteggi molto alti, ciò è confermato dal valore massimo pari a 1909, che rendono la deviazione standard molto maggiore della media e la distribuzione di tale variabile molto spostata verso lo zero. Per quanto riguarda, invece, le variabili di performance utilizzate, cioè ROE, in grado di valutare la redditività del patrimonio netto, ROA, in grado di valutare l'efficienza con cui gli asset delle imprese vengono impiegati, *tot_return* e *mcap*, in grado valutare le performance finanziarie delle imprese considerate, e *sales*, *cf* e *net_income*, in grado di valutare le imprese in termini di fatturato, liquidità e capacità di generare utili e perdite, le statistiche descrittive mettono in luce diversi fattori. Prima di tutto le medie di ROE e ROA, molto vicine allo 0, ma positive, sottolineano come le imprese considerate generino risultati molto vicini all'equilibrio degli indici, ma comunque mediamente favorevoli; per quanto riguarda, invece, le variabili di performance finanziaria, anche i rendimenti annuali dei titoli delle imprese considerate sono in media positivi, indicando come generalmente tali imprese siano considerate positivamente dai mercati; la variabile *net_income* in media molto superiore allo 0 indica come generalmente tali imprese chiudano il loro conto economico generando utili e non in perdite, mentre la variabile *sales* presenta una deviazione standard maggiore di circa due ordine di grandezza rispetto alla propria media, suggerendo la presenza di *outliers* con valori di tale variabile molto alti, confermato dal valore massimo presentato, che rendono la distribuzione *right-skewed*.

Spostando il focus sulle statistiche descrittive del secondo campione, rappresentate in Tabella 9, e concentrandosi sulle variabili ESG introdotte in esso, si evince come il valore medio della variabile *esgscore* sia pari a 52,76376, il quale, basandosi su un report fornito dal provider *Refinitiv* in cui vengono presentate le modalità di calcolo alla base degli score ESG da esso forniti, indica come le imprese presenti nel campione forniscano delle buone performance in ambito ESG e presentino un grado di trasparenza superiore alla media nel riportare pubblicamente i dati rilevanti per il calcolo dei vari score e la loro valutazione.

Passando alla variabile *esgcontr*, che valuta quanto una determinata impresa sia stata coinvolta in controversie in ambito ESG, nell'anno precedente, rispetto a quanto è stato riportato dai media tradizionali, possiamo notare come il valore medio 87,61963 non sia

molto distante dal valore massimo, pari a 100, attribuito alle imprese coinvolte in nessuna controversia, indicando una bassa predisposizione, in media, per le imprese presenti nel campione ad essere coinvolte e citate dai media per avvenimenti di tale specie.

Tabella 9- Statistiche descrittive delle variabili presenti in Dataset_2

Variabile	Osservazioni	Media	Dev.Std.	Min	Max
ccs_pat	7557	3.629086	30.66466	0	1909
esgscore	7557	52.76376	21.62708	.6267095	95.83672
esgcontr	7557	87.61963	25.97121	.625	100
escore	7557	53.05663	27.42102	0	98.89402
sscore	7557	49.96502	26.24322	.2581089	98.01059
gscore	7557	55.65031	22.62069	.6151832	98.56174
tot_return	7557	.1405154	.4822976	-.9077156	9.731013
equity	7557	1.22e+10	2.43e+10	2044881	2.94e+11
ROE	7557	.0898142	.2765551	-6.38889	6.16157
sales	7557	2.07e+10	4.26e+10	0	4.70e+11
tot_asset	7557	2.87e+10	5.13e+10	2584021	4.43e+11
intang	7557	4.04e+09	1.12e+10	0	1.59e+11
net_income	7557	1.43e+09	3.78e+09	-2.24e+10	5.07e+10
cf	7557	2.71e+09	5.81e+09	-6.56e+09	6.08e+10
debt	7557	1.61e+09	3.91e+09	0	6.25e+10
leverage	7557	.062553	.0691003	0	.679424
ROA	7557	.0473799	.0934447	-1.279133	2.423388
tobinq	7557	1.739294	1.396769	.4626626	22.35392
mcap	7557	2.46e+10	4.90e+10	4430127	7.24e+11
r_d	7557	7.21e+08	1.57e+09	0	1.98e+10

Infine, soffermandosi sulle variabili già analizzate e presenti nel primo campione, le statistiche descrittive delle variabili presenti nel *Dataset_2* risultano essere mediamente in linea con quelle riportate per il primo campione, fatta eccezioni per le variabili ROE, ROA, *mcap* e *net_income* che riportano dei valori medi superiori, indicando come la scrematura

avvenuta nel passaggio da un campione all'altro ha portato all'esclusione di imprese che portavano ad una diminuzione delle performance medie delle imprese presenti nel campione in termini di redditività del patrimonio netto, di impiego degli asset, di capitalizzazione di mercato e di generazione di utili.

In conclusione, in Tabella 10, sono riportate le statistiche descrittive dell'ultimo campione utilizzato.

Tabella 10- Statistiche descrittive delle variabili presenti in Dataset_3

Variabile	Osservazioni	Media	Dev.Std.	Min	Max
ccs_pat	4098	3.742313	34.64184	0	1909
scope1	4098	5838142	1.94e+07	0	3.33e+08
scope2	4098	3290668	1.15e+08	0	7.39e+09
esgscore	4098	65.03954	16.1407	6.95017	95.83672
esgcontr	4098	82.7088	29.81556	.625	100
escore	4098	67.34818	18.59446	1.190476	98.89402
sscore	4098	64.28776	21.28926	.3688525	98.01059
gscore	4098	63.04786	20.51879	4.501718	98.56174
tot_return	4098	.1384823	.4623665	-.8613018	6.88259
equity	4098	1.61e+10	2.78e+10	4.04e+07	2.72e+11
ROE	4098	.1086822	.2770141	-6.38889	6.16157
sales	4098	2.63e+10	4.76e+10	7.68e+07	4.70e+11
tot_asset	4098	3.77e+10	5.84e+10	7.16e+07	4.43e+11
intang	4098	6.14e+09	1.37e+10	0	1.56e+11
net_income	4098	1.96e+09	4.47e+09	-2.24e+10	4.52e+10
cf	4098	3.71e+09	6.79e+09	-5.42e+09	6.08e+10
debt	4098	1.85e+09	4.46e+09	0	6.25e+10
leverage	4098	.0554084	.0612411	0	.679424
ROA	4098	.0527418	.0638368	-.3736522	.5572245
tobinq	4098	1.634425	1.119318	.4694186	21.35665
mcap	4098	3.30e+10	5.59e+10	7.09e+07	5.75e+11
r_d	4098	9.98e+08	1.94e+09	0	1.98e+10

Per quanto riguarda le variabili relative alle emissioni, quindi *scope1* e *scope2*, esse presentano una deviazione standard molto maggiore rispetto alla loro media, di un ordine di grandezza per la variabile *scope1* e di due ordini di grandezza per la variabile *scope2*, indicando come nel campione siano presenti alcune imprese le cui emissioni di tipo *scope 1* e *scope 2* risultano molto maggiori rispetto a quelle mediamente prodotte dalle altre imprese, suggerendo una distribuzione *right-skewed* per tali variabili.

Concentrandosi sulle variabili ESG, si può notare come, per quanto riguarda la variabile *esgscore*, la media, pari a 65,03954, sia superiore a quella presentata per il campione 2, mentre, al contrario, la media della variabile *esgcontr*, pari a 82,7088, risulta inferiore a quella presentata per il campione 2.

Infine, anche in questo caso, ROE, ROA, *mcap* e *net_income* presentano valori medi superiori a quello presente nei due campioni precedentemente analizzati.

5.4.2 Test della differenza tra le medie

È interessante andare a valutare se i campioni costruiti presentino o meno delle differenze significative tra i valori medi assunti dalla variabile rappresentante i brevetti CC(U)S, concessi ad una determinata impresa in un determinato anno, a seconda di alcune caratteristiche in grado di distinguere e suddividere le imprese osservate in due o più categorie. Ciò può essere fatto andando ad applicare dei test della differenza tra le medie, indagando con un approccio statistico la significatività o meno della differenza tra i valori medi di brevetti concessi tra gruppi di imprese che differiscono rispetto ad una seconda variabile considerata, analizzando, quindi, la presenza di correlazione univariata tra tali variabili e la concessione di brevetti CC(U)S. Il test sulla differenza tra le medie, attraverso il calcolo della statistica t^{66} , permette di valutare l'ipotesi nulla secondo la quale la differenza tra i valori medi della variabile considerata di due campioni differenti sia uguale a 0, contro l'ipotesi alternativa secondo la quale tale differenza sia diversa da 0.

⁶⁶ La statistica t viene calcolata come il rapporto tra la differenza tra le medie dei due gruppi considerati e l'errore standard di tale differenza:

$$t = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{SE(\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2)}$$

Una volta calcolata la statistica t , infatti, la si va a confrontare con il valore critico corrispondente al livello di significatività⁶⁷ che si è voluto utilizzare per il test, andando così a definire se la differenza tra le medie è pari a 0 o meno con una determinata significatività statistica.

In questa sezione verranno svolti 6 differenti test di differenza tra le medie, volti a valutare l'influenza di 6 differenti variabili sulla variabile *ccs_pat*. Nello specifico si andrà a svolgere:

- Test di differenza tra le medie rispetto alla variabile *sales*, per valutare l'effetto della grandezza delle imprese considerate.
- Test di differenza tra le medie rispetto alla variabile *intangibles*, normalizzata rispetto alla variabile *tot_asset*, per valutare l'effetto della quota di asset intangibili posseduti dalle imprese considerate.
- Test di differenza tra le medie rispetto alla variabile *cop21*, per valutare l'effetto dell'Accordo di Parigi del 2015.
- Test di differenza tra le medie rispetto alla variabile *esgscore*, per valutare l'effetto del rating ESG ottenuto dalle imprese considerate.
- Test di differenza tra le medie rispetto alle variabili *scope1* e *scope2*, per valutare l'effetto della quantità di emissioni GHG riportata dalle imprese considerate.

È importante sottolineare come, per ognuno dei test di differenza tra le medie svolti che verranno presentati, si è utilizzato il campione, tra i tre costruiti, con più osservazioni disponibili ed in cui la variabile considerata è presente.

Per il primo test svolto il *Dataset_1* è stato suddiviso in due gruppi differenti rispetto al valore medio della variabile *sales*, individuato dalle statistiche descrittive svolte in precedenza, pari a $8.40e+09$. Per fare ciò è stata creata una variabile *dummy* provvisoria, attraverso il software statistico *STATABE*, pari a 0 per quelle osservazioni in cui la variabile *sales* risulta minore o uguale al valore medio e pari a 1 per le osservazioni in cui essa risulti maggiore al valore medio indicato. Si è andati quindi a testare l'ipotesi nulla secondo cui il numero di

⁶⁷ Il livello di significatività di un test statistico è una probabilità predeterminata di rifiutare in modo errato l'ipotesi nulla, quando in realtà è corretta

Fonte: Fonte: Stock J.H., Watson M.W., Introduzione all'econometria, Pearson, Milano 2005

brevetti CC(U)S medi concessi annualmente ai due gruppi coincidano, contro l'ipotesi alternativa secondo cui essi presentino una differenza statisticamente significativa.

In Tabella 11 è presentato l'output del *t*-test fornito dal software *STATABE*.

Tabella 11-t-test sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese sotto la dimensione media contro imprese oltre la dimensione media.

Gruppo	Osservaz.	Media	Std.Err.	Dev.Std.	[Intervallo conf. 95%]	
<= dimensione media	17.688	0,7248	0,0572	7,5991	0,6128	0,8369
> dimensione media	4.020	5,6092	0,6157	39,0396	4,4020	6,8164
Combinato	21.688	1,6302	0,1239	18,2506	1,3873	1,8731
Differenza		-4,8844	0,3172		-5,5061	-4,2627

H0: diff = mean(0) - mean(1) = 0			t = -15,3986
Ha : diff < 0	Ha : diff ≠ 0	Ha : diff > 0	
Pr(T < t) = 0,0000	Pr(T > t) = 0,0000	Pr(T > t) = 1,0000	

Osservando la statistica *t* ottenuta, essa risulta maggiore in valore assoluto rispetto al valore critico corrispondente ad un livello di significatività del 5%, che è pari a 1,96. Ciò permette di rifiutare l'ipotesi nulla secondo cui le due medie coincidano; quindi, fra i due gruppi vi è una differenza significativa in termini di brevetti CC(U)S annualmente concessi. In particolare risulta che le imprese più grandi, in termini di fatturato, riescano ad ottenere un maggior numero di concessioni di brevetti CC(U)S. Questo può essere spiegato dal fatto che esse dispongano di risorse superiori da poter investire in attività di brevettazione in questo ambito, che, come è stato descritto nei capitoli precedenti, risulta essere un'attività molto dispendiosa in termini monetari.

