

# POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



Tesi di Laurea Magistrale

## Analisi del gap tecnologico tra società finanziate da VC e società quotate nel settore *life science*

Relatori

Prof. Federico CAVIGGIOLI

Prof. Antonio DE MARCO

Candidata

Matilde GATTI

Anno Accademico 2023/2024



# Sommario

Il presente lavoro analizza se le scelte di investimento dei Venture Capitalist possano essere considerate come indicatore indiretto del potenziale di mercato delle nuove tecnologie. Si analizza quindi se queste possano costituire una metrica importante per valutare la proprietà intellettuale e le imprese che possiedono tali asset intangibili. L'ipotesi è stata testata empiricamente utilizzando un ampio campione di imprese con sede negli Stati Uniti e operanti in due settori ad alta intensità di ricerca e sviluppo, ovvero quello biotecnologico e quello farmaceutico.

L'analisi mira a valutare la prossimità tecnologica tra il portafoglio di brevetti depositati dalle aziende finanziate da VC e quello delle società quotate in borsa. I risultati preliminari indicano che i Venture Capitalist sono più efficaci nel selezionare le tecnologie emergenti promettenti grazie alla loro specializzazione e all'accesso ad informazioni riservate. Al contempo, le società quotate tendono ad attribuire maggior valore alle tecnologie più mature, adottando un approccio avverso al rischio.

# Indice

<b>Introduzione</b>	1
<b>1 Quadro Teorico</b>	3
1.1 Venture Capital . . . . .	3
1.1.1 Fondi di Venture Capital . . . . .	4
1.2 Tecnologie di frontiera . . . . .	5
1.3 Proprietà Intellettuale . . . . .	6
1.3.1 Brevetti . . . . .	7
1.3.2 Componenti dei documenti brevettuali . . . . .	8
1.4 Valore di mercato e proprietà intellettuale . . . . .	9
1.4.1 Indicatori basati sulle Citazioni . . . . .	11
1.5 Brevetti e Venture Capital . . . . .	13
1.6 Tecnologie di frontiera e brevetti . . . . .	15
<b>2 Dati e Metodologia</b>	17
2.1 Processo di raccolta dati . . . . .	17
2.2 Descrizione del campione . . . . .	19
2.3 Classificazione Internazionale dei Brevetti . . . . .	20
<b>3 Statistiche Descrittive</b>	22
3.1 Trend dei brevetti . . . . .	22
3.1.1 Big Pharma . . . . .	25
3.1.2 Impatto degli Outliers . . . . .	26
3.2 Categorie tecnologiche . . . . .	29
3.3 Assegnatari . . . . .	33
3.4 Inventori . . . . .	35
3.5 Rivendicazioni . . . . .	37
3.6 Citazioni . . . . .	40
3.6.1 Backward Citations . . . . .	40
3.6.2 Forward Citations . . . . .	46
3.6.3 Generalità . . . . .	50
3.6.4 Originalità . . . . .	52

<b>4 Conclusioni</b>	<b>55</b>
<b>Riferimenti bibliografici</b>	<b>57</b>

# Introduzione

Nell'era dell'economia della conoscenza, i vantaggi competitivi delle aziende si basano sempre di più sugli asset intangibili, quali brevetti, marchi, branding e reputazione (Chen e Chang, 2006). Tali beni sono particolarmente difficili da valutare, non solo per la loro natura intangibile e per l'elevata incertezza che caratterizza i loro rendimenti attesi, ma anche per la crescente complessità delle tecnologie adottate (Gu e Wang, 2005). Molti studiosi hanno proposto dei modelli sia empirici che teorici per valutare il valore dei beni di proprietà intellettuale. Ad esempio, Griliches (1981) ha dimostrato che gli investimenti in ricerca e sviluppo, e la conseguente produzione di innovazione in termini di brevetti, sono significativamente correlati al valore di mercato. Altri studi, come quello di Hall et al. (2005), hanno evidenziato la presenza di una correlazione positiva tra la qualità dei brevetti di un'azienda, misurabile con le forward citations di un brevetto, e il suo valore di mercato.

La corretta valutazione degli asset di proprietà intellettuale è di vitale importanza per l'analisi del valore delle imprese, sia per gli operatori finanziari pubblici sia per gli operatori del mercato privati, come i Venture Capitalist (VC). Questi ultimi hanno solitamente una conoscenza verticale del settore in cui decidono di investire, che permette loro sia di avere accesso a informazioni riservate delle imprese, sia di dare un contributo professionale nel contesto strategico dell'azienda (Gompers et al., 2020). All'interno di questo lavoro di tesi, si vuole indagare se l'approccio decisionale degli investitori in capitale di rischio offra un effettivo vantaggio competitivo nella selezione delle tecnologie promettenti, ovvero delle cosiddette tecnologie di frontiera. Queste tecnologie, rappresentano innovazioni all'avanguardia, caratterizzate da un elevato grado di novità, da una crescita rapida, e dal potenziale di influenzare significativamente i settori socio-economici. Studi precedenti hanno confermato la maggiore capacità dei VC di identificare opportunità di investimento vantaggiose, riuscendo non solo a selezionare le imprese con un elevato potenziale intrinseco, ma anche a promuovere la loro crescita tramite investimenti e competenze professionali (Luukkonen et al., 2013). Esiste una letteratura consistente sui temi centrali di questo lavoro: molti studi si sono concentrati sulla valutazione di aziende private (Armstrong et al., 2006; Caviggioli et al., 2020) e pubbliche (Damodaran, 2011; Kellogg & Charnes, 2000), nonché sulla valutazione degli asset specifici di un'impresa, come ad esempio la proprietà intellettuale (Hall et al., 2005; Sandner, 2009). Un altro

filone di letteratura si è concentrato sull'ecosistema dei Venture Capital (Gompers e Lerner, 2001), sulle interazioni coi mercati azionari (Gompers e Lerner, 2004) e con la proprietà intellettuale (Mann et al., 2007; Zhang et al., 2019). Questo lavoro di tesi mira a colmare il divario tra questi due filoni di letteratura, creando una visione globale che include le tecniche di valutazione delle aziende e dei loro asset intangibili, le potenzialità dei venture capitalist e il loro impatto sull'innovazione tecnologica. Partendo dall'analisi fondamentale di Hall et al. (2005), si andrà ad esaminare se le scelte di investimento dei venture capitalist possano essere utilizzate per valutare efficacemente la proprietà intellettuale e le aziende che possiedono tali asset intangibili. Inoltre, si indagherà se queste decisioni rappresentino un indicatore della redditività di mercato delle tecnologie emergenti e della qualità tecnologica delle startup. Questa ipotesi è stata esaminata attraverso un'analisi empirica basata su un dataset di 1.654 società quotate e 461 imprese finanziate da Venture Capital, tutte operanti nei settori biotecnologico e farmaceutico negli Stati Uniti. Questa ricerca mira a stabilire se la prossimità tecnologica tra le aziende quotate in borsa e quelle finanziate da Venture Capital possa essere una metrica utile per prevedere il valore di mercato delle compagnie farmaceutiche e biotecnologiche quotate nelle principali borse statunitensi. L'ipotesi di partenza, infatti, è che i VC siano più abili nel selezionare le tecnologie emergenti più promettenti, grazie all'accesso alle informazioni private e, soprattutto, alla loro specializzazione nei settori di interesse. Il lavoro è organizzato come segue. Il primo capitolo offre una panoramica completa della letteratura, dall'analisi dei Venture Capital e delle tecnologie di frontiera, al loro rapporto con la proprietà intellettuale e con la valutazione delle aziende. Nel secondo capitolo sono illustrati i dati e la metodologia. Il terzo capitolo presenta le analisi statistiche effettuate. Infine, nel quarto ed ultimo capitolo sono riportati i risultati conclusivi.

# Capitolo 1

## Quadro Teorico

### 1.1 Venture Capital

Il Venture Capital (VC) rappresenta un tipo di investimento a medio e lungo termine focalizzato su aziende non quotate, in fase iniziale o avanzata, e con un elevato potenziale di crescita e sviluppo. Questa forma di investimento è prevalentemente effettuata da soggetti istituzionali con l'intento di conseguire un significativo ritorno economico, sia attraverso la vendita della quota acquisita sia mediante la quotazione dell'impresa in borsa (Borsa Italiana, 2024).

Oltre al semplice apporto finanziario, l'attività di VC include una varietà di azioni complementari e indispensabili per il successo dell'impresa. Questo include un sostanziale contributo professionale da parte dell'investitore nel contesto strategico dell'azienda, dove mette a disposizione la propria esperienza e conoscenza. Sebbene l'investitore partecipi attivamente alle decisioni strategiche, la gestione operativa quotidiana rimane in mano all'imprenditore e al management (Borsa Italiana, 2024).

Le origini del Venture Capital possono essere fatte risalire al 1946 negli Stati Uniti con la fondazione dell'*American Research and Development Corporation* (ARDC). L'ARDC fu creata subito dopo la fine della Seconda Guerra Mondiale per stimolare gli investimenti privati in imprese emergenti in settori di tecnologia avanzata e mercati in via di sviluppo. Tali aziende, caratterizzate da un alto livello di asset non tangibili e prospettive di profitti negativi per diversi anni, avevano difficoltà ad ottenere finanziamenti da investitori istituzionali. In questo contesto, l'ARDC si è proposta come fonte di finanziamento più accessibile per supportare l'innovazione. Infatti, è stata concepita come un fondo di investimento chiuso e quotato in borsa, orientato principalmente verso gli investitori privati (Gompers e Lerner, 1998). I fondi chiusi sono dei fondi comuni di investimento a durata indeterminata, caratterizzati dall'emissione di un numero predeterminato di azioni, raccolte una tantum tramite un'offerta pubblica iniziale (IPO). Questo tipo di struttura offre una certa flessibilità agli investitori, in quanto permette loro di disinvestire vendendo

le proprie azioni sul mercato pubblico. Tale flessibilità si è rivelata un vantaggio per l'ARDC, in quanto ha consentito l'investimento in attività meno liquide senza la pressione di dover restituire il capitale degli investitori in periodi di incertezza (Gompers e Lerner, 2001).

Nonostante questi fondi fossero aperti a tutte le categorie di investitori, gli investitori istituzionali hanno dimostrato scarso interesse a causa dell'alto rischio associato, portando quindi a un maggior coinvolgimento degli investitori privati (Gompers e Lerner, 2001).

Parallelamente, in Europa, il concetto di venture capital si sviluppò con la fondazione nel 1945 dell'*Industrial and Commercial Finance Corporation* (ICFC) nel Regno Unito. Questa società è stata creata dalla Banca d'Inghilterra in collaborazione con altre grandi banche britanniche, e aveva lo scopo di supportare finanziariamente le piccole e medie imprese che avevano difficoltà ad accedere ai prestiti bancari nel periodo post-bellico e che non erano sufficientemente grandi per accedere ai mercati pubblici (Gompers e Lerner, 2001).

Il venture capital rientra nell'ambito del private equity, che rappresenta un tipo di investimento effettuato da investitori professionisti in cambio di capitale di rischio. Questo settore comprende svariate attività, dal finanziamento di società nascenti a operazioni più complesse come i buy-out (Sahu et al., 2009). In letteratura, però, molti autori distinguono i fondi di private equity da quelli di venture capital. Questo perchè i primi si concentrano più su imprese già affermate, con flussi di entrate costanti e mercati definiti, mentre i fondi di venture capital si rivolgono a imprese giovani e ad alto rischio, con prospettive di crescita a lungo termine (Aizenman e Kendall, 2008; Arango Vásquez e Durango Gutiérrez, 2014).

### 1.1.1 Fondi di Venture Capital

Nel settore del venture capital si possono individuare diverse tipologie di investitori. In particolare, si possono distinguere gli investitori istituzionali, ovvero i fondi di venture capital veri e propri, e gli *angel capitalist*, anche noti come *business angel*. Questi ultimi sono individui benestanti, spesso imprenditori, che investono risorse personali in start-up emergenti, offrendo non solo capitali, ma anche contatti e la propria esperienza personale (Yetisen et al., 2015).

Una ulteriore distinzione dei fondi di venture capital può essere fatta in base all'origine dei capitali investiti (Bertoni et al., 2015). Tra le varie categorie si annoverano:

- Fondi di corporate venture capital, che utilizzano risorse dell'azienda associata.
- Fondi di venture capital indipendenti, che investono risorse di altri investitori.
- Fondi di venture capital governativi, che impiegano fondi governativi.

- Fondi di venture capital bancari, affiliati ad un'istituzione bancaria.

La prima fase del ciclo di vita di un fondo di venture capital consiste nella raccolta del capitale da reinvestire da parte di investitori istituzionali. Gli investitori verseranno un ammontare di denaro nel fondo di VC basandosi sulla reputazione e sull'esperienza nel settore del fondo stesso.

La disponibilità di finanziamento da parte dei venture capitalist per le imprese emergenti è strettamente legata alla volontà degli investitori associati al fondo, a sua volta influenzata dal tasso interno di rendimento atteso sull'investimento, un indicatore chiave delle performance degli investimenti nel settore (Balboa et al., 2016). Un altro elemento che influenza il venture capital sono i fattori macroeconomici, tra cui lo stato generale dell'economia di un Paese: un'economia in espansione, ad esempio, potrebbe offrire agli imprenditori nuove opportunità imprenditoriali e aumentare la domanda di capitale (Gompers e Lerner, 1998).

Dopo aver raggiunto l'obiettivo di raccolta, i fondi di venture capital si dedicano alla fase di investimento. In questo stadio, si procede con un'attenta valutazione delle opportunità di mercato, detta *screening*. Una volta individuate le proposte di business più interessanti, si passa alla fase di negoziazione con gli imprenditori per definire l'ammontare e la forma dell'investimento. Gli investimenti sono generalmente di lungo termine, con una durata variabile tra i 7 e i 10 anni.

I rendimenti per i venture capitalist dipenderanno dall'esito delle operazioni di *exit*, ovvero la vendita delle quote di partecipazione (Vásquez et al., 2014).

Le principali strategie di exit per i fondi di venture capital includono l'acquisizione delle partecipazioni detenute dal fondo e dall'imprenditore da parte di una società di dimensioni maggiori, e l'Offerta Pubblica Iniziale (IPO), che consiste nel mettere sul mercato le azioni per la vendita al pubblico. Solitamente, l'IPO è considerata la strategia di exit preferita per il suo potenziale di massimizzare i rendimenti. Al contrario, altre strategie di exit quali la vendita secondaria di azioni a terzi, il riacquisto delle quote cedute da parte dell'imprenditore, e la liquidazione dell'impresa, sono viste come opzioni meno vantaggiose in termini di rendimenti previsti (Vásquez et al., 2014).

## 1.2 Tecnologie di frontiera

Dalla metà del XX secolo, la tecnologia ha assunto un ruolo centrale nell'economia, essendo riconosciuta come il motore principale dell'innovazione (Dismukes et al., 2005). Le tecnologie adottate sono considerate un fattore critico per il vantaggio competitivo di un'azienda, in quanto le tecnologie emergenti hanno il potenziale per sconvolgere lo status quo delle imprese, cambiando i modelli di utilizzo delle risorse (Cheng et al., 2017).

Con il termine *frontiera tecnologica* si indica il livello più alto raggiunto in un determinato settore rispetto alle dimensioni tecnologiche ed economiche rilevanti. Ciò che è di "frontiera" dipende in larga misura dai contesti economici, sociali e tecnologici (Dosi, 1982).

Tuttavia, non è chiaro cosa qualifichi una tecnologia emergente, in quanto nella letteratura accademica sono presenti molteplici interpretazioni, le quali risultano avere sia sovrapposizioni sia elementi distintivi. Da un'analisi approfondita dei principali studi sull'innovazione che trattano la definizione e le questioni legate alle tecnologie emergenti, Rotolo et al. (2015) hanno individuato cinque attributi comuni per caratterizzarle: (i) novità radicale, (ii) crescita relativamente rapida, (iii) coerenza, (iv) impatto importante, (v) incertezza e ambiguità.

In altre parole, queste tecnologie rappresentano innovazioni all'avanguardia, caratterizzate da un elevato grado di novità e da una crescita relativamente rapida, e che possono avere un impatto considerevole sui domini socio-economici, creando nuove nicchie di mercato, sostituendo i processi esistenti e cambiando la composizione degli attori e delle istituzioni (Rotolo et al., 2015).

In questo contesto, l'identificazione delle opportunità tecnologiche è un punto di partenza fondamentale per la gestione delle imprese. Per questo motivo è nato nel tempo il concetto di previsione tecnologica, ovvero l'applicazione di attività sistematiche per prevedere e comprendere la direzione, le caratteristiche e gli effetti del cambiamento tecnologico (Coates et al., 2001). Poiché l'esplorazione delle opportunità tecnologiche deve considerare le caratteristiche uniche di una tecnologia, è necessario applicare approcci sia teorici che metodologici per affrontare a modo tutti i problemi di previsione. Tuttavia, la maggior parte degli approcci esistenti si basa su processi qualitativi e dipende dall'opinione di esperti, e, pertanto, non forniscono risultati affidabili per il processo decisionale.

Anche in molti degli approcci quantitativi esistenti la previsione delle opportunità tecnologiche non è sistematica, perché la maggior parte dei metodi si concentra sulla ricerca di aree vacanti per lo sviluppo tecnologico, piuttosto che sulla previsione dei dattagli delle opportunità tecnologiche (Yoon e Magee, 2018).

Per questo motivo, molti studiosi hanno esaminato l'identificazione delle tecnologie emergenti attraverso l'analisi dei brevetti, che permettono di scoprire opportunità tecnologiche promettenti in modo quantitativo.

### 1.3 Proprietà Intellettuale

La proprietà intellettuale (IP) comprende le creazioni umane originali, che spaziano in ambito artistico, letterario, tecnico o scientifico. I diritti di proprietà intellettuale garantiscono una protezione legale agli inventori, assicurando l'uso esclusivo delle

loro creazioni per un periodo determinato. Come evidenzia l'*European Patent Office* (EPO) all'interno degli Ip Teaching Kit, la proprietà intellettuale è di cruciale importanza nell'economia contemporanea, sia per le startup, per evitare la replica dei prodotti innovativi su cui spesso si basano, sia per le grandi aziende, per assicurare i profitti degli investimenti. Senza i diritti di proprietà intellettuale, i progetti innovativi non sarebbero finanziariamente sostenibili e sarebbero suscettibili di essere replicati su larga scala, portando a guerre di prezzo ed erodendo l'incentivo alla ricerca e allo sviluppo. Per tutelare la proprietà intellettuale a livello globale è stata fondata la *World Intellectual Property Organization* (WIPO), la quale ha definito norme e principi chiave per la gestione dei diritti di IP.

Esistono diversi tipi di proprietà intellettuale, come brevetti, diritti d'autore, marchi, disegni industriali, modelli di utilità, segreti commerciali e altre forme di IP.

### 1.3.1 Brevetti

Questo lavoro di tesi si concentra sui brevetti, una forma di proprietà intellettuale che conferisce il diritto di escludere altri dall'uso, dalla produzione o dalla vendita di un'invenzione. Tali restrizioni si applicano all'interno della giurisdizione specificata e per un periodo di tempo limitato, di solito 20 anni dalla data di deposito. Questa capacità di prevenire l'ingresso di concorrenti in un mercato e di impedire l'utilizzo di una tecnologia brevettata fa sì che i brevetti siano talvolta denominati "monopoli limitati".

