

# **POLITECNICO DI TORINO**

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale**

**Tesi di Laurea Magistrale**  
**Analisi brevettuale del settore 3D printing**



**Relatore**  
Prof.ssa Elisa Ughetto

**Candidato**  
Francesco Lo Presti

Anno Accademico 2018/2019



## **Abstract**

I giornali e gli esperti internazionali hanno definito la stampa 3D come la rivoluzione industriale di questo secolo; negli ultimi anni, infatti, la tecnologia del 3D printing ha permesso di creare oggetti praticamente in ogni settore: gioielleria, arte, automotive, medicina e molti altri. La spinta innovativa portata da questa nuova tecnologia va, però, oltre la realizzazione di oggetti. La produzione industriale sta infatti cambiando la concezione del proprio essere. Questo elaborato, col quale si concluderà il mio percorso di studi universitari, ricco di tante nuove conoscenze ed esperienze, ha lo scopo di fornire un quadro generale delle caratteristiche e dell'applicazione del 3D printing, partendo dall'analisi dei brevetti pubblicati dalle imprese, analizzando, contemporaneamente, l'impatto che ha scatenato e che continuerà a scatenare e seguendone l'evoluzione. L'introduzione, che apre la tesi, insieme al Capitolo 2 "I brevetti e Il Manuale Wipo", si soffermano sulla definizione dei brevetti e sulle loro caratteristiche riguardo le varie tipologie, la natura, il percorso, i richiedenti. Il Capitolo 3 pone l'attenzione sull'Additive manufacturing, come appunto la tecnologia del futuro: l'obiettivo è di fornire le conoscenze di base necessarie per proseguire l'exkursus. Partendo dalla definizione di 3D printing, si analizzeranno le fasi principali del processo di stampa 3D: le protagoniste saranno le tecniche di produzione più diffuse (di cui si evidenzieranno i pro ed i contro) e i materiali utilizzati, nonché i costi legati a questo tipo di stampa e i benefici che questa comporta. Il capitolo 4 espone la strategia di ricerca da me utilizzata per estrapolare i dati che sono stati analizzati nel capitolo 5. Il capitolo 6 fornisce un'ulteriore analisi, più approfondita, sulle 4 imprese chiave nel settore e sulla loro storia. Sulla base dei dati raccolti e consultando la letteratura sull'argomento, ho tratto le mie conclusioni al riguardo nell'ultimo capitolo del mio elaborato.

# Indice

<b>1. Introduzione</b>	<b>iv</b>
<b>2. I Brevetti e il Manuale WIPO</b>	<b>1</b>
<b>3. Additive Manufacturing: una visione d'insieme</b>	<b>8</b>
3.1. PRINCIPALI TECNICHE DI ADDITIVE MANUFACTURING	10
3.1.1. <i>Vat Photopolymerization (Stereolitografia)</i>	10
3.1.2. <i>Powder Bed Fusion (Sinterizzazione)</i>	11
3.1.3. <i>Material Extrusion (FDM) o Fused Deposition Modelling</i>	12
3.1.4. <i>Material Jetting (Poly/Multi-jet)</i>	13
3.1.5. <i>Binder Jetting (3D Printing)</i>	13
3.1.6. <i>Sheet Lamination (LOM) Laminated Object Manufacturing</i>	14
3.1.7. <i>Direct Energy Deposition (Electrobeam melting) Direct Metal Laser Sintering (DMLS)</i>	14
<b>4. Strategia di ricerca</b>	<b>16</b>
4.1. SEGMENTAZIONE TECNICA	20
<b>5. Analisi dei dati</b>	<b>23</b>
5.1. PUBBLICATION TREND	23
5.2. DATI SULLE IMPRESE	24
5.3. I BREVETTI NEL MONDO	28
5.4. TECHNOLOGIES	31
5.5. MATERIALS	34
5.6. APPLICATIONS	37
<b>6. Portfolio analysis for key 3D printing companies</b>	<b>40</b>
6.1. GENERAL ELECTRIC	40
6.1.1. <i>Publication Trend</i>	41
6.1.2. <i>Applications</i>	42
6.1.3. <i>Materials</i>	43
6.1.4. <i>Technologies</i>	43
6.1.5. <i>Forward Citation Analysis</i>	44
6.2. HP INC	45
6.2.1. <i>Publication Trend</i>	46
6.2.2. <i>Applications</i>	47
6.2.3. <i>Materials</i>	47
6.2.4. <i>Technologies</i>	48
6.2.5. <i>Forward Citation Analysis</i>	48
6.3. STRATASYS	50
6.3.1. <i>Publication Trend</i>	50
6.3.2. <i>Applications</i>	51
6.3.3. <i>Materials</i>	51
6.3.4. <i>Technologies</i>	52
6.3.5. <i>Forward Citation Analysis</i>	53
6.4. 3D SYSTEMS	54
6.4.1. <i>Publication Trend</i>	54
6.4.2. <i>Applications</i>	55
6.4.3. <i>Materials</i>	55
6.4.4. <i>Technologies</i>	56
6.4.5. <i>Forward Citation Analysis</i>	57
<b>7. Conclusioni</b>	<b>58</b>

<b>Appendice</b>	<b>60</b>
APPLICATIONS	60
TECHNOLOGIES	62
MATERIALS	64
COMPANIES – KEY STATICS	66
INVENTORS – KEY STATICS	70
<b>Bibliografia</b>	<b>73</b>
<b>Ringraziamenti</b>	<b>75</b>

## 1. Introduzione

Il brevetto è un titolo giuridico attraverso il quale l'ordinamento tutela la proprietà intellettuale del titolare. Infatti, il titolare gode del diritto esclusivo all'uso dell'invenzione e, senza la sua autorizzazione, non è possibile utilizzare, diffondere, rivendicare il titolo di proprietà. Pertanto, esso ha un valore aziendale ad esso associato. Ottenere un brevetto ha un costo non indifferente. Per tali costi, il brevetto è un eccezionale strumento commerciale per le imprese che consente di proteggere i propri investimenti in innovazione e ricerca, evitando l'utilizzo gratuito da parte di altri e, inoltre, di procurare risorse economiche aggiuntive attraverso l'amministrazione economica dei suoi diritti d'uso. Qualora il proprietario del brevetto ritenga che la sua idea venga violata, può avviare un contenzioso sotto forma di violazione di brevetto causa. Ma un'azione legale può anche essere avviata dalle organizzazioni che ritengono di poter essere citate in giudizio per violazione di brevetto e che ritengono che i brevetti in questione non siano validi o che la loro organizzazione non li violi.

Per la natura critica dei documenti di brevetto e delle informazioni ad essi associati, **i rapporti relativi alle informazioni sui brevetti** vengono utilizzati in una varietà di contesti aziendali diversi. Non esiste un'unica definizione o comune comprensione per un **report sulla panoramica brevettuale**. Vi sono vari approcci che comprendono anche elementi di libertà di operare e altri dati non relativi ai brevetti, come analisi di mercato, mentre altri che indicano che un panorama brevettuale è identico a una mappa dei brevetti.

Normalmente un report sulla panoramica brevettuale cerca di rispondere a specifiche politiche o domande pratiche e di presentare informazioni complesse su questa attività in modo chiaro e accessibile. L'industria ha a lungo utilizzato questi report per prendere decisioni strategiche su investimenti, direzioni di ricerca e sviluppo, attività dei concorrenti e libertà di operare nell'introduzione di nuovi prodotti. Ora, i responsabili delle politiche pubbliche si rivolgono sempre più alle panoramiche brevettuali per costruire una base fattuale, prima di prendere in considerazione le questioni politiche di alto livello, specialmente in settori come la salute, la sicurezza alimentare e l'ambiente.

## 2. I Brevetti e il Manuale WIPO

A questo punto è doveroso fare un excursus sui brevetti, partendo dalla loro definizione, come tipo di proprietà intellettuale; verranno inoltre esaminati da vicino i vari tipi e le parti dei documenti, specialmente quelli utilizzati nella generazione di PLR, le fonti di informazioni sui brevetti (database) e incluse nel manuale WIPO.

Le informazioni raccolte in questo capitolo sono tratte da “Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports” (Trippe, 2015).

Va innanzitutto detto che le fonti di informazione primaria usate per stilare un report sulla panoramica brevettuale (PLR) provengono principalmente da documenti ufficiali di brevetto e dalla letteratura scientifica brevettuale. Di fondamentale importanza, anche per la varietà delle politiche di pubblicazione messe in atto dalle varie giurisdizioni, è la comprensione generale delle informazioni che un brevetto porta con sé. Partiamo, intanto, dalla **definizione di “brevetto”**. *“I brevetti sono diritti di proprietà intellettuale per la protezione di un'invenzione nei territori di singole giurisdizioni che possono essere concessi in cambio della divulgazione dell'invenzione”* (Trippe, 2015, pp. 10). Di solito la legislazione definisce i diritti di proprietà intellettuale, sia dei brevetti, appunto, che di modelli di utilità. *“Il modello di utilità, nel diritto industriale, è una forma nuova di un prodotto industriale che dà al prodotto stesso una particolare efficacia o comodità di applicazione o di impiego. I modelli di utilità sono tutelati da una particolare forma di brevetto, definito brevetto per modello di utilità”* (“Modello di utilità”, 2019). Essa utilizza anche diverse definizioni, oltre a quella di brevetto: “brevetto petit”, “certificato degli inventori”. Sono diverse le “carte” internazionali che si occupano di tali diritti, al fine di proteggere le varie invenzioni e, spesso, col termine “brevetto” includono tutti i vari diritti e strumenti. Ricordiamo, inoltre, che esiste un vademecum, il Manuale di proprietà intellettuale dell'OMPI – Organizzazione Mondiale per la Proprietà Intellettuale (o WIPO), sul sistema dei brevetti. Tra le varie giurisdizioni, in base al foro competente, variano non solo le norme per la richiesta di un brevetto e per la gestione delle domande stesse, ma anche gli argomenti brevettabili. In ogni caso, la maggior parte delle giurisdizioni dispone di un sistema con esame sostanziale dove viene valutato il rispetto delle condizioni per la brevettabilità, quali ad esempio: la novità, l'inventiva, l'applicabilità industriale o la replicabilità. Nei sistemi con esame sostanziale, si distinguono due fasi di perseguimento: pre e post concessione. Distinzione che non viene applicata per le altre giurisdizioni senza esame sostanziale. In base alla giurisdizione, per una stessa domanda di brevetto, in varie fasi del ciclo di vita della stessa, vengono pubblicati diversi documenti. Queste pubblicazioni costituiscono la cosiddetta **famiglia di brevetti domestici**. *“Per la maggior parte delle autorità le domande di brevetto vengono pubblicate per la prima volta 18 mesi dopo la data di priorità o di deposito, anche se non sono ancora state concesse. Se avviene la concessione, un'altra pubblicazione segue la prima, che include le rivendicazioni concesse dall'autorità di brevetto”* (Trippe, 2015, pp. 11). Ci sono anche casi nei quali la pubblicazione del brevetto, in date giurisdizioni, avviene solo a seguito della concessione dello stesso e quindi, qualora non avvenisse la concessione o il depositario ritirò la domanda, le domande di brevetto in sospeso potrebbero non essere mai essere conosciute.