Ci si è concentrati, in seguito, sull'effetto della quantità di asset intangibili posseduti dalle imprese rispetto alla loro attività di brevettazione. Prima di tutto, utilizzando il *Dataset_1*, è stata creata una variabile aggiuntiva rispetto a quelle precedentemente presentate, ottenuta dal rapporto tra la variabile *intangibles* e quella *tot_asset*, in modo tale da normalizzare, per

ogni osservazione disponibile la quantità di asset intangibili dell'impresa considerata rispetto alla totalità degli asset posseduti. Si è poi suddiviso il dataset in due gruppi differenti rispetto al valore medio della variabile appena creata, pari a 0,0843045, tramite la creazione di una variabile *dummy* provvisoria, pari a 0 per quelle osservazioni in cui la variabile risulta minore o uguale al valore medio e pari a 1 per le osservazioni in cui essa risulti maggiore al valore medio indicato. Tramite *t-test* si è quindi andati a testare l'ipotesi nulla secondo cui il numero di brevetti CC(U)S medi concessi annualmente ai due gruppi coincidano, contro l'ipotesi alternativa secondo cui essi presentino una differenza statisticamente significativa, ottenendo i risultati presentati in Tabella 12.

Tabella 12- *t-test* sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese con quota di asset intangibili sotto la media contro imprese con quota oltre la media.

Gruppo	Osservaz.	Media	Std.Err.	Dev.Std.	[Intervallo conf. 95%]	
Low Intang	15.768	1,8151	0,1684	21,1521	1,4850	2,1453
High Intang	5.920	1,1375	0,0691	5,3172	1,0020	1,2730
Combinato	21.688	1,6302	0,1239	18,2506	1,3873	1,8731
Differenza		0,6776	0,2782		0,1324	1,2228

H0: diff = mean(0) - mean(1) = 0			t = 2,4362
Ha : diff < 0	Ha : diff ≠ 0	Ha : diff > 0	
Pr(T < t) = 0,9926	Pr(T > t) = 0,0149	Pr(T > t) = 0,0074	

Poiché $|t| > 1,96$, è possibile rifiutare l'ipotesi nulla secondo cui le medie dei due gruppi coincidano, il che evidenzia una differenza significativa tra i brevetti CC(U)S annualmente concessi alle imprese con un livello di asset intangibili sotto la media rispetto a quelli concessi ad imprese con livello sopra la media; nello specifico risulta che le imprese con livello sotto la media abbiano in concessione annualmente un numero maggiore di brevetti.

Si è poi testato il numero medio di brevetti concessi alle imprese osservate negli anni precedenti e successivi alla COP21 ed alla sottoscrizione dell'Accordo di Parigi, di cui si è parlato nelle sezioni precedenti, utilizzando sempre il *Dataset_1*, suddiviso in due gruppi sulla base del valore della variabile *dummy cop21* precedentemente descritta.

In questo caso, osservando quanto riportato dall'output in Tabella 13, avendo $|t| < 1,96$, non è possibile rifiutare l'ipotesi nulla, quindi i valori medi di brevetti CC(U)S concessi annualmente alle imprese precedentemente e successivamente l'Accordo di Parigi non presentano differenze statisticamente significative. Questo risultato sembra essere in disaccordo con quanto è stato presentato in Figura 28 ed in Figura 29, in cui, andando ad analizzare le 42.000 osservazioni di concessioni di brevetti CC(U)S di partenza, si era osservata una quantità annuale di brevetti concessi superiore negli anni post COP21. Questa discordanza potrebbe essere causata dal differente numero di osservazioni considerate, infatti, come è stato già descritto precedentemente, per la costruzione del *Dataset_1* sono state perse molte osservazioni della variabile *ccs_pat* a disposizione nel dataset di partenza.

Tabella 13-t-test sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese pre-COP21 contro post-COP21.

Gruppo	Osservaz.	Media	Std.Err.	Dev.Std.	[Intervallo conf. 95%]	
Pre COP21	10.754	1,5044	0,1299	13,4668	1,2498	1,7589
Post COP21	10.934	1,7539	0,2100	21,9617	1,3422	2,1656
Combinato	21.688	1,6302	0,1239	18,2506	1,3873	1,8731
Differenza		-0,2495	0,2479		-0,7353	0,2363

H0: diff = mean(0) - mean(1) = 0		t = -1,0067
Ha : diff < 0	Ha : diff ≠ 0	Ha : diff > 0
Pr(T < t) = 0,1571	Pr(T > t) = 0,3141	Pr(T > t) = 0,8429

Va considerato, inoltre, il fatto che gli anni precedenti al 2016 osservati nel dataset siano più del doppio degli anni successivi alla COP21, il che crea una discrepanza non indifferente tra i due gruppi formati dalla *dummy cop21* utilizzata per il *t-test*. A questo si aggiunge il fatto che, come discusso in precedenza, la distribuzione della variabile *ccs_pat* all'interno del *Dataset_1* risulta molto distorta verso destra, a causa della presenza di *outliers*, che potrebbero aver influito con il test svolto. Al netto di ciò, tramite il comando *winsor2* presente su *STATA* (Cox, 1998), è stato possibile creare una variabile analoga alla variabile *ccs_pat* preesistente, denominata *wccs_pat*, ma da cui sono state tagliate le osservazioni al di sotto del 5° percentile ed al di sopra del 95° percentile, in modo tale da eliminare le osservazioni

outliers. Fatto ciò, si è effettuato un *t-test* analogo al precedente, utilizzando questa volta la variabile *wccs_pat*, rispetto alla variabile *dummy cop21*, ma andando a considerare solamente le osservazioni disponibili dall'anno 2009 in poi, utilizzando, quindi, le osservazioni disponibili solamente nei sette anni precedenti e successivi la COP21.

Tabella 14-*t-test* sul numero di brevetti CC(U)S "winsorizzati" concessi ad imprese pre-COP21 contro post-COP21 tra il 2009 ed il 2022.

Gruppo	Osservaz.	Media	Std.Err.	Dev.Std.	[Intervallo conf. 95%]	
Pre COP21	7.038	0,6726	0,0180	1,5105	0,6373	0,7079
Post COP21	10.934	0,7318	0,0148	1,5450	0,7028	0,7607
Combinato	17.972	0,7086	0,0114	1,5318	0,6862	0,7310
Differenza		-0,0591	0,0234		-0,1050	-0,0132

H0: diff = mean(0) - mean(1) = 0			t = -2,5259
Ha : diff < 0	Ha : diff ≠ 0	Ha : diff > 0	
Pr(T < t) = 0,0058	Pr(T > t) = 0,0115	Pr(T > t) = 0,9942	

In questo caso, come si può vedere dai risultati presentati in Tabella 14, si ottiene una statistica $|t| > 1,96$, la quale permette di affermare come vi sia una differenza significativa tra il numero di brevetti CC(U)S annualmente concessi prima dell'Accordo di Parigi di fine 2015 ed il numero di brevetti concessi dopo; risulta, infatti, che post COP21 le imprese analizzate abbiano ottenuto un numero maggiore di brevetti CC(U)S, in analogia con quanto mostrato nelle sezioni precedenti, confermando come questa tipologia di tecnologia sia considerata dalle imprese analizzate come utile al fine di facilitare il raggiungimento degli obiettivi fissati durante la COP21, che, come analizzato nei capitoli precedenti, ha aumentato a livello globale la sensibilità e l'impegno rispetto a tematiche ambientali da parte di imprese ed investitori.

Il quarto test di differenza tra medie è stato svolto concentrandosi sullo score ESG relativo alle imprese osservate. Utilizzando il *Dataset_2*, si sono suddivise le osservazioni in quattro categorie sulla base della variabile *esgscore* relativa, facendo riferimento a quanto riportato dal report *Refinitiv*, provider da cui deriva la variabile presente nel dataset, in cui viene

presentata la metodologia di *scoring* ESG da loro adottata. Nel report vengono, infatti, definiti quattro differenti ESG *Grade* da assegnare alle imprese sulla base del loro score ESG; per la precisione si ha, partendo dal livello più basso, il grado “D”, per score compresi tra 0 e 25, il grado “C”, per score compresi tra 25 e 50, il grado “B”, per score compresi tra 50 e 75, ed il grado “A”, per score compresi tra 75 e 100. Le imprese osservate presenti nel campione sono state, quindi, suddivise in 4 differenti gruppi e si è deciso di applicare un t-test confrontando le imprese appartenenti al gruppo relativo al grado “D”, quindi con una povera performance in ambito ESG ed una trasparenza insufficiente, e quelle appartenenti al gruppo relativo al grado “A”, quindi con performance in ambito ESG eccellenti e una grande trasparenza, sempre rispetto al numero medio di brevetti CC(U)S concessi annualmente.

Tabella 15- t-test sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese con performance ESG insufficienti contro imprese con performance ESG eccellenti.

Gruppo	Osservaz.	Media	Std.Err.	Dev.Std.	[Intervallo conf. 95%]	
ESG Grade "D"	971	1,2307	0,1574	4,9062	0,9217	1,5397
ESG Grade "A"	1.337	2,9035	0,2179	7,9689	2,4760	3,3311
Combinato	2.308	2,1997	0,1436	6,8977	1,9182	2,4813
Differenza		-1,6728	0,2880		-2,2392	-1,1065

H0: diff = mean(0) - mean(1) = 0		t = -5,7922
Ha : diff < 0	Ha : diff ≠ 0	Ha : diff > 0
Pr(T < t) = 0,0000	Pr(T > t) = 0,0000	Pr(T > t) = 1,0000

Dalla Tabella 15 si può evincere come, avendo $|t| > 1,96$, le imprese con performance ESG eccellenti tendano ad avere concessi un maggior numero di brevetti CC(U)S rispetto a quanto avviene per le imprese con una performance ESG classificata come insufficiente. Questo risultato può essere spiegato dal fatto che lo score ESG tenga in considerazione anche l'ambito “*Environmental*” che a sua volta contiene, come viene mostrato da report *Refinitiv*, una voce relativa all'innovazione ed una voce relativa alle emissioni, su cui l'attività brevettuale in ambito CC(U)S dovrebbe avere un impatto considerevole.

Per concludere, si è deciso di testare la differenza tra le medie di brevetti CC(U)S annualmente concessi rispetto alle emissioni GHG dichiarate dalle imprese considerate. Per fare ciò si è, in primo luogo, utilizzata la variabile *scope1*, presente nel *Dataset_3*, andando a dividere le imprese presenti nel campione in 4 differenti gruppi, ciascuno corrispondente ai 4 quartili individuati dalla distribuzione di tale variabile. Si è poi applicato un *t-test* tra le imprese appartenenti al primo quartile individuato, quindi con basse emissioni di tipo *scope 1*, e le imprese appartenenti al quarto quartile individuato, quindi con alte emissioni *scope 1*, con l'obiettivo di valutare la presenza di differenze significative in termini di brevetti CC(U)S annualmente concessi tra i due gruppi. Lo stesso procedimento è stato svolto, in maniera completamente analoga, utilizzando la variabile *scope2*, quindi andando a testare anche per questa seconda categoria di emissioni GHG. In Tabella 16 e 17 i risultati.

Tabella 16- *t-test* sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese con alte emissioni *Scope 1* contro imprese con basse emissioni *Scope 1*.