Dato che il processo di ottenimento di un brevetto può comportare costi significativi, la decisione di un'azienda di perseguire un brevetto, specialmente in più giurisdizioni, denota un elevato interesse a investire nella materia (Trippe, 2015).

Un aspetto essenziale nel contesto dei diritti brevettuali è che non sono uguali in tutto il mondo, ma sono diversi a seconda della giurisdizione. Pertanto, le regole per richiedere un brevetto, le modalità di deposito e ciò che può o non può essere considerato brevettabile, possono differire e devono essere valutate in base al territorio in questione.

In generale, un'invenzione è brevettabile se soddisfa i seguenti requisiti:

- Novità, l'invenzione non deve far parte dello stato dell'arte, cioè di tutto ciò che è divulgato e conosciuto;
- Inventiva, deve esserci un passo avanti rispetto allo stato attuale dell'arte, l'invenzione deve riguardare qualcosa che non sia ovvio per una persona esperta nel campo tecnico pertinente;
- Applicabilità industriale, ovvero la possibilità pratica di produrre e applicare l'invenzione per scopi pratici;
- Legalità, ovvero non contrarietà al buon costume o all'ordine pubblico.

È importante sottolineare che nella maggior parte delle legislazioni ci sono campi tecnologici esclusi dall'ambito di brevettabilità, come: idee, concetti, programmi per computer, metodi commerciali, teorie scientifiche o metodi matematici, metodi diagnostici o terapeutici e chirurgici per il trattamento di esseri umani o animali. Tuttavia, quando queste invenzioni possono essere applicate in modo pratico e produrre risultati tecnici, ovvero se sono in grado di apportare miglioramenti concreti e tangibili attraverso l'uso di principi scientifici, allora possono essere brevettabili.

### 1.3.2 Componenti dei documenti brevettuali

In questa sezione verrà esaminata la struttura dei documenti dei brevetti. Tali documenti possono variare a seconda del Paese di origine, ma sono definiti semi-strutturati in quanto presentano una serie di sezioni comuni. Infatti, ad alto livello le informazioni contenute in un brevetto sono organizzate in tre sezioni principali: dati bibliografici, descrizione dell'invenzione e rivendicazioni (Trippe, 2015).

Sulla pagina iniziale di un documento brevettuale sono generalmente riportati i **dati bibliografici**, che definiscono gli elementi base del contenuto tecnico del documento. Molti di questi campi sono costituiti da testo organizzato o da dati numerici, e per questo la maggior parte delle analisi statistiche effettuate su collezioni di brevetti utilizza questi dati (Trippe, 2015). I principali dati bibliografici sono:

- *Applicant*, la persona fisica o giuridica che deposita la domanda di brevetto, che può differire con l'inventore. Nel caso in cui la domanda venga approvata, i diritti del brevetto vengono conferiti all'applicant, il quale sarà poi designato come Assignee;
- *Inventor*, l'autore dell'invenzione. Bisogna sottolineare che l'inventore non detiene i diritti derivanti dall'assegnazione della proprietà intellettuale;
- *Filing date*, che corrisponde alla data in cui la domanda è correttamente depositata;
- *Priority date*, ovvero la data di deposito di una precedente domanda di brevetto correlato. Quando viene depositata una nuova domanda di brevetto, la priority date della domanda originale viene utilizzata come punto di riferimento per determinare la priorità della nuova domanda;
- *Publication date*, la data in cui il brevetto è pubblicato. Le domande di brevetto sono generalmente pubblicate 18 mesi dalla data di deposito o dalla prima data di priorità;
- *Priority data*, indica le eventuali domande di brevetto precedenti sulla base delle quali viene rivendicata la priorità;

- *Classification*, è un sistema che consente di organizzare i brevetti pubblicati in base alle aree tecnologiche a cui appartengono. Questa classificazione, basata su standard riconosciuti a livello internazionale, prende il nome di *International Patent Classification* (IPC);
- *Citations*, dove vengono analizzate tecnologie analoghe facenti parte dello stato dell'arte dell'invenzione.

La parte principale di una documentazione brevettuale è la **descrizione**, all'interno della quale sono specificati gli aspetti tecnici relativi all'invenzione. L'importanza di questa sezione è data dal fatto che il sistema brevettuale si fonda sull'obiettivo di promuovere la trasparenza e la condivisione delle conoscenze, elementi essenziali per favorire il progresso tecnologico. Per questo motivo le caratteristiche essenziali dell'invenzione devono essere spiegate in modo sufficientemente chiaro da consentire agli esperti di settore di implementarla con successo alla scadenza del brevetto (Trippe, 2015).

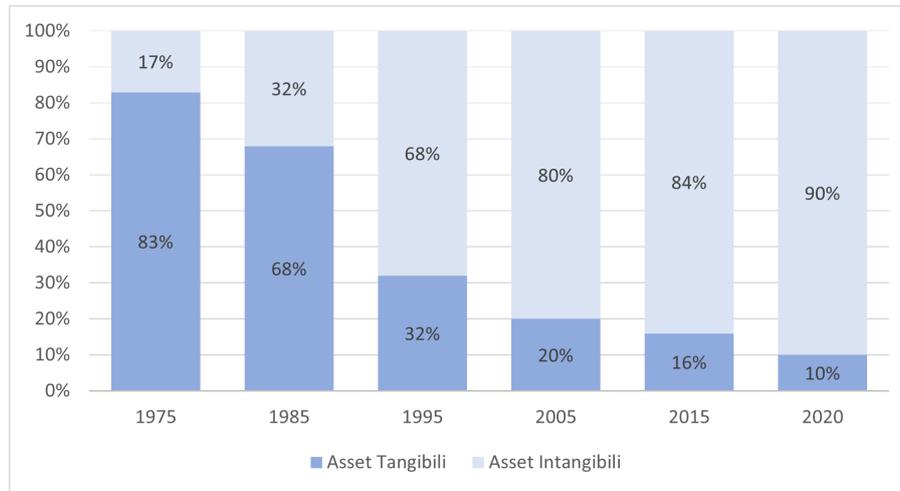
Infine, la terza sezione contiene le **rivendicazioni**, che delineano l'ambito per il quale si richiede la protezione. In altre parole, esse specificano ciò che il richiedente rivendica come propria invenzione e per quali elementi tecnici viene ricercata la tutela giuridica del brevetto.

Ogni domanda di brevetto deve includere almeno una rivendicazione. La prima, chiamata rivendicazione principale, comprende le caratteristiche tecniche dell'invenzione essenziali per risolvere il problema iniziale che ha dato origine all'invenzione stessa.

## 1.4 Valore di mercato e proprietà intellettuale

Negli ultimi decenni, le aziende hanno investito sempre meno sugli asset tangibili, come proprietà, impianti e attrezzature, e sempre più su risorse intangibili, quali brevetti, marchi, branding e reputazione (Chen e Chang, 2006). Le spese in ricerca e sviluppo (R&S) rappresentano quindi una delle attività di investimento più rilevanti per un'impresa, essendo in grado di generare un capitale intangibile noto come "*knowledge stock*" aziendale (Hall et al., 2005). Uno studio condotto dalla banca d'affari Ocean Tomo ha riscontrato che tra il 1995 e il 2020 la quota di valore di mercato degli asset intangibili è aumentata dal 68% al 90% (Figura 1.1).

All'interno di questo contesto, acquisisce crescente importanza la comprensione e la valutazione degli asset intangibili, e in particolare del valore economico dei brevetti. Diversi studi, a partire dal lavoro fondamentale condotto da Griliches (1981), hanno evidenziato come le informazioni derivanti dai brevetti possano offrire una prospettiva più approfondita per valutare le performance aziendali rispetto



**Figura 1.1:** Componenti del valore di mercato del S&P 500

ai semplici dati relativi alle spese in ricerca e sviluppo. Infatti, gli investimenti in R&S, e la conseguente produzione di innovazione in termini di brevetti, sono significativamente correlati al valore di mercato.

La corretta valutazione degli asset di proprietà intellettuale è di vitale importanza per l'analisi del valore delle imprese, specialmente in settori che fanno maggiore affidamento sugli asset immateriali, come quello farmaceutico. Questo perchè gli asset più importanti delle aziende farmaceutiche sono proprio i brevetti, e, inoltre, questo settore tende ad utilizzare tecnologie sempre più complesse e difficili da valutare.

L'importanza dei brevetti per le attività, i profitti e la concorrenza delle aziende, è osservabile nel grafico in Figura 1.2, ricavato dall'articolo *Patent Cooperation Treaty Yearly Review 2023*. Infatti, si può notare come, nonostante la crisi economica derivante dalla pandemia, il numero di domande di brevetto è in costante crescita. Nel solo anno 2022 sono state depositate più di 278.000 domande, segnando un aumento dello 0,3% rispetto all'anno precedente. Questa tendenza positiva è riscontrabile anche presso l'Ufficio Europeo dei Brevetti, con un record di 193.460 domande e un aumento del 2,5% rispetto al 2021 (EPO, 2023). Tuttavia, la valutazione dei brevetti presenta delle difficoltà rispetto alla valutazione di altri asset, principalmente legate alla loro natura intangibile, all'elevata incertezza che caratterizza i loro rendimenti attesi e alla complessità delle loro tecnologie (Munari e Oriani, 2011).

In passato, il principale indicatore per misurare i risultati della R&S di un'impresa era il conteggio del suo numero di brevetti. Questo indicatore, però, risulta essere molto rumoroso, in quanto non riesce a riflettere accuratamente il valore dei brevetti. Infatti, la distribuzione del valore dei brevetti è *skewed*, ovvero non segue una simmetria perfetta rispetto alla sua media, ma presenta una varianza

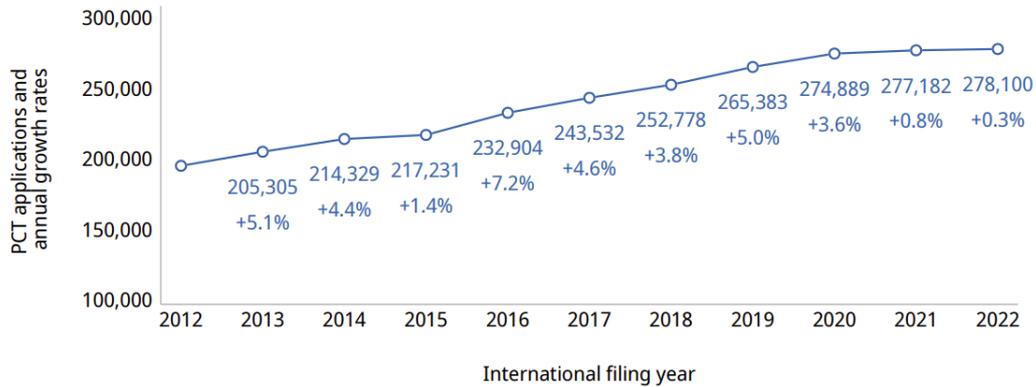


Figura 1.2: WIPO Statistics Database, Marzo 2023

significativa e una coda lunga e sottile. Tale asimmetria deriva dal fatto che le innovazioni variano notevolmente nella loro rilevanza e valore, sia dal punto di vista tecnologico che economico (Hall et al, 2005).

Per affrontare questa limitazione, è necessario considerare approcci più sofisticati, come l'analisi delle citazioni brevettuali o altri indicatori che colgano meglio il valore e l'impatto effettivo di ciascun brevetto nell'ambito delle attività inventive.

### 1.4.1 Indicatori basati sulle Citazioni

Le citazioni dei brevetti sono riferimenti ad altri brevetti o a documenti non brevettuali, come articoli scientifici, che vengono inclusi in una domanda di brevetto per fornire un contesto tecnico e legale dell'invenzione descritta. Esse delineano la conoscenza tecnica precedente all'invenzione, definendo lo stato dell'arte e i confini legali delle rivendicazioni della domanda di brevetto in questione (OECD, 2009).

L'uso delle citazioni dei brevetti come indicatori dell'innovazione è aumentato in modo significativo nell'ultimo decennio, poiché le citazioni sono strumenti essenziali per comprendere le relazioni e le interazioni tra diverse invenzioni, nonché per tracciare l'evoluzione della conoscenza tecnologica nel tempo. In altre parole, esse mostrano quali tecnologie e conoscenze preesistenti sono state utilizzate per sviluppare una nuova invenzione (OECD, 2009).

Inoltre, diversi studi hanno dimostrato la rilevanza delle citazioni per determinare il valore di mercato delle aziende. In particolare, uno studio condotto da Hall et al. (2005), ha evidenziato che le citazioni dei brevetti forniscono informazioni significative sul valore delle imprese e sul loro stock di conoscenze. Infatti, permettono di misurare l'eterogeneità del valore dei brevetti non solo da un punto di vista tecnologico, ma anche economico: se un'azienda investe nello sviluppo ulteriore

di un'innovazione precedentemente brevettata e citata, si può supporre che tale innovazione abbia dimostrato un valore economico significativo. Inoltre, un elevato numero di citazioni di un'invenzione indica che la ricerca tecnologica nel settore specifico del brevetto sia ancora attiva, segnalando un potenziale mercato in crescita.

Esistono due tipologie di citazioni, le le Backward Citations (citazioni all'indietro) e le Forward Citations (citazioni in avanti).

Le *Backward Citations* sono le citazioni che un brevetto fa a brevetti precedenti. Queste aiutano a stabilire la novità e l'originalità dell'invenzione, indicando su quali tecnologie preesistenti si basa. Le backward citations sono cruciali per definire lo stato dell'arte e per dimostrare che l'invenzione è realmente innovativa rispetto alle conoscenze già esistenti (OECD, 2009).

Le *Forward Citations* rappresentano le citazioni ricevute da un brevetto a seguito della sua pubblicazione. Queste citazioni forniscono informazioni sulle relazioni tra invenzioni, inventori e titolari nel tempo e nello spazio, consentendo uno studio dettagliato degli effetti esterni (Hall et al, 2005).

Un alto numero di citazioni in avanti suggerisce che l'invenzione è stata utilizzata per ulteriori sviluppi tecnologici, e ha avuto un impatto significativo nel settore. Questo tipo di citazioni è spesso utilizzato come indicatore di qualità e rilevanza di un brevetto, poiché una maggiore quantità di citazioni in avanti è correlata a un maggiore valore economico e tecnologico del brevetto stesso (OECD, 2009).

Partendo dall'approccio del valore di mercato di Griliches (1981), secondo cui il valore di un'impresa deriva dall'aggregazione dei suoi asset tangibili e intangibili, Hall et al. (2005) hanno utilizzato le citazioni dei brevetti come proxy della qualità dei brevetti stessi, per studiarne il valore di mercato. Il loro studio, basato sui i brevetti concessi dall'USPTO (*United States Patent and Trademark Office*) dal 1965 al 1996, associati a 4864 imprese manifatturiere quotate in borsa, ha evidenziato la correlazione tra ricerca e sviluppo, brevetti, citazioni e valore di mercato.

Sulla base dei dati raccolti, hanno calcolato la Q di Tobin, un indicatore che confronta il valore di mercato di un'azienda con il costo di sostituzione dei suoi beni, esaminando la correlazione tra il numero di citazioni dei brevetti e il valore di mercato delle imprese.

Lo studio ha rivelato che il valore di mercato di un'azienda è fortemente influenzato dalla frequenza con cui i suoi brevetti ricevono citazioni, con un premio di mercato superiore al 50% per le imprese con oltre 20 citazioni. L'effetto marginale delle citazioni aggiuntive per brevetto sul valore di mercato è quindi molto elevato: se i brevetti di un'azienda ricevono una citazione aggiuntiva, il valore di mercato dell'impresa aumenta del 3% (Hall et al, 2005).

Inoltre, i brevetti con un numero superiori di citazioni rispetto alla media hanno

maggior probabilità di essere rinnovati. Un alto numero di citazioni può anche indicare che gli esaminatori delle domande di brevetto abbiano cercato di limitare la portata della protezione richiesta dai nuovi inventori, apportando benefici alla società (OECD, 2009).

Tuttavia, è importante sottolineare che, dopo la concessione di un brevetto, è necessario molto tempo per accumulare informazioni significative sulle citazioni. Di conseguenza, le analisi basate su di esse non sono indicative delle innovazioni attuali o molto recenti (Hall et al, 2005). Nonostante questo, il numero di Forward Citations rimane un indicatore di qualità del brevetto strettamente connesso al suo valore economico e sociale, motivo per cui costituisce uno degli indici più usati per l'analisi statistica dei documenti brevettuali (OECD, 2009).

Seguendo questo filone di letteratura, si sono sviluppati nel tempo altri modelli che hanno scomposto gli asset intangibili in categorie più granulari. Tra questi, ad esempio, troviamo l'approccio di Sandner (2009), che ha sviluppato un modello per valutare con precisione l'impatto dei marchi sul valore di mercato di un'azienda, dimostrando, anche in questo caso, una relazione statisticamente significativa tra valore di mercato e marchi.

In conclusione, le citazioni brevettuali sono strumenti essenziali per l'analisi dell'innovazione tecnologica e del valore economico delle invenzioni, che forniscono informazioni dettagliate sui flussi di conoscenza, sull'importanza e l'impatto delle invenzioni, e sulle strategie aziendali.

## 1.5 Brevetti e Venture Capital

L'esistenza di una correlazione tra l'intensità dei brevetti e gli investimenti in capitale di rischio è un argomento ampiamente dibattuto nella letteratura accademica. Infatti, non è chiaro se siano i brevetti a stimolare il progresso attirando investimenti di capitale di rischio, o se invece siano questi investimenti a promuovere l'innovazione.

Diversi studi suggeriscono che i brevetti siano un segnale significativo delle capacità innovative di un'azienda, in grado di aumentare le probabilità di ottenere finanziamenti da parte di VC. Questo avviene perché i venture capitalist tendono a valutare le aziende basandosi sulla loro storia e sul loro potenziale di mercato, ma si rivolgono spesso a imprese giovani e rischiose, come le start-up. Queste ultime si basano su idee e concetti che non sono ancora stati commercializzati, il che comporta un elevato livello di rischio (Cumming, 2005). Inoltre, la relazione tra il capitale di rischio e le start-up è caratterizzata da un'alta asimmetria informativa, che rende difficile per un potenziale investitore valutare il reale valore di un investimento (Baum e Silverman, 2004). In questo contesto, i brevetti servono come mezzo per

comunicare la qualità delle tecnologie aziendali e indicano un potenziale vantaggio competitivo futuro. Infatti, i brevetti non solo offrono una maggiore protezione di mercato, ma consentono anche l'accesso a mercati strategici e condizioni commerciali favorevoli (Zhang e Guo, 2019).

Numerose ricerche hanno dimostrato che i brevetti hanno un effetto positivo sull'ammontare dei finanziamenti ottenuti dai venture capitalist. Nel loro studio sulle start-up biotecnologiche in Canada, Baum e Silverman (2004) hanno constatato che le start-up con un maggior numero di brevetti concessi, sia recenti che distali, hanno ottenuto un quantitativo significativamente superiore di finanziamenti di capitale di rischio. Mann et al. (2007) sostengono che la brevettazione aumenta la probabilità che le start-up ricevano finanziamenti VC, anche se dipende dalla fase del ciclo di vita dell'impresa: per le aziende in fase pre-Reddituale sono interessati maggiormente alle capacità manageriali, mentre per le start-up che generano reddito diventa rilevante la presenza di brevetti, visti come strumento che potrebbe fornire un vantaggio competitivo sui concorrenti. Häussler et al. (2009) hanno evidenziato il ruolo dei brevetti come segnali per attrarre capitale di rischio in situazioni in cui esiste asimmetria informativa.