Non sempre tutte le parti di un brevetto vengono pubblicate. In alcune giurisdizioni, infatti, viene varata una notifica in un bollettino o nella gazzetta. Quando accade questo,

la divulgazione avviene dopo la pubblicazione di tale notifica. È importante comprendere **la differenza tra la pubblicazione ufficiale di documenti di brevetto o in gazzetta e rendere disponibili al pubblico almeno parti di applicazioni** o altri documenti. Alcune giurisdizioni non pubblicano tutte le parti di un'applicazione o un brevetto concesso, ma piuttosto la notifica in un bollettino o nella gazzetta. In tali casi, la divulgazione e le richieste diventano pubblicamente accessibili dopo la pubblicazione della notifica. Qualsiasi documento pubblicato è identificato da un numero di pubblicazione univoco e ha un contenuto fissato alla data di pubblicazione. Alcune giurisdizioni differenziano le successive pubblicazioni della stessa domanda codificandole come parte del codice di pubblicazione della prima: è il caso dell'European Patent Office. Tuttavia, in altre giurisdizioni, pubblicazioni appartenenti alla stessa famiglia domestica, vengono codificate in maniera del tutto differente dal codice della prima pubblicazione (United States Patent Office o Japan Patent Office). Ciò che lega questi brevetti è il rispettivo codice di tipo. Il processo di generazione del diritto di brevetto comincia dall'Ufficio di Primo Deposito (Office of First Filing o OFF), solitamente l'OMPI, nel quale appunto avviene il primo deposito di una domanda brevettuale. Spesso susseguono successivi depositi della stessa invenzione in altri uffici per ottenere protezione in più giurisdizioni; questi vengono chiamati Uffici di Secondo Deposito (Office of Second Filing o OSF). Queste successive integrazioni danno inizio alla prima creazione di famiglie di brevetti e a relazioni tra membri della stessa famiglia. Come detto in precedenza, nonostante alcune autorità mantengano la domanda di brevetto segreta fino al momento in cui avvenga la concessione, la maggior parte pubblica le domande di brevetto 18 mesi dopo la data di deposito o, se l'ufficio è un OSF, la data di priorità. Infatti, *“Chiunque abbia regolarmente depositato una domanda di brevetto d'invenzione o di modello di utilità in uno degli stati facenti parte della Convenzione di Parigi può fruire durante i successivi dodici mesi di un diritto di priorità per effettuare il deposito di una domanda di brevetto internazionale riguardante la medesima invenzione mantenendo all'estero la stessa data di validità nazionale”* (“Brevettare all'estero”, n.d.).

Le pubblicazioni provenienti da queste ultime autorità vengono chiamate pubblicazioni di pre-concessione e, come dice la parola stessa, nella loro forma attuale, non rappresentano ancora un diritto concesso e addirittura potrebbero non ottenere mai tale concessione. Può capitare infatti che, a seguito dell'azione penale, per svariati motivi, le domande di brevetto possano essere ritirate o abbandonate. Forniscono però indizi importanti sull'intenzione delle aziende depositarie ad investire in un determinato settore o su una determinata tecnologia, infatti, l'ambiente attorno a una tecnologia può cambiare se la domanda di brevetto viene concessa. Le pubblicazioni di pre-concessione possono comprendere pubblicazioni separate di rapporti di ricerca o correzioni. Molto spesso le pubblicazioni di OSF sono completamente equivalenti alle pubblicazioni di OFF o semplici traduzioni. Quando una domanda di brevetto viene abbandonata, il suo contenuto diventa di dominio pubblico della giurisdizione quindi, supponendo la non esistenza di altri brevetti concessi sullo stesso argomento, può essere utilizzato da altri. I brevetti di pre-concessione rappresentano anche uno strumento di difesa utilizzato dalle imprese per prevenire che altre concorrenti possano ottenere brevetti sui materiali tecnici descritti sulla domanda. L'intento quindi non è quello di ottenere protezione brevettuale.

**Il Patent Cooperation Treaty (PCT)** è un tipo speciale di applicazione brevettuale che ha effetto in 148 giurisdizioni, consente al richiedente che mostra intenzione di voler pubblicare in più giurisdizioni, di prendere una decisione informata per depositare nei paesi nei quali cercherà protezione. Una volta depositata un'unica domanda presso un ufficio ricevente del sistema PCT, infatti, si riceverà un'opinione scritta da parte di



un'autorità di ricerca internazionale del sistema PCT assieme ad una ricerca supplementare internazionale o anche un esame che valuti la brevettabilità. Il richiedente ha un periodo di 30 mesi per ottenere protezione nelle giurisdizioni dei paesi membri, ottenendo quindi più tempo per valutare la fattibilità commerciale dell'invenzione e ritardando i considerevoli costi associati al perseguimento del procedimento giudiziario in tali giurisdizioni. Gestendo il trattato di cooperazione in materia di brevetti e i relativi servizi è l'Organizzazione mondiale della proprietà intellettuale (OMPI) a pubblicare le domande di brevetto PCT (anche denominate documenti WO). Per questa ragione l'OMPI viene spesso utilizzata come Ufficio di Secondo Deposito quando il depositario ha intenzione di cercare protezione su scala più globale. Le applicazioni PCT contengono informazioni importanti da tenere in considerazione quando si vuole scrivere un Patent Landscape. Di grande importanza sono anche i brevetti concessi. La concessione, infatti, a differenza delle domande non esaminate, asserisce che l'invenzione descritta nella domanda è effettivamente nuova rispetto alla preesistente tecnica nota. Solitamente, i brevetti concessi sono identificati da uno specifico codice di tipo, mostrato come parte del numero di pubblicazione. Le pubblicazioni possono avvenire per ragioni di vario tipo: ci sono pubblicazioni a seguito di riesami o perché terzi hanno avviato procedure di opposizione a seguito della pubblicazione della concessione. Questo può portare infatti a una nuova pubblicazione che restringe il campo di protezione. Vengono apportate modifiche ai così detti reclami (*claims*); possono essere ancora apportate modifiche dovute a correzioni di errori matematici o tipografici. Come già detto, a diverse fasi di pubblicazione di un'applicazione corrispondono solitamente distinti codici di tipo (ad es. A1, A2, A3, B1...) che fanno parte dei numeri di pubblicazione del documento.

Nonostante il WIPO Standard preveda una standardizzazione per questi codici di tipo, altre autorità di brevetto non fanno fede a questa standardizzazione e diversi codici possono cambiare nel tempo.

### Definiamo ora quali sono i **componenti dei documenti di un brevetto**.

Le componenti maggiori sono costituite da una pagina iniziale con dati bibliografici, una descrizione (Divulgazione) e una sezione Reclami. All'interno di ciascuna di queste sezioni sono presenti sottosezioni che forniscono informazioni specifiche. Una sezione aggiuntiva di disegni è facoltativa, ma spesso inclusa per illustrare la descrizione e facilitare l'interpretazione delle affermazioni. In alcune giurisdizioni, la pubblicazione di un'applicazione include inoltre un rapporto di ricerca come ulteriore sezione di un documento di brevetto. Analizziamo la Pagina iniziale e i dati bibliografici (Metadati). Come recita il manuale dell'OMPI, *“consistono nei dati che figurano solitamente nella prima pagina di un documento di brevetto o di disegno industriale o registrazioni di marchi. Sono dati di identificazione dei documenti, dati sul deposito interno della domanda, dati sulla priorità, sulla pubblicazione, di classificazione e altri dati concisi relativi al contenuto tecnico del documento o dell'iscrizione nel bollettino ufficiale”* (Trippe, 2015, pp. 16). INID è l'acronimo di “Internationally agreed Numbers for the Identification of Data”, uno standard internazionale sviluppato dal WIPO per i dati bibliografici. Concordato a livello internazionale, consiste in codici numerici assegnati a dati bibliografici relativi a documenti di proprietà industriale e stampati sia nella pagina iniziale del brevetto che in Gazzetta Ufficiale. Vediamo ora chi sono i **richiedenti** della concessione di brevetto. Sempre secondo il manuale dell'OMPI: *“il richiedente è l'entità o la persona che presenta ("file") una domanda per la concessione di un diritto di proprietà industriale (ad esempio, una domanda di brevetto o una domanda di registrazione di un marchio) in un ufficio di proprietà industriale o a nome di un agente (rappresentante) che archivia una tale applicazione”* (Trippe, 2015, pp.17). Si vince

che il richiedente non è necessariamente l'inventore, ma può anche essere il dipendente o la persona a cui l'inventore ha assegnato il proprio diritto all'invenzione (assegnatario). Normalmente questa sarà una società o un'organizzazione, ma può essere l'inventore stesso quando i diritti associati all'invenzione non vengono trasferiti o assegnati a un'altra entità. È il richiedente che rappresenta il proprietario di un brevetto ed è con lui che dovranno essere condotte le trattative per i diritti associati all'invenzione. Durante il ciclo di vita di una domanda di brevetto possono avvenire dei cambiamenti, marginali nel caso di correzioni ortografiche di nomi, ma possono anche cambiare totalmente ogni qualvolta vengono trasferiti i diritti dell'invenzione.