Gruppo	Osservaz.	Media	Std.Err.	Dev.Std.	[Intervallo conf. 95%]	
Low Scope 1	1.024	2,8096	1,8810	60,1930	0,9217	6,5007
High Scope 1	1.025	6,9054	0,8211	26,2884	2,4760	8,5166
Combinato	2.049	4,8585	1,0266	46,4711	2,8451	6,8718
Differenza		-4,0958	2,0518		-8,1195	-0,0720

H0: diff = mean(0) - mean(1) = 0		t = -1,9962
Ha : diff < 0	Ha : diff ≠ 0	Ha : diff > 0
Pr(T < t) = 0,0230	Pr(T > t) = 0,0460	Pr(T > t) = 0,9770

Per quanto riguarda le emissioni *scope 1*, avendo $|t| > 1,96$, si può affermare che tra i due gruppi testati vi è una differenza significativa rispetto ai brevetti annualmente concessi. Nello specifico risulta che le imprese con alte emissioni *scope 1* presenti nel campione abbiano concessi, in media, un numero maggiore di brevetti CC(U)S rispetto alle imprese con basse emissioni GHG. Al contrario, non sembra esserci una differenza significativa per quanto riguarda le emissioni di tipo *scope 2*.

Tabella 17-t-test sul numero di brevetti CC(U)S concessi ad imprese con alte emissioni Scope 2 contro imprese con basse emissioni Scope 2.

Gruppo	Osservaz.	Media	Std.Err.	Dev.Std.	[Intervallo conf. 95%]	
Low Scope 2	1.024	3,6699	1,9693	63,0187	-0,1945	7,5343
High Scope 2	1.026	6,3567	0,8052	25,7909	4,7767	7,9367
Combinato	2.050	5,0146	1,0632	48,1386	2,9296	7,0997
Differenza		-2,6868	2,1261		-6,8563	1,4827

H0: diff = mean(0) - mean(1) = 0		t = -1,2637
Ha : diff < 0	Ha : diff ≠ 0	Ha : diff > 0
Pr(T < t) = 0,1032	Pr(T > t) = 0,2065	Pr(T > t) = 0,8968

Questi risultati possono essere interpretati andando a ragionare sulla differenza che vi è tra le due categorie di emissioni analizzate. Come spiegato nel primo capitolo, infatti, le emissioni scope 1 sono quelle che derivano direttamente da fonti possedute dalle imprese, quindi, per esempio, le emissioni derivanti da processi produttivi, mentre le emissioni scope 2 sono quelle derivanti dalla produzione di energia elettrica utilizzata ed acquistata dalle imprese. Sulla base di ciò si può pensare che le imprese con un maggiore livello di emissioni scope 1 siano più propense ed interessate alla brevettazione di tecnologie CC(U)S in quanto, queste tecnologie, come visto nelle sezioni precedenti, possono essere adottate per ridurre le emissioni GHG andando a catturare quelle prodotte, per esempio, durante processi produttivi, aiutando quindi le imprese a ridurre proprio le emissioni di tipologia scope 1, cosa che non può avvenire con le emissioni di tipo scope 2, non essendo esse direttamente prodotte dalle imprese.

5.5 Primo modello di regressione

L'analisi empirica basata su modelli di regressione verrà divisa in due parti separate, caratterizzate dall'applicazione di due tipologie di modelli regressivi e due obiettivi di ricerca differenti.

In questa prima analisi di regressione l'obiettivo è quello di andare ad indagare l'esistenza o meno di relazioni tra la concessione di brevetti CCS e CCUS e alcune variabili caratterizzanti le imprese considerate, come variabili relative alle performance operative e finanziarie, variabili relative agli score in ambito ESG ottenuti dalle imprese e variabili relative alle emissioni di gas GHG. È stata indagata, inoltre, l'esistenza di una correlazione tra l'ottenimento di brevetti CC(U)S e la sottoscrizione dell'Accordo di Parigi durante la COP21 del 2015.

Questa analisi è stata svolta andando ad utilizzare i tre dataset di tipo panel costruiti e descritti nelle sezioni precedenti, utilizzando sempre il campione in grado di garantire il maggior numero di osservazioni rispetto alle variabili di interesse.

Poiché la variabile dipendente ccs_pat , cioè il conteggio di brevetti concessi all' i -esima impresa all'anno t , risulta essere, per l'appunto, un conteggio discreto, per molte osservazioni uguale a 0, è stato utilizzato un modello di regressione *count data*, basato sulla distribuzione statistica di Poisson (Ao, 2009).

Il modello può essere rappresentato come segue:

$$E[Y_{it}|X_{it}] = \exp(\alpha_1 + \beta_1 x_{1,it} + \beta_2 x_{2,it} + \dots + \beta_k x_{k,it}) \quad (5)$$

Dove:

- $i = 1, \dots, n$
- $t = 1, \dots, t$
- Y_{it} è la variabile dipendente indicante il numero di brevetti concessi all'impresa i -esima all'anno t
- $x_{1,it}, \dots, x_{k,it}$ rappresentano le variabili indipendenti considerate nell'analisi
- β_1, \dots, β_k rappresentano i coefficienti di tali variabili indipendenti

Andando a considerare un qualsiasi coefficiente β relativo ad una qualsiasi variabile indipendente presa in esame, il suo effetto sulla variabile dipendente è interpretabile andando a calcolare il valore di $e^\beta - 1$, il quale corrisponde ad un aumento percentuale del valore atteso della variabile dipendente nel caso in cui il valore del coefficiente β sia maggiore di 0, ad un decremento, nel caso in cui, invece, il coefficiente β sia negativo.

L'analisi è stata svolta attraverso il software statistico *STATABE*, indicando, prima di tutto, al software di avere a disposizione dei dati panel, attraverso il comando *xtset*, poi effettuando l'analisi di regressione d'interesse tramite il comando *xtpoisson* e specificando l'utilizzo di effetti fissi.

Per l'analisi di regressione sopra descritta sono state inoltre create delle variabili partendo da quelle disponibili inizialmente, presentate in precedenza, applicando delle trasformazioni logaritmiche, tali variabili saranno precedute dalla dicitura *log*, delle winsorizzazioni, che hanno permesso di tagliare alcune variabili al di sopra del 95° percentile ed al di sotto del 5° percentile, tali variabili saranno precedute dalla lettera *w*, ed, infine, delle normalizzazioni, come nel caso delle spese in ricerca e sviluppo, prima winsorizzate e poi normalizzate rispetto al fatturato, gli *intangibles*, prima winsorizzati e poi normalizzati rispetto alla totalità degli asset, ed il *cashflow*, normalizzato rispetto al fatturato. Le variabili normalizzate saranno precedute dalla dicitura *norm*.

5.6 Risultati ottenuti dal primo modello

In questo paragrafo verranno presentati i risultati relativi alla prima analisi di regressione, sopra descritta, che considera come variabile dipendente il numero di brevetti CCS e CCUS concessi annualmente alle imprese analizzate.

In primo luogo è stata svolta una serie di regressioni volte ad indagare gli effetti di variabili in grado di catturare le performance finanziarie e operative, il livello di indebitamento, le attività di ricerca e sviluppo sull'ottenimento di brevetti in ambito CC(U)S. Ad esse verrà fine aggiunta una variabile *dummy* volta ad indagare l'esistenza di un effetto dovuto dalla sottoscrizione dell'Accordo di Parigi del 2015 sull'ottenimento di brevetti in ambito CC(U)S negli anni successivi alla definizione dell'accordo stesso.

In seguito verranno svolte delle serie di regressioni aventi come variabili di interesse tre differenti *score* appartenenti al contesto ESG, presentati nelle sezioni precedenti, con l'obiettivo di indagare un effetto sull'attività di brevettazione da parte delle imprese rispetto alle loro performance in questo ambito.

Verranno, infine, svolte delle serie di regressioni utilizzando come variabili di interesse le emissioni di tipo *scope 1* e *scope 2*, anch'esse ampiamente presentate nelle sezioni precedenti, con l'obiettivo di indagare la correlazione tra il livello di emissioni annuo relativo alle imprese e la loro brevettazione in ambito CC(U)S.

A tutte le variabili dipendenti utilizzate in tutte le regressioni di questo primo modello è stato applicato un lag temporale negativo di un anno; ciò è stato fatto poiché si è cercato di andare a catturare la situazione delle imprese analizzate in un momento prossimo alla data del deposito del brevetto ottenuto, considerando sia che tipicamente il tempo necessario all'ottenimento è molto variabile, sia che un maggiore lag avrebbe portato ad una maggiore perdita di osservazioni disponibili per i tre dataset utilizzati.

5.6.1 Regressione con variabili di performance, indebitamento, investimenti in ricerca e sviluppo ed effetto di COP21

Come detto in precedenza, nella prima serie di regressioni sono state utilizzate diverse variabili in grado di descrivere e controllare vari aspetti delle imprese analizzate ed è stato utilizzato il primo *dataset* costruito, il *dataset_1*.

Sono state, infatti, utilizzate come variabili dipendenti 9 variabili:

- *logsales*: logaritmo naturale del fatturato, utilizzato per controllare la dimensione delle imprese
- *wnorm_rd*: spese in ricerca e sviluppo normalizzate rispetto al fatturato e poi winsorizzate al 5% per eliminare *outliers*, utilizzate per andare a controllare l'attività di ricerca e sviluppo svolta dalle imprese analizzate, contenente anche l'attività brevettuale non in ambito CC(U)S.
- *wnorm_intang*: livello di beni intangibili, normalizzati rispetto alla totalità degli asset e poi winsorizzati al 5%.
- *cop21*: utilizzata per catturare l'effetto dell'Accordo di Parigi negli anni successivi alla sua sottoscrizione.
- *roa_mean*: media mobile del ROA su tre anni, utilizzata per catturare la redditività degli asset delle imprese analizzate mediata nel tempo.
- *roa_sd*: deviazione standard del ROA sui tre anni, utilizzata per catturare la rischiosità a cui sono soggette le imprese rispetto alla redditività dei loro asset.

- *wleverage*: leva finanziaria, winsorizzata al 5%, utilizzata per controllare il livello di indebitamento a cui operano le imprese analizzate.
- *norm_cf*: flusso di cassa, normalizzato rispetto al fatturato, utilizzato per controllare la liquidità a disposizione delle imprese analizzate.
- *wtobinq*: q di Tobin, winsorizzata al 5%, utilizzata per catturare la propensione alla crescita delle imprese analizzate.

In Tabella 18 sono presentati i risultati delle diverse regressioni effettuate.

Tabella 18-Risultati regressioni con variabili di performance, indebitamento, investimenti in ricerca e sviluppo ed effetto di COP21.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat
L.logsales	0.897*** (0.0198)	0.899*** (0.0198)	0.912*** (0.0197)	0.912*** (0.0197)	0.937*** (0.0250)	0.926*** (0.0252)	0.922*** (0.0251)	0.922*** (0.0252)	0.903*** (0.0257)
L.wnorm_rd		0.00181*** (0.000412)	0.00188*** (0.000467)	0.00188*** (0.000467)	0.00210*** (0.000716)	0.00207*** (0.000713)	0.00206*** (0.000714)	0.00281 (0.00221)	0.00275 (0.00220)
L.wnorm_intang			-2.182*** (0.194)	-2.182*** (0.194)	-0.995*** (0.230)	-1.004*** (0.230)	-0.940*** (0.230)	-0.940*** (0.230)	-0.927*** (0.230)
L.cop21				-0.423*** (0.0729)	0.236*** (0.0856)	0.281*** (0.0862)	0.239*** (0.0865)	0.239*** (0.0865)	0.249*** (0.0866)
L.roa_mean					-2.112*** (0.269)	-2.677*** (0.293)	-2.958*** (0.297)	-2.959*** (0.297)	-2.558*** (0.322)
L.roa_sd						-2.577*** (0.533)	-2.549*** (0.532)	-2.548*** (0.532)	-2.547*** (0.532)
L.wleverage							-1.227*** (0.220)	-1.227*** (0.220)	-1.238*** (0.221)
L.norm_cf								0.000505 (0.00135)	0.000470 (0.00135)
L.wtobinq									-0.0640*** (0.0196)
Observations	17708	17708	17708	17708	13341	13341	13341	13341	13341
Number of firms	1545	1545	1545	1545	1366	1366	1366	1366	1366
Firm fixed effects	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Time dummies	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes

Standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

In tutte le 9 regressioni effettuate è possibile notare la presenza di una relazione positiva tra la dimensione delle imprese e il numero di brevetti CC(U)S ottenuti annualmente con una significatività sempre dell'1%. Dalla regressione (2) sono state aggiunte le spese in ricerca e sviluppo, che presentano una relazione positiva con la variabile dipendente, presentando significatività all'1%, ad esclusione delle regressioni (8) e (9), in cui viene mantenuto il segno positivo. Questo risultato può essere interpretato come evidenza del fatto che le aziende che investono maggiormente in ricerca e sviluppo, quindi risultano essere più impegnati in attività di brevettazione, risultano, logicamente, più propense all'ottenimento di brevetti in ambito CC(U)S. Aggiungendo la variabile legata alla quota di asset intangibili posseduta dalle imprese, si nota come la relazione con la variabile dipendente risulti negativa e sempre statisticamente significativa all'1%; ciò può essere spiegato dal fatto che, come è stato visto nelle sezioni precedenti, la maggior parte dell'attività di brevettazione in ambito CC(U)S è in capo ad imprese appartenenti a settori in cui, tipicamente, vi sono asset fissi di grande valore, come il settore legato alle attività minerarie ed estrattive di combustibili fossili. Per quanto riguarda le variabili legate al ROA, aggiunte dalle regressioni (6) e (7), entrambe presentano sempre un coefficiente con segno negativo e statisticamente significativo all'1%, così come succede per la variabile legata alla leva finanziaria, andando ad indicare come la relazione tra la quota di indebitamento delle imprese analizzate ed il valore atteso di brevetti CC(U)S ottenuti annualmente sia negativa. È stata aggiunta dalla regressione (9) anche la variabile legata alla q di Tobin delle imprese, che presenta coefficiente negativo e significativo all'1%.