Tuttavia, non è del tutto chiaro il modo con cui i brevetti trasmettano segnali di valore ai venture capitalist. Munari e Toschi (2015) sostengono che i venture capitalist, essendo investitori sofisticati, attribuiscono grande importanza ai brevetti tecnologici fondamentali, ovvero quei brevetti direttamente collegati alle capacità tecnologiche di base di un'azienda. D'altra parte, Hoenig e Henkel (2015) trovano che i brevetti influenzano il processo decisionale dei venture capitalist grazie alla loro funzione di diritti di proprietà, ma non hanno individuato alcuna indicazione che essi servano come segnali di qualità della tecnologia. Invece, nello studio condotto sul settore biofarmaceutico in Cina, Zhang et al. (2019) affermano che i brevetti contribuiscono ad attrarre finanziamenti di capitali di rischio attraverso tre tipi di segnale: tecnologico, commerciale e legale. Questa ricerca supporta quindi l'ipotesi che, soprattutto in settori con un'elevata asimmetria informativa come quello farmaceutico e delle biotecnologie, i brevetti rappresentano una delle fonti principali per raccogliere informazioni e ridurre il divario di conoscenza.

In conclusione, i brevetti sono fondamentali per segnalare il valore innovativo delle start-up ai potenziali investitori, in quanto indicano sia l'appropriabilità che la fattibilità delle innovazioni, soprattutto in settori a forte contenuto tecnologico, come quello farmaceutico e delle biotecnologie. Questi settori sono caratterizzati da elevate informazioni asimmetriche, e i venture capitalist considerano i brevetti come pilastro fondamentale per raccogliere informazioni affidabili (Zhang et al., 2019)

Un altro filone di letteratura sostiene che i venture capitalist possono supportare il processo innovativo fornendo risorse finanziarie e competenze manageriali, che permettono di migliorare la progettazione, lo sviluppo e le prestazioni del portafoglio

tecnologico di una start-up (Luukkonen et al., 2013). Studi come quello condotto da Kortum e Lerner (2000) o da Li e Zhao (2022) dimostrano che l'intervento del capitale di rischio migliora significativamente la capacità di innovazione delle imprese, in quanto, in media, le imprese finanziate da VC producono uno stock di brevetti più ampio e di maggior valore.

Un'ulteriore ipotesi, analizzata all'interno di questo lavoro di tesi, è che le decisioni di investimento dei venture capitalist possano essere utilizzate come indicatori indiretti della redditività di mercato di nuovi sviluppi tecnologici. Infatti, i VC tendono a sviluppare conoscenze e competenze specifiche del settore in cui investono, che permettono di valutare le tecnologie emergenti e il potenziale di mercato delle innovazioni (Gompers et al., 2009). In altre parole, la scelta di un venture capitalist di investire in una particolare startup o tecnologia potrebbe essere vista come un segnale positivo riguardo al valore e alle prospettive di mercato di quella tecnologia.

## 1.6 Tecnologie di frontiera e brevetti

Le citazioni di brevetti anteriori permettono di delineare le rivendicazioni di originalità inventiva di un brevetto e di delimitare l'ambito della protezione legale richiesta dall'invenzione proposta. Esse forniscono la prova della progressione di un'invenzione verso l'innovazione nel processo di cambiamento tecnologico, e misurano, quindi, l'effettiva utilità e il successo di diffusione di un'invenzione (Strumsky e Lobo, 2015).

Come anticipato nella Sezione 1.2, le tecnologie emergenti e di crescente importanza possono essere individuate da brevetti recenti e da un elevato numero di citazioni in grandi famiglie brevettuali, che segnalano investimenti e interesse marcato. Queste tendenze brevettuali suggerisce un rapido sviluppo della tecnologia e un crescente interesse della ricerca e del mercato (Noh et al., 2016).

Le tecnologie emergenti tendono ad essere più mirate e specializzate rispetto a quelle consolidate, e spesso rappresentano un salto radicale nel panorama tecnologico. Tali novità radicali si manifestano attraverso innovazioni rivoluzionarie che si distaccano notevolmente dalle tecnologie esistenti, oppure tramite l'applicazione innovativa di combinazioni di elementi tecnologici preesistenti (Rotolo et al., 2015). In questo contesto, le invenzioni create ex novo sono rare, ma tendono ad essere di grande impatto, misurabile empiricamente attraverso un minor numero di citazioni di brevetti precedenti e un numero più significativo di citazioni future. I brevetti di combinazioni innovative, invece, sono citati più spesso, di diversi ordini di grandezza (Strumsky e Lobo, 2015).

L'analisi nel settore delle telecomunicazioni da parte di Noh et al. (2016), ha confermato che i brevetti frequentemente citati sono indicatori affidabili di tecnologie emergenti. Oltre al numero di citazioni, però, sono fondamentali per identificare le

tendenze tecnologiche anche altri fattori, quali la rilevanza, il contesto di ciascun brevetto e le classi tecnologiche di appartenenza.

La ricerca ha anche sottolineato un'interazione significativa tra solide reti aziendali e lo sviluppo di tecnologie innovative, evidenziando come le alleanze strategiche possano favorire il progresso tecnologico e l'innovazione (Gilsing et al., 2008). In particolare, Rossi et al. (2020) hanno esaminato il ruolo dei venture capitalist nel finanziamento di promettenti tecnologie digitali come l'intelligenza artificiale e la cybersecurity. La loro analisi, infatti, ha rilevato una correlazione positiva tra il numero di investimenti e l'importo totale investito in queste tecnologie emergenti. La ricerca mette quindi in luce la capacità dei venture capitalist di riconoscere il potenziale delle tecnologie emergenti attraverso i brevetti delle aziende, sottolineando come i brevetti rappresentino una delle migliori fonti per raccogliere informazioni e colmare il divario di conoscenza nei settori ad alta asimmetria informativa, come il farmaceutico e le biotecnologie.

## Capitolo 2

# Dati e Metodologia

In questo capitolo sono descritte le operazioni effettuate sui dati in analisi, i database utilizzati e come sono stati filtrati e uniti.

I dati sulle aziende in esame sono stati ricavati da due database principali. Il primo è Preqin2, una piattaforma che fornisce informazioni, dati e strumenti di analisi sui mercati di capitale privato. Il secondo è Datastream 3, uno dei principali database di ricerca finanziaria e macroeconomica a livello mondiale, utilizzato per analizzare i mercati finanziari.

I dati raccolti sulle aziende sono successivamente stati uniti ai dati brevettuali, ricavati grazie alla piattaforma PatentsView5, una piattaforma fornita dall'Ufficio Brevetti e Marchi degli Stati Uniti (USPTO), che consente agli utenti di esplorare e analizzare dati sui brevetti statunitensi.

Infine, per la creazione e l'analisi dei dataset finali, è stato utilizzato Stata, software statistico che consente la manipolazione, la visualizzazione, l'analisi statistica e il reporting automatizzato dei dati.

### 2.1 Processo di raccolta dati

Ogni documento brevettuale fornisce una descrizione approfondita dell'invenzione, specificando il settore tecnologico di interesse, gli inventori, il richiedente e le citazioni di precedenti brevetti o articoli scientifici pertinenti. Questi dati sono unici non solo per la loro vastità, con più di un milione di brevetti richiesti annualmente in tutto il mondo, ma anche per la loro disponibilità pubblica, a differenza dei dati delle indagini che spesso sono protetti da normative sul segreto statistico (OECD, 2009).

Le banche dati brevettuali svolgono un ruolo cruciale nell'archiviazione e diffusione delle informazioni dettagliate contenute nei documenti brevettuali, semplificando il

processo di ricerca per studiosi e innovatori. Diversi Stati del mondo hanno sviluppato sistemi di database governativi che catalogano i brevetti, offrendo un accesso libero e la possibilità di consultazione online. Anche alcune aziende private offrono servizi di banche dati brevettuali online; in questo caso, però, il servizio può essere a pagamento o gratuito. Alcuni esempi di banche dati brevettuali sono l'Ufficio Europeo dei Brevetti (EPO), il servizio privato gratuito Google Patent, e l'*United States Patent and Trademark Office* (USPTO), ovvero la banca dati statunitense.

L'analisi empirica descritta all'interno di questo lavoro di tesi si basa su un set di dati costruito dalla combinazione di più fonti.

Inizialmente, sono stati raccolti dati dettagliati relativi alle imprese finanziate da VC e alle società quotate sul mercato azionario, tutte basate negli Stati Uniti e attive nei settori biotecnologico e farmaceutico.

Tramite la piattaforma Preqin2, sono stati estratti dati strutturati sui cicli di investimento realizzati tra il 2000 e il 2019 e che hanno coinvolto imprese private sostenute da VC, ricavando oltre 2,000 aziende e più di 8,000 round. Questi dati sono stati arricchiti con dettagli sugli investitori, sui consulenti e sulle prestazioni dei fondi.

In parallelo, è stato utilizzato Datastream 3 per identificare un elenco di oltre 580 società quotate nelle principali borse valori statunitensi, NYSE e NASDAQ, operanti nei settori di interesse.

Come passo successivo, per ricostruire le caratteristiche dei portafogli tecnologici posseduti dalle aziende del campione, sono stati utilizzati i dati bibliometrici presenti nei documenti brevettuali. Attraverso l'uso del database PatentsView5 è stato estratto l'intero corpus di brevetti registrati tra il 1976 e il 2023 presso l'USPTO, riguardanti sia le imprese supportate da VC sia le società quotate.

Per associare i brevetti alle aziende del campione, è stata utilizzata una procedura di fuzzy matching basata sulla distanza di Levenshtein, che ha associato i richiedenti dei brevetti al nome più simile delle aziende del campione (Yujian e Bo, 2007).

Attribuire un brevetto alle entità specifiche che ne sono proprietarie è un passaggio fondamentale per le analisi statistiche e analitiche basate sui brevetti, poiché consente di ricostruire il portafoglio brevetti delle aziende. Il nome del titolare è pubblicato nei documenti di brevetto; tuttavia, l'attribuzione di un'invenzione a una particolare entità non è semplice. Infatti, ci possono essere errori di ortografia, diverse denominazioni della stessa impresa, qualificazioni aggiuntive al nome dell'azienda, società con nomi simili ma operanti in settori diversi, o nomi troppo generici per essere associati correttamente (OECD, 2009).

Di conseguenza, per garantire la qualità dei dati e correggere eventuali mismatch generati dall'algoritmo, tutte le corrispondenze sono state controllate manualmente utilizzando motori di ricerca e la piattaforma Google Patents. Questo controllo

manuale ha permesso di verificare che ciascuna azienda associata tramite fuzzy matching corrispondesse effettivamente a una delle aziende precedentemente individuate. Dopo aver identificato le eventuali discordanze, sono state mantenute solamente le aziende di interesse correttamente associate.

## 2.2 Descrizione del campione

Il campione finale comprende 1,508 imprese sostenute da Venture Capital, e 435 società quotate in borsa, tutte con dati finanziari e tecnologici completi.

Più di 200 aziende del campione sono imprese inizialmente finanziate da VC, che successivamente si sono quotate in borsa. Queste aziende compaiono quindi in entrambi i dataset. Per evitare duplicazioni di dati e garantire l'accuratezza delle analisi, sono state considerate solamente all'interno del dataset delle società quotate. Di conseguenza, il numero finale di imprese finanziate da VC risulta essere pari a 1,248.

Sia le aziende finanziate da VC sia le società quotate in borsa considerate nel campione finale hanno sviluppato nuove soluzioni tecnologiche in ambito biotecnologico e farmaceutico, proteggendole tramite brevetti.

Per ottenere un quadro completo del portafoglio brevettuale, sono stati considerati non solo i brevetti concessi, ma anche le domande di brevetto non ancora approvate. Questo permette di riflettere accuratamente il potenziale tecnologico e innovativo delle aziende.

In particolare, come si può vedere nella Tabella 2.1, le società quotate sono associate a 51,481 brevetti concessi e 10,830 sono domande di brevetto non ancora approvate, per un totale di 62,311 brevetti. Le imprese finanziate da VC, invece, sono associate a 24,168 brevetti concessi e 8,457 domande di brevetto, per un totale di 32,625 brevetti. Questa osservazione conferma che, nonostante le società quotate siano un numero decisamente inferiore, esse tendono ad essere più grandi e a possedere portafogli di brevetti significativamente più ampi rispetto alle imprese finanziate da Venture Capital.

**Tabella 2.1:** Distribuzione dei brevetti per tipologia di azienda

	Quotate	Finanziate	Totale
Brevetti concessi	51,481	24,168	75,649
Domande di brevetto	10,830	8,457	19,287
Totale	62,311	32,625	94,936

Tale differenza è confermata dalla media di brevetti delle imprese del campione: le imprese finanziate da VC hanno circa 27 brevetti nel proprio portafoglio tecnico,

mentre le imprese quotate hanno in media più di 143 brevetti.

Per le analisi, è stata utilizzata come chiave l'application id, ovvero l'identificativo univoco assegnato dall'USPTO a ciascuna domanda di brevetto. Questo identificativo, presente in ogni documento brevettuale, permette di tracciare e gestire le informazioni relative alla domanda stessa, assicurando la corretta associazione dei dati bibliometrici con le rispettive aziende.

Ai brevetti del campione sono stati allegati oltre un milione di citazioni, che hanno permesso di effettuare analisi dettagliate su aspetti quali originalità e generalità dei brevetti.

Infine, per misurare la specializzazione delle imprese finanziate da VC e confrontarla con quella delle società quotate, sono stati utilizzati i campi della Classificazione Internazionale dei Brevetti (IPC) presenti nei documenti di brevetto.

Nella seguente sezione è presente una panoramica sulla Classificazione Internazionale dei Brevetti.

## 2.3 Classificazione Internazionale dei Brevetti

Al fine di ottenere un'unica classificazione dei brevetti a livello mondiale, nel 1971 è stata istituita dall'Accordo di Strasburgo l'*International Patent Classification* (IPC). L'IPC fornisce un sistema gerarchico di codici indipendenti dalla lingua per la classificazione di brevetti e modelli di utilità in base alle diverse aree tecnologiche a cui si riferiscono (WIPO, 2023).

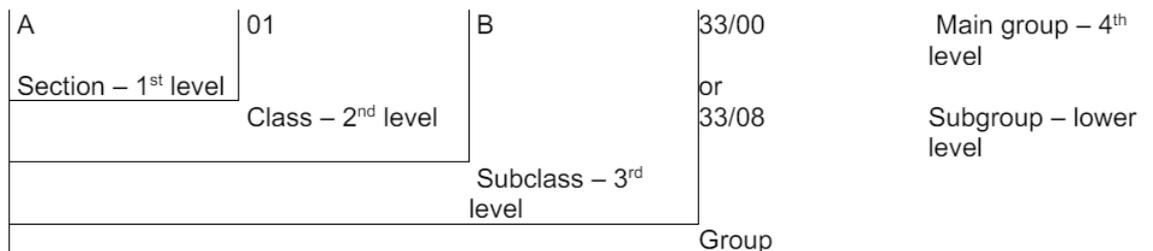
In questo sistema di categorizzazione, le invenzioni sono classificate in base alle loro caratteristiche funzionali. In particolare, l'IPC suddivide le tecnologie brevettabili in otto sezioni, ciascuna corrispondente a un settore tecnologico specifico. Ad ogni suddivisione è associato un simbolo alfanumerico composto da una serie di cifre e lettere che indicano la categoria e la sottocategoria dell'invenzione.

La prima lettera del simbolo rappresenta la "sezione" e varia da A a H:

- A, Human Necessities: questa sezione raggruppa tutti i brevetti che influiscono sui bisogni umani, come agricoltura, alimenti, salute e sport;
- B, Performing Operation and Transporting: in questa sezione sono identificati i brevetti che coinvolgono processi chimici e fisici per eseguire operazioni di separazione e mescolamento di materiali solidi, liquidi e gassosi. Inoltre, comprende settori come la lavorazione dei metalli, la stampa e una sottosezione dedicata a trasporti, microstrutture e nanotecnologie;

- C, Chemistry and Metallurgy: comprende chimica organica, biochimica inorganica, il trattamento dell'acqua e i settori di petrolio, carbone, gas e composti ferrosi e non ferrosi;
- D, Textile and Paper: include materiali quali fibre tessili naturali, artificiali o sintetiche, e i relativi sistemi di lavorazione, nonché i sistemi di fabbricazione della carta;
- E, Fixed construction: rappresenta i sistemi per la costruzione di ferrovie, ponti, strade e sistemi idrici. Comprende anche tutti i metodi di perforazione del suolo e delle rocce, con le attività minerarie correlate;
- F, Mechanical Engineering, Lighting, Heating, Weapons and Blasting: riguarda i brevetti appartenenti all'ambito dell'industria meccanica, in particolare motori e relative parti, pompe e metodi di funzionamento. Sono inclusi in questa sezione anche gli aspetti legati all'illuminazione e al riscaldamento;
- G, Physics: comprende le invenzioni che sfruttano proprietà fisiche, quali dimensioni, temperatura e densità;
- H, Electricity: questa sezione raggruppa tutte le applicazioni di natura elettrica.

Ciascuna sezione è suddivisa in classi, indicate con un numero a due cifre, che dettagliano in modo più specifico il settore di appartenenza. Il terzo livello gerarchico è invece rappresentato dalle sottoclassi, espresse da una lettera maiuscola. Il titolo della sottoclasse descrive, nel modo più preciso possibile e con un numero limitato di parole, la caratteristica principale dei brevetti appartenenti all'interno della porzione di Classificazione in questione. Infine, ogni sottoclasse si suddivide in gruppi e in sottogruppi, che rappresentano il quarto livello gerarchico, nonché il più basso. Si può osservare un esempio di classificazione IPC nella seguente Figura.



**Figura 2.1:** Esempio di Classificazione IPC

Per le analisi effettuate all'interno di questo lavoro di tesi, sono stati utilizzati i codici al terzo livello, considerando quindi sezione, classe e sottoclasse.

## Capitolo 3

# Statistiche Descrittive

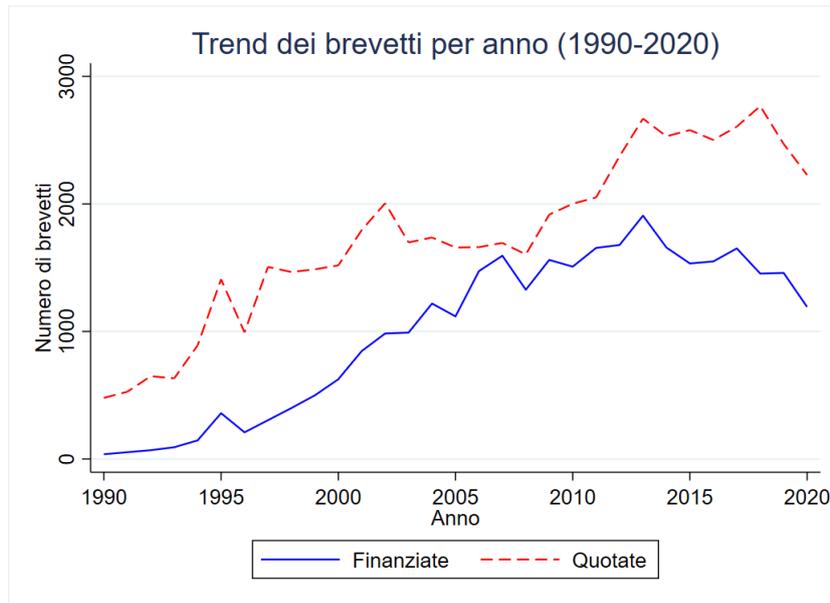
Questo capitolo offre un'analisi descrittiva dettagliata del database finale, ottenuto come descritto nel Capitolo 2, e fornisce una panoramica completa dei dati raccolti. L'obiettivo principale è evidenziare le differenze tra le aziende quotate in borsa e quelle finanziate da Venture Capital, analizzando variabili chiave come citazioni, numero di rivendicazioni e classi tecnologiche dei brevetti.