**Chi è l'inventore?** Sempre secondo il manuale WIPO *“egli è la persona che è l'autore di un'invenzione. Ai sensi dell'articolo 4 ter della Convenzione di Parigi, l'inventore ha il diritto di essere menzionato come tale nel brevetto”* (Trippe, 2015, pp. 18). L'inventore è colui il quale è responsabile dello sforzo intellettuale associato all'invenzione. Il nome dell'inventore (o degli inventori), oltre ad essere scritto per intero, a differenza di quello dell'assegnatario, non cambia durante il corso di vita del brevetto se non marginalmente per correggere errori ortografici, quando presenti. È possibile che vengano aggiunti dei nomi alla lista degli inventori quando si è in presenza di una domanda che rivendica la priorità di una domanda precedente se presenti argomenti inventivi che hanno coinvolto gli stessi. **Le tre date** più significative relative ai brevetti sono: **la priorità, il deposito e le date di pubblicazione**. La data di deposito o di applicazione è determinata dall'autorità di brevetto che riceve la domanda se sono soddisfatti determinati requisiti minimi, diversi da una giurisdizione all'altra. Questa può quindi differire dalla data in cui il richiedente presenta la domanda all'autorità di brevetto. La data di priorità corrisponde alla data di deposito di una domanda precedente se il richiedente rivendica la priorità di tale domanda anteriore. Un'altra data importante è la data di pubblicazione, che è la data in cui viene pubblicato un documento di brevetto. Lo studio delle date fornisce un'indicazione su quando sono state sviluppate le invenzioni e su quanto tempo è occorso per i miglioramenti e per le modifiche.

Il nostro excursus continua con la **classificazione**. Dal Manuale WIPO *“La classificazione è un sistema specifico che suddivide la tecnologia in unità distinte, mediante un simbolo definito che designa l'unità in cui cade l'invenzione e che solitamente è stampato sulla prima pagina del corrispondente documento brevettuale, registrato nelle banche dati. “Classificare”, dunque, un documento brevettuale significa determinare quella suddivisione di un sistema di classificazione a cui l'invenzione rivendicata nel suddetto documento appartiene e ad assegnare ad essa un simbolo di classificazione”* (Trippe, 2015, pp.19). La classificazione internazionale dei brevetti (IPC) è stata creata nel 1968 e oggi è applicata ai brevetti di quasi tutte le giurisdizioni in tutto il mondo. Ogni autorità di certificazione è tenuta a classificare le domande presentate nella sua giurisdizione. La classificazione da parte dell'autorità editoriale non impedisce, tuttavia, ad altre autorità di riclassificare queste pubblicazioni quando le aggiungono al loro file di ricerca. L'IPC è regolarmente rivisto per includere nuove tecnologie o per dividere i posti di classificazione esistenti in diverse sotto-unità con un ambito più ristretto. I simboli di classificazione sono quindi generalmente accompagnati da indicatori di versione. Nel contesto dei PLR, i codici di classificazione rappresentano concetti predefiniti per descrivere le caratteristiche tecniche o gli attributi associati a un'invenzione. Va sottolineato che durante la prosecuzione di una domanda di brevetto, un esaminatore potrà cercare la tecnica anteriore relativa alla novità, all'ovvietà o a una fase inventiva, associata a un'invenzione.

Se viene scoperto un riferimento, solitamente con un rapporto di ricerca che

accompagna il documento, viene inserita una citazione all'interno del documento durante le diverse fasi di pubblicazione. Queste citazioni sono inserite nella pagina iniziale del documento di brevetto assieme alla tecnica anteriore identificata. Per la loro natura, le citazioni implicano relazioni tecnologiche tra diversi documenti.

Le citazioni possono essere in avanti o indietro e si fa riferimento ad un documento radice.

In particolare, se il documento radice cita altri documenti o se stesso, queste vengono identificate come citazioni precedenti: sono riferimenti che hanno preceduto o sono stati pubblicati prima del documento radice. Se invece qualsiasi documento più recente fa riferimento al documento radice, viene definito citazione per il documento radice. La **descrizione** dell'invenzione *“è una delle parti essenziali di alcuni tipi di documenti di brevetto. Solitamente specifica il campo tecnico a cui si riferisce l'invenzione, include un breve sommario del background tecnico dell'invenzione e descrive le caratteristiche essenziali dell'invenzione con riferimento a qualsiasi disegno accluso”* (Trippe, 2015, pp. 21). Per il manuale WIPO la **rivendicazione** (claim) consiste nella *“parte di un documento di brevetto che definisce la questione per la quale è richiesta o concessa la protezione”* (Trippe, 2015, pp.22). Ogni domanda di brevetto deve includere almeno una **rivendicazione**. La prima rivendicazione prende il nome di rivendicazione principale e dovrebbe contenere le caratteristiche tecniche dell'invenzione necessarie a risolvere il problema tecnico che ha portato alla nascita dell'invenzione stessa. Poi abbiamo le cosiddette **rivendicazioni dipendenti**, che fanno riferimento alla rivendicazione principale, ma forniscono determinati vantaggi aggiuntivi. Se, invece, vi sono altri modi alternativi di applicare o realizzare l'invenzione, nella maggior parte delle giurisdizioni, questi vengono racchiusi nelle **rivendicazioni indipendenti**, non riferite ad altre rivendicazioni e in aggiunta alla rivendicazione principale. L'esistenza di queste rivendicazioni è possibile ad esempio quando l'invenzione non riguarda solo un dispositivo o un prodotto, ma anche un metodo o un processo che sono basati sullo stesso concetto inventivo. È compito dell'esaminatore determinare fin dove si estendono le caratteristiche tecniche dell'oggetto rivendicato e fino a che punto le caratteristiche tecniche dell'invenzione, come definita nelle rivendicazioni, appartengano o meno alla tecnica anteriore. Le rivendicazioni possono evolvere nel corso del processo di esame. Molto spesso, infatti, le rivendicazioni di un documento concesso sono leggermente diverse da quelle dei documenti precedenti; può succedere che un richiedente aggiunga o sostituisca elementi inseriti nella parte descrittiva per far superare le obiezioni dell'esaminatore.

Ci sono poi una serie di informazioni aggiuntive che i brevetti portano con sé associate allo sviluppo del documento stesso. Solitamente non tutte queste informazioni vengono prese in considerazione per la stesura dei PLR. Molte di queste vengono estrapolate solo se si ha necessità di un dettaglio specifico. Informazioni che possono essere trovate in gran parte nei registri nazionali associati al perseguimento di un documento di brevetto. Le informazioni pubblicamente disponibili riguardanti le domande di brevetto, dal momento in cui cominciano la procedura di concessione, passando anche per le opposizioni, sono contenute nel registro europeo dei brevetti e, mentre la maggior parte delle autorità mantengono queste informazioni in un unico posto, gli Stati Uniti possiedono tre diversi database nei quali depositano copie di questi dati. I brevetti in corso di esame, infine, sono perseguiti presso l'autorità emittente di brevetti. Il dossier, accessibile al pubblico a seconda della giurisdizione dopo la pubblicazione della domanda di brevetto, contiene tutte le informazioni riguardanti i rifiuti da parte degli esaminatori, eventuali modifiche depositate dal richiedente o ancora dichiarazioni di non

responsabilità. Un **incarico (assignment)** comporta la cessione e il trasferimento della proprietà intellettuale da parte di un cedente in favore di un altro individuo chiamato cessionario. L'oggetto del trasferimento può essere una domanda brevetto, una domanda di marchio o un marchio registrato da parte del vecchio proprietario. La tracciabilità della cessione o della concessione in licenza ha il problema di non essere facilmente tracciabile, sia perché non si registra la negoziazione tra le parti, sia perché le licenze sono considerate riservate e questo non permette di reperire facilmente i dati relativi. Alcuni database basati su informazioni pubbliche raccolgono informazioni sulla licenza, ma la maggior parte delle volte queste informazioni sono incomplete.