A partire dalla regressione (4) è presente nell'analisi la *dummy* utilizzata per catturare l'effetto legato alla sottoscrizione dell'Accordo di Parigi durante la COP21. Tale variabile presenta coefficiente positivo e statisticamente significati ad un livello dell'1% in tutte le regressioni in cui è presente, ad esclusione della regressione (4). Considerando, quindi, le regressioni (5), (6), (7), (8) e (9), si può affermare come le imprese considerate, negli anni successivi alla sottoscrizione dell'Accordo di Parigi, quindi dal 2016 in poi, siano più propense all'ottenimento di brevetti in ambito CC(U)S. Nello specifico, considerando la regressione (9), in cui sono presenti tutte le variabili prese in esame, negli anni in cui la variabile *dummy* risulta uguale ad 1, il valore atteso di brevetti CC(U)S concessi alle imprese analizzate aumenta del 28,2% circa, a parità di condizioni.

5.6.2 Regressioni con score appartenenti al contesto ESG

In questa seconda serie di regressioni si è cercato di analizzare la relazione della variabile dipendente con tre differenti score utilizzati in ambito ESG: *ESG score*, componente *environment* dello score ESG, ed infine uno score ESG legato alle controversie correlate alle imprese analizzate. Queste tre variabili sono state presentate con maggior dettaglio in Tabella 5, presente sezione 5.3 dell'elaborato. Tutte le regressioni sono state svolte utilizzando il *Dataset_2*.

Tabella 19- Risultati regressioni con score ESG.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	ccs_pat								
L.esgscore	0.0174*** (0.000937)	0.0116*** (0.000946)	0.0115*** (0.000946)	0.0117*** (0.000950)	0.0117*** (0.000950)	0.00821*** (0.00115)	0.00788*** (0.00115)	0.00797*** (0.00115)	0.00796*** (0.00115)
L.logsales		1.092*** (0.0294)	1.098*** (0.0295)	1.106*** (0.0295)	1.106*** (0.0295)	1.021*** (0.0361)	1.013*** (0.0360)	1.053*** (0.0375)	1.022*** (0.0394)
L.wnorm_rd			0.216*** (0.0623)	0.239*** (0.0686)	0.239*** (0.0686)	1.117*** (0.183)	1.111*** (0.182)	1.826*** (0.274)	1.820*** (0.275)
L.wnorm_intang				-3.323*** (0.239)	-3.323*** (0.239)	-3.047*** (0.271)	-2.952*** (0.272)	-2.815*** (0.274)	-2.824*** (0.274)
L.cop21					-0.881*** (0.0942)	-0.478*** (0.0999)	-0.518*** (0.100)	-0.559*** (0.101)	-0.560*** (0.101)
L.roa_mean						-3.119*** (0.346)	-3.318*** (0.349)	-3.843*** (0.375)	-3.373*** (0.419)
L.roa_sd						-2.195*** (0.750)	-2.031*** (0.751)	-2.158*** (0.753)	-2.178*** (0.754)
L.wleverage							-1.610*** (0.380)	-1.569*** (0.380)	-1.556*** (0.380)
L.norm_cf								0.598*** (0.156)	0.605*** (0.157)
L.wtobinq									-0.0753** (0.0302)
Observations	6093	6092	6092	6092	6092	4410	4410	4410	4410
Number of firms	588	588	588	588	588	446	446	446	446
Firm fixed effects	yes								
Time dummies	yes								

Standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

In Tabella 19 sono presentati i risultati delle regressioni che prendono in esame la relazione tra lo score ESG ed il numero di brevetti CC(U)S ottenuti annualmente dalle imprese analizzate.

In tutte e 9 le regressioni svolte, in cui sono state aggiunte tutte le variabili utilizzate nella serie di regressioni precedenti con funzione di controllo, la variabile *esgscore* presenta coefficienti positivi e statisticamente significativi all'1%, evidenziando una correlazione positiva tra le performance ottenute dalle imprese analizzate in termini di score ESG e l'ottenimento da parte delle stesse di brevetti in ambito CC(U)S.

Tabella 20- Risultati regressioni con componente environment di score ESG.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	ccs_pat								
L.escore	0.0163*** (0.000640)	0.0113*** (0.000643)	0.0113*** (0.000643)	0.0110*** (0.000644)	0.0110*** (0.000644)	0.0125*** (0.000855)	0.0123*** (0.000858)	0.0122*** (0.000858)	0.0121*** (0.000859)
L.logsales		1.051*** (0.0297)	1.056*** (0.0297)	1.069*** (0.0297)	1.069*** (0.0297)	0.949*** (0.0366)	0.945*** (0.0365)	0.979*** (0.0380)	0.956*** (0.0398)
L.wnorm_rd			0.206*** (0.0599)	0.229*** (0.0651)	0.229*** (0.0651)	1.095*** (0.181)	1.091*** (0.180)	1.680*** (0.270)	1.674*** (0.270)
L.wnorm_intang				-3.142*** (0.239)	-3.142*** (0.239)	-2.947*** (0.272)	-2.880*** (0.272)	-2.763*** (0.275)	-2.768*** (0.274)
L.cop21					-0.939*** (0.0919)	-0.764*** (0.0983)	-0.794*** (0.0988)	-0.822*** (0.0992)	-0.820*** (0.0992)
L.roa_mean						-2.502*** (0.348)	-2.673*** (0.352)	-3.130*** (0.378)	-2.768*** (0.422)
L.roa_sd						-1.722** (0.752)	-1.596** (0.753)	-1.722** (0.755)	-1.743** (0.756)
L.wleverage							-1.278*** (0.380)	-1.249*** (0.380)	-1.240*** (0.380)
L.norm_cf								0.498*** (0.153)	0.502*** (0.154)
L.wtobinq									-0.0591* (0.0305)
Observations	6093	6092	6092	6092	6092	4410	4410	4410	4410
Number of firms	588	588	588	588	588	446	446	446	446
Firm fixed effects	yes								
Time dummies	yes								

Standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

L'indagine si è poi spostata sulla sola componente *environment* presente nello score ESG complessivo, in Tabella 20 sono presentati tutti i risultati ottenuti.

Anche in questo caso, per tutte le 9 regressioni svolte la variabile di interesse *escore* presenta coefficienti positivi con un livello di significatività costante all'1%, mostrando come, la precedente correlazione positiva riscontrata tra lo score ESG complessivo ed il numero di brevetti CC(U)S ottenuto annualmente, sia presente considerando anche solamente la componente *environment* dello score stesso, che risulta essere la componente di maggior interesse per le indagini di questo elaborato. Come viene presentato in un report di *Refinitiv*, provider degli score ESG utilizzati, già citato in precedenza, la componente *environment* considera prevalentemente il consumo di risorse da parte delle imprese, le loro emissioni ed il loro grado di innovazione, maggiori quindi sono le performance delle imprese analizzate in questi campi e maggiore risulta essere il valore atteso di brevetti CC(U)S annualmente ottenuti. Nello specifico, l'aumento di un'unità della variabile *escore* corrisponde ad un aumento di circa l'1,22% del valore atteso di brevetti CC(U)S ottenuti, a parità di condizioni.

Ci si è, infine, concentrati sull'ultimo score appartenente al contesto ESG preso in esame, quello legato alle controversie, sempre in ambito ESG, a cui le imprese analizzate sono state collegate dai media. In Tabella 21 sono presentati i risultati ottenuti.

Osservando i coefficienti ottenuti relativi alla variabile *esgcontr*, essi risultano sempre positivi in tutte le 9 regressioni svolte, mantenendo una significatività dell'1% fino alla regressione (5), significatività che viene persa con l'introduzione delle variabili *roa_mean* e *roa_sd*. Si può comunque affermare che, a fronte dei risultati ottenuti, risulta presente una relazione positiva tra lo score legato alle controversie ESG assegnato alle imprese analizzate ed il numero di brevetti CC(U)S annuali da esse ottenuto, quindi, nel caso in cui le imprese analizzate siano state soggette a meno controversie in ambito ESG secondo i media, ottenendo quindi uno score ESG maggiore, il valore atteso di brevetti CC(U)S annualmente ottenuti risulta maggiore rispetto ad imprese con score inferiore, a parità di condizioni.

In ultima battuta va sottolineato come nei risultati presentati in Tabella 19, Tabella 20 e Tabella 21, la variabile *cop21* presenti coefficienti negativi e significativi, a differenza di quanto è stato presentato nella analisi di regressione presente in Tabella 18. Questo cambio

di segno può essere causato dalla cospicua perdita di osservazioni che si ha passando dal *Dataset_1*, che comprendente un maggior numero di osservazioni ed è stato utilizzato in per le analisi in Tabella 17, al *Dataset_2*, utilizzato per le analisi presentate nelle tre tabelle successive. Questa perdita di osservazioni può, infatti, aver causato l'esclusione dal dataset di imprese che hanno effettivamente aumentato la loro attività di brevettazione CC(U)S a seguito dell'Accordo di Parigi, facendo emergere l'effetto di imprese per cui questo aumento non vi è stato.

Tabella 21- Risultati regressioni con score controversie in ambito ESG.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat	ccs_pat
L.esgcontr	0.00110*** (0.000349)	0.00136*** (0.000343)	0.00136*** (0.000343)	0.00142*** (0.000343)	0.00142*** (0.000343)	0.000199 (0.000407)	0.000314 (0.000409)	0.000327 (0.000409)	0.000368 (0.000409)
L.logsales		1.147*** (0.0292)	1.152*** (0.0292)	1.163*** (0.0292)	1.163*** (0.0292)	1.055*** (0.0359)	1.044*** (0.0358)	1.082*** (0.0373)	1.051*** (0.0392)
L.wnorm_rd			0.228*** (0.0625)	0.253*** (0.0696)	0.253*** (0.0696)	1.110*** (0.183)	1.104*** (0.182)	1.791*** (0.272)	1.786*** (0.273)
L.wnorm_intang				-3.273*** (0.236)	-3.273*** (0.236)	-2.919*** (0.269)	-2.815*** (0.269)	-2.686*** (0.272)	-2.694*** (0.271)
L.cop21					-0.428*** (0.0869)	-0.165* (0.0900)	-0.221** (0.0909)	-0.257*** (0.0914)	-0.259*** (0.0914)
L.roa_mean						-3.460*** (0.344)	-3.659*** (0.347)	-4.163*** (0.372)	-3.689*** (0.417)
L.roa_sd						-2.349*** (0.748)	-2.147*** (0.749)	-2.264*** (0.751)	-2.282*** (0.752)
L.wleverage							-1.801*** (0.379)	-1.764*** (0.379)	-1.753*** (0.379)
L.norm_cf								0.576*** (0.155)	0.584*** (0.156)
L.wtobinq									-0.0759** (0.0302)
Observations	6093	6092	6092	6092	6092	4410	4410	4410	4410
Number of firms	588	588	588	588	588	446	446	446	446
Firm fixed effects	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Time dummies	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes

Standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

5.6.3 Regressioni con emissioni *scope 1* e *scope 2*

Come ultima analisi svolta utilizzando come variabile dipendente il numero di brevetti CC(U)S concessi annualmente alle imprese prese in esame ci si è concentrati nell'indagare la presenza o meno di una relazione tra tale variabile dipendente e le emissioni di tipo *scope 1* e *scope 2* in capo alle imprese. Tutte le regressioni sono state svolte utilizzando il *Dataset_3*.