### 3.1 Trend dei brevetti

In questa sezione si esamina il trend dei brevetti delle aziende operanti nel settore delle *life sciences*, distinte in base al loro finanziamento da parte di Venture Capital e alla quotazione in borsa. La distribuzione e l'andamento temporale del numero di brevetti rappresentano un indicatore fondamentale per valutare la capacità innovativa e lo sviluppo tecnologico delle aziende.

Il grafico riportato in Figura 3.1 mostra il trend annuale dei brevetti depositati dalle aziende finanziate e quotate nel periodo compreso tra il 1990 e il 2020. Si può osservare una crescita costante nel numero di brevetti fino al 2005 per entrambe le categorie di imprese. Successivamente, il numero di brevetti tende a stabilizzarsi. Durante questo periodo di stabilizzazione, si può notare un avvicinamento tra il numero di brevetti delle aziende finanziate e di quelle quotate, indicando una fase in cui la differenza nel numero di brevetti depositati si riduce. Tuttavia, negli ultimi anni del periodo analizzato, le società quotate riprendono a depositare un numero di brevetti significativamente superiore rispetto alle aziende finanziate, e si registra un ulteriore distanziamento tra le due categorie.

Da questa analisi emerge chiaramente che, nonostante entrambe le tipologie di aziende abbiano registrato un aumento nel numero di brevetti depositati nel corso degli anni, le aziende quotate hanno costantemente mantenuto un numero superiore di brevetti rispetto alle aziende finanziate da VC.



**Figura 3.1:** Trend annuale dei brevetti

La Tabella 3.1 riporta le statistiche riassuntive della distribuzione del numero di brevetti delle aziende finanziate da VC e quelle quotate; sia la media che la deviazione standard differiscono considerevolmente, risultando più elevate per il gruppo delle aziende quotate. In particolare, le aziende quotate presentano una media pari a 143 brevetti, quasi sei volte superiore rispetto alle aziende finanziate da VC, che hanno una media di circa 27 brevetti nel loro portafoglio tecnologico.

**Tabella 3.1:** Statistiche descrittive del numero di brevetti

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	1248	26.142	10	61.750	1	1098
Quotate	436	142.915	21	797.386	1	13977
Totale	1684	56.375	12	412.047	1	13977

Per confermare queste osservazioni, è stato eseguito un t-test per campioni indipendenti. L'ipotesi nulla ( $H_0$ ) afferma che non vi è differenza nel numero medio di brevetti tra i due gruppi, ovvero aziende quotate  $\mu_Q$  e finanziate  $\mu_F$ . In termini matematici  $H_0 : \mu_Q = \mu_F$ . L'ipotesi alternativa ( $H_1$ ) afferma invece che la media delle aziende quotate è maggiore della media delle aziende finanziate, ovvero  $H_1 : \mu_Q > \mu_F$ . Come si può osservare in Tabella 3.2, l'intervallo di confidenza al 95% per la media dei brevetti delle aziende finanziate è compreso tra 22.71259 e 29.57106, mentre per le aziende quotate è tra 67.85949 e 217.9708. La statistica t, che misura la differenza tra le medie di due gruppi in relazione alla loro variazione, ha un valore

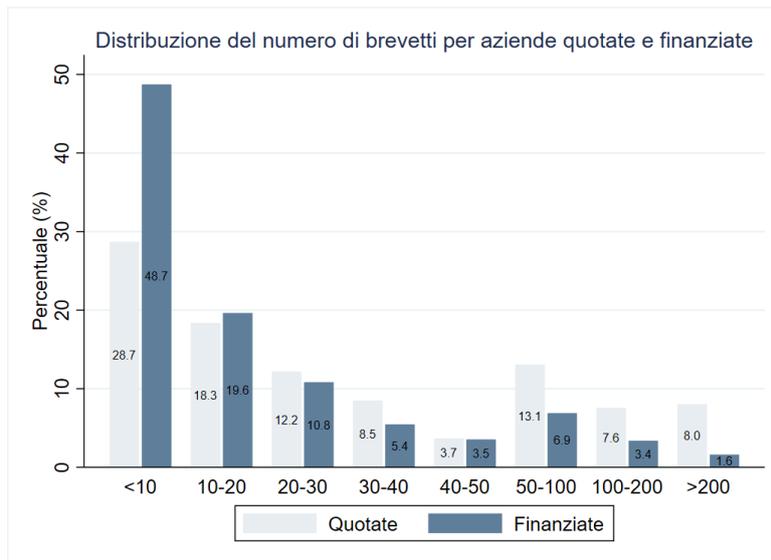
pari a -5.1324, con il p-value estremamente basso (p-value  $\approx 0.0000$ ). Questi risultati indicano che la differenza tra le medie è altamente significativa, permettendo così di rigettare l'ipotesi nulla che le medie dei due campioni siano uguali.

**Tabella 3.2:** Intervallo di Confidenza al 95% per il numero medio di brevetti

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	22.71259	29.57106
Quotate	67.85949	217.9708
Combinare	36.68119	76.0694

Il grafico in Figura 3.2 offre una visione chiara della distribuzione percentuale dei brevetti tra le due categorie di azienda. Quasi il 50% delle aziende finanziate da VC possiede meno di 10 brevetti, mentre circa il 90% di esse rientra nella fascia inferiore a 50 brevetti. Questo evidenzia che le aziende finanziate da VC tendono ad avere portafogli brevettuali più limitati e concentrati nelle fasce inferiori di numero di brevetti.

Per le aziende quotate invece, la distribuzione è più eterogenea. Sebbene il 28.7% di esse abbia meno di 10 brevetti, una quota significativa si estende nelle fasce superiori, con quasi il 30% delle aziende con più di 50 brevetti. Questo riflette la maggiore variabilità nel numero di brevetti per le aziende quotate, come suggerito dall'elevata deviazione standard (797.386).

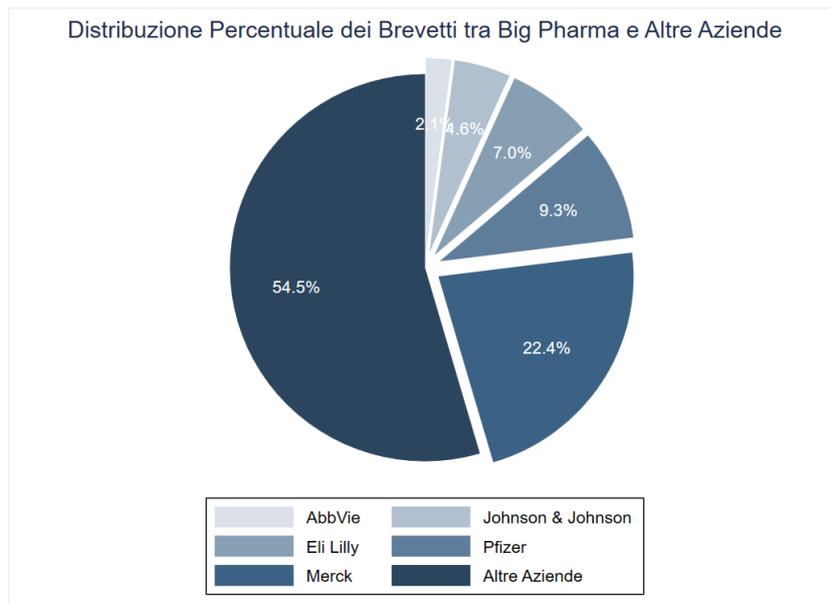


**Figura 3.2:** Distribuzione del numero di brevetti per aziende quotate e finanziate da Venture Capital

### 3.1.1 Big Pharma

Esaminando più nel dettaglio le aziende quotate all'interno del campione in analisi, emerge la presenza di alcune delle principali multinazionali del settore farmaceutico, comunemente note come *Big Pharma*. Queste aziende dominano il mercato globale del settore delle life sciences grazie alle loro ingenti risorse finanziarie, capacità di ricerca e sviluppo, ampi portafogli di prodotti e presenza globale. Inoltre, sono note per adottare strategie aggressive di brevettazione al fine di estendere la protezione legale delle loro conoscenze (Dosi et al, 2023).

Il grafico illustrato in Figura 3.3 evidenzia come le cinque aziende Big Pharma nel campione contribuiscano notevolmente al totale dei brevetti delle aziende quotate. In particolare, Merck, con 13,977 brevetti, rappresenta la quota maggiore, seguita da Pfizer con 5,785 brevetti e Eli Lilly con 4,376 brevetti. Johnson & Johnson e AbbVie, con rispettivamente 2,886 e 1,304 brevetti, completano il gruppo delle principali multinazionali. Complessivamente, queste aziende detengono oltre il 45% del totale dei brevetti delle imprese quotate, sottolineando il loro ruolo predominante nel settore e la loro strategia di protezione della proprietà intellettuale.

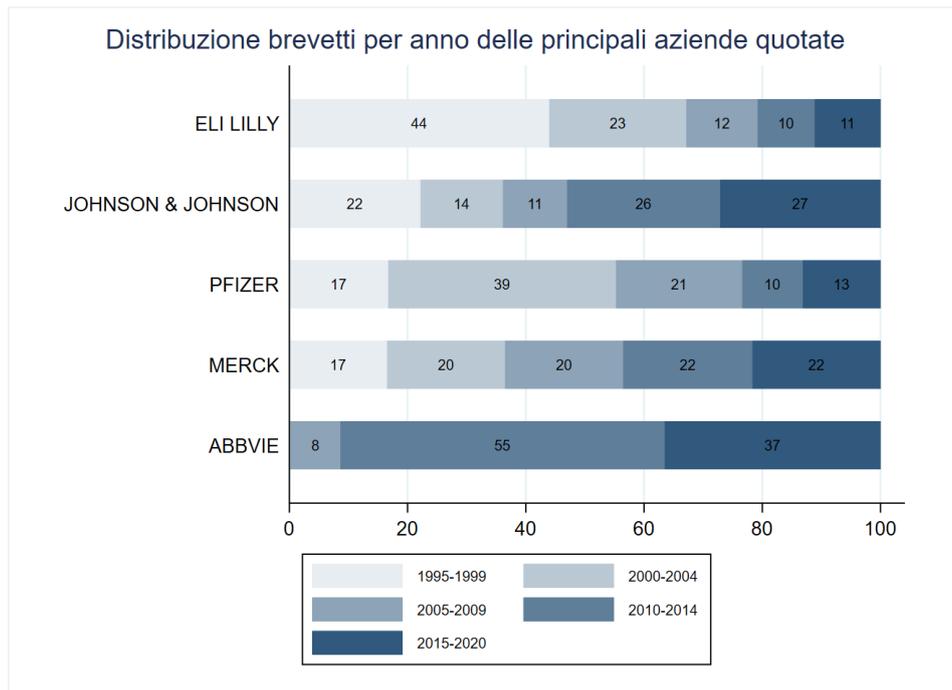


**Figura 3.3:** Distribuzione percentuale dei brevetti tra Big Pharma e tutte le altre aziende

Il grafico in Figura 3.4 analizza i periodi di attività di queste aziende, raggruppando i brevetti in intervalli di 5 anni. AbbVie mostra una concentrazione più elevata di brevetti nei periodi recenti, dal 2010 in avanti, mentre Eli Lilly registra la percentuale maggiore di brevetti prima del 2005. Le altre società mostrano una

distribuzione più equilibrata nel tempo.

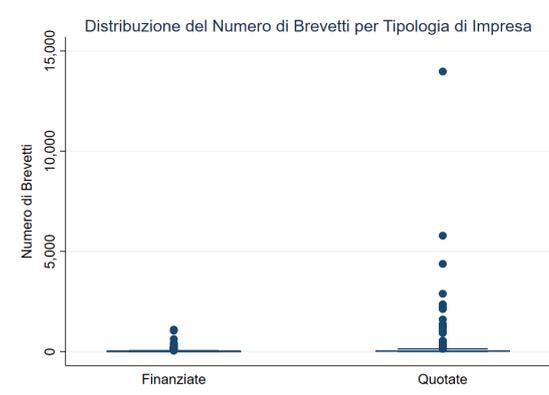
Le fluttuazioni nel numero di brevetti possono riflettere cambiamenti nelle strategie aziendali, fusioni, acquisizioni o variazioni negli investimenti in ricerca e sviluppo. Tali variazioni potrebbero essere oggetto di studio in analisi successive, ma non rientrano nell'obiettivo di questa tesi.



**Figura 3.4:** Distribuzione dei brevetti ogni 5 anni delle Big Pharma

### 3.1.2 Impatto degli Outliers

Come suggerito dalle analisi precedenti e confermato dal grafico boxplot in Figura 3.5, il campione in esame contiene un numero considerevole di outliers. Gli outliers, o valori anomali, sono osservazioni nei dati che si discostano notevolmente dagli altri valori osservati e possono influenzare in modo significativo le analisi statistiche e i risultati.



**Figura 3.5:** Distribuzione del numero di brevetti per tipologia di impresa

Come già evidenziato nella Tabella 3.1, all’interno del dataset in analisi si possono rilevare dei valori anomali soprattutto tra le aziende quotate, che mostrano un massimo di 13,977 brevetti e una deviazione standard pari a 797.386. Per valutare l’impatto di tali outliers sulle analisi condotte nella Sezione 3.1, è stato estratto un sottoinsieme del dataset, che include solamente i dati compresi tra il 5° e il 95° percentile. Le soglie di riferimento sono riportate all’interno della Tabella 3.3.

**Tabella 3.3:** 5° e 95° percentili empirici della distribuzione del numero dei brevetti per le aziende quotate e finanziate da VC

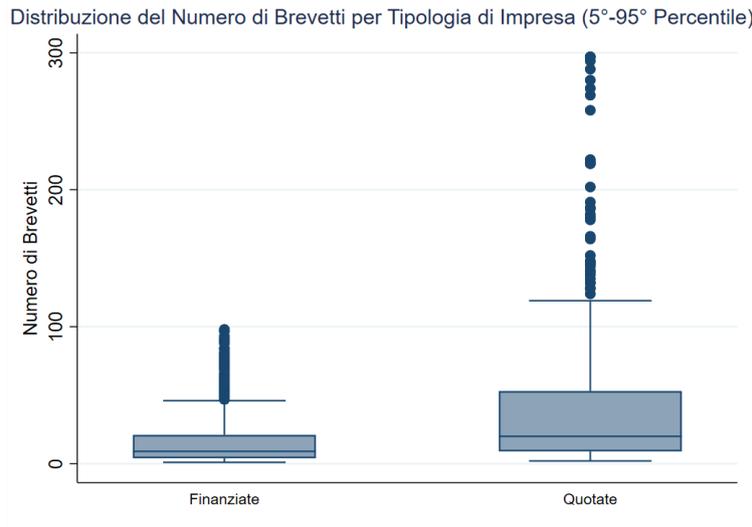
	5° percentile	95° percentile
Finanziate	1	99.65
Quotate	2	297

Come si può vedere dalla Tabella 3.4, il valore massimo per le imprese finanziate si è ridotto di oltre il 90%, passando da 1098 a 98, mentre per le società quotate si è ridotto del 98%, da 13977 a 297.

**Tabella 3.4:** Statistiche descrittive del numero di brevetti considerando i dati tra il 5° e il 95° percentile

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	1186	16.366	9	18.092	1	98
Quotate	405	42.847	20	56.833	2	297
Totale	1591	23.107	11	34.609	1	297

In Figura 3.6 è presente il boxplot ottenuto utilizzando il dataset mitigato dall'influenza degli outliers. Si può notare che, nonostante il numero di outliers sia diminuito, questi rimangono comunque evidenti, soprattutto per quanto riguarda le aziende quotate.



**Figura 3.6:** Distribuzione del numero di brevetti per tipologia di impresa considerando i dati tra il 5° e il 95° percentile

L'analisi delle statistiche descrittive in Tabella 3.4 rivela che, escludendo gli outliers, le medie e la variabilità del campione diminuiscono notevolmente, ma le aziende quotate continuano a registrare un numero medio di brevetti nettamente superiore rispetto alle aziende finanziate. Nello specifico, le aziende quotate mostrano una media di circa 43 brevetti, contro i 143 precedenti, mentre le aziende finanziate presentano una media di circa 17 brevetti, contro i 27 precedenti.

Il t-test sulla differenza delle medie del numero di brevetti del nuovo campione delle aziende finanziate e quotate rileva un intervallo di confidenza al 95% compreso tra 15.33524 e 17.39663 per le aziende finanziate, e tra 37.29523 e 48.3986 per le società quotate (Tabella 3.5). Il valore t di -14.0971 e il p-value prossimo allo zero ( $p\text{-value} \approx 0$ ) indicano che la differenza tra le medie è altamente significativa, confermando che le aziende quotate possiedono risorse finanziarie e capacità di investimento in ricerca e sviluppo che permettono loro di generare e detenere un portafoglio di brevetti più ampio.

**Tabella 3.5:** Intervallo di Confidenza al 95% per il numero medio di brevetti considerando i dati tra il 5° e il 95° percentile

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	15.33524	17.39663
Quotate	37.29523	48.3986
Combinare	21.40495	24.80875

In conclusione, l'analisi del trend dei brevetti evidenzia che sia le società quotate sia le aziende finanziate da Venture Capital hanno mostrato una crescita costante nel numero di brevetti depositati. Nonostante questo, le aziende quotate, in particolare le Big Pharma, dominano il panorama delle life sciences in termini di capacità brevettuale.

## 3.2 Categorie tecnologiche

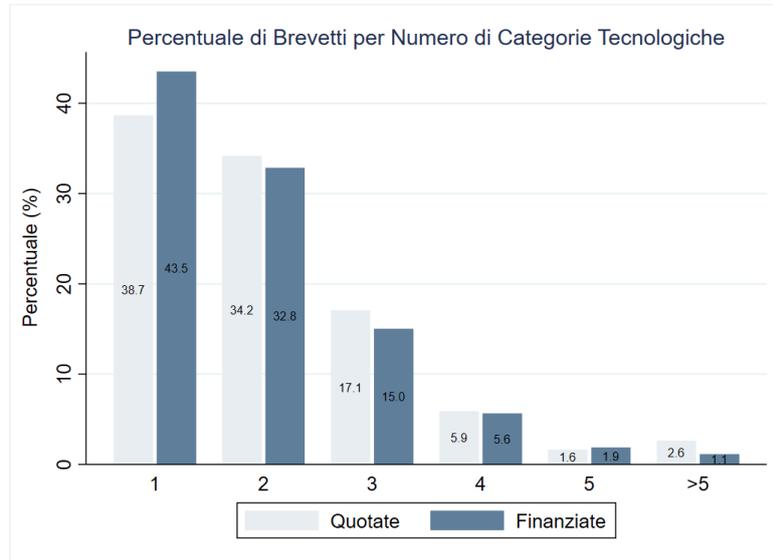
L'*International Patent Classification* (IPC) fornisce un sistema gerarchico di codici per la classificazione dei brevetti in base alle diverse aree tecnologiche a cui si riferiscono. Un documento brevettuale può contenere uno o più codici IPC, assegnati in base alla funzione, alla natura intrinseca e al campo di applicazione dell'invenzione (OECD, 2009).