*“La Convenzione di Parigi del 1883 facilita il deposito in diverse giurisdizioni, rivendicando diritti prioritari derivati da precedenti documenti. Queste rivendicazioni prioritarie portano a relazioni tra le diverse domande di brevetto nazionali, le cosiddette **relazioni familiari brevettuali**”* (Trippe, 2015, pp. 25). Ci troviamo a questo punto a parlare delle famiglie brevettuali già introdotte, anche se in parte, in precedenza. Le domande PCT danno l'opportunità di depositare una domanda di brevetto internazionale. Le domande di brevetto, però, potranno essere o meno concesse non appena approvate dalle singole giurisdizioni e quindi non appena entrano nella fase nazionale. Questo vuol dire che le domande possono essere archiviate anche senza aver rivendicato i loro diritti di priorità delle legislazioni precedenti. Si crea una situazione nella quale una singola invenzione potrebbe avere molti documenti ad essa associati a seconda dei paesi nei quali il richiedente ha cercato protezione, collegati tra loro da un numero di domande PCT, ma non collegati dalla rivendicazione del diritto di priorità stabilito dalla convenzione di Parigi. Il quadro si complica quando vengono aggiunte alla collezione domande di brevetto pubblicate separatamente dai brevetti concessi. A tal proposito è stato creato il concetto di **famiglia di brevetti**. Tra le varie definizioni, il manuale WIPO fornisce quella ufficiale. Così nello specifico si hanno: *“**Famiglia di brevetti nazionali**, si tratta di una famiglia di brevetti costituita esclusivamente da pubblicazioni procedurali di un singolo ufficio per la stessa applicazione di origine; **Famiglia di brevetti semplice**, si tratta di una famiglia di brevetti relativa alla stessa invenzione, ciascun membro di cui ha per la base del suo "diritto di priorità" esattamente la stessa applicazione originaria o applicazioni; ed infine, **Famiglia di brevetti estesa**, che è una famiglia di brevetti relativa a una o più invenzioni, ciascuna delle quali ha come fondamento della sua priorità almeno una domanda originaria in comune con almeno un altro membro della famiglia”* (Trippe, 2015, pp. 26).

Infine, quando si effettua una ricerca di **informazioni sui brevetti** è importante la considerazione delle **fonti**. Va ricordato che ciascuna giurisdizione sui brevetti definisce le sue politiche di pubblicazione e l'autorità responsabile della produzione delle pubblicazioni ufficiali relative ai brevetti. Molte dispongono di siti Web con servizi dati che consentono al pubblico di cercare e recuperare i rispettivi documenti dei brevetti. Queste fonti vengono definite **fonti primarie**, poiché sono fonti autorevoli rispetto ad altri database (secondari) che, invece, raccolgono tali informazioni da molte fonti primarie diverse. Le **fonti commerciali**, invece, consentono vantaggi quali: un **contenuto avanzato** (gli staff editoriali creano titoli e indici che "traducono" il linguaggio legale usato nei brevetti in termini standard familiari ai professionisti); un **"One-stop-shop" per la ricerca, l'analisi e la diffusione** (molti dei principali fornitori commerciali consentono ad un analista di cercare, perfezionare, revisionare, analizzare e condividere collezioni e output all'interno dello stesso sistema); una **Flessibilità nell'esportazione dei dati** (le fonti commerciali generalmente hanno un limite più alto sul numero di record disponibili per l'esportazione e generalmente dispongono di una maggiore varietà di

campi tra cui scegliere); **Ulteriori strumenti per perfezionare le raccolte di dati** (i dati sui brevetti possono contenere errori di battitura nei nomi di assegnatari di brevetti o ridondanze come, ad esempio, la stessa invenzione rappresentata in diversi paesi. Molti servizi dispongono di meccanismi per aiutare gli utenti a gestire questi elementi).

### 3. Additive Manufacturing: una visione d'insieme

Il termine Additive Manufacturing indica una serie di tecniche e tecnologie di produzione che permettono di ottenere un prodotto dalla generazione e successiva addizione di strati di materiale, detta stratificazione sequenziale, a differenza della tecnica tradizionale che sottraeva, tramite processi di fresatura, tornitura e perforazioni da una forma grezza. La natura additiva di queste tecniche - dette appunto di Produzione (o fabbricazione) Additiva (PA) – permette alle AM di essere utilizzata, con potenzialità enormi, in vari campi di applicazione: dall'aerospaziale al biomedico, dal dentale all'oreficeria. L'AM permette una grande libertà nell'ideazione del pezzo: la creazione, ad esempio, di un oggetto solido tridimensionale estendendo indefinitamente la gamma di geometrie e complessità realizzabili, rimuovendo vincoli di progettazione e di lavorazione, in un'ottica di prototipazione rapida o di piccole serie. Nelle tecniche AM, il materiale è infatti apportato punto a punto e strato su strato, conformemente al modello originale, come accade per la stampa digitale di un documento. Da ciò deriva la popolare accezione di “Stampa 3D”, con la quale viene universalmente identificata l'AM, che sta portando innovazione nei processi produttivi su scala commerciale e nelle realizzazioni domestiche. Gli oggetti prodotti in modo additivo possono essere adoperati ovunque nell'intero ciclo di vita del prodotto, dalla pre-produzione (ossia la prototipazione rapida) alla produzione su vasta scala (ad esempio la produzione rapida), oltre alle applicazioni di utensili e alla personalizzazione della post-produzione. La tecnologia di stampa 3D viene utilizzata sia per la prototipazione che per la produzione distribuita con applicazioni in architettura, costruzioni (AEC), design industriale, automobilistico, aerospaziale, militare, ingegneria, ingegneria civile, dentale e medica, biotecnologia (sostituzione del tessuto umano), moda, calzature, gioielli, occhiali, educazione, sistemi di informazione geografica, cibo e molti altri campi. Le tecnologie di produzione additiva (AM) sono considerate tra quelle più valide per migliorare la competitività industriale europea, destinate a rivoluzionare la produzione. Si ritiene che consentano il passaggio dalla produzione di massa alla personalizzazione di massa in diversi settori leader, tra cui automobilistico, medico, aeronautico, energia e beni di consumo. Vanno, ovviamente, valutate le condizioni in cui il processo di fusione del letto di polvere può sostituire la lavorazione nella produzione di parti metalliche di base. Nonostante il costo elevato della stampa limiti la diffusione di questa tecnologia, la situazione sta progredendo. A questo proposito, l'analisi costi-benefici rivela gli accorgimenti necessari per migliorare la competitività della produzione additiva rispetto alla tecnologia di produzione tradizionale.

Magnus Simons, nel suo studio “Additive manufacturing—a revolution in progress? Insights from a multiple case study” (2018), nota come negli ultimi anni i tassi di deposito dei metalli fusi sono aumentati notevolmente, ma è ancora necessario qualche intervento per ridurre i costi di elaborazione. Semore Simons afferma che sono necessari tagli significativi ai prezzi dei materiali in polvere. Sebbene l'additive manufacturing (AM) è stata definita come una tecnologia che rivoluzionerà la produzione di parti metalliche, poche ricerche si sono concentrate su ciò che questo potrebbe significare nella pratica. Affinché tale tecnologia possa primeggiare nella produzione di parti metalliche è necessario che diventi competitiva non solo come mezzo per lo sviluppo del prodotto e la produzione di pezzi speciali, ma anche per la produzione di parti e strutture metalliche di base. Nei prodotti di consumo, nell'elettronica e nelle industrie automobilistiche, la

produzione additiva viene utilizzata per una rapida iterazione del design; nell' industria medica viene utilizzata per produrre modelli, tagli chirurgici, guide per trapano e impianti ortopedici e, nell'industria dell'ordigno, per la produzione di cappette metalliche per corone e ponti. L'industria aerospaziale guarda con interesse allo sviluppo dell'additive manufacturing ed è da diversi anni che le principali aziende di settore utilizzano componenti e parti prodotte con la stampa 3D. Da ciò si evince come la produzione additiva si concentri in settori in cui le caratteristiche come la personalizzazione o il peso di una parte sono più significative del costo diretto di produzione. Gli studi condotti avevano il fine di prevedere se la produzione additiva potesse diventare un mezzo dominante, rispetto a quella con macchine utensili standard o altri processi riduttivi tradizionali, per la produzione di parti in metallo nelle industrie di ingegneria e costruzione di macchine tradizionali. Per rendere competitiva la produzione additiva nella produzione di parti metalliche di base, è necessario ridurre il costo diretto della stampa. Oggi, la differenza di costo tra i due tipi di tecnologie di produzione è tale che, ulteriori benefici della produzione additiva, possono essere ottenuti solamente attraverso la riduzione dei principali elementi di costo di quest'ultima: il costo di elaborazione e il costo della stampa delle polveri. L'attenzione quindi si concentra su ciò che deve accadere in questo settore per rendere questa tecnologia economicamente competitiva nella produzione di parti di base.

Analizzando alcuni studi, nel suo lavoro, Simons continua affermando che negli ultimi anni il divario di costo sia diminuito significativamente e attribuisce il merito al tasso maggiore di metallo fuso depositato durante l'evoluzione tecnologica negli anni. Per migliorare la competitività, però, è necessario andare a un ulteriore miglioramento di questo tasso e, nonostante questo, vi è diffidenza riguardo al fatto che tali miglioramenti, sebbene non siano sufficienti a portare i costi di produzione diretti alla pari con le tecnologie attuali, potrebbero aprire possibilità per la stampa di parti metalliche di base.

Al momento, gli alti costi di produzione sono un segnale del fatto che siamo ancora lontani dal poter produrre metalli in grandi volumi con tecnologia additiva; è costosa rispetto ai mezzi più tradizionali.

Raggruppando, opportunamente in funzioni di risparmio sui costi e valore aggiunto per l'utente, rispettivamente i valori aggiunti o i benefici forniti dalla produzione additiva, si è arrivati, attraverso diversi studi, a questi risultati:

I fattori che ottimizzano la funzione dei costi:

- Riduzione delle fasi del processo e delle risorse necessarie
- Eliminazione degli utensili
- Consolidamento delle parti e parti interconnesse che riducono la necessità di assemblaggio
- Risparmio di materiale grazie al design ottimizzato o leggero
- Catene di approvvigionamento semplificate.