Tabella 22- Risultati regressioni con emissioni di tipo *scope 1* e *scope 2*.

VARIABLES	(1) ccs_pat	(2) ccs_pat	(3) ccs_pat
L.logscope1	0.133** (0.0633)		0.114* (0.0648)
L.logscope2		0.110** (0.0532)	0.0904* (0.0542)
L.logsales	0.348*** (0.0865)	0.341*** (0.0882)	0.298*** (0.0914)
L.wnorm_rd	1.615 -1.601	1.884 -1.617	1.866 -1.611
L.wnorm_intang	-1.386*** (0.475)	-1.532*** (0.477)	-1.476*** (0.478)
L.cop21	-1.304*** (0.263)	-1.258*** (0.334)	-1.244*** (0.335)
L.roa_mean	-1.293 (0.828)	-1.185 (0.839)	-1.165 (0.839)
L.roa_sd	5.228*** -1.316	5.142*** -1.320	5.142*** -1.323
L.wleverage	-0.981 (0.881)	-1.058 (0.884)	-1.001 (0.884)
L.norm_cf	0.537** (0.249)	0.564** (0.247)	0.560** (0.249)
L.wtobinq	0.0412 (0.0687)	0.0462 (0.0689)	0.0494 (0.0689)
<i>Observations</i>	1667	1667	1667
<i>Number of firms</i>	224	224	224
<i>Firm fixed effects</i>	yes	yes	yes
<i>Time dummies</i>	yes	yes	yes

Standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

In Tabella 22 sono presentati i risultati relativi alle regressioni che prendono in esame la relazione tra le emissioni di tipo *scope 1* e *scope 2* ed il numero di brevetti CC(U)S ottenuti annualmente dalle imprese analizzate, andando ad aggiungere le variabili presentate nelle due sezioni precedenti con funzione di controllo.

Dai risultati sopra riportati si può notare come la variabile *logscope1*, cioè il logaritmo naturale delle emissioni annue di tipo *scope 1*, presenti nella regressione (1) un coefficiente positivo e significativo al 5%, evidenziando come le imprese analizzate con una maggiore quantità di emissioni *scope 1* annue, quindi, come già spiegato nelle sezioni precedenti, derivanti da fonti possedute dalle imprese, abbiano un maggior valore atteso di brevetti annui concessi in ambito CC(U)S, a parità di condizioni. Questa relazione positiva, già in parte anticipata dai risultati presentati in Tabella 15 tramite *t-test*, può derivare dal fatto che, come visto, la maggior parte dei brevetti presenti nel campione siano in capo a imprese appartenenti a settori ad alte emissioni, come quello dell'estrazione di combustibili fossili, e che quindi la tecnologia CC(U)S sia considerata come utile da tali imprese al fine di andare a limitare o ridurre il livello di emissioni derivante dai loro processi produttivi.

Per quanto riguarda le emissioni di tipo *scope 2*, osservando i risultati relativi alla regressione (2) di Tabella 22, il coefficiente relativo alla variabile *logscope2*, cioè il logaritmo naturale delle emissioni annue di tipo *scope 2*, risulta anch'esso positivo e statisticamente significativo al 5%, evidenziando come anche un maggior livello di emissioni di tipo *scope 2* da parte delle imprese analizzate porti ad un aumento del valore atteso di brevetti annualmente concessi in ambito CC(U)S. Potrebbe sembrar strano che le imprese analizzate decidano di investire in brevettazione CC(U)S con l'obiettivo di andare a ridurre il proprio livello di emissioni *scope 2* poiché, come spiegato in precedenza, le emissioni di tipo *scope 2* sono quelle emissioni derivanti dalla produzione di energia elettrica acquistata dall'impresa, ma può essere ipotizzato che, settori industriali con alti livelli di emissioni *scope 1*, come quello legato all'estrazioni di combustibili fossili, necessitino anche di un alto consumo di energia elettrica, portando quindi ad alti valori di emissioni *scope 2*; ciò è anche suggerito dall'alta correlazione, pari circa a 0,71, presente tra le variabili *logscope1* e *logscope2* presenti nel *Dataset_3*.

Nella regressione (3) sono state inserite contemporaneamente le due variabili *logscope1* e *logscope2* i cui coefficienti risultano nuovamente positivi, ma presentano una significatività con un livello del 10% e non più del 5%.

Come per le regressioni presentate nella sezione 5.6.2, anche in Tabella 22 è possibile notare come il coefficiente relativo alla variabile *cop21* risulti negativo e statisticamente significativo all'1%; le cause di questo risultato, che va in contrapposizione con quanto presentato nella sezione 5.6.1 possono essere ipotizzate analoghe a quelle presentate precedentemente.

5.7 Secondo modello di regressione

In questa seconda analisi di regressione l'obiettivo principale è quello di andare ad indagare l'esistenza o meno di relazioni tra la concessione di brevetti CCS e CCUS ed i rendimenti medi annuali ottenuti dai titoli delle imprese analizzate, utilizzati come variabile dipendente. Si è cercato, inoltre, di valutare se l'ipotetico effetto dell'attività di brevettazione in ambito CC(U)S sui titoli azionari delle imprese fosse accentuato o meno dalla relazione con altre variabili, come le variabili relative agli score in ambito ESG ottenuti dalle imprese, le variabili relative alle emissioni di gas GHG e, infine, la variabile *dummy* relativa alla sottoscrizione dell'Accordo di Parigi.

Come fatto con il modello di regressione precedente, anche questa analisi è stata svolta andando ad utilizzare i tre dataset di tipo panel costruiti e descritti nelle sezioni precedenti, utilizzando sempre il campione in grado di garantire il maggior numero di osservazioni rispetto alle variabili di interesse.

Il modello può essere rappresentato come segue:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{1,it} + \dots + \beta_k x_{k,it} + u_{it} \quad (6)$$

Dove:

- $i = 1, \dots, n$
- $t = 1, \dots, t$

- Y_{it} è la variabile dipendente indicante il rendimento azionario annuale ottenuto dai titoli dell' i -esima impresa all'anno t .
- α_i rappresenta l'intercetta riferita all' i -esima impresa
- $X_{1,it}, \dots, X_{k,it}$ rappresentano le variabili indipendenti considerate nell'analisi.
- β_1, \dots, β_k rappresentano i coefficienti di tali variabili indipendenti.
- u_{it} rappresenta il termine di errore.

L'analisi è stata svolta attraverso il software statistico *STATABE*, indicando, prima di tutto, al software di avere a disposizione dei dati panel, attraverso il comando *xtset*, poi effettuando l'analisi di regressione d'interesse tramite il comando *xtreg* e specificando l'utilizzo di effetti fissi.

Per l'analisi di regressione sopra descritta sono state inoltre create delle variabili partendo da quelle disponibili inizialmente, analogamente a quanto fatto per il primo modello di regressione e descritto nella sezione 5.5.

5.8 Risultati ottenuti dal secondo modello di regressione

In questo paragrafo verranno presentati i risultati relativi alla seconda analisi di regressione, sopra descritta, che considera come variabile dipendente la variabile *tot_return*, corrispondente ai rendimenti azionari annuali ottenuti dalle imprese analizzate negli anni considerati.

In primo luogo è stata svolta una serie di regressioni volta ad indagare l'effetto della brevettazione in ambito CC(U)S svolta dalle imprese sui rendimenti azionari annui ottenuti, utilizzando come variabile indipendente di interesse la variabile *ccs_pat*, rappresentante il numero di brevetti CC(U)S ottenuti annualmente dalle imprese, con l'obiettivo di riuscire a valutare in che modo la brevettazione in questo contesto sia valutata dal mercato azionario, come è stato fatto in letteratura rispetto alla più ampia sfera della brevettazione in ambito *green*.

Si è poi cercato di capire se ed in che modo la valutazione da parte del mercato azionario di questo tipo di brevettazione fosse influenzata da altri parametri; nello specifico si è andati a valutare prima l'esistenza di un effetto causato dalla sottoscrizione dell'Accordo di Parigi del 2015, cercando di capire se l'ipotetico effetto sui rendimenti azionari annui causato

dall'attività di brevettazione CC(U)S subisse variazioni dal 2016 in poi. Ci si è poi concentrati sullo stabilire l'esistenza o meno di un'influenza su tale effetto da parte di variabili quali le performance ottenute in contesto ESG e, infine, il livello di emissioni di tipo *scope 1* e *scope 2* causate dalle imprese analizzate.

Anche in questo caso, a tutte le variabili dipendenti utilizzate in tutte le regressioni di questo secondo modello è stato applicato un lag temporale negativo di un anno; ciò è stato fatto poiché si è ipotizzato che un ipotetico effetto da parte dei brevetti CC(U)S ottenuti dalle imprese sulle loro performance e riscontrabile e valutabile dal mercato azionario non fosse presente fin dalla concessione dei brevetti stessi, seguendo quanto stato fatto da *Reza e Wu (2023)* nella loro analisi sugli effetti della brevettazione in ambito *green* sulle performance delle imprese posseditrici, in cui il lag temporale è stato portato fino a 3 anni.

5.8.1 Regressioni con brevetti CC(U)S concessi annualmente

Come detto in precedenza, la prima serie di regressioni è stata svolta con il fine di andare ad indagare l'esistenza e l'entità di un effetto da parte della brevettazione in ambito CC(U)S all'anno $t-1$ sui rendimenti annuali dei titoli delle imprese analizzate all'anno t . Nell'analisi svolta, in aggiunta alla variabile indipendente di interesse *ccs_pat*, sono state aggiunte alcune variabili con funzioni di controllo, analoghe a quelle presentate nella sezione 5.6.1, ad esclusione della variabile *dummy cop21*, con l'obiettivo, appunto, di andare a controllare alcune delle principali caratteristiche e performance relative alle imprese analizzate. È stato utilizzato il *Dataset_1*, quindi il dataset con il maggior numero di osservazioni tra i tre costruiti.

In Tabella 23 sottostante sono presentati i risultati che sono stati ottenuti da questa prima serie di regressioni.

Andando ad osservare quanto ottenuto nelle 8 regressioni svolte rispetto alla variabile di interesse *ccs_pat*, i risultati mostrano come i coefficienti relativi a tale variabile risultino sempre negativi, non mostrando però significatività per le prime 6 regressioni svolte. Tuttavia, nelle regressioni (7) ed (8), con l'aggiunta nell'analisi delle variabili di controllo legate ai ROA delle imprese, il coefficiente legato alla variabile *ccs_pat* assume una significatività dell'1%.

Alla luce di questi risultati, si può affermare che la relazione presente tra la variabile d'interesse ed i rendimenti azionari annuali risulta sempre negativa; nello specifico, andando a considerare quanto ottenuto nella regressione (8), risulta che un incremento di un'unità della variabile *ccs_pat*, quindi l'ottenimento da parte di un'impresa di un brevetto CC(U)S aggiuntivo durante l'anno, porti ad un decremento dei rendimenti azionari annui di 0,140 punti percentuali, a parità di condizioni.

Tabella 23-Risultati regressioni con brevetti CC(U)S concessi annualmente.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	tot_return	tot_return						
L.ccs_pat	-0.000522 (0.000330)	-0.000319 (0.000206)	-0.000313 (0.000201)	-0.000316 (0.000203)	-0.000302 (0.000195)	-0.000302 (0.000196)	-0.000953*** (0.000341)	-0.00140*** (0.000455)
L.logsales		-0.101*** (0.00886)	-0.105*** (0.00889)	-0.103*** (0.00887)	-0.102*** (0.00882)	-0.102*** (0.00883)	-0.110*** (0.0122)	-0.133*** (0.0153)
L.wnorm_rd			0.000130* (7.65e-05)	0.000129* (7.47e-05)	0.000126* (7.39e-05)	3.31e-05 (0.000234)	-0.000489 (0.000311)	-0.000864*** (0.000331)
L.wnorm_intang				-0.0910 (0.0592)	-0.107* (0.0597)	-0.106* (0.0600)	-0.109 (0.0706)	-0.241*** (0.0856)
L.wleverage					0.408*** (0.0673)	0.407*** (0.0673)	0.315*** (0.0832)	0.247*** (0.0847)
L.norm_cf						8.84e-05 (0.000108)	-0.000221 (0.000153)	-0.000421** (0.000169)
L.roa_mean							-0.715*** (0.131)	0.180 (0.148)
L.roa_sd							-0.192 (0.196)	-0.410* (0.213)
L.wtobinq								-0.199*** (0.00786)
Constant	0.119*** (0.000496)	2.230*** (0.185)	2.304*** (0.185)	2.279*** (0.184)	2.219*** (0.184)	2.218*** (0.184)	2.423*** (0.255)	3.236*** (0.325)
Observations	19498	19463	19463	19463	19463	19463	15439	15439
R-squared	0.000	0.018	0.019	0.019	0.021	0.022	0.024	0.092
F-stat	2.50	68.83	48.93	37.62	38.26	31.79	24.05	78.93
Number of firms	1763	1763	1763	1763	1763	1763	1733	1733
Firm fixed effects	yes	yes						

Robust standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Questo effetto negativo riscontrato da parte dei brevetti in ambito CC(U)S nell'anno $t-1$ rispetto ai rendimenti azionari annui all'anno t delle imprese analizzate, può essere associabile a quanto ottenuto da *Leippold e Yu (2023)*.