Il numero di categorie tecnologiche di un brevetto è un indicatore importante delle opportunità commerciali che l'invenzione può offrire, in quanto permette di misurare l'ampiezza tecnica. Un'ampia portata tecnologica può aumentare le opportunità di sfruttamento commerciale della tecnologia, sia in termini di prodotti che di processi derivabili (Harhoff et al., 2003).

L'analisi è stata effettuata basandosi sul numero di sottoclassi distinte a 4 cifre della Classificazione Internazionale dei Brevetti (IPC) a cui l'invenzione è assegnata, ovvero considerando i codici al terzo livello di classificazione. Più alto è il numero di sottoclassi IPC distinte a 4 cifre, maggiore è il potenziale valore tecnologico e di mercato di un brevetto.

Nel grafico in Figura 3.7, si può osservare la distribuzione percentuale dei brevetti per numero di categorie tecnologiche, confrontando aziende quotate e finanziate da VC. La percentuale maggiore di brevetti è classificata con un solo codice IPC, sia per le imprese quotate (38.7%) sia per le finanziate (43.5%). La percentuale diminuisce all'aumentare del numero di categorie tecnologiche, ma si può notare che le aziende quotate presentano una maggiore distribuzione su più categorie rispetto alle aziende finanziate.

Pertanto, le società quotate dimostrano una maggiore diversificazione nelle categorie tecnologiche rispetto alle aziende finanziate, indicando una più ampia portata tecnologica nei loro portafogli di brevetti.



**Figura 3.7:** Percentuale di brevetti per numero di categorie tecnologiche diviso per imprese finanziate e quotate

Tale risultato è confermato dalle statistiche descrittive presenti nella Tabella 3.6: le imprese quotate mostrano un numero maggiore di categorie tecnologiche per brevetto rispetto a quelle finanziate da VC, con una media pari a 3.016 contro 2.581.

**Tabella 3.6:** Statistiche descrittive del numero di categorie per brevetto

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	53739	2.581	2	1.464	1	17
Quotate	84290	3.016	2	2.299	1	24
Totale	138029	2.846	2	2.027	1	24

E' stato condotto un t-test a due campioni per confrontare il numero medio di categorie tecnologiche per brevetto tra le aziende quotate e le aziende finanziate. L'ipotesi nulla  $H_0$  afferma che il numero medio di categorie tecnologiche per brevetto tra i due gruppi di aziende sia uguale, mentre l'ipotesi alternativa  $H_1$  sostiene che vi sia una differenza significativa, con la media delle società quotate superiore a quella delle imprese finanziate. L'intervallo di confidenza al 95% per il numero medio di codici IPC (Tabella 3.7) è [2.568816, 2.59358] per le imprese finanziate, e [3.000093, 3.031132] per le quotate. I risultati del t-test hanno prodotto un p-value tendente a zero (p-value  $\approx 0$ ), indicando che è possibile rifiutare l'ipotesi nulla a favore

dell'ipotesi alternativa. Ciò significa che la differenza nell'ampiezza tecnologica dei brevetti tra le imprese quotate e quelle finanziate da VC è statisticamente significativa.

**Tabella 3.7:** Intervallo di Confidenza al 95% per il numero medio di categorie tecnologiche per brevetto

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	2.568816	2.59358
Quotate	3.000093	3.031132
Combinare	2.83579	2.857173

I grafici in Figura 3.8 e Figura 3.9 illustrano la distribuzione percentuale dei brevetti per i principali codici IPC assegnati alle invenzioni del campione, rispettivamente per le imprese finanziate e per quelle quotate.

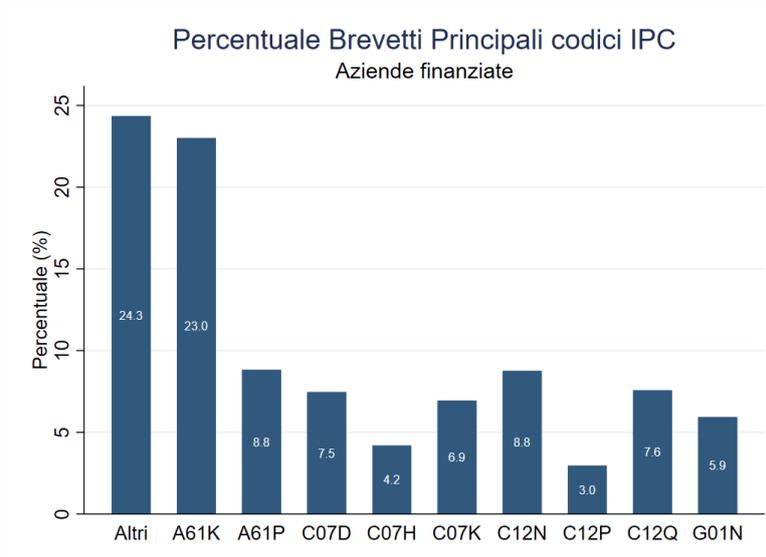
Entrambi i dataset presentano le stesse 9 categorie tecnologiche principali, raggruppati in 4 codici al secondo livello di classificazione:

- **A61 - Scienze mediche o Veterinarie; Igiene:** Il codice IPC A61 riguarda la scienza medica o veterinaria e l'igiene. Comprende dispositivi, strumenti, metodi e preparati utilizzati in medicina e veterinaria per diagnosi, trattamento, cura e igiene.  
Nello specifico, all'interno del dataset in analisi predomina la categoria A61K sia per le imprese finanziate (23% dei codici IPC associati ai brevetti) sia per le quotate (28%). Tale codice si riferisce a "Preparazioni per scopi medici, dentali o igienici", e include formulazioni sviluppate per usi specifici nel settore sanitario, odontoiatrico o cosmetico.  
Insieme all'A61K, il codice A61P è presente nell'8,8% del campione delle imprese finanziate e nel 10,8% delle aziende quotate. Questa categoria è utilizzata per classificare i brevetti che descrivono composti chimici o preparati medicinali con una specifica attività terapeutica.
- **C07 - Chimica organica:** Il raggruppamento IPC C07 riguarda la chimica organica, e include la sintesi e le reazioni di composti organici, suddivisi in varie sottocategorie. Queste coprono una vasta gamma di molecole, dai composti semplici a quelli complessi, come eterociclici (C07D - 7.5% per le aziende finanziate e 14.1% per le aziende quotate), zuccheri (C07H - 4.2% per le finanziate e 4.1% per le quotate) e peptidi (C07K - 6.9% per le finanziate e 8.9% per le quotate). Questa classificazione è fondamentale per l'organizzazione della ricerca e dello sviluppo in chimica organica, facilitando l'innovazione in settori come farmaceutica, agrochimica e materiali avanzati.
- **C12 - Biochimica; Birra; Alcolici; Vino; Aceto; Microbiologia; Enzimologia; Mutazione o Ingegneria Genetica:** Questa categoria copre vari ambiti della

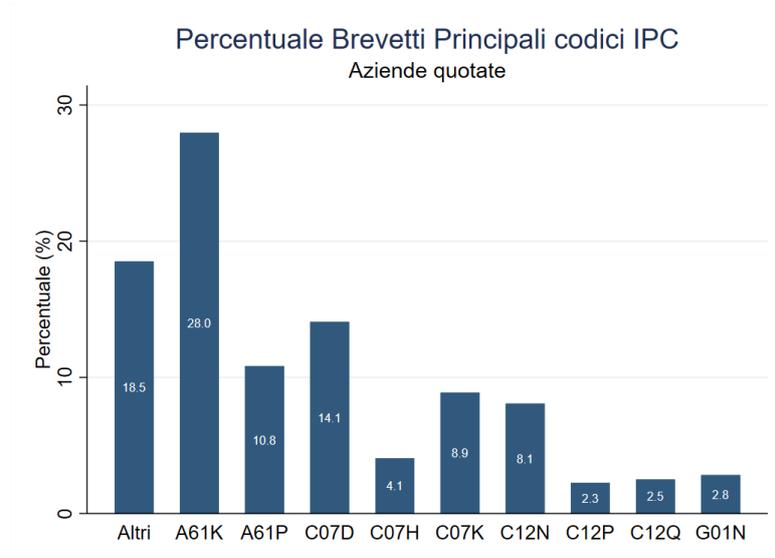
biochimica e microbiologia, come microrganismi e mutazioni per lo sviluppo biotecnologico (C12N - 8.8% per le finanziate e 8.1% per le quotate), uso di enzimi per sintetizzare composti chimici (C12P - 3% per le finanziate e 2.3% per le quotate), e test con enzimi e acidi nucleici fondamentali per la diagnostica e la ricerca biomedica (C12Q - 7.6% per le finanziate e 2.5% per le quotate). In sintesi, la categoria C12 rappresenta un insieme integrato di tecnologie che coprono la manipolazione e l'utilizzo di microrganismi e enzimi per scopi terapeutici, produttivi e diagnostici.

- G01 - Misurazione; Test: Questo raggruppamento al secondo livello riguarda la misurazione e il testing. Nello specifico, il codice G01N è incentrato sull'analisi dei materiali mediante la determinazione delle loro proprietà chimiche o fisiche, e include metodi e strumenti utilizzati per investigare la composizione e le caratteristiche dei materiali. Questa categoria risulta essere il 5.9% dei codici IPC associati ai brevetti delle imprese finanziate e il 2.8% dei brevetti delle imprese quotate. Questa sezione è importante per il controllo qualità, la ricerca e lo sviluppo nei settori chimico, farmaceutico e dei materiali.

Oltre alle principali categorie tecnologiche, una significativa percentuale di brevetti è classificata sotto la categoria "Altri", che racchiude la varietà di tecnologie che non rientrano nelle prime 9 categorie principali, riflettendo l'ampia gamma di innovazioni presenti nei portafogli brevettuali delle aziende. Per le aziende finanziate, questa categoria rappresenta il 24.3% dei brevetti, mentre per le aziende quotate la percentuale è del 18.5%.



**Figura 3.8:** Distribuzione Percentuale dei Brevetti nei Principali Codici IPC delle Aziende Finanziate



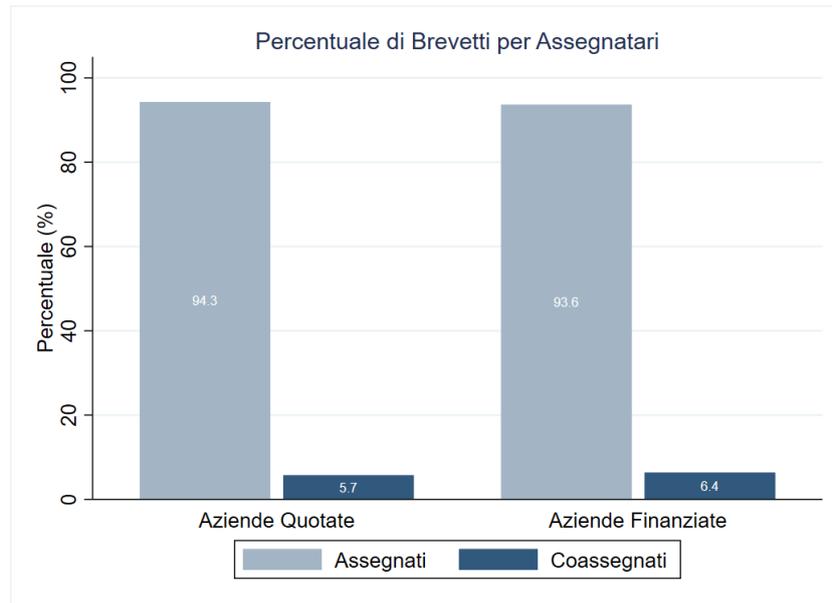
**Figura 3.9:** Distribuzione Percentuale dei Brevetti nei Principali Codici IPC delle Aziende Quotate

In conclusione, dall'analisi dei grafici emerge che sia le aziende finanziate che quelle quotate mostrano una forte focalizzazione su specifiche aree tecnologiche, in particolare nel settore medico (A61), chimico (C07), biotecnologico (C12) e del testing (G01). Tuttavia, la significativa presenza della categoria "Altri" in entrambi i grafici, sottolinea una notevole diversificazione tra le categorie tecnologiche dei brevetti.

### 3.3 Assegnatari

La presenza di brevetti coassegnati permette di misurare la collaborazione tra le aziende. Tuttavia, molte aziende attribuiscono i loro brevetti a un unico proprietario anche in caso di invenzioni collaborative, fornendo solo informazioni parziali sulle parti che hanno contribuito al processo di invenzione. Per questo motivo, la frequenza della co-proprietà dei brevetti è raramente trattata come indicatore degli effetti di spillover derivanti dalla conoscenza tecnica (Hicks e Narin, 2000).

Analizzando le aziende del campione in esame, si può osservare che le imprese biotecnologiche finanziate da VC tendono a collaborare di più rispetto a quelle quotate, come evidenziato dalla maggiore percentuale di brevetti coassegnati nelle imprese finanziate da VC (6.4%) rispetto a quelle quotate (5.7%) (Figura 3.10).



**Figura 3.10:** Percentuale di Assegnatari

**Tabella 3.8:** Statistiche descrittive del numero di assegnatari per brevetto

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	23851	1.071	1	0.285	1	4
Quotate	50987	1.061	1	0.259	1	6
Totale	74838	1.064	1	0.268	1	6

Le statistiche descrittive in Tabella 3.8 mostrano una differenza minima nella media del numero di assegnatari per brevetto tra le aziende finanziate da VC e quelle quotate, con rispettivamente 1.071 assegnatari medi e 1.061. Nonostante questo, il test t sul numero medio di assegnatari per gruppo di aziende, indica che tale differenza è statisticamente significativa, con un p-value  $\approx 0$ . Si possono osservare gli intervalli di confidenza del t-test in tabella 3.9.

**Tabella 3.9:** Intervallo di Confidenza al 95% del numero medio di assegnatari per brevetto

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	1.066982	1.074228
Quotate	1.059024	1.063517
Combinare	1.062328	1.066163

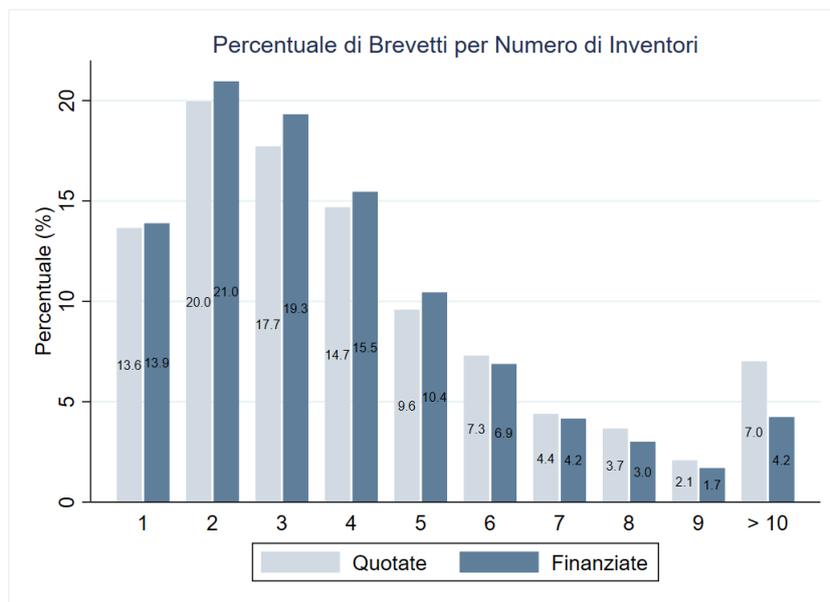
Questi risultati indicano una maggiore propensione alla collaborazione nelle

imprese finanziate da VC, che potrebbe essere dovuta a una maggiore necessità di condividere risorse e competenze per sviluppare tecnologie innovative.

### 3.4 Inventori

Diversi studi suggeriscono che il numero di inventori elencati in un brevetto è positivamente correlato alla complessità e al valore economico della tecnologia sottostante. Questa correlazione si basa sull'ipotesi che un numero maggiore di inventori rifletta un costo di ricerca più elevato, che a sua volta è statisticamente legato al valore tecnico dell'invenzione: più risorse sono coinvolte, più il progetto è costoso ed intensivo in termini di ricerca (Guellec e van Pottelsberghe, 2001).

Il grafico in Figura 3.11 mostra la percentuale di brevetti in base al numero di inventori, confrontando aziende quotate in borsa con aziende finanziate da Venture Capital. Entrambi i gruppi di imprese mostrano un picco nei brevetti con 2 inventori: il 20% per le imprese quotate e il 21% per quelle finanziate. Successivamente, si osserva una graduale diminuzione della percentuale di brevetti all'aumentare del numero di inventori. Tuttavia, emerge una differenza rilevante nella categoria di brevetti con più di 10 inventori: le aziende quotate mostrano il 7% di tali brevetti, mentre quelle finanziate solo il 4.2%.



**Figura 3.11:** Percentuale di brevetti per numero di inventori per aziende quotate e finanziate

Le statistiche descrittive del dataset in esame indicano che le imprese finanziate da VC hanno un numero medio di inventori per brevetto pari a 3,9, mentre le imprese quotate in borsa hanno una media di 4,3. Tali informazioni sono riassunte nella Tabella 3.10.

**Tabella 3.10:** Statistiche descrittive sul numero di inventori

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	24168	3.895	3	2.697	1	33
Quotate	48978	4.336	3	3.633	1	55
Totale	73146	4.190	3	3.359	1	55

Il t-test a due campioni confronta il numero medio di inventori per brevetto tra i due gruppi di aziende. L'ipotesi nulla ( $H_0$ ) afferma che la differenza tra le medie dei due gruppi è zero. L'ipotesi alternativa ( $H_1$ ), invece, afferma che la media del numero di inventori per le imprese quotate è maggiore della media per le imprese finanziate. Gli intervalli di confidenza sono [3.860778, 3.928779] per le imprese finanziate, e [4.304082, 4.368424] per le quotate (Tabella 3.11). La statistica t ottenuta è di -16.7526, e il p-value tende a zero (p-value  $\approx 0$ ), indicando che è possibile rigettare l'ipotesi nulla. Questo significa che esiste una differenza statisticamente significativa nel numero medio di inventori per brevetto tra le aziende finanziate da Venture Capital e quelle quotate. Le società biotecnologiche quotate in borsa tendono quindi a coinvolgere un numero maggiore di inventori nei loro progetti rispetto alle imprese finanziate da VC.

**Tabella 3.11:** Intervallo di Confidenza al 95% del numero medio di inventori per brevetto

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	3.860778	3.928779
Quotate	4.304082	4.368424
Combinare	4.166045	4.214727

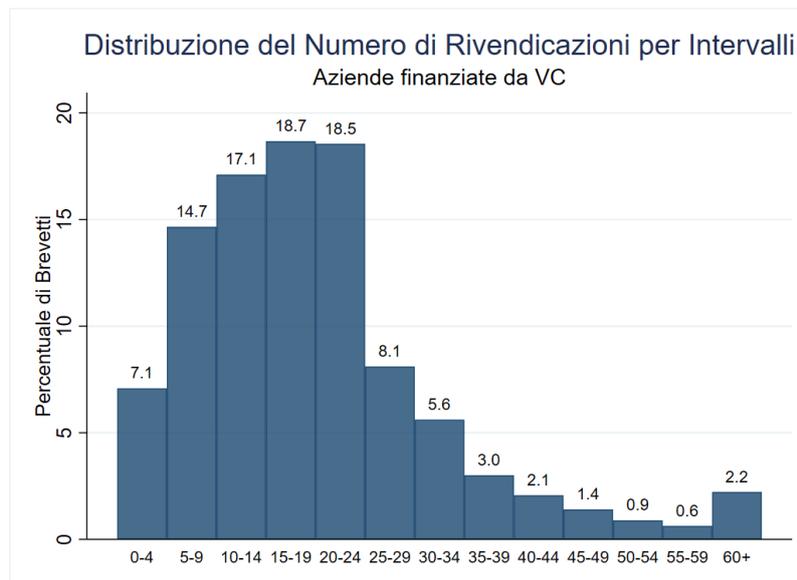
Questo risultato suggerisce che le aziende quotate possano accedere a risorse finanziarie e infrastrutturali maggiori, permettendo loro di intraprendere progetti di ricerca su scala più ampia rispetto alle aziende finanziate da VC.