I fattori che influenzano positivamente il valore aggiunto:

- Aumento della sostenibilità della produzione
- Design leggero che riduce il peso della parte e del prodotto finale
- Migliorata funzionalità della parte

Le caratteristiche sopra descritte hanno dimostrato notevoli risparmi sui costi in casi specifici, ma non rappresentano un mezzo per la riduzione generale dei costi nella produzione additiva. Lo stesso vale per il valore aggiunto. Quindi, si migliora il valore di prodotti specifici o addirittura si riesce a risparmiare sui costi indiretti di produzione, ma non si ottengono benefici generali nella stampa 3D. Pertanto, per trovare il modo di rendere competitiva anche la produzione additiva nella produzione di parti metalliche di base, è necessario cercare maggiori possibilità di risparmio sui costi (Simons, 2018).

### *3.1. Principali tecniche di Additive Manufacturing*

La produzione strato per strato è un concetto molto basilare che può essere implementato con diverse capacità e risultati grazie a diversi approcci tecnologici; questo è il motivo per cui, quando parliamo di "produzione additiva", non ci riferiamo a una singola tecnologia, ma a un **gruppo di tecnologie** significativamente diverse. Pertanto, è utile fare una classificazione e una descrizione che serva da primo orientamento quando si tratta di comprendere le diverse tecnologie di produzione coperte dal concetto di produzione additiva.

Le principali tecniche di Additive Manufacturing sono:

1. Stereolitografia (Vat Photopolymerization);
2. Powder Bed Fusion (Sinterizzazione);
3. Material Extrusion (FDM);
4. Material Jetting (Poly/Multi-jet);
5. Binder Jetting (3D Printing);
6. Sheet Lamination (LOM);
7. Direct Energy Deposition (Electrobeam melting).

Le informazioni dei paragrafi seguenti sono tratte dal report strategico dell'European Defence Agency, "Additive manufacturing feasibility study & technology demonstration" (González e Álvarez, 2018) che fornisce tutte le informazioni utili riguardanti queste tecniche.

#### *3.1.1. Vat Photopolymerization (Stereolitografia)*

In questa tecnologia, la piattaforma di costruzione è immersa in una vasca riempita con una resina liquida e un laser ultravioletto solidifica la resina. La luce fa sì che catene di molecole si colleghino tra loro, formando polimeri solidi che creano il primo strato del prodotto 3D desiderato. Per creare livelli successivi, la piattaforma di costruzione viene abbassata o aumentata in base all'altezza di un livello, a seconda della macchina utilizzata. Se l'oggetto viene creato dal basso verso l'alto, sollevando la piattaforma, è necessario solo il fotopolimero necessario per mantenere costantemente pieno il fondo della vasca di produzione, quindi è possibile produrre volumi più grandi. Sono necessarie strutture di supporto per impedire la deflessione per gravità e per consentire agli strati appena creati di aderire saldamente alla struttura esistente. Il prodotto finito viene immerso in un bagno chimico per rimuovere la resina in eccesso e quindi trasferito in un forno ultravioletto per finalizzare il processo di polimerizzazione. Le strutture di supporto



vengono quindi rimosse. La stereolitografia utilizza resine fotopolimeriche e crea oggetti abbastanza resistenti da essere lavorati. La dimensione del prodotto è limitata, a seconda della macchina utilizzata.

Un'importante applicazione di SLA è la produzione di modelli 3D per uso medico, basati su scansioni 3D dell'anatomia di un paziente. Può anche essere utile per la diagnosi, la pianificazione chirurgica o per la progettazione di impianti. Oltre alle applicazioni mediche, la stereolitografia può essere utilizzata per la prototipazione di dettagli elevati in molte industrie a causa dell'elevata accuratezza e delle superfici lisce degli oggetti finali. Possono anche essere prodotti modelli accurati per fusione e stampaggio.

**Pro:** Adatto per modelli di resina dettagliati e realistici, con una varietà di proprietà del materiale tra cui rigido, flessibile, simile alla gomma, opaco, traslucido e trasparente ecc. Facile rimozione di materiale non polimerizzato.

**Contro:** Le materie prime sono sensibili alla luce UV, quindi in presenza di luce le proprietà del prodotto possono variare nel tempo. Non adatto per parti funzionali a meno di quelle non critiche. Più lento rispetto alle altre tecnologie di fotopolimerizzazione della vasca.

### 3.1.2. Powder Bed Fusion (Sinterizzazione)

Questa tecnica sintetizza le particelle dello strato superiore di un letto di polvere utilizzando un laser che segue il modello di progettazione 3D digitale. Il letto scende e un rullo distribuisce un nuovo sottile strato di materiale in polvere sopra al precedente. L'alimentazione di polvere è immagazzinata in un'altra camera che sale leggermente, strato dopo strato, consentendo al rullo di trascinare le particelle per formare il nuovo strato. Il processo continua allo stesso modo fino al completamento della parte. Una volta terminato, l'oggetto viene lasciato raffreddare, il letto viene sollevato e le parti vengono scomposte. Infine, il prodotto viene sabbiato per rimuovere tutto il materiale rimanente. Un'alta percentuale di polvere inutilizzata può essere riutilizzata, perciò questa tecnologia conserva molto materiale di scarto rispetto a quelli tradizionali.

La tecnica SLS è in grado di utilizzare diversi materiali, principalmente plastiche come poliammidi (nylon), polistiroli ed elastomeri termoplastici. Usando il nylon, si può fabbricare un oggetto forte e leggermente flessibile. Inoltre, la polvere non fusa può fungere da impalcatura, supportando la struttura e consentendo la creazione di forme complesse. Tuttavia, cavità cave possono richiedere l'aggiunta di fori di fuga per consentire l'eliminazione della polvere non sinterizzata e la superficie granulosa risultante potrebbe dover essere lucidata. Si fa molto uso di questa tecnologia AM, si realizzano principalmente prototipi di modelli di progettazione rapida, prototipi funzionali o modelli di test della galleria del vento, serie di piccoli componenti funzionali con produzione di volume ridotto (ad es. Strumenti e stampi) e prodotti personalizzati. Ciò è particolarmente rilevante in campo medico per la fabbricazione di oggetti come apparecchi acustici, dispositivi di ritenzione dei denti e protesi.

**Pro:** Adatto per parti in plastica funzionali e molto dettagliate, forti e moderatamente grandi. Non richiede strutture di supporto per evitare che i livelli cadano. Alto tasso di produzione, tasso moderato di riciclaggio del materiale inutilizzato.

**Contro:** Finitura superficiale robusta, curvatura di parti con grandi strati superficiali (causati dalla contrazione plastica quando uno strato richiede una quantità significativa di sinterizzazione).

### 3.1.3. Material Extrusion (FDM) o Fused Deposition Modelling

In questa tecnica, un filamento di plastica viene fuso ed estruso attraverso un ugello e quindi depositato su una piattaforma di costruzione, che si raffredda e solidifica all'istante. Il filamento di plastica viene svolto da una bobina e diretto a un ugello riscaldato che fonde il materiale plastico. Gli strati esistenti fungono da base per il materiale estruso aggiuntivo e la macchina crea l'oggetto dal basso verso l'alto, strato per strato. In alcune macchine l'ugello può seguire il design 3D in entrambe le direzioni orizzontali e verticali; in altri l'ugello si muove solo sul piano X-Y (orizzontale) e la piattaforma di costruzione scende nell'asse verticale per mantenere lo strato corrente a un'altezza costante. Un secondo ugello può essere necessario per creare una struttura di supporto in un materiale diverso stampato con filamento da un'altra bobina. La plastica fusa viene spinta attraverso l'ugello a una velocità controllata utilizzando meccanismi come una trasmissione a vite senza fine. Qualsiasi materiale di supporto necessario viene successivamente eliminato.

È importante sottolineare che sebbene questa tecnologia sia stata fondamentalmente basata sull'uso di materiali plastici, il suo principio di funzionamento lo rende una valida tecnologia per il deposito di altri tipi di materiale con la capacità di essere iniettato in modo fluido e successivamente solidificato. Quindi questa tecnologia viene anche incorporata nella stampa 3D di materiali come cemento, alimenti e polimeri bioassorbibili (bio -stampa). Le attuali applicazioni principali di questa tecnologia utilizzano diversi materiali a base di plastica tra cui acrilonitrile-butadiene-stirene (ABS), policarbonato (PC), polistirene (PS), poliammide (PA) e acido polilattico (PLA). Questi materiali forniscono prodotti resistenti al calore, agli agenti chimici e alle sollecitazioni meccaniche e sono disponibili una vasta gamma di colori.

Una delle principali applicazioni di FDM è la prototipazione rapida ed economica per testare parti per forma e adattamento. Inoltre, la produzione rapida può essere utile, ma solo per tirature molto brevi. La modellizzazione della deposizione fusa è utile anche nella prototipazione di scaffold per applicazioni di ingegneria dei tessuti medicali. Alcune piccole e convenienti macchine FDM sono state sviluppate per appassionati, inventori o proprietari di piccole imprese, rendendo questa, senza dubbio, la tecnologia AM più economica e accessibile attualmente disponibile.

**Pro:** Attualmente la tecnologia AM è la più semplice, economica e accessibile (con molte opzioni per utenti professionali e non). Materie prime a basso costo, disponibilità di una vasta gamma di materiali termoplastici (e anche poliammidi e poliammidi fibrinforzate). Adatto a tutti i livelli di esigenze di modellazione e per alcune parti funzionali (in particolare per elementi come coperture o custodie che non subiranno stress meccanici).

**Contro:** A causa di una minore coesione tra gli strati, le parti prodotte sono soggette ad anisotropia nell'asse Z, con scarsa resistenza alle tensioni di trazione perpendicolari alla direzione dello strato. Lo spessore dello strato si traduce in una scarsa finitura superficiale e tollerante. Possono essere necessarie strutture di supporto per impedire che i nuovi strati depositati cadano durante il processo di raffreddamento.