Essi, infatti, come riportato nella sezione 3.2.1, hanno presentato in letteratura il concetto di “*negative green innovation premium*”, secondo la quale gli investitori presenti sui mercati finanziari richiedano dei rendimenti minori alle imprese con un maggiore impegno in attività di innovazione in ambito *green*, utilizzando, però metodologie di analisi che differiscono da quelle utilizzate in questo elaborato e concentrandosi sulla totalità dei brevetti *green*.

Si potrebbe ipotizzare, quindi, che i risultati riscontrati dall'analisi sopra presentata rispetto, in questo caso, ai soli brevetti ottenuti dalle imprese analizzate in ambito CC(U)S, siano riconducibili ad una richiesta di rendimenti minori da parte degli investitori a tali imprese, andando a premiare i loro investimenti rispetto alle tecnologie CC(U)S, riconducibili all'ambito *green* stesso.

5.8.2 Indagine sull'effetto causato dall'Accordo di Parigi

Partendo dall'analisi sopra svolta, si è cercato di indagare un ipotetico effetto dovuto alla sottoscrizione dell'Accordo di Parigi del 2015 rispetto all'interazione tra la variabile indipendente di interesse *ccs_pat* e la variabile dipendente *tot_return*.

Per fare ciò sono state aggiunte due variabili alla regressione (8) di Tabella 23, cioè la variabile *dummy cop21*, ed una variabile rappresentante l'interazione tra la variabile *cop21* ed il numero di brevetti CC(U)S annualmente concessi, indicata come *ccs_pat x cop21*, in modo tale da poter visualizzare l'effetto sui rendimenti annuali dei titoli azionari dovuto a questa interazione, in grado di catturare un ipotetico cambiamento negli anni successivi al 2015 della relazione tra l'ottenimento di brevetti CC(U)S e le performance dei titoli azionari. In Tabella 24 sono presentati i risultati ottenuti.

Osservando la regressione svolta si può notare come, prima di tutto, anche aggiungendo le due nuove variabili all'analisi, il coefficiente relativo alla variabile *ccs_pat* rimane negativo e mantiene un livello di significatività dell'1%. Concentrandosi sul coefficiente relativo alla relazione tra la variabile *dummy cop21* e la variabile *ccs_pat*, anche esso risulta negativo ma non significativo, indicando come la relazione tra l'ottenimento all'anno $t-1$ di brevetti CC(U)S da parte delle imprese analizzate ed il rendimento annuo dei loro titoli azionari

all'anno t non subisca una variazione significativa a seconda che all'anno $t-1$ l'Accordo di Parigi fosse già stato sottoscritto o meno.

Tabella 24-Risultati della regressione volta ad indagare l'effetto portato dalla sottoscrizione dell'Accordo di Parigi rispetto alla relazione tra rendimenti azionari e brevetti CC(U)S ottenuti.

VARIABLES	(1) tot_return
L.ccs_pat	-0.00131** (0.000525)
L.logsales	-0.120*** (0.0153)
L.wnorm_rd	-0.000790** (0.000324)
L.wnorm_intang	-0.216** (0.0866)
L.wleverage	0.187** (0.0857)
L.norm_cf	-0.000388** (0.000166)
L.roa_mean	0.113 (0.148)
L.roa_sd	-0.410* (0.212)
L.wtobinq	-0.201*** (0.00796)
L.cop21	-0.0416*** (0.00839)
L.ccs_pat x L.cop21	-0.000241 (0.000784)
Constant	2.994*** (0.323)
Observations	15439
R-squared	0.095
F-stat	65.66
Number of firms	1733
Firm fixed effects	yes

Robust standard errors in parentheses
*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Un'interpretazione di questo risultato potrebbe essere che gli investitori legati alle imprese analizzate non hanno modificato le loro richieste di rendimenti minori volti a premiare gli investimenti da parte delle imprese analizzate in tecnologie CC(U)S dopo la sottoscrizione dell'Accordo di Parigi, evento che, come detto in precedenza, ha aumentato la consapevolezza a livello globale rispetto a varie tematiche legate ai cambiamenti climatici, al livello di emissioni globale ed alle problematiche ad essi correlate.

Concentrandosi, infine, sul solo coefficiente legato alla variabile *dummy cop21*, si vede come esso risulti negativo e con un livello di significatività all'1%; tale risultato potrebbe essere interpretato come un variazione del comportamento da parte degli investitori nei confronti delle imprese analizzate dopo la sottoscrizione dell'Accordo di Parigi, andando a richiedere rendimenti minori negli anni successivi a tale evento, indifferentemente dall'ottenimento di brevetti CC(U)S, che, come ci suggerisce il coefficiente legato alla variabile *ccs_pat*, è stato premiato con minori rendimenti anche prima della COP21. Ciò potrebbe essere dovuto dal fatto che le imprese analizzate, a seguito dell'Accordo di Parigi, abbiano segnalato il loro *commitment* rispetto alle tematiche ambientali trattate in tale evento, ricevendo come premio una richiesta di rendimenti minore da parte dei loro investitori.

5.8.3 Indagine sull'effetto causato dalle performance in ambito ESG

Come fatto in precedenza con l'Accordo di Parigi e la variabile *dummy cop21*, si è cercato di indagare se la relazione l'ottenimento di brevetti CC(U)S da parte delle imprese ed i rendimenti annui dei loro titoli fosse influenzata da parametri appartenenti al contesto ESG relativi alle imprese analizzate.

Si è quindi svolta un'analisi di regressione analoga alla regressione (8) di Tabella 23 alla quale sono state aggiunte le variabili *esgscore*, *escore* ed *esgcontr* e le loro interazioni con la variabile *ccs_pat*. I tre score ESG, con rispettive interazioni, sono stati presi in considerazione separatamente e, in questo caso, si è utilizzato il *Dataset_2*, con conseguente perdita di osservazioni rispetto al *Dataset_1* usato in precedenza.

In Tabella 25 sono presentati i risultati ottenuti.

Osservando la regressione (1) si nota come, nonostante il numero minore di osservazioni, anche in questo caso la variabile *ccs_pat* presenti un coefficiente negativo e significativo all'1%. Passando alla regressione (2), in essa sono state inserite le variabili *esgscore* ed *esgscore x ccs_pat*, la quale descrive l'interazione tra le due variabili. Il coefficiente ottenuto rispetto alla sola variabile *ccs_pat* questa volta perde di significatività, pur mantenendo il segno negativo, probabilmente a causa della presenza della variabile *esgscore*, che presenta significatività. Per quanto riguarda l'interazione tra lo score ESG complessivo e l'ottenimento di brevetti CC(U)S, il coefficiente relativo alla variabile volta a descrivere tale interazione risulta anche esso privo di significatività statistica.

Situazione analoga quella presentata nella regressione (3), in cui il coefficiente relativo a *ccs_pat* non presenta significatività, a differenza del coefficiente relativo ad *escore*, ed anche l'interazione tra la componente *environment* dello score ESG e l'ottenimento di brevetti CC(U)S non risulta essere significativa.

Infine, osservando quanto riportato nella regressione (4), prendendo in esame lo score ESG legato alle controversie e la sua interazione con la variabile *ccs_pat*, il coefficiente legato alla sola variabile *ccs_pat* ritorna ad essere negativo e statisticamente significativo mentre, nuovamente, l'interazione presa in esame non presenta significatività statistica.

Per concludere, tutte e tre le interazioni prese in esame in questa sezione non risultano essere statisticamente significative, suggerendo un'assenza di influenza da parte degli score appartenenti al contesto ESG analizzati sulla relazione tra l'ottenimento di brevetti CC(U)S ed i rendimenti azionari annui delle imprese analizzate. Va, però, considerato come lo stesso coefficiente legato alla variabile *ccs_pat* risulti perdere di significatività nelle regressioni (2) e (3) con l'inserimento delle variabili *esgscore* ed *escore* e che con l'utilizzo del *Dataset_2* l'analisi è stata svolta andando a perdere un numero importante di osservazioni, presenti invece nelle analisi svolte nelle due sezioni precedenti.

Tabella 25-Risultati regressioni volti ad indagare l'effetto portato dagli score ESG.

VARIABLES	(1) tot_return	(2) tot_return	(3) tot_return	(4) tot_return
L.ccs_pat	-0.00113*** (0.000256)	-0.000459 (0.00184)	0.000203 (0.00165)	-0.00126*** (0.000330)
L.logsales	-0.193*** (0.0278)	-0.220*** (0.0300)	-0.215*** (0.0293)	-0.193*** (0.0278)
L.wnorm_rd	-0.0342*** (0.0130)	-0.0367*** (0.0138)	-0.0369*** (0.0136)	-0.0339*** (0.0129)
L.wnorm_intang	0.0192 (0.111)	-0.0394 (0.112)	-0.0236 (0.114)	0.0207 (0.111)
L.wleverage	0.411** (0.175)	0.522*** (0.182)	0.480*** (0.180)	0.411** (0.175)
L.norm_cf	0.000801 (0.0205)	-0.00119 (0.0211)	-0.00115 (0.0212)	3.99e-05 (0.0205)
L.roa_mean	0.565** (0.220)	0.677*** (0.220)	0.634*** (0.219)	0.554** (0.219)
L.roa_sd	0.00571 (0.351)	0.0256 (0.350)	0.0127 (0.349)	0.0221 (0.351)
L.wtobinq	-0.238*** (0.0165)	-0.238*** (0.0166)	-0.237*** (0.0166)	-0.239*** (0.0164)
L.esgscore		0.00212*** (0.000514)		
L.ccs_pat * L.esgscore		-1.39e-05 (3.69e-05)		
L.escore			0.00139*** (0.000442)	
L.ccs_pat * L.escore			-2.54e-05 (3.06e-05)	
L.esgcontr				0.000415* (0.000249)
L.ccs_pat * L.esgcontr				1.62e-06 (3.31e-06)
Constant	4.843*** (0.638)	5.331*** (0.680)	5.247*** (0.668)	4.788*** (0.641)
Observations	5260	5260	5260	5260
R-squared	0.099	0.103	0.102	0.100
F-stat	30.18	26.65	24.88	25.91
Number of firms	672	672	672	672
Firm fixed effects	yes	yes	yes	yes

Robust standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

5.8.4 Indagine sull'effetto causato dalle emissioni di tipo scope 1 e scope 2

Si è cercato, infine, di indagare se la relazione l'ottenimento di brevetti CC(U)S da parte delle imprese ed i rendimenti annui dei loro titoli fosse influenzata da parametri relativi alle emissioni annue di tipo *scope 1* e *scope 2* in capo alle imprese analizzate.

Si è quindi svolta un'analisi di regressione analoga alla regressione (8) di Tabella 23 alla quale sono state aggiunte le variabili *logscope1* e *logscope2* e le loro interazioni con la variabile *ccs_pat*. Le due variabili relative alle emissioni, con rispettive interazioni, sono state prese in considerazione separatamente e, in questo caso, si è utilizzato il *Dataset_3*, con conseguente ed ulteriore perdita di osservazioni rispetto al *Dataset_2* usato in precedenza. In Tabella 26 sono presentati i risultati ottenuti.