### 3.5 Rivendicazioni

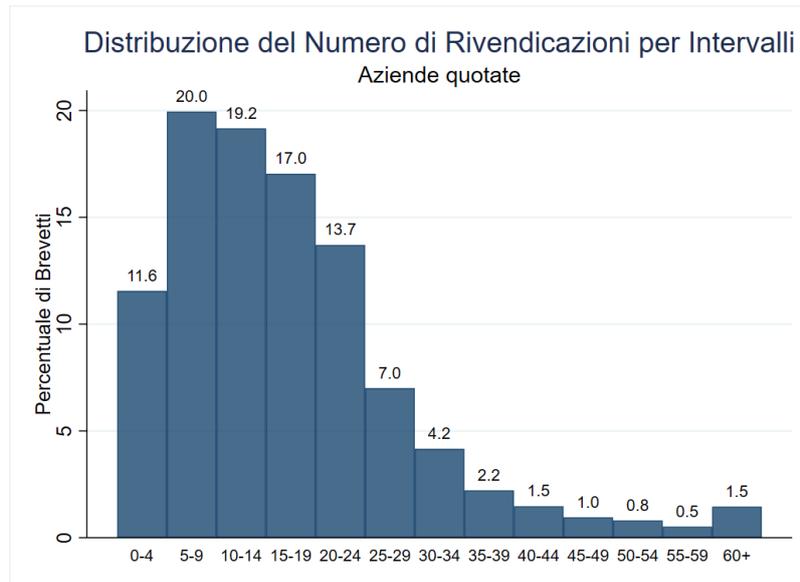
Le rivendicazioni, insieme alle citazioni di brevetti antecedenti, definiscono l'ambito o portata di un brevetto, ovvero i confini legali di quest'ultimo rispetto allo stato dell'arte anteriore. Esse costituiscono un determinante importante del valore economico di un brevetto, in quanto definiscono l'estensione della tecnologia e delle innovazioni che il brevetto copre. In altre parole, determinano l'ampiezza del potere di mercato ad esso attribuito.

Inoltre, il numero di rivendicazioni in un brevetto è spesso considerato un indicatore di qualità, poiché rivendicazioni più numerose riflettono una maggiore complessità e un maggiore valore economico dell'invenzione. Tuttavia, la tendenza di alcuni richiedenti a gonfiare strategicamente il numero di rivendicazioni per scopi strategici può introdurre rumore in questa relazione (OECD, 2009).

I grafici in Figura 3.12 e Figura 3.13 mostrano la distribuzione del numero di rivendicazioni per brevetto, raggruppate per intervalli di 5 rivendicazioni ciascuno e con un'unica categoria per i brevetti con più di 60 rivendicazioni. I grafici mostrano chiaramente che le imprese finanziate da VC tendono ad avere un numero maggiore di rivendicazioni per brevetto rispetto alle imprese quotate. Infatti, la frequenza maggiore di brevetti per le imprese finanziate si ha per un numero di rivendicazioni tra 15 e 19 (18.7%), mentre per le imprese quotate si ha per un numero di rivendicazioni tra 5 e 9 (20%).



**Figura 3.12:** Distribuzione del numero di rivendicazioni per imprese finanziate da Venture Capital



**Figura 3.13:** Distribuzione del numero di rivendicazioni per imprese quotate

I risultati ottenuti dalla distribuzione del numero di rivendicazioni sono supportati dalle statistiche descrittive riportate in Tabella 3.12. Infatti, il numero medio di rivendicazioni è notevolmente più alto nei brevetti delle imprese finanziate da VC rispetto a quelli delle imprese quotate in borsa, rispettivamente con una media pari a 19.737 contro 16.834 rivendicazioni.

**Tabella 3.12:** Statistiche descrittive sul numero di rivendicazioni

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	23930	19.737	18	15.728	1	513
Quotate	51065	16.834	14	13.817	1	333
Totale	74995	17.760	15	14.517	1	513

Questa differenza è ulteriormente confermata dai risultati del t-test sulla differenza nel numero medio di rivendicazioni per brevetto tra le due categorie di aziende. Gli intervalli di confidenza sono  $[19.53812, 19.93668]$  per le imprese finanziate, e  $[16.71375, 16.95342]$  per le quotate (Tabella 3.13). Tale test statistico dà come risultato una t pari a 25.6452 e un p-value tendente a zero ( $p\text{-value} \approx 0$ ), che confermano quindi che esiste una differenza statisticamente significativa nel numero medio di rivendicazioni per brevetto tra le due tipologie di aziende.

**Tabella 3.13:** Intervallo di Confidenza al 95% del numero medio di rivendicazioni per brevetto

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	19.53812	19.93668
Quotate	16.71375	16.95342
Combinare	17.6562	17.86399

Il numero maggiore di rivendicazioni nei brevetti delle aziende finanziate da VC suggerisce invenzioni più complesse, che coprono un'ampia gamma di aspetti tecnici. Questa complessità aggiuntiva potrebbe potenzialmente incrementare il valore del brevetto, richiedendo una protezione legale più estesa e robusta. Tuttavia, per confermare tale conclusione è necessario approfondire l'analisi utilizzando altri indicatori di qualità che aiutino a definire meglio l'ambito e l'impatto dei brevetti, come le citazioni all'indietro.

## 3.6 Citazioni

Le citazioni brevettuali forniscono indicazioni sulle conoscenze preesistenti all'invenzione, e delimitano i confini legali delle rivendicazioni della domanda di brevetto in questione (OECD, 2009).

In letteratura, numerosi studi utilizzano indicatori basati sulle citazioni di brevetti come strumenti fondamentali per la ricerca nell'economia dell'innovazione. Ad esempio, Jaffe et al. (1993) hanno utilizzato le citazioni di brevetti per tracciare gli spillover e i flussi di conoscenza tra inventori e aziende, evidenziando come le informazioni tecnologiche si diffondano nel mercato e influenzino le economie locali. Studi come quelli di Harhoff et al. (2002) e Gambardella et al. (2008), sostengono che il numero di citazioni ricevute da un brevetto sia un indicatore della qualità, dell'importanza tecnologica e del valore economico dell'invenzione.

Inoltre, lo studio di Podolny et al. (1996) ha esaminato come le aziende usino le citazioni per rafforzare la loro posizione di mercato, dimostrando che i comportamenti strategici adottati dalle imprese possono essere analizzati attraverso le citazioni dei brevetti.

Ci sono due tipologie di citazioni:

- *Citazioni in avanti (forward citations)*: brevetti successivi che citano un determinato brevetto. Indicano che il brevetto originale è stato riconosciuto e utilizzato come riferimento per nuove invenzioni.
- *Citazioni all'indietro (backward citations)*: brevetti precedenti che vengono citati da un determinato brevetto. Mostrano le basi tecnologiche su cui il brevetto originale si è basato.

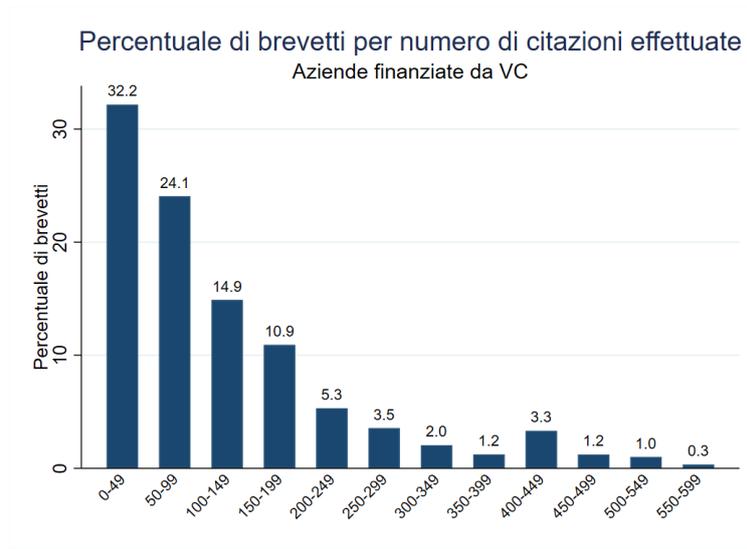
### 3.6.1 Backward Citations

Le citazioni a documenti precedenti (backward citations) sono utili per valutare la novità e la cumulatività delle invenzioni, indicando su quali tecnologie preesistenti si basa un determinato brevetto.

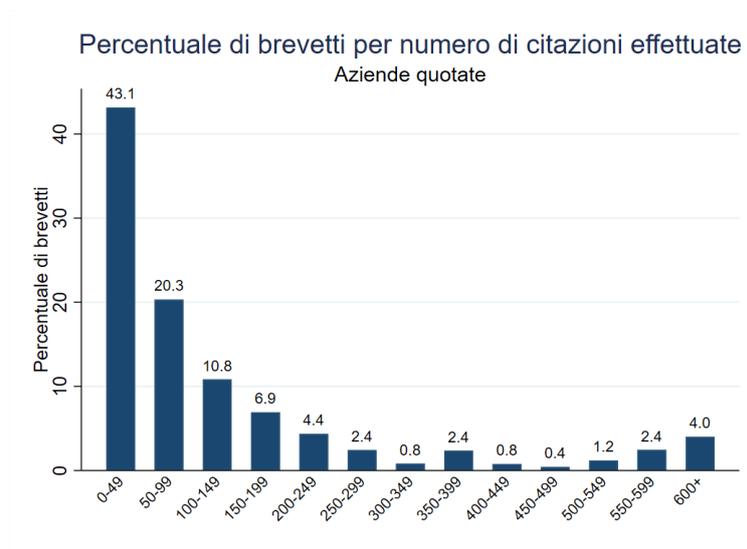
In totale, sono state associate ai brevetti del dataset di partenza quasi un milione e mezzo di citazioni ad altri brevetti americani. Di queste, 691,350 citazioni sono riferite ai brevetti delle imprese finanziate da VC, mentre 762,546 citazioni riguardano brevetti di imprese quotate in borsa.

I grafici nelle Figure 3.14 e 3.15 permettono di confrontare la distribuzione percentuale dei brevetti in base al numero di citazioni effettuate tra i due gruppi di aziende in analisi, quelle finanziate da VC e quelle quotate. La percentuale più alta di brevetti si trova nella fascia di 0-49 citazioni per entrambe le categorie, con il 32.2% per le aziende finanziate e il 43.1% per quelle quotate. Nonostante queste

ultime abbiano un'alta concentrazione di brevetti nelle fasce basse, esse presentano anche una percentuale elevata di brevetti con un alto numero di citazioni, con il 4% di brevetti che supera le 600 citazioni. D'altra parte, le aziende finanziate da VC presentano una distribuzione più equilibrata nelle fasce medie, suggerendo una ricerca più diversificata ma meno estesa in termini di citazioni.



**Figura 3.14:** Distribuzione della percentuale dei brevetti per numero di citazioni effettuate delle aziende finanziate da Venture Capital

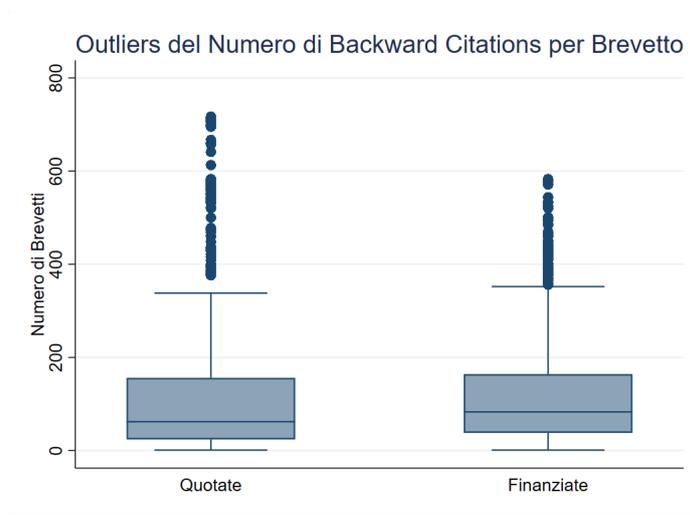


**Figura 3.15:** Distribuzione della percentuale dei brevetti per numero di citazioni effettuate delle aziende quotate in borsa

Le statistiche descrittive riportate in Tabella 3.14 mostrano che la media delle citazioni per le aziende quotate è più alta rispetto a quella delle aziende finanziate da VC, con un valore pari a 130.336 contro 122.053 citazioni per brevetto, mentre la mediana delle citazioni è maggiore per le aziende finanziate da VC, con 83 citazioni contro le 62 delle imprese quotate. Questo suggerisce che, mentre le aziende quotate hanno alcune invenzioni con un numero molto elevato di citazioni, la distribuzione delle citazioni nelle aziende finanziate da VC è più centrata. Questo risultato è confermato anche dall'alta deviazione standard per le aziende quotate, pari a 171.254, molto superiore rispetto alla deviazione delle imprese finanziate, pari a 117.594. Tale variabilità è dovuta alla presenza di valori anomali nel dataset, soprattutto per le aziende quotate, come evidenziato nel grafico in Figura 3.16.

**Tabella 3.14:** Statistiche descrittive sul numero medio di citazioni effettuate dai brevetti

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	691350	122.053	83	117.594	1	583
Quotate	762546	130.336	62	171.254	1	717
Totale	1453896	126.397	72	148.239	1	717



**Figura 3.16:** Distribuzione dei brevetti per numero di citazioni effettuate

Il t-test mostra che la differenza media di citazioni retrospettive per brevetto tra le aziende quotate e quelle finanziate da VC è statisticamente significativa. L'intervallo di confidenza al 95% per le citazioni medie dei due campioni è [129.9518, 130.7206] per le imprese finanziate, e [121.7754, 122.3298] per le società quotate, come riportato in Tabella 3.15. Con un valore di t di 33.6621 e un p-value tendente a zero, è possibile rifiutare l'ipotesi nulla ( $H_0$ ) che non vi sia alcuna differenza tra le

due medie, a favore dell'ipotesi alternativa ( $H_1$ ) che la media delle citazioni delle imprese quotate sia maggiore della media delle citazioni delle imprese finanziate. In conclusione, le aziende quotate tendono ad avere un numero medio di citazioni retrospettive per brevetto significativamente più alto rispetto alle aziende finanziate da VC.

**Tabella 3.15:** Intervallo di Confidenza al 95% del numero medio di citazioni effettuate per brevetto

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	121.7754	122.3298
Quotate	129.9518	130.7206
Combinare	126.1563	126.6382

Le citazioni a brevetti di altri titolari suggeriscono la presenza di spillover tecnologici diffusi. Invece, citazioni interne, ovvero quelle riferite a brevetti dello stesso titolare, indicano principalmente trasferimenti di conoscenza internalizzati.

La **cumulatività tecnologica** è definita dalla frequenza di autocitazioni dei brevetti, che riflettono la dipendenza della ricerca attuale di un'azienda dai suoi sviluppi precedenti.

A livello aziendale, la cumulatività può essere valutata come il rapporto tra il numero di citazioni retrospettive fatte ai brevetti posseduti e il totale dei brevetti posseduti dall'azienda stessa in un determinato momento  $t$ . Questo indicatore può variare da 0 a 1, dove 0 rappresenta una bassa cumulatività, indicando una forte dipendenza da innovazioni esterne, e 1 indica un'alta alta cumulatività, suggerendo una forte dipendenza dalle proprie innovazioni.

Analizzando i campioni in esame, si ottiene una cumulatività media pari a 0.097 per le società quotate, superiore rispetto alla media delle imprese finanziate, che presentano invece una cumulatività media di 0.064 (Tabella 3.16).

**Tabella 3.16:** Statistiche descrittive sulla cumulatività media dei brevetti

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	1201	0.064	0.020	0.113	0	1
Quotate	427	0.097	0.046	0.129	0	0.812
Totale	1628	0.072	0.027	0.118	0	1

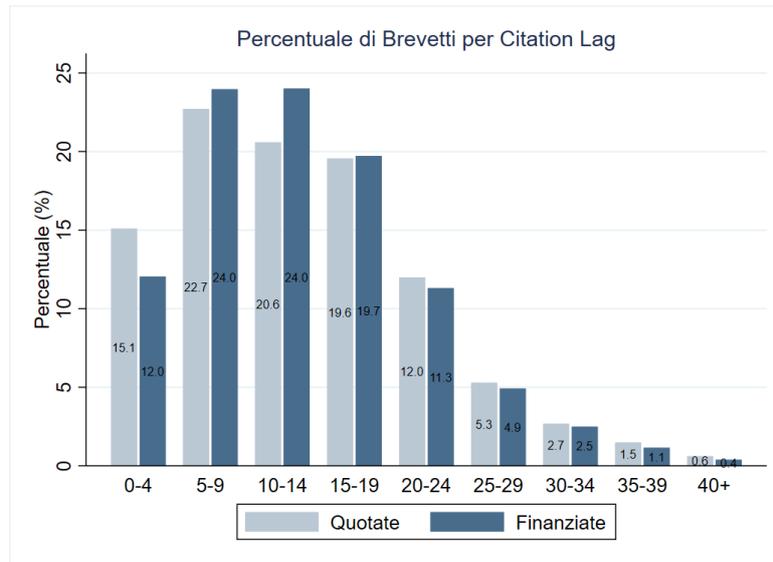
La cumulatività delle imprese quotate è influenzata dalla presenza di alcune grandi multinazionali farmaceutiche, tra cui alcune delle delle Big Pharma, che registrano livelli di cumulatività molto elevati rispetto alla media. Ad esempio, Eli Lilly ha una cumulatività di 0.3177, mentre Merck raggiunge 0.2937. Questa alta

cumulatività suggerisce una forte dipendenza dalle proprie ricerche e sviluppi passati, indicando che queste aziende tendono a concentrarsi su miglioramenti incrementali delle loro tecnologie esistenti piuttosto che su innovazioni radicali. Inoltre, un'elevata cumulatività può creare barriere all'entrata per i concorrenti, rendendo più difficile per loro sviluppare tecnologie simili senza violare i brevetti dell'azienda.

Questo ragionamento è coerente con quanto analizzato nella Sezione 3.1.1: le grandi aziende multinazionali del settore farmaceutico tendono ad adottare strategie di brevettazione aggressive per espandere i confini della conoscenza protetta e aumentare lo spazio protetto dall'infrazione. Questo porta ad un aumento del numero di brevetti senza un parallelo incremento nell'innovazione reale (Dosi et al, 2023).

Per analizzare le dinamiche temporali dei flussi di conoscenza tra le entità brevettuali può essere utile concentrarsi sul **ritardo nelle citazioni** (*Citation Lag*). Tale variabile si riferisce al tempo trascorso tra l'anno di domanda, pubblicazione o concessione del brevetto citante e quello dei brevetti citati. Per le analisi effettuate, la misura del ritardo è stata calcolata come la differenza temporale tra la concessione del brevetto citato e la concessione del citante.