#### 3.1.4. Material Jetting (Poly/Multi-jet)

La tecnologia di getto del materiale genera sottili strati di fotopolimero liquido attraverso un ugello che si sposta orizzontalmente sulla piattaforma di costruzione su cui è formato l'oggetto. Le gocce di materiale vengono depositate seguendo il modello di progettazione 3D e una lampada ultravioletta passa sopra l'oggetto, solidificando istantaneamente il polimero. Dopo che il primo strato è stato formato, la piattaforma scende e i livelli successivi vengono costruiti sopra il precedente, creando l'oggetto 3D. Per geometrie complesse e sporgenze è necessario del materiale di supporto e la macchina crea un materiale diverso, simile al gel; una volta formati tutti gli strati, il materiale di supporto viene rimosso con acqua o in un bagno di soluzione per ottenere il prodotto finito. È possibile utilizzare varie resine fotosensibili con diverse trame, resistenza, colore e proprietà. Gli oggetti creati possono essere trasparenti e resistenti con flessibilità simile alla gomma. Alcune macchine possono stampare più materiali contemporaneamente, utilizzando più getti e creare combinazioni di proprietà e caratteristiche diverse, inclusi più colori. Questa tecnica fornisce una risoluzione di livello estremamente elevata per la realizzazione di prototipi realistici con dettagli fini e superfici lisce. Inoltre, i modelli di fusione ad alta precisione possono essere fabbricati per industrie come la produzione medica, dentistica e gioielleria

**Pro:** Adatto per modelli di resina dettagliati e realistici, con una varietà di proprietà del materiale tra cui rigido, flessibile, simile alla gomma, opaco, traslucido, trasparente, ecc. Possibilità di utilizzare più colori nella stessa parte; grande maneggevolezza grazie all'utilizzo di cartucce per l'alimentazione delle materie prime e facile rimozione di materiale non polimerizzato.

**Contro:** Le materie prime sono sensibili alla luce UV, quindi in presenza di luce le proprietà del prodotto possono variare nel tempo. Non adatto per parti funzionali a meno di quelle non critiche.

#### 3.1.5. Binder Jetting (3D Printing)

Questo processo diffonde un sottile strato di materiale in polvere su una piattaforma di costruzione. Una testina di stampa quindi deposita direttamente un agente legante sullo strato nel modello desiderato, legando insieme la polvere. Una volta completato il primo strato, la piattaforma di costruzione scende e un rullo livellatore distribuisce un altro strato di materiale in polvere. È simile alla sinterizzazione laser selettiva, ma utilizza un agente legante al posto di un laser di sinterizzazione. È possibile creare forme complesse perché la polvere non legata rimane intorno all'oggetto, supportandolo fino al termine del processo. Alla fine, la polvere in eccesso viene pulita dal prodotto ed è rivestita con una colla adesiva per migliorarne le proprietà meccaniche e strutturali.

La tecnologia a getto di legante può lavorare con molti materiali in polvere, come metallo, pietra arenaria e ceramica. Con la pietra arenaria, questa tecnica è in grado di stampare in un'ampia gamma di colori. I prodotti sono più deboli di quelli fabbricati con altri processi di stampa 3D, da qui la necessità di post-trattamento con colla adesiva. Grazie alle opzioni multicolore, viene spesso utilizzato con l'arenaria per creare modelli architettonici o sculture realistiche. Altre applicazioni includono la prototipazione a colori

per i test visivi e di forma, la produzione di parti verdi per ulteriori elaborazioni con altre tecniche e per la fusione di modelli per la produzione di stampi.

**Pro:** Tecnologia multicolore per modelli non funzionali

**Contro:** Non adatto per parti funzionali.

### 3.1.6. Sheet Lamination (LOM) Laminated Object Manufacturing

La produzione di oggetti laminati utilizza rotoli di materiale rivestito di adesivo. Il materiale viene riscaldato da un altro rullo, sciogliendo l'adesivo prima che il materiale si trasferisca alla piattaforma di costruzione. La forma selezionata viene tagliata usando un laser o una lama, sul resto della superficie vengono disegnati tratteggi incrociati per facilitare l'estrazione del materiale di scarto e il foglio viene premuto sulla piattaforma e incollato allo strato precedente. Al termine di questa fase, la piattaforma scende. Allo stesso tempo, il foglio si muove e il materiale fresco arriva sopra l'oggetto, mentre il materiale precedentemente utilizzato viene raccolto su un rotolo di rifiuti. Questa sequenza viene ripetuta strato per strato fino a quando l'oggetto non viene prodotto.

I materiali più comunemente usati sono carta, materiali compositi e plastica. A causa della difficoltà del taglio, i fogli metallici vengono utilizzati meno frequentemente in questa tecnica. La produzione di oggetti laminati non produce modelli accurati come le altre tecnologie 3D ma, poiché non richiede una camera chiusa, è possibile creare modelli più grandi. Questa tecnica ha alcune difficoltà di applicazione nella creazione di geometrie complesse. Alcune applicazioni comprendono la prototipazione rapida di grandi dimensioni per i test di forma e adattamento, ma non per l'uso funzionale. Inoltre, utensili rapidi o modelli da utilizzare nella produzione tradizionale, ad esempio in fusione con sabbia.

**Pro:** Questa tecnologia può produrre parti di grandi dimensioni, particolarmente adatte a scopi estetici

**Contro:** Non particolarmente adatto per parti funzionali o complesse, a meno che non sia usato con fogli di metallo (possibile, ma non tipico)

### 3.1.7. Direct Energy Deposition (Electrobeam melting) Direct Metal Laser Sintering (DMLS)

Questa tecnologia si basa sugli stessi principi della Sinterizzazione laser selettiva, ma utilizza un letto di metallo in polvere. Un laser ad alta potenza sinterizza le particelle senza scioglierle. Un nuovo strato di metallo in polvere viene quindi applicato e sinterizzato e gradualmente viene creato l'oggetto. Il materiale che viene sinterizzato nella piattaforma dell'edificio è fornito da una piattaforma di distribuzione con una lama di rivestimento. Una volta completato questo processo, il prodotto viene lasciato raffreddare e l'eccesso di polvere viene recuperato e riciclato per un uso successivo. Strutture di supporto possono essere necessarie per ancorare l'oggetto ed eventuali strutture sporgenti alla piattaforma di costruzione al fine di ridurre gli stress durante il processo.

Questa tecnologia può utilizzare una varietà di materiali come Inconel (leghe a base di nichel cromo), alluminio, acciaio inossidabile, titanio, ecc. I prodotti risultanti sono

durevoli, resistenti e resistenti al calore e possono essere successivamente sottoposti a trattamento termico per massimizzare la meccanica proprietà. Potrebbe essere necessario lucidare la superficie finale per ottenere una finitura liscia. Assemblaggi multiparte e geometrie altamente complesse possono essere prodotti utilizzando DMLS e questa tecnica viene utilizzata per produrre parti dirette per industrie, tra cui quella aerospaziale, medica e dentistica. È ampiamente usato in medicina per la produzione di protesi e impianti che corrispondono esattamente all'anatomia individuale del paziente. Nell'industria aerospaziale, le forme complesse consentono di risparmiare peso e le proprietà del materiale consentono di utilizzare le parti per applicazioni ad alto calore. Altri usi includono prototipi di test funzionali, attrezzature e produzione di canali di raffreddamento che, a causa della loro complessità, non possono essere creati in altro modo.

**Pro:** Adatto a parti metalliche funzionali e molto dettagliate, forti e relativamente grandi. Elevato tasso di riciclaggio del materiale non utilizzato ( $\geq 90\%$ ). La finitura superficiale robusta può essere migliorata mediante sabbiatura o altri processi di finitura superficiale.

**Contro:** La sinterizzazione di particelle metalliche selettive porta a notevoli sollecitazioni termiche sulle parti, richiedendo una solida piastra metallica e strutture di supporto per evitare deformazioni e cadute dello strato. Potrebbe essere necessario un processo post-termico per alleviare queste tensioni, oltre ad un processo meccanico per separare le parti dalla piattaforma dell'edificio e per rimuovere le strutture di supporto.

## 4. Strategia di ricerca

Indicando con:

TAC - Title/Abstract/Claims

PRD - Priority Date Earliest

IPC - International Patent Classification

TACD - TAC & Description

CPC - Cooperative Patent Classification

AIC - IPC & CPC

Usando il software “Derwent Innovation”, ho deciso di utilizzare la seguente query generale di ricerca per estrapolare il set di dati che costituiscono la base per la mia analisi:

Search Query:

```
(  
  
PRD>=(20050101)  
  
AND  
  AIC=(B33Y)  
  
OR  
  ((  
    TAC:(((3D OR 3-D OR "3 D" OR 3-dimension* OR  
    threedimension* OR three-dimension* OR additiv* OR ((3  
    OR three) NEAR1 dimension*)) NEAR2 (manufact* OR  
    *print*)) OR 3dprint*))  
  
    AND  
      (  
        AIC:((B33Y) OR (B29C) OR (B22F) OR (C08L) OR (B28B)  
        OR (C08K) OR (B23K) OR (G06F) OR (C04B) OR (A61F) OR  
        (A61L) OR (G05B) OR (C22C) OR (G06T) OR (A61B) OR  
        (B41J) OR (C08F) OR (B22C) OR (A61*))))  
      )  
  ))
```

**AND NOT**

```
TACD:((stereoscopic* OR (oxidation NEAR1 product*) OR
"streaming interactive" OR "nanoweb" OR "nano web" OR
nanofiber* OR nanofibre* OR (nano NEAR1 fiber*) OR (nano
NEAR1 fibre*) OR (nanometer NEAR1 fiber*) OR (nanometer NEAR1
fibre*) OR "non halogen" OR "non-halogen" OR ((food* OR feed*
OR liquid*) NEAR2 additive*) OR "seed culture" OR (nanometre
NEAR1 fiber*) OR (nanometre NEAR1 fibre*) OR antibacteria*
OR "media access control" OR "multi-wafer 3D CAM cell" OR
"3-sigma" OR "three sigma" OR (rheolog* NEAR1 additive*) OR
(vibration NEAR1 isolator*))
)
```

Il set di dati in output di questa ricerca comprende 75670 risultati divisi in 45010 famiglie di brevetti.