In tutte e tre le regressioni presenti, il coefficiente relativo alla variabile *ccs_pat* non risulta significativo; ciò potrebbe essere dovuto alla grande quantità di osservazioni perse che potrebbe aver alterato i risultati rispetto alle precedenti analisi svolte, la regressione (1) risulta, infatti, analoga in termini di variabili inserite alla regressione (1) presentata in Tabella 25 ed alla regressione (8) in Tabella 23, presentando però risultati differenti.

Passando alle interazioni indagate tra le variabili relative alle emissioni e la variabile *ccs_pat*, sia nella regressione (2) che nella regressione (3) i coefficienti relativi alle variabili volte a descrivere queste interazioni non presentano significatività. Per cercare di rendere più completa l'analisi svolta su tali interazioni, è stato effettuato un test F di volto a testare la significatività congiunta della variabile *ccs_pat* sia con la variabile volta a studiare la sua interazione con la variabile *logscope1* che con la variabile *logscope2*, ottenendo in entrambi i casi dei *p-value* tali da non poter considerare le due variabili esaminate congiuntamente diverse da zero con un livello di significatività considerevole.

Tabella 26- Risultati regressioni volti ad indagare l'effetto portato dalle emissioni di tipo scope 1 e scope 2

VARIABLES	(1) tot_return	(2) tot_return	(3) tot_return
L.ccs_pat	-0.00132 (0.00139)	0.000645 (0.0104)	0.00291 (0.0154)
L.logsales	-0.203*** (0.0305)	-0.209*** (0.0330)	-0.191*** (0.0321)
L.wnorm_rd	0.0101 (0.734)	-0.00937 (0.741)	-0.00327 (0.715)
L.wnorm_intang	-0.0359 (0.156)	-0.0323 (0.157)	-0.0436 (0.155)
L.wleverage	0.903*** (0.287)	0.906*** (0.287)	0.922*** (0.287)
L.norm_cf	-0.152 (0.102)	-0.148 (0.103)	-0.155 (0.104)
L.roa_mean	0.981*** (0.369)	0.988*** (0.368)	0.983*** (0.376)
L.roa_sd	0.412 (0.581)	0.412 (0.579)	0.379 (0.586)
L.wtobinq	-0.267*** (0.0315)	-0.266*** (0.0313)	-0.270*** (0.0315)
L.logscope1		0.00693 (0.0148)	
L.ccs_pat x L.logscope1		-0.000124 (0.000604)	
L.logscope2			-0.0180 (0.0209)
L.ccs_pat x L.logscope2			-0.000292 (0.00103)
Constant	5.196*** (0.729)	5.230*** (0.735)	5.141*** (0.737)
Observations	2227	2227	2223
R-squared	0.113	0.113	0.113
F-stat	14.73	12.27	12.26
Number of firms	374	374	374
Firm fixed effects	yes	yes	yes

Robust standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

6 Conclusioni

Nella prima parte dell'elaborato, di carattere teorico, ci si è concentrati, in primo luogo, sul concetto di *green investing*; sono stati, infatti, analizzati i principali asset finanziari di tipologia *green* presi in considerazione dagli investitori, per poi esplorare le principali metodologie utilizzate in campo economico-scientifico per valutare il livello di *greenness* delle imprese, tra cui si trova anche l'attività di brevettazione in ambito *green*, sottolineando la mancanza di standard appropriati in tale ambito. Questa prima parte dell'elaborato si è conclusa con l'analisi della letteratura scientifica inerente allo studio della relazione tra le performance finanziarie delle imprese ed il loro livello di *greenness*, andando a presentare due teorie in contrasto tra loro, la prima legata al concetto di *carbon risk premium*, presentata da *Bolton et al (2019)*, che vede gli investitori richiedere dei rendimenti maggiori alle imprese con livelli di *greenness* inferiori, la seconda legata al concetto di *doing well by doing good*, a cui ha contribuito il lavoro di *In et al (2021)*, secondo la quale i mercati finanziari non prezzano in maniera corretta il rischio legato ad emissioni CO₂ da parte delle imprese, permettendo agli investitori, che hanno a cuore tematiche ambientali, di ottenere rendimenti più elevati investendo in titoli di imprese *low-carbon*.

Il secondo capitolo dell'elaborato ha posto l'attenzione sul ruolo della brevettazione come asset intangibile di valore per le imprese, analizzando la letteratura collegata a tale argomento, concentrandosi sull'indagine di relazioni tra le attività di brevettazione e le performance finanziarie delle imprese brevettatrici, la possibilità di utilizzare brevetti come garanzie per l'ottenimento di finanziamenti a debito ed il ruolo della brevettazione rispetto alle IPO di imprese non ancora quotate, per poi, nella terza ed ultima parte legata all'analisi della letteratura scientifica, soffermarsi su una specifica tipologia di brevetti, cioè i brevetti considerabili come *green*.

Il quarto capitolo dell'elaborato introduce in maniera approfondita una precisa tecnologia considerabile come *green*, la tecnologia di *Carbon Capture & Storage (CCS)* e di *Carbon Capture Utilization & Storage (CCUS)*, fornendo, inoltre, una panoramica di quella che è l'attività di brevettazione a livello globale legata a tali tecnologie, sottolineando i paesi in cui essa è più sviluppata, i settori industriali più interessati e le imprese più attive in tale ambito.

Infine, nel quinto capitolo è stata svolta un'analisi di tipo econometrico; partendo dal concetto di misura di *greenness* di un'impresa tramite la sua attività di brevettazione in

ambito *green*, ci si è concentrati sulla specifica brevettazione legata a tecnologie CC(U)S, utilizzando un campione di imprese quotate che hanno ottenuto almeno un brevetto di questa tipologia tra l'anno 2000 ed il 2022. Prima di tutto, tramite un modello di regressione di tipo *count data*, si è andati ad indagare l'esistenza o meno di relazioni tra la concessione di brevetti CCS e CCUS e alcune variabili caratterizzanti le imprese considerate. Da questo primo modello le principali evidenze riscontrate sono state una propensione maggiore da parte delle imprese analizzate ad ottenere brevetti in ambito CC(U)S negli anni successivi all'Accordo di Parigi del 2015, una relazione positiva tra l'ottenimento di brevetti CC(U)S da parte delle imprese ed i loro risultati in termini di score ESG ed, infine, una relazione sempre positiva tra l'ottenimento di brevetti ed il livello di emissioni di tipologia *scope 1* e *scope 2* delle imprese analizzate, suggerendo come la tecnologia CC(U)S sia considerata utile da tali imprese al fine di andare a limitare o ridurre il livello di emissioni derivante dai loro processi produttivi.

Successivamente a questa prima analisi, la ricerca di questo elaborato si è concentrata sull'indagine dell'esistenza o meno di relazioni tra la concessione di brevetti CCS e CCUS ed i rendimenti medi annuali ottenuti dai titoli delle imprese analizzate, utilizzati come variabile dipendente, indagando, inoltre, come variabili legate a score ESG ottenuti dalle imprese, livelli di emissioni *scope 1* e *scope 2* ed eventi come l'Accordo di Parigi del 2015 fossero in grado di influenzare tale relazione. Dai risultati ottenuti dalle regressioni OLS effettuate si può affermare che la relazione presente tra la variabile d'interesse ed i rendimenti azionari annuali risulta negativa; nello specifico, andando a considerare quanto ottenuto nella regressione (8) di Tabella 23, risulta che un incremento di un'unità della variabile *ccs_pat*, quindi l'ottenimento da parte di un'impresa di un brevetto CC(U)S aggiuntivo durante l'anno, porti ad un decremento dei rendimenti azionari annui di 0,140 punti percentuali, a parità di condizioni. Questo risultato è in linea con il concetto di "*negative green innovation premium*" presentato da *Leippold e Yu (2023)* e suggerisce che gli investitori presenti sui mercati finanziari richiedano dei rendimenti minori alle imprese con un maggiore impegno in attività di innovazione collegate a tecnologie CC(U)S, riconoscendo l'impegno di tali imprese in ambito *green*. Inserendo nell'analisi variabili legate a risultati in ambito ESG ottenuti dalle imprese e livello di emissioni *scope 1* e *scope 2* causate annualmente, non sono state riscontrate evidenze che tali fattori siano in grado di influenzare la relazione tra brevettazione CC(U)S e le performance finanziarie sopra presentata, così come non risulta impattante l'Accordo di Parigi del 2015, suggerendo come

probabilmente, la consapevolezza da parte degli investitori del ruolo di tali tecnologie in un contesto caratterizzato da un'alta attenzione ai problemi climatici ed ambientali fosse già presente prima di tale evento.

Bibliografia

1. An, L.T.N., Matsuura, Y., Tareq, M.A., Nurhayati, M.I., Che-Yahya, N., 2023. Impact of Patent Signal on Firm's Performance at IPO: An Empirical Analysis of Japanese Firms. *Economies* 11, no. 4: 101.
2. Andriosopoulos, D., Czarnowski, P., Marshall, A. P., 2022. Does green innovation increase shareholder wealth? *University of Strathclyde*.
3. Anquetin, T., Coqueret, G., Tavin, B., Welgryn, L., 2022. Scopes of carbon emissions and their impact on green portfolios. *Economic Modelling, Volume 115*.
4. Ao, X., 2009. An introduction to count data models. *Harvard Business School*.
5. Ardia, D., Bluteau, K., Boudt, K., Inghelbrecht, K., 2020. Climate Change Concerns and the Performance of Green Versus Brown Stocks. *Management Science, Forthcoming*.
6. Audretsch, D., Colombelli, A., Grilli, L., Minola, T.; Rasmussen, E., 2020. Innovative start-ups and policy initiatives. *Research Policy, Volume 49, Issue 10*.
7. Bauer, M.D., Huber, D., Rudebusch, G.D., Wilms, O., 2022. Where is the carbon premium? Global performance of green and brown stocks. *Journal of Climate Finance, Volume 1*.
8. Bauer, P., Fedotenkov, I., Genty, A., Hallak, I., Harasztosi, P., Martínez-Turégano D., Nguyen D., Preziosi, N., Rincon-Aznar, A., Sanchez-Martinez, M., 2020. Productivity in Europe –Trends and drivers in a service-based economy. *EUR 30076 EN, Publications Office of the European Union*.
9. Berrone, P., Fosfuri, A., Gelabert, L., Gomez-Mejia, L.R., 2013. Necessity as the mother of 'green' inventions: Institutional pressures and environmental innovations. *Strat. Mgmt. J., 34: 891-909*.
10. Bessen, J., 2008. The value of U.S. patents by owner and patent characteristics. *Research Policy, Volume 37, Issue 5*.
11. Billio, M., Costola, M., Hristova, I., Latino, C., Pelizzon, L., 2021. Inside the ESG ratings: (Dis)agreement and performance. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*.
12. Boffo, R., Marshall, C., Patalano, R., 2020. ESG Investing: Environmental Pillar Scoring and Reporting. *OECD Paris*.
13. Bolton, P., Kacperczyk, M., 2021. Do investors care about carbon risk?. *Journal of Financial Economics, Volume 142, Issue 2*.
14. Botta, E., Koźluk, T., 2014. Measuring Environmental Policy Stringency in OECD Countries: A Composite Index Approach. *OECD Economics Department Working Papers, No. 1177, OECD Publishing*.