Il grafico in Figura 3.17 mostra la percentuale di brevetti in base a un ritardo nelle citazioni raggruppato per 5 anni per aziende quotate e finanziate. Le aziende finanziate mostrano una percentuale superiore di brevetti con citation lag compresi tra 5-14 anni, pari a quasi il 50% delle citazioni, indicando una fase di crescita e innovazione intensa durante questi periodi. Anche le aziende quotate presentano il picco dei brevetti con citation lag compresi tra 5-14 anni, ma hanno una percentuale superiore di brevetti con un citation lag molto breve (0-4 anni), con il 15.1% dei brevetti, e per citation lag molto lunghi, con più del 20% dei brevetti con citation lag maggiore di 20 anni.



**Figura 3.17:** Distribuzione Percentuale dei Brevetti per Citation Lag tra Aziende Quotate e Finanziate

Le medie del citation lag sono molto simili per entrambe le categorie di aziende: entrambe presentano un ritardo medio nelle citazioni di poco superiore a 13 anni, come visibile nella seguente Tabella.

**Tabella 3.17:** Statistiche descrittive sulla media di anni di ritardo nelle citazioni

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	691303	13.362	12	7.874	-36	45
Quotate	764900	13.432	12	8.428	-15	45
Totale	1456203	13.399	12	8.170	-36	45

Il t-test eseguito per confrontare il citation lag tra le aziende quotate in borsa e quelle finanziate da Venture Capital (VC) ha fornito risultati statisticamente significativi. La statistica t ottenuta ha un valore pari a 5.1264 e il p-value è tendente a zero. Questi risultati suggeriscono che i brevetti delle aziende quotate tendono a ricevere citazioni leggermente più rapidamente rispetto a quelli delle aziende finanziate da VC.

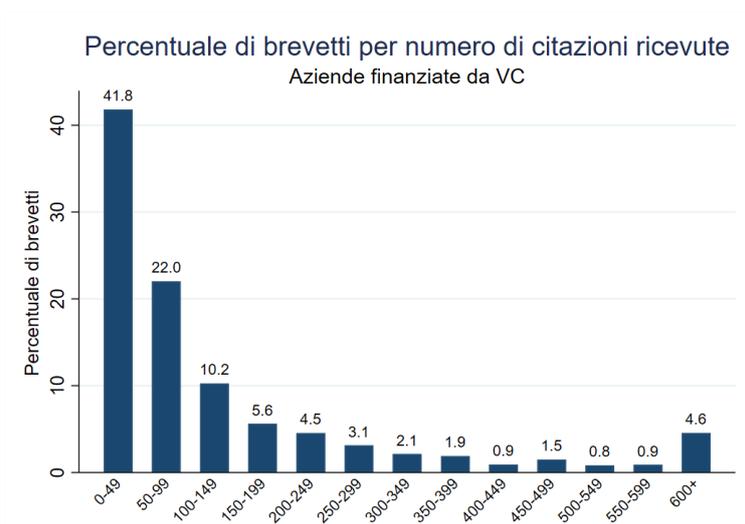
### 3.6.2 Forward Citations

Le citazioni ricevute da brevetti successivi (Forward Citations) misurano l'impatto tecnologico e sociale di un brevetto. Numerosi studi, tra cui quelli di Trajtenberg (1990) e Scherer et al. (1999), hanno dimostrato che il numero di forward citations è associato non solo all'importanza tecnologica, ma anche al valore economico stimato delle invenzioni, alla probabilità di contenzioso e al rinnovo dei brevetti.

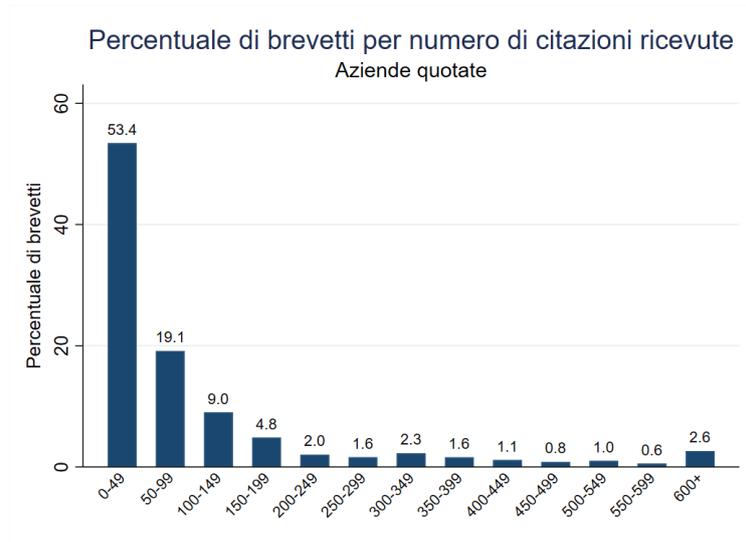
In totale, sono state associate ai brevetti del dataset di partenza 841,522 citazioni provenienti da altri brevetti americani. Di queste, 321,306 citazioni sono riferite ai brevetti delle imprese finanziate da VC, mentre 520,216 citazioni riguardano brevetti di imprese quotate in borsa.

I grafici in Figura 3.18 e Figura 3.19 illustrano la percentuale di brevetti per numero di citazioni ricevute da brevetti successivi dalle aziende finanziate e quotate. Per le imprese finanziate, più del 40% dei brevetti ha ricevuto meno di 50 citazioni, seguito dal 22% di brevetti che hanno ricevuto tra le 50 e 99 citazioni. La percentuale diminuisce gradualmente con l'aumentare del numero di citazioni, fino ad arrivare al 4.6% per i brevetti che ricevono 600 o più citazioni.

Per quanto riguarda le imprese quotate, invece, oltre il 50% dei brevetti ha ricevuto meno di 50 citazioni, e solo il 19.1% di brevetti ha ricevuto tra le 50 e 99 citazioni. La distribuzione delle citazioni per i brevetti delle aziende quotate mostra una diminuzione più rapida rispetto alle aziende finanziate, con solo il 2.6% dei brevetti che riceve 600 o più citazioni.



**Figura 3.18:** Distribuzione della percentuale dei brevetti per numero di citazioni ricevute delle aziende finanziate da Venture Capital



**Figura 3.19:** Distribuzione della percentuale dei brevetti per numero di citazioni ricevute delle aziende quotate in borsa

La Tabella 3.18 delle statistiche descrittive offre ulteriori dettagli sulla differenza tra le due categorie di aziende in termini di citazioni ricevute dai loro brevetti. Come già evidenziato dai grafici precedenti, i brevetti delle aziende finanziate mostrano una media di citazioni più alta rispetto a quelli delle aziende quotate, con rispettivamente 143.656 e 106.876 citazioni medie ricevute.

**Tabella 3.18:** Statistiche descrittive sul numero medio di citazioni ricevute dai brevetti

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	321306	143.656	64	225.241	1	1767
Quotate	520216	106.876	44	173.724	1	1203
Totale	841522	120.919	51.000	195.824	1	1767

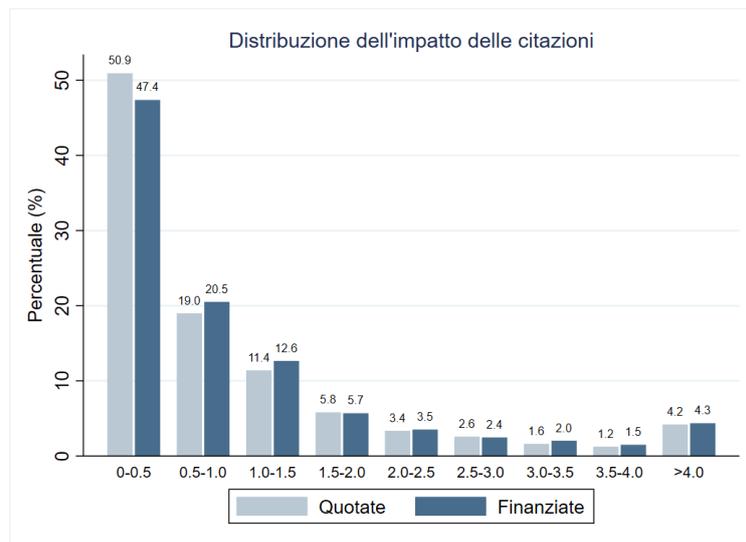
Tale differenza risulta essere statisticamente significativa, come confermato dal t-test. L'ipotesi nulla ( $H_0$ ) afferma che non vi sia alcuna differenza nel numero medio di citazioni ricevute dai brevetti tra le aziende finanziate e quotate, mentre l'ipotesi alternativa ( $H_1$ ) sostiene che il numero medio di citazioni ricevute dai brevetti delle imprese quotate sia maggiore della media delle imprese finanziate. Gli intervalli di confidenza ottenuti sono riportati in Tabella 3.19, e sono pari a [142.8767, 144.4344] per le imprese finanziate, e [106.4036, 107.3478] per le imprese quotate. Il t-test mostra una differenza media negativa significativa di -36.77983 citazioni tra i brevetti delle aziende quotate e quelle finanziate, con un valore t di -84.0580 e un p-value prossimo allo zero. Tale risultato indica che i brevetti delle aziende finanziate

ricevono, in media, un numero significativamente maggiore di citazioni rispetto ai brevetti delle aziende quotate. Questo indica un maggiore impatto tecnologico dei brevetti delle aziende finanziate, e, conseguentemente, un maggiore valore economico.

**Tabella 3.19:** Intervallo di Confidenza al 95% del numero medio di citazioni ricevute per brevetto

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	142.8767	144.4344
Quotate	106.4036	107.3478
Combinare	120.5004	121.3372

L'**impatto delle citazioni** in avanti si può misurare come il numero di volte che un brevetto viene citato da brevetti successivi, rapportato al numero medio di citazioni ricevute dai brevetti nello stesso campo tecnologico, ovvero stessa sottoclasse IPC al quarto livello, e con la stessa data di concessione (OECD, 2009). Tale indice può assumere valori minori di 1 se il brevetto ha ricevuto un numero di citazioni minore rispetto alla media dei brevetti simili, o valori maggiori di 1 se il brevetto ha ricevuto più citazioni rispetto alla media dei brevetti simili. Ad esempio un valore, di 2 indica che il brevetto ha ricevuto il doppio delle citazioni rispetto alla media.



**Figura 3.20:** Distribuzione dell'impatto delle citazioni in avanti dei brevetti in analisi

Il grafico in Figura 3.20 mostra la distribuzione percentuale dei brevetti in base al loro impatto delle citazioni, suddiviso tra imprese quotate e finanziate. Le imprese quotate hanno quasi il 51% dei brevetti con un impatto minore di 0.5, mentre le

imprese finanziate hanno il 47.4%. Questo indica che la maggior parte dei brevetti di entrambe le categorie ha un impatto delle citazioni basso, ovvero riceve meno della metà delle citazioni rispetto alla media.

Al contempo, più del 30% dei brevetti finanziati e quotati presentano un impatto maggiore di 1, ovvero un numero di citazioni superiore alla media. In altre parole, entrambe le categorie mostrano la capacità di produrre brevetti con impatti delle citazioni molto elevati.

Come suggerito dal grafico della distribuzione percentuale, le imprese finanziate mostrano una media dell'impatto delle citazioni leggermente superiore rispetto alle imprese quotate, con una media di 1.036 rispetto a 0.975.

**Tabella 3.20:** Statistiche descrittive sull'impatto delle citazioni in avanti

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	20249	1.036	0.539	1.467	0.010	26.528
Quotate	28591	0.975	0.478	1.401	0.009	29.525
Totale	48840	1.000	0.506	1.429	0.009	29.525

Il t-test mostra che la differenza media dell'impatto delle citazioni in avanti per brevetto tra le aziende quotate e quelle finanziate da VC è statisticamente significativa. Gli intervalli di confidenza al 95% sono [1.015439, 1.055856] per le imprese finanziate, e [0.9585163, 0.990991] per le quotate (Tabella 3.21). Con una statistica t pari a -4.6406 e ad un p-value tendente a 0 (p-value  $\approx 0$ ), è possibile rifiutare l'ipotesi nulla ( $H_0$ ) che non vi sia alcuna differenza tra le due medie, a favore dell'ipotesi alternativa ( $H_1$ ) che la media dell'impatto delle citazioni delle imprese finanziate sia maggiore della media delle citazioni delle imprese quotate. In conclusione, i risultati indicano che, sebbene la differenza nell'impatto medio delle citazioni sia piccola, essa è statisticamente significativa: le imprese finanziate tendono ad avere un impatto delle citazioni maggiore rispetto alle imprese quotate, suggerendo che i loro brevetti sono più influenti nel loro campo tecnologico.

**Tabella 3.21:** Intervallo di Confidenza al 95% dell'impatto delle citazioni in avanti

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	1.015439	1.055856
Quotate	0.9585163	0.990991
Combinare	10.9873268	1.012673

### 3.6.3 Generalità

La generalità di un brevetto è una misura che riflette l'impatto e la rilevanza di un'invenzione. Tale indice viene calcolato come la concentrazione delle classi tecnologiche elencate in tutte le referenze che citano il brevetto stesso, ovvero delle forward citations (Hall et al., 2001). Un alto punteggio di generalità indica che il brevetto ha avuto un impatto diffuso, poiché ha influenzato le attività di innovazione successive in una vasta gamma di aree tecnologiche. In altre parole, un brevetto con alta generalità è stato citato da brevetti appartenenti a molte categorie tecnologiche differenti, suggerendo che l'invenzione ha avuto applicazioni ampie e trasversali (OECD, 2009).

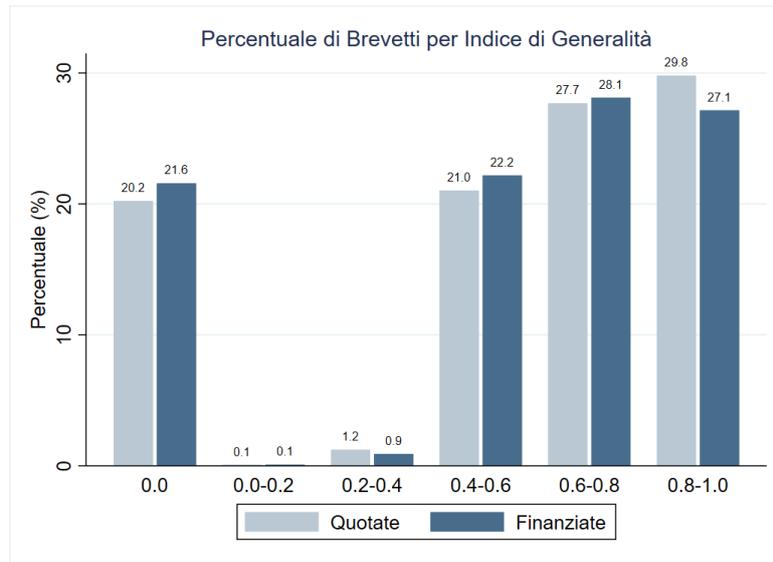
A livello pratico, la generalità di un brevetto è costruita utilizzando l'indice di Herfindahl-Hirschman (HHI), un comune indicatore di concentrazione economica, applicato alla distribuzione delle citazioni di un brevetto tra diverse categorie tecnologiche:

$$Generalità = 1 - \sum_i^{n_i} s_{ij}^2$$

dove  $s_{ij}$  denota la percentuale di citazioni ricevute dal brevetto  $i$  e che appartengono alla classe di brevetti al terzo livello  $j$ , su un totale di  $n_i$  classi di brevetti (OECD, 2009). L'indice di generalità può assumere valori compresi tra 0 e 1. In particolare, un valore pari a 0 significa che tutte le citazioni di un brevetto appartengono a una singola classe di brevetti, e indica che il brevetto ha avuto un impatto molto ristretto e specializzato. Al contrario, un valore pari a 1 indica che le citazioni di un brevetto sono distribuite uniformemente tra un numero molto elevato di classi di brevetto; in altre parole, il brevetto ha avuto un impatto elevato e ha influenzato innovazioni in una vasta gamma di campi tecnologici.

Il grafico in Figura 3.21 illustra la percentuale di brevetti per indice di generalità, suddivisa tra aziende finanziate da Venture Capital e aziende quotate. Le imprese finanziate presentano una percentuale maggiore di brevetti con un indice di generalità pari a zero, con il 21.6% di brevetti rispetto al 20.2% delle aziende quotate. Questo indica che una porzione rilevante dei brevetti di entrambe le tipologie di imprese non sono citati da altre classi tecnologiche.

Al contempo, entrambe le categorie di aziende mostrano una significativa presenza di brevetti con indice di generalità maggiore di 0.4, indicando che una buona parte dei loro brevetti ha un impatto diffuso su diverse classi tecnologiche. In particolare, sia le società quotate sia le finanziate registrano un picco in corrispondenza dell'indice di generalità compreso tra 0.8 e 1.0, con una percentuale di brevetti pari rispettivamente al 29.8% per le quotate e al 27.1% per le finanziate.



**Figura 3.21:** Percentuale di brevetti per indice di generalità

Come si può osservare in Tabella 3.22, la media dell'indice di generalità per le aziende finanziate è 0.552, mentre per le aziende quotate è 0.574. Questo suggerisce che i brevetti delle aziende quotate tendono ad avere un impatto leggermente più ampio rispetto ai brevetti delle aziende finanziate. Tuttavia, entrambe le categorie di aziende presentano un indice di generalità complessivamente alto, riflettendo la capacità di innovazione diffusa su diverse classi tecnologiche.

**Tabella 3.22:** Statistiche descrittive dell'indice di generalità

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	43233	0.552	0.667	0.323	0	0.991
Quotate	44125	0.574	0.667	0.315	0	0.987
Totale	87358	0.563	0.667	0.319	0	0.991

Il t-test per campioni indipendenti con varianze uguali indica che la differenza media tra le due categorie è statisticamente significativa, con una statistica t pari a -10.2027 e p-value tendente a 0 (p-value  $\approx 0$ ). Gli intervalli di confidenza, riportati nella Tabella 3.23, variano da 0.5492329 a 0.5553266 per le imprese finanziate, e da 0.5713684 a 0.5772445 per le imprese quotate.

**Tabella 3.23:** Intervallo di Confidenza al 95% della media dell'indice di generalità

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	0.5492329	0.5553266
Quotate	0.5713684	0.5772445
Combinare	0.5612887	0.5655224

In conclusione, le società quotate mostrano un indice di generalità maggiore, ovvero un impatto più diffuso delle loro invenzioni. Tuttavia, l'analisi dimostra che, in media, le aziende in esame di entrambe le categorie presentano una capacità significativa di influenzare diverse aree tecnologiche.

### 3.6.4 Originalità

L'originalità di un brevetto può essere definita in modo simile alla generalità, ma si riferisce alle aree tecnologiche trovate nei brevetti citati piuttosto che in quelli citanti, ovvero nelle backward citations. In altre parole, l'originalità misura la diversità delle classi tecnologiche dei brevetti precedenti citati dal brevetto in esame. Se un'invenzione cita brevetti precedenti che appartengono a un insieme relativamente ristretto di domini tecnologici, il punteggio di originalità sarà basso. Viceversa, se cita brevetti da una vasta gamma di aree tecnologiche, il punteggio di originalità sarà alto (OECD, 2009).