La tabella 4.1 contribuisce a definire le classificazioni presenti all'interno della query generale di ricerca.

**Tabella 4.1.** Descrizione delle classi IPC/CPC

<b>Classification</b>	<b>Description</b>
B33Y	Additive Manufacturing, I.E. Manufacturing Of Three-Dimensional [3-D] Objects By Additive Deposition, Additive Agglomeration Or Additive Layering, E.G. By 3-D Printing, Stereolithography Or Selective Laser Sintering
B29C	Shaping or joining of plastics; shaping of substances in a plastic state, in general; after-treatment of the shaped products, e.g. Repairing
B22F	Working Metallic Powder; Manufacture Of Articles From Metallic Powder; Making Metallic Powder
C08L	Compositions Of Macromolecular Compounds
B28B	Shaping Clay Or Other Ceramic Compositions, Slag, Or Mixtures Containing Cementitious Material, E.G. Plaster
C08K	Use Of Inorganic Or Non-Macromolecular Organic Substances As Compounding Ingredients
B23K	Soldering Or Unsoldering; Welding; Cladding Or Plating By Soldering Or Welding; Cutting By Applying Heat Locally, E.G. Flame Cutting; Working By Laser Beam
G06F	Electric Digital Data Processing
C04B	Lime; Magnesia; Slag; Cements; Compositions Thereof
A61F	Filters Implantable Into Blood Vessels; Prostheses; Devices Providing Patency To, Or Preventing Collapsing Of, Tubular Structures Of The Body, E.G. Stents; Orthopaedic, Nursing Or Contraceptive Devices; Fomentation; Treatment Or Protection Of Eyes Or Ears; Bandages, Dressings Or Absorbent Pads; First-Aid Kits

A61L	Methods Or Apparatus For Sterilising Materials Or Objects In General; Disinfection, Sterilisation, Or Deodorisation Of Air; Chemical Aspects Of Bandages, Dressings, Absorbent Pads, Or Surgical Articles; Materials For Bandages, Dressings, Absorbent Pads, Or Surgical Articles
G05B	Control Or Regulating Systems In General; Functional Elements Of Such Systems; Monitoring Or Testing Arrangements For Such Systems Or Elements
C22C	Alloys
G06T	Image Data Processing Or Generation, In General
A61B	Diagnosis; Surgery; Identification
B41J	Typewriters; selective printing mechanisms, i.e. Mechanisms printing otherwise than from a forme; correction of typographical errors
C08F	Macromolecular Compounds Obtained By Reactions Only Involving Carbon-To-Carbon Unsaturated Bonds
B22C	Foundry Moulding
A61	Medical Or Veterinary Science; Hygiene

Ho deciso di inserire specificatamente queste classificazioni in quanto più utilizzate negli ultimi 5 anni per questo settore e ho voluto incentrare il mio studio sul loro andamento durante gli ultimi.

Una volta revisionati i primi risultati e aver consultato lavori simili al mio, come, ad esempio il Tech Insign Report (3D Printing Technology Insight Report, 2014)

ho deciso di eliminare alcuni termini analoghi, ma irrilevanti per la mia ricerca e che ho escluso da essa, usando l'operatore "NOT".

Ho poi deciso di filtrare tutti i risultati successivi al 01/01/2005 prima e per alcune ricerche, ho tenuto in considerazione solo i risultati dal 01/01/2014 ad oggi.

*Le ricerche incluse in questo report sono state effettuate in un periodo che va dal 08/05/2019 al 18/06/2019.*

Si noti come non tutte le classificazioni hanno al loro interno le parole chiave più significative per 3d printing o per lavorazioni di materiali plastici. Sono presenti anche classificazioni per materiali, come leghe o metalli, e ancora processi di regolazione o controllo di sistemi e monitoring, nonché quelle riferite al campo medico.

La tabella 4.2 mostra come sono distribuite le classificazioni (viste sopra) per dati in uscita da una ricerca più ampia, non presente in questo report, in cui ho voluto analizzare preliminarmente tali classificazioni così da poter eseguire una ricerca più mirata.

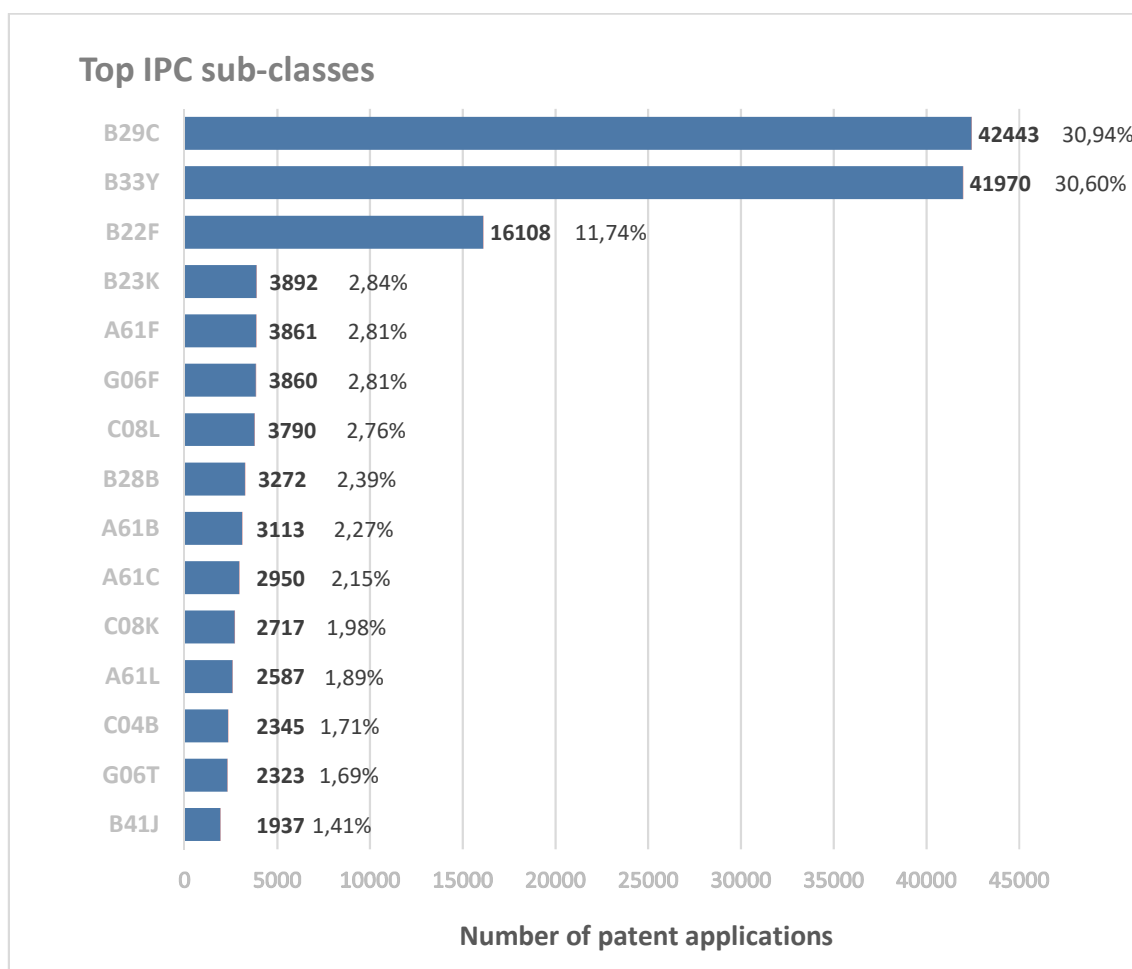
**Tabella 4.2.** Distribuzione delle classificazioni del primo 83,74% dei dati

IPC/CPC					
Outputs	Families	%	Outputs	Families	%
B33Y	30577	32,30	A61F	921	0,97
B29C	23411	24,73	A61L	872	0,92
B22F	8829	9,33	G05B	855	0,90



C08L	2048	2,16	C22C	855	0,90
B28B	1929	2,04	G06T	818	0,86
C08K	1676	1,77	A61B	709	0,75
B23K	1576	1,66	B41J	639	0,68
G06F	1169	1,23	C08F	610	0,64
C04B	1168	1,23	B22C	609	0,64

Più del 50% dei dati è occupato dai primi due gruppi di classificazioni: B33Y e B29C. Percentuali importanti vengono raggiunte anche dal gruppo B22F, andando via via a polverizzarsi nelle percentuali degli altri gruppi. Tutti questi risultati sono più evidenti grazie alla Figura 4.1, riferita alle prime quindici classificazioni presenti nella tabella sopra.



**Figura 4.1.** Top IPC sub-classes.

Il grafico mette maggiormente in evidenza il distacco delle prime tre categorie rispetto

alle rimanenti. Dopo aver ordinato in modo decrescente le classificazioni dei brevetti in uscita dalla ricerca, come accennato prima, sono state riportate le prime quindici.

La figura 4.2 mostra come le prime 15 classificazioni, durante l'arco di 14 anni, si sono evolute fino ad oggi. Si noti come la classificazione corrispondente all'additive manufacturing, la B33Y, sia comparsa inizialmente nell'anno 2010 e si sia poi sviluppata, durante gli anni successivi, andando a superare anche la B29C che per molto tempo è stata quella principalmente attribuita a questa tecnologia.