15. Byrd, J., Cooperman, E.S., 2018. Investors and stranded asset risk: evidence from shareholder responses to carbon capture and sequestration (CCS) events. *Journal of Sustainable Finance & Investment*
16. Cattaneo, M.D., Crump, R.K., Farrell, M.H., Schaumburg, E., 2020. Characteristic-Sorted Portfolios: Estimation and Inference. *The Review of Economics and Statistics*
17. CDP Corporate Environmental Action Tracker Dataset.
18. Chatelain, J.B., Kirsten, R., Amable, B., 2010. Patents as Collateral. *Journal of Economic Dynamics & Control*.
19. Cockburn, I.M., Griliches, Z., 1987. Industry Effects and Appropriability Measures in the Stock Markets Valuation of R&D and Patents. *NBER Working Paper*.
20. Cohen, W.M., Nelson, R.R., Walsh, J.P., 2000. Protecting Their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why U.S. Manufacturing Firms Patent (or Not). *NBER Working Papers 7552, National Bureau of Economic Research*.
21. Colombelli, A., Ghisetti, C., Quatraro, F., 2020. Green technologies and firms' market value: a micro-econometric analysis of European firms [Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge]. *Industrial and Corporate Change, Oxford University Press, vol. 29(3)*.
22. Corrado, C.A., Hulten, C.R., Sichel, D.E., 2006. Intangible Capital and Economic Growth. *FEDS Working Paper No. 2006-24*.
23. Cox, N.J., 1998. WINSOR: Stata module to Winsorize a variable. *Statistical Software Components S361402, Boston College Department of Economics*.
24. DB Climate Change Advisors, 2012. Sustainable Investing. Establishing Long-Term Value and Performance.
25. Della Croce, R., Kaminker, C., Stewart, F., 2011. The Role of Pension Funds in Financing Green Growth Initiatives. *Oecd working paper on finance, insurance and private pension*.
26. Delmas, M., Etzion, D., Nairn-Birch, N., 2013. Triangulating Environmental Performance: What Do Corporate Social Responsibility Ratings Really Capture?. *Academy of Management Perspectives*.
27. Desheng L., Jiakui C., Ning Z., 2021. Political connections and green technology innovations under an environmental regulation. *Journal of cleaner production*.
28. Eccles, R.G., Strohle, J., 2018. Exploring Social Origins in the Construction of ESG Measures. *Working paper*.
29. Ertugrul, M., Krishnan, K., Xu, B., Yu, Q., 2023. Corporate Patenting, Customer Capital, and Financial Market Outcomes. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*.
30. Eyraud, L., Clements, B., Wane, A., 2013. Green investment: Trends and determinants. *Energy Policy, Volume 60*.

31. Farre-Mensa, J., Hegde, D., Ljungqvist, A., 2020. What Is a Patent Worth? Evidence from the U.S. Patent "Lottery". *The Journal of Finance*, 75.
32. Favot, M., Vesnic, L., Priore, R., Bincoletto, A., Morea, M., 2023. Green patents and green codes: How different methodologies lead to different results. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, Volume 18.
33. Flammer, C., 2020. Corporate Green. *Journal of Financial Economics*, Forthcoming.
34. Galindo-Rueda, F., Verger, F., 2016. OECD Taxonomy of Economic Activities Based on R&D Intensity. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2016/04.
35. Griliches, Z., 1990. Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature*, vol. 28.
36. Guellec, D., van Pottelsberghe de la Potterie, B., 2000. Applications, grants and the value of patent. *Economics Letters*, Volume 69.
37. Hall, B.H., Jaffe, A.B., Trajtenberg, M., 2001. The NBER Patent Citation Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools. *NBER Working Papers 8498*, National Bureau of Economic Research.
38. Harhoff, D., Scherer, F.M., Vopel, K., 2003. Citations, family size, opposition and the value of patent rights. *Research Policy* Volume 32, Issue 8.
39. Heeley, M. B., Matusik, S. F., Jain, N. 2007. Innovation, Appropriability, and the Underpricing of Initial Public Offerings. *The Academy of Management Journal*.
40. Hengge, M., Panizza, U., Varghese, R., 2023. Carbon Policy Surprises and Stock Returns: Signals from Financial Markets. *IMF Working paper No 2023/013*.
41. Hirshleifer, D., Hsu, P.H., Li, D., 2013. Innovative efficiency and stock returns. *Journal of Financial Economics*, Volume 107, Issue 3.
42. Ibbotson, R.G, Ritter, J.R, 1995. Chapter 30 Initial public offerings, Handbooks in Operations Research and Management Science. *Elsevier*, Volume 9.
43. IEA Patents and the Energy Transition, 2021. *IEA, Paris*.
44. In, S.Y., Park, K.Y., Monk, A., 2019. Is 'Being Green' Rewarded in the Market?: An Empirical Investigation of Decarbonization and Stock Returns. *Stanford Global Project Center Working Paper*.
45. Inderst G., Kaminker C., Stewart F., 2012. Defining and Measuring Green Investments. *OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions*, No. 24.
46. Kogan, L., Papanikolaou, D., Seru, A., Stoffman, N., 2017. Technological Innovation, Resource Allocation, and Growth, *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 132, Issue 2.

47. Kraus, S., Rehman, S.U., Sendra Garcia, F.J., 2020. Corporate social responsibility and environmental performance: The mediating role of environmental strategy and green innovation. *Technological Forecasting and Social Change, Volume 160*.
48. Krejci, M., Strielkowski, W., Cabelkova, I., 2015. Factors that influence the success of small and medium enterprises in ICT: A case study from the Czech Republic. *Business: Theory and Practice, 16(2)*.
49. Lamoreaux, N.R., Sokoloff, K.L., 1999. Inventors, Firms, and the Market for Technology in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries. *NBER Chapters, in: Learning by Doing in Markets, Firms, and Countries, pages 19-60, National Bureau of Economic Research*.
50. Langinier, C. & Moschini, G., 2002. Economics of Patents: An Overview. *General Research Papers Archive 2061, Iowa State University, Department of Economics*.
51. Leippold, M., Yu, T., 2023. The Green Innovation Premium: Evidence from U.S. Patents and the Stock Market. *Swiss Finance Institute Research Paper Series 23-21, Swiss Finance Institute*.
52. Lehnert, T., 2022. The Green Stock Market Bubble. *Circ.Econ.Sust*.
53. Levina Ellina, Gerrits Bruno, Blanchard Matilde, 2023. CCS in Europe Regional Overview. *Global CCS Institute*.
54. Lewellen, W.G., Badrinath, S.G., 1997. On the measurement of Tobin's q. *Journal of Financial Economics, Volume 44, Issue 1*.
55. Ljungqvist, A., 2007. Chapter 7 - IPO Underpricing. *In Handbooks in Finance, Handbook of Empirical Corporate Finance, Elsevier*.
56. Mehta, A.D., Madhani, P.M., 2008. Intangible Assets - An Introduction. *The Accounting World, Vol. 8, No. 9*.
57. Michetti, C., Chouhan, N., Harrison, C., MacGeoch, M., 2023. *Sustainable Debt Global State of the Market 2022. Climate Bonds Initiative 2023*.
58. Monasterolo, I., de Angelis, L., 2020. Blind to carbon risk? An analysis of stock market reaction to the Paris Agreement. *Ecological Economics, Volume 170*.
59. N, R., Ranganathan, J., Corbier, L., Schmitz, S., Oren, K., Dawson, B., Spannagle, M., Bp, M., Boileau, P., Canada, E., Frederick, R., Vanderborght, B., Thomson, H., Koichi, K., Woo, C., KPMG, Miner, R., Cook, E., 2004. Greenhouse Gas Protocol: a Corporate Accounting and Reporting Standard. *WBCSD/WRI*.
60. Neuhäusler, P., Frietsch, R., Schubert, T., Blind, K., 2011. Patents and the financial performance of firms - An analysis based on stock market data. *Fraunhofer ISI Discussion Papers - Innovation Systems and Policy Analysis, No. 28, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI*.
61. Organisation for Economic Co-operation and Development, 1999. Measuring and reporting intellectual capital: Experience, issues and prospects. *Amsterdam: Organisation for Economic Co-operation and Development*.

62. Pástor, L., Stambaugh, R.F., Taylor, L.A., 2021. Sustainable investing in equilibrium. *Journal of Financial Economics, Volume 142, Issue 2.*
63. Pernick, R., & Wilder, C., 2007. The clean tech revolution: the next big growth and investment opportunity. *New York, Collins.*
64. Preqin, 2012. 2012 Preqin Global Private Equity Report.
65. Putnam, J., 1996. The value of international patent rights. *Ph.D. Thesis. Yale University, Yale.*
66. Rennings, K., 2000. Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics, Volume 32, Issue 2.*
67. Report IPO, 2021. A worldwide overview of carbon capture, usage and storage patents. *IPO.*
68. Report UNECE, 2021. Technology Brief - Carbon Capture, Use and Storage (CCUS). *UNECE*
69. Reza, S.W., Wu, Y., 2023. The Value of Green Innovation. *Working paper.*
70. Rock, K.F., 1986. Why New Issues are Underpriced. *University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship.*
71. Schiederig, T., Tietze, F., Herstatt, C., 2012. Green innovation in technology and innovation management. *R&D Manage, 42.*
72. Semenova, A., Semenov, K., 2022. One, Two, Three: How Many Green Patents Start Bringing Financial Benefits for Small Medium and Large Firms. *National Research University Higher School of Economics.*
73. Somefun, K., Perchet, R., Yin, C., Leote de Carvalho, R., 2023. Allocating to Thematic Investments. *Financial Analysts Journal, 79:1.*
74. Spence, M., 1973. Job Market Signaling. *The Quarterly Journal of Economics, vol. 87, no. 3.*
75. Stock J.H., Watson M.W., 2005. Introduzione all'econometria. *Pearson, Milano.*
76. Trajtenberg, M., 1990. A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations. *The RAND Journal of Economics.*
77. Trattato delle Nazioni Unite sul cambiamento climatico, 2016.
78. Useche, D., 2014. Are patents signals for the IPO market? An EU–US comparison for the software industry. *Research Policy, Volume 43, Issue 8.*
79. Zhou, X.Y, Caldecott, B.L., 2020. Green assets performance and ESG adoption. *University of Oxford Smith School of Enterprise and the Environment Working Paper.*

Sitografia

1. Banca d'Italia. <https://www.bancaditalia.it/statistiche/servizi/isin-anagrafe-titoli/faq/index.html?dotcache=refresh>
2. Corporate Finance Institute. <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/wealth-management/asset-class/>
3. Corporate Finance Institute. <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/risk-management/systematic-risk/>
4. Espacenet Patent Search. <https://worldwide.espacenet.com/patent/cpc-browser>
5. European Patent Academy. https://e-courses.epo.org/wbts_int/litigation/Priority.pdf
6. European Patent Office. <https://www.epo.org/en/searching-for-patents/helpful-resources/first-time-here/classification/cpc>
7. Global CCS Institute. https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2022/07/Factsheet_CCS-Explained_The-Basics.pdf
8. Global CCS Institute. https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2022/07/Factsheet_CCS-Explained_Capture.pdf
9. Global CCS Institute. https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2022/07/Factsheet_CCS-Explained_Transport.pdf
10. Global CCS Institute. https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2022/07/Factsheet_CCS-Explained_Storage.pdf
11. Greenhouse Gas Protocol. <https://ghgprotocol.org/about-us>
12. Harvard Business Review. <https://hbr.org/1982/01/does-the-capital-asset-pricing-model-work>
13. IBM. <https://www.ibm.com/docs/it/spss-statistics/29.0.0?topic=regression-two-stage-least-squares>
14. International Monetary Fund. <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2021/12/Global-Public-Goods-Chin-basics>
15. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. <https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/registro-italiano-emission-trading/contesto/emission-trading-europeo>
16. Investopedia. <http://www.investopedia.com/terms/i/investing.asp#ixzz1op0pvgQG>
17. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/s/speculativebubble.asp>
18. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/s/sinfulstock.asp>
19. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/a/abnormalreturn.asp>
20. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/b/booktomarketratio.asp>

21. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/u/underwriter.asp>
22. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/s/shareturnover.asp>
23. Ministero delle Imprese e del Made in Italy. <https://uibm.mise.gov.it/index.php/it/brevetti/brevetto-per-invenzione-industriale/la-classificazione-internazionale-dei-brevetti-ipc-international-patent-classification-accordo-di-strasburgo>
24. Nasa. https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readin_level
25. NUVA Sustainability. <https://www.nuvasustainability.com/glossario/world-resources-institute-wri/>
26. Refinitiv. <https://www.refinitiv.com/en/sustainable-finance/esg-scores>
27. United Nations Climate Change. <https://unfccc.int/process/the-convention/history-of-the-convention>
28. United Nations Climate Change. https://unfccc.int/kyoto_protocol
29. University of Florida. <https://site.warrington.ufl.edu/ritter/files/IPOs-Underpricing.pdf>
30. U.S. Securities and Exchange Commission. <https://www.investor.gov/introduction-investing/investing-basics/how-stock-markets-work/stock-purchases-and-sales-long-and>
31. World Business Council for Sustainable Development. <https://www.wbcsd.org/Overview/About-us>
32. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2022/02/what-are-low-carbon-emitting-technologies-an-expert-explains/>
33. World Intellectual Property Organization. https://www.wipo.int/scp/en/revocation_mechanisms/opposition/index.html
34. World Intellectual Property Organization. <https://ipcpub.wipo.int/?notion=scheme&version=20230101&symbol=none&menulame=en&lang=en&viewmode=f&fipcpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>