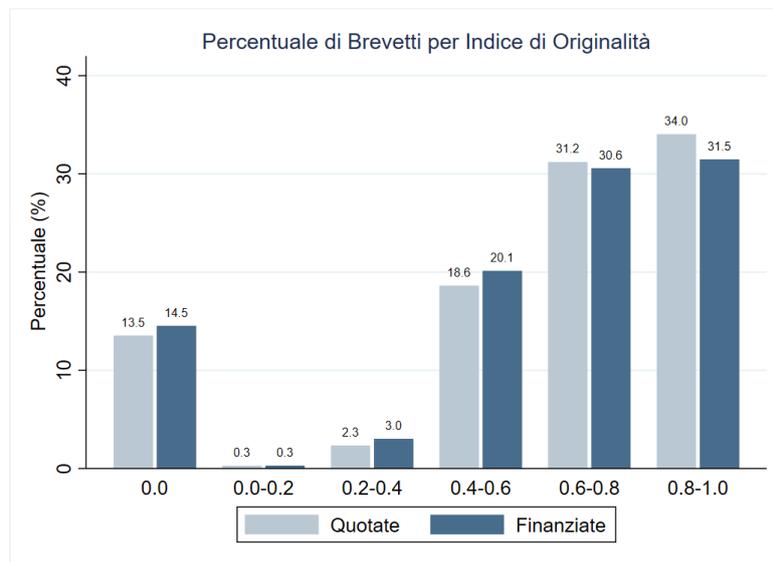
In sintesi, mentre la generalità misura l'impatto trasversale di un brevetto su vari settori tecnologici, l'originalità valuta la diversità delle basi tecniche su cui l'invenzione si fonda. Entrambi gli indicatori sono cruciali per comprendere il valore e l'importanza di un brevetto nell'ecosistema dell'innovazione.

L'originalità di un brevetto può essere calcolata in modo simile all'indice di generalità, ovvero utilizzando l'indice di Herfindahl-Hirschman (HHI), applicato alla distribuzione delle citazioni fatte dal brevetto tra diverse categorie tecnologiche:

$$Originalità = 1 - \sum_i^{n_i} s_{ij}^2$$

dove  $s_{ij}$  denota la percentuale di citazioni effettuate dal brevetto  $i$  e che appartengono alla classe di brevetti al terzo livello  $j$ , su un totale di  $n_i$  classi di brevetti (OECD, 2009). Un valore pari a 0 dell'indice di originalità indica che tutte le citazioni di un brevetto fanno riferimento a una singola classe tecnologica, denotando bassa originalità. Al contrario, un valore pari a 1 indica che citazioni sono equamente distribuite su molte classi tecnologiche diverse, suggerendo alta originalità.

Il grafico in Figura 3.22 mostra la percentuale di brevetti per indice di originalità, suddivisi tra aziende quotate e finanziate da Venture Capital. Le aziende finanziate presentano una leggera predominanza nei brevetti con un indice di originalità pari a 0, con una percentuale del 14.5% rispetto al 13.5% delle aziende quotate. Una porzione significativa dei brevetti di entrambe le categorie mostra un indice di generalità compreso tra 0.6 e 0.8, con il 31.2% dei brevetti delle imprese quotate e il 30.6% di quelle finanziate. Infine, sia le aziende quotate sia quelle aziende finanziate mostrano un picco in corrispondenza dell'indice di originalità compreso tra 0.8 e 1, con una percentuale di brevetti pari al 34% per le imprese quotate e al 31.5% per le finanziate. Questo suggerisce che i brevetti delle aziende quotate tendono ad essere più originali rispetto a quelli delle aziende finanziate, nonostante la differenza non sia estremamente marcata.



**Figura 3.22:** Percentuale di brevetti per indice di originalità

La media dell'indice di originalità per le aziende finanziate è 0.602, mentre per le aziende quotate è 0.619, come indicato nella Tabella 3.24 delle statistiche descrittive. Questo risultato è concorde con quanto visto nel grafico in Figura 3.22, indicando che, in media, i brevetti delle aziende quotate tendono a fondarsi su basi tecnologiche più ampie rispetto ai brevetti delle aziende finanziate.

**Tabella 3.24:** Statistiche descrittive dell'indice di originalità

	Conteggio	Media	Mediana	SD	Min	Max
Finanziate	27242	0.602	0.688	0.293	0	0.984
Quotate	33634	0.619	0.720	0.288	0	0.984
Totale	60876	0.611	0.710	0.290	0	0.984

Il t-test per campioni indipendenti con varianze uguali mostra che la differenza media tra le due categorie è statisticamente significativa, con una statistica t pari a -7.5431 e un p-value tendente a 0 (p-value  $\approx 0$ ). Gli intervalli di confidenza, illustrati nella Tabella 3.25, sono tra 0.5981 e 0.6051 per le imprese finanziate, e tra 0.6163 e 0.6225 per le imprese quotate.

**Tabella 3.25:** Intervallo di Confidenza al 95% della media dell'indice di originalità

	Limite Inferiore	Limite Superiore
Finanziate	0.5981476	0.6051082
Quotate	0.6163904	0.6225399
Combinare	0.6091773	0.6137887

In conclusione, i risultati ottenuti indicano che entrambe le categorie di imprese presentano un indice di originalità elevato, ma i brevetti delle aziende quotate tendono ad essere lievemente più originali rispetto a quelli delle aziende finanziate, suggerendo un maggior potenziale innovativo per le aziende quotate.

## Capitolo 4

# Conclusioni

In questo progetto di tesi è stata esaminata l'importanza della proprietà intellettuale, in particolare dei brevetti, come asset strategico e fonte di vantaggio competitivo per le aziende. La ricerca si è focalizzata sulle differenze tra le imprese finanziate da Venture Capital e quelle quotate in borsa. In particolare, è stato utilizzato un ampio campione di imprese con sede negli Stati Uniti e operanti in due settori ad alta intensità di ricerca e sviluppo, ovvero quello biotecnologico e quello farmaceutico. Attraverso un'analisi dettagliata di vari indicatori, tra cui citazioni, originalità e generalità dei brevetti, si è cercato di comprendere meglio come queste due tipologie di aziende utilizzino i brevetti per sostenere la loro crescita e innovazione.

I risultati ottenuti evidenziano che le aziende quotate tendono ad avere un numero significativamente maggiore di brevetti rispetto alle aziende finanziate da Venture Capital. Questo può essere attribuito a una disponibilità elevata di risorse finanziarie e infrastrutturali, che permettono alle aziende quotate di fare investimenti più consistenti in ricerca e sviluppo e di intraprendere progetti su scala più ampia. Di conseguenza, queste aziende dispongono di un portafoglio brevettuale più ampio e diversificato.

Gli indicatori di originalità e generalità analizzati mostrano che i brevetti delle aziende quotate tendono ad avere un maggiore impatto trasversale e una diversità nelle basi tecnologiche più ampia rispetto ai brevetti delle aziende finanziate da VC. Questo indica che le aziende quotate sono in grado di sviluppare innovazioni che trovano applicazioni in una vasta gamma di settori tecnologici. Inoltre, le società quotate tendono ad avere un numero più elevato di backward citations, indicando che queste imprese riconoscono l'importanza dello stato dell'arte e costruiscono su tecnologie esistenti per sviluppare ulteriori innovazioni.

In contrapposizione, i brevetti delle aziende finanziate da Venture Capital tendono ad avere un numero più alto di forward citations, indicando che queste innovazioni

sono frequentemente utilizzate come base per ulteriori sviluppi tecnologici. Questo è ulteriormente confermato dal maggiore impatto delle citazioni in avanti per le imprese finanziate, suggerendo che i loro brevetti potrebbero essere più influenti nel loro campo tecnologico specifico. Inoltre, le aziende finanziate da VC tendono ad avere un numero superiore di rivendicazioni per brevetto rispetto alle aziende quotate, suggerendo una maggiore complessità e valore economico delle loro invenzioni. Tuttavia, questa tendenza potrebbe essere parzialmente influenzata da strategie di brevettazione aggressive volte a massimizzare la protezione legale delle loro innovazioni, piuttosto che da una effettiva superiorità tecnologica.

L'analisi empirica conferma quindi che i venture capitalist sono particolarmente efficaci nel selezionare e sostenere tecnologie emergenti promettenti, come dimostrato dal maggiore impatto delle forward citations e dal numero di rivendicazioni nei brevetti delle imprese finanziate. Al contempo, le società quotate tendono a basare le loro innovazioni su tecnologie consolidate e mature, e a sviluppare invenzioni con un'ampia applicabilità, come evidenziato dalle backward citations e dagli alti indici di originalità e generalità. Queste differenze nelle strategie di investimento e nella gestione dei portafogli brevettuali delineano i diversi ruoli che venture capitalist e società quotate giocano nell'ecosistema dell'innovazione, contribuendo in modo complementare al progresso tecnologico e allo sviluppo economico.

In conclusione, la ricerca ha confermato l'importanza della proprietà intellettuale e dei brevetti per le aziende, evidenziando come le differenze nelle risorse e nelle strategie di finanziamento possano influenzare significativamente la capacità di innovazione e il potenziale competitivo delle imprese. Le aziende quotate, con la loro maggiore disponibilità di risorse, tendono a dominare in termini di quantità e diversificazione dei brevetti, mentre le aziende finanziate da Venture Capital mostrano una capacità di produrre brevetti con un impatto significativo. Questi risultati possono offrire spunti preziosi per le strategie di gestione della proprietà intellettuale e delle risorse di ricerca e sviluppo nelle aziende.

Comprendere l'importanza della proprietà intellettuale e adottare strategie di brevettazione efficaci può fare la differenza tra successo e insuccesso nel mercato competitivo odierno. Al contempo, gli indicatori brevettuali possono essere utilizzati come metriche chiave per valutare il potenziale innovativo e il valore di mercato delle aziende, fornendo un mezzo utile per gli investitori per identificare le imprese con le migliori prospettive di crescita.

# Bibliografia

- Aizenman, J., & Kendall, J. (2008). *The internationalization of venture capital and private equity*. <https://doi.org/10.3386/w14344>
- Balboa, M., Martí, J., & Tanaka, Á. T. (2016). Are firms accessing venture funding more financially constrained? New evidence from capital structure adjustments. *The European Journal of Finance*, *23*(3), 243–265. <https://doi.org/10.1080/1351847x.2016.1151803>
- Baum, J. a. C., & Silverman, B. S. (2004). Picking winners or building them? Alliance, intellectual, and human capital as selection criteria in venture financing and performance of biotechnology startups. *Journal of Business Venturing*, *19*(3), 411–436. [https://doi.org/10.1016/s0883-9026\(03\)00038-7](https://doi.org/10.1016/s0883-9026(03)00038-7)
- Bertoni, F., Colombo, M. G., & Quas, A. (2015). The patterns of venture capital investment in Europe. *Small Business Economics*, *45*(3), 543–560. <https://doi.org/10.1007/s11187-015-9662-0>
- Chen, Y.-S., & Chang, K.-C. (2010). The relationship between a firm's patent quality and its market value — The case of US pharmaceutical industry. *Technological Forecasting and Social Change*, *77*(1), 20–33. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.06.003>
- Cheng, Y., Huang, L., Ramlogan, R., & Li, X. (2017). Forecasting of potential impacts of disruptive technology in promising technological areas: Elaborating the SIRS epidemic model in RFID technology. *Technological Forecasting and Social Change*, *117*, 170–183. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.12.003>
- Coates, V. T., Farooque, M., Klavans, R., Lapid, K., Linstone, H. A., Pistorius, C., & Porter, A. L. (2001). On the Future of Technological Forecasting. *Technological Forecasting and Social Change*, *67*(1), 1–17. [https://doi.org/10.1016/s0040-1625\(00\)00122-0](https://doi.org/10.1016/s0040-1625(00)00122-0)
- Cumming, D. J. (2005). Agency costs, institutions, learning, and taxation in venture capital contracting. *Journal of Business Venturing*, *20*(5), 573–622. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2003.07.001>
- Dismukes, J. P., Miller, L. K., Bers, J. A., & McCreary, W. N. (2005). Technologies of Thinking seen key to accelerated radical innovation. *Research Technology Management*, *48*(4), 2. <https://www.questia.com/library/journal/1G1-13391139/technologies-of-thinking-seen-key-to-accelerated>

- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy*, 11(3), 147–162. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6)
- Dosi, G., Marengo, L., Staccioli, J., & Virgillito, M. E. (2023). Big Pharma and monopoly capitalism: A long-term view. *Structural change and economic dynamics*, 65, 15–35. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2023.01.004>
- EPO. (2018). *IP Basics. Intellectual Property Teaching Kit*.
- Gambardella, A., Harhoff, D., & Verspagen, B. (2008). The value of European patents. *European Management Review*, 5(2), 69–84.
- Gilsing, V., Nooteboom, B., Vanhaverbeke, W., Duysters, G., & Van Den Oord, A. A. (2008). Network embeddedness and the exploration of novel technologies: Technological distance, betweenness centrality and density. *Research Policy*, 37(10), 1717–1731. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.08.010>
- Gompers, P. A., Gornall, W., Kaplan, S. N., & Strebulaev, I. A. (2020). How do venture capitalists make decisions? *Journal of Financial Economics*, 135(1), 169–190. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2019.06.011>
- Gompers, P. A., Kovner, A., & Lerner, J. (2009). Specialization and Success: Evidence from Venture Capital. *Journal of Economics & Management Strategy*, 18(3), 817–844. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9134.2009.00230.x>
- Gompers, P. A., & Lerner, J. (1998). What drives venture capital fundraising? *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.57935>
- Gompers, P. A., & Lerner, J. (2001). The venture capital revolution. *Journal of Economic Perspectives*, 15(2), 145–168. <https://doi.org/10.1257/jep.15.2.145>
- Griliches, Z. (1981). Market value, R&D, and patents. *Economics Letters*, 7(2), 183–187. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(87\)90114-5](https://doi.org/10.1016/0165-1765(87)90114-5)
- Guellec, D., & de la Potterie, B. v. P. (2001). The internationalisation of technology analysed with patent data. *Research Policy*, 30(8), 1253–1266.
- Haeussler, C., Harhoff, D., & Mueller, E. (2009). To Be Financed or Not... - The Role of Patents for Venture Capital Financing. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1393725>
- Hall, B. H., Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. (2005). Market value and patent citations. *The RAND Journal of Economics*, 36(1), 16–38. [https://eml.berkeley.edu/~bhhall/papers/HallJaffeTrajtenberg\\_RJEjan04.pdf](https://eml.berkeley.edu/~bhhall/papers/HallJaffeTrajtenberg_RJEjan04.pdf)
- Harhoff, D., Narin, F., Scherer, F. M., & Vopel, K. (1999). Citation frequency and the value of patented inventions. *Review of Economics and statistics*, 81(3), 511–515.
- Harhoff, D., Scherer, F. M., & Vopel, K. (2003). Citations, family size, opposition and the value of patent rights. *Research policy*, 32(8), 1343–1363. [https://doi.org/10.1016/s0048-7333\(02\)00124-5](https://doi.org/10.1016/s0048-7333(02)00124-5)
- Hicks, D., Breitzman, A., Hamilton, K., & Narin, F. (2000). Research excellence and patented innovation. *Science and public policy/Science & public policy*, 27(5), 310–320. <https://doi.org/10.3152/147154300781781805>

- Hoenig, D., & Henkel, J. (2015). Quality signals? The role of patents, alliances, and team experience in venture capital financing. *Research Policy*, 44(5), 1049–1064. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.11.011>
- Jaffe, A. B., Trajtenberg, M., & Henderson, R. (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *the Quarterly journal of Economics*, 108(3), 577–598.
- Kortum, S., & Lerner, J. (2000). Assessing the contribution of venture capital to innovation. *The RAND Journal of Economics*, 31(4), 674. <https://doi.org/10.2307/2696354>
- Li, X., & Zhao, Y.-J. (2022). Research on the Impact of Venture Capital Strategy on Enterprise Innovation Performance: Based on evidence of investment timing and rounds. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.935441>
- Li, Y., & Liu, B. (2007). A normalized Levenshtein distance metric. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 29(6), 1091–1095. <https://doi.org/10.1109/tpami.2007.1078>
- Luukkonen, T., Deschryvere, M., & Bertoni, F. (2013). The value added by government venture capital funds compared with independent venture capital funds. *Technovation*, 33(4–5), 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2012.11.007>
- Mann, R. J., & Sager, T. W. (2007). Patents, venture capital, and software start-ups. *Research Policy*, 36(2), 193–208. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.10.002>
- Munari, F., & Oriani, R. (2011). The economic valuation of patents. In *Edward Elgar Publishing eBooks*. <https://doi.org/10.4337/9780857936516>
- Munari, F., & Toschi, L. (2014). Do patents affect VC financing? Empirical evidence from the nanotechnology sector. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 11(3), 623–644. <https://doi.org/10.1007/s11365-013-0295-y>
- Noh, H., Song, Y., & Lee, S. (2016). Identifying emerging core technologies for the future: Case study of patents published by leading telecommunication organizations. *Telecommunications Policy*, 40(10–11), 956–970. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.04.003>
- Oecd. (2009). *OECD Patent Statistics Manual*. OECD Publishing.
- Podolny, J. M., Stuart, T. E., & Hannan, M. T. (1996). Networks, knowledge, and niches: Competition in the worldwide semiconductor industry, 1984–1991. *American journal of sociology*, 102(3), 659–689.
- Rotolo, D., Hicks, D., & Martin, B. R. (2015). What is an emerging technology? *Research Policy*, 44(10), 1827–1843. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.06.006>
- Sahu, Nath & Banerjee. (2009). Trends in private equity and venture capital investments with special focus on the booming India growth story. *Journal of International Commercial Law and Technology*, 4(2), 128–142.

- Sandner, P. (2009, gennaio). Trademark filing strategies and their valuation: creating, hedging, modernizing, and extending brands. In *Gabler eBooks* (pp. 73–142). [https://doi.org/10.1007/978-3-8349-8393-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-8349-8393-0_4)
- Strumsky, D., & Lobo, J. (2015). Identifying the sources of technological novelty in the process of invention. *Research Policy*, *44*(8), 1445–1461. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.05.008>
- Trajtenberg, M. (1990). A penny for your quotes: patent citations and the value of innovations. *The Rand journal of economics*, *21*(1), 172. <https://doi.org/10.2307/2555502>
- Trippe. (2015). *Guidelines for preparing Patent Landscape Reports*. WIPO.
- Vásquez, L. A., & Gutiérrez, M. P. D. (2014). Private equity y venture capital: Diferenciación y principales características. *CLIO América*, *8*(16), 173. <https://doi.org/10.21676/23897848.1351>
- Venture Capital - Glossario finanziario - Borsa Italiana. (n.d.). <https://www.borsaitaliana.it/borsa/glossario/venture-capital.html>
- WIPO. (2023). Patent Cooperation Treaty Yearly Review 2023. *WIPO*. <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-901-2023-en-patent-cooperation-treaty-yearly-review-2023.pdf>
- Yetisen, A. K., Volpatti, L. R., Coşkun, A. F., Cho, S., Kamrani, E., Butt, H., Khademhosseini, A., & Yun, S. H. (2015). Entrepreneurship. *Lab on a Chip*, *15*(18), 3638–3660. <https://doi.org/10.1039/c5lc00577a>
- Yoon, B., & Magee, C. L. (2018). Exploring technology opportunities by visualizing patent information based on generative topographic mapping and link prediction. *Technological Forecasting and Social Change*, *132*, 105–117. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.019>
- Zhang, L., Guo, Y., & Sun, G. (2019). How patent signals affect venture capital: The evidence of bio-pharmaceutical start-ups in China. *Technological Forecasting and Social Change*, *145*, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.013>