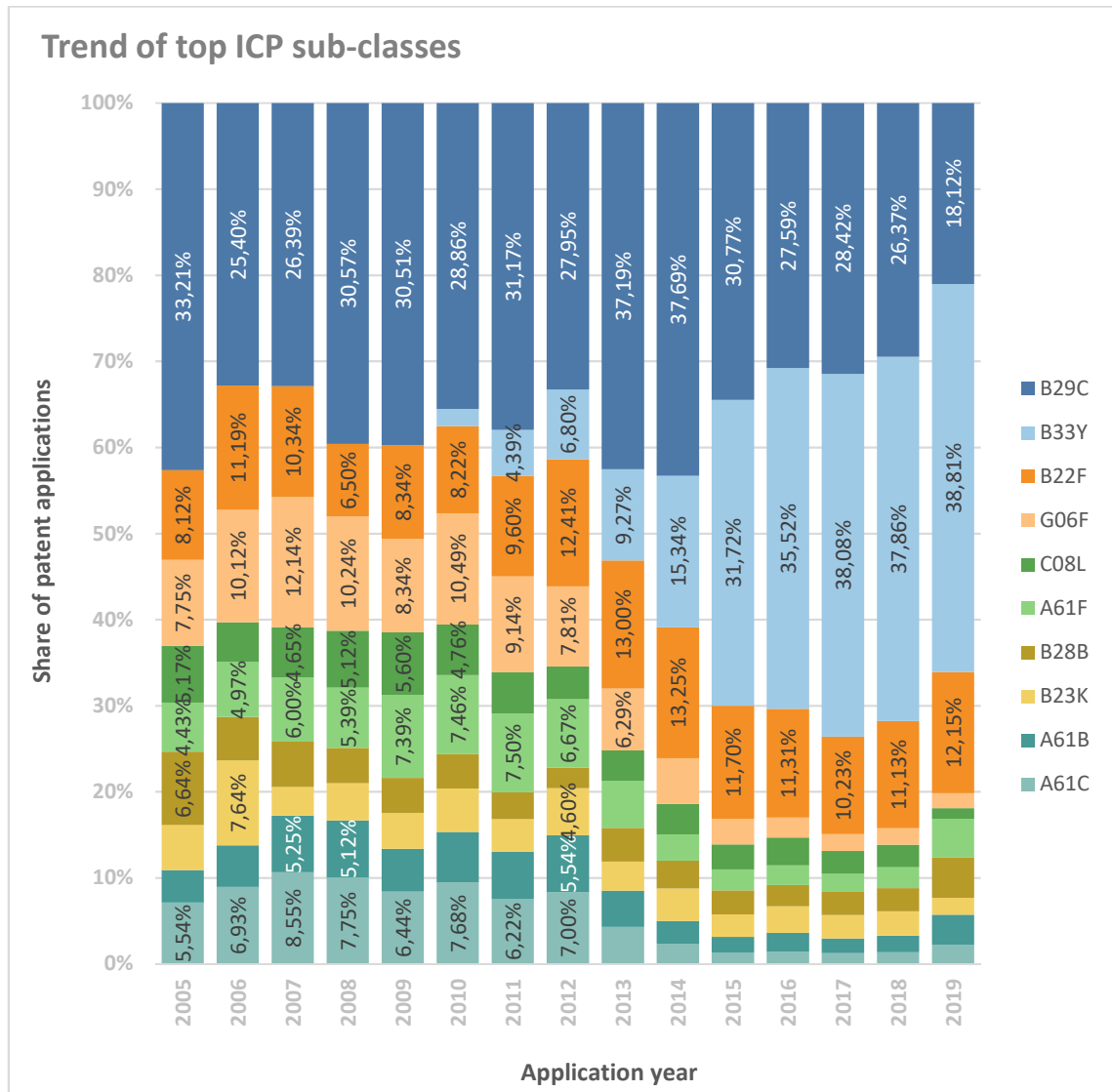


Figura 4.2. Share of patent applications by top IPC sub-classes and year of application.

#### 4.1. Segmentazione Tecnica

Per analizzare i brevetti sul settore 3D printing, ho deciso di categorizzarli su tre differenti criteri, mostrati nella Tabella 4.3. Questi tre principali raggruppamenti sono rispettivamente: per tecnologia, per settore di applicazione e per materiali utilizzati nella stampa.

Successivamente, verranno messi a confronto per cercare di avere una panoramica

completa sul mercato e per identificare su quali di queste stanno investendo le imprese leader in questa tecnologica e che guidano il mercato.

La categorizzazione coinvolta definisce una sotto strategia di ricerca per ogni argomento.

I dettagli di ogni stringa utilizzata per definire ogni strategia può essere consultata nell'appendice.

**Tabella 4.3.** Suddivisione dei criteri sotto le macro-categorie di ricerca per un'analisi più approfondita e specifica sui dati grossolani estrapolati tramite la query generale.

<b>Technologies</b>	<b>Application</b>	<b>Materials</b>
Binder Jetting	Aerospace	ABS Plastic
Build-up Welding	Aircraft	Alkyd
Cladding	Automobiles	Aluminium
Cold Spray	Clothing	Carbon Fiber
Computer Numerical Control	Defense	Ceramic
Contour Crafting	Food industry	Clay
Digital Light Processing	Furniture	Elastomers
Direct Laser Forming	Jewellery	Epoxy
Direct Manufacturing	Mechanical	Fiberglass
Direct Metal Deposition	Medical	Furan
Direct Metal Laser Sintering	PCB	High-density
Electron Beam Melting OR Projection Lithography	Phones	Melamine
Electrophoretic Deposition	Prosthesis	Methacrylic
Fused Deposition Modeling	Robotics	Nickel
Inkjet Deposition	Scaffolding	Nylon
Laminated Object Manufacturing	Shoes	Palladium
Laser Ablation	Television	Paper
Laser Engineered Net Shaping	Tissue engineering	PEEK
Laser Metal Forming	Tooling	Phenolic
Laser Powder Forming	Toys	Photopolymers
LaserCUSING	Watches	Plastic
Liquid Composite Molding		Poly Paraphenylene
Microfabrication		Terephthalamide
Metal Injetion Molding		Polyamide
Multi-Jet Modelling		Polyamideimide
Multiphoton Lithography		Polycarbonate
Photolithography		Polyetherimide
Plaster-based 3D Printing		Polyethylene
Rapid manufacturing		Polyethylene
Robocasting		Terephthalate
Selective Fusing		Polyimide
Selective Heat Sintering		Polylactic Acid
Selective Laser Melting		Polyolefin
		Polyphenylsulfone
		Polypropylene

Selective Laser Sintering  
Solid Ground Curing  
Spin Casting  
Stereo-lithography  
Wax Deposition Modeling

Polyvinyl Acetate  
Polyvinyl Chloride  
Polyvinylidene Chloride  
RTV Silicon  
Rubber  
Silver  
Stainless Steel  
Steel  
Thermoplastic  
Thermoset  
Titanium  
Wax

---

## 5. Analisi dei dati

Una volta estrapolati i dati tramite la query generale di ricerca vista sopra, è possibile analizzarli per ottenere informazioni utili sul mondo dell'additive manufacturing.

Grazie ad altre query più specifiche, è possibile andare ulteriormente a filtrare questi dati per raggiungere il livello di dettaglio desiderato e mettere in luce gli aspetti che più ci interessa descrivere.

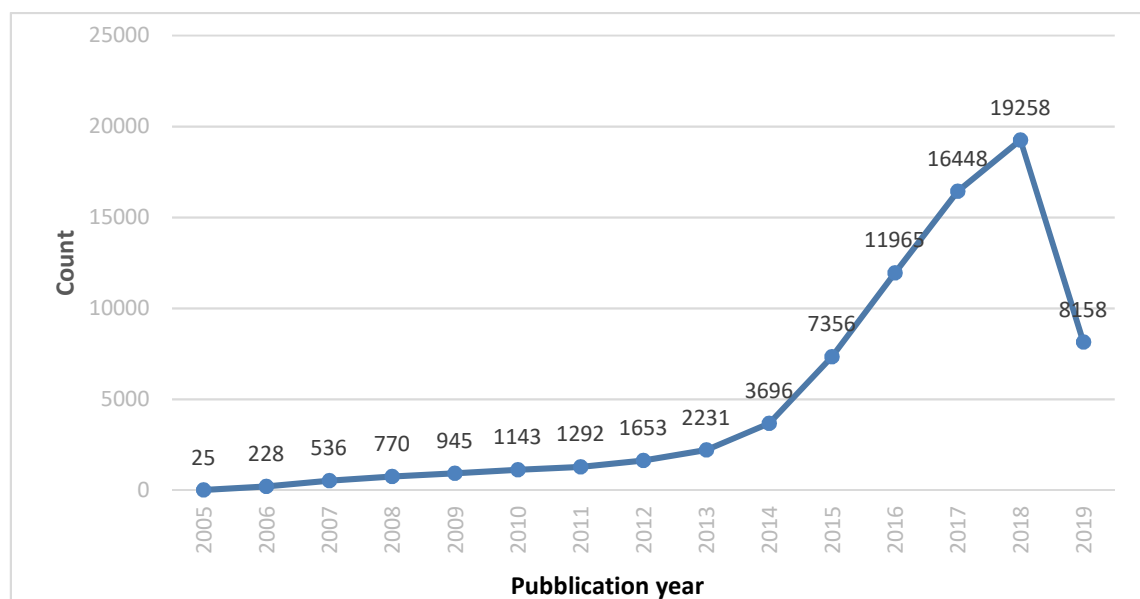
Il software da me utilizzato per la ricerca consente anche molte opzioni di analisi e rappresentazione. Ho deciso di utilizzare alcune di queste per descrivere alcuni processi; altre ho preferito crearle tramite excel, una volta esportati i dati.

### 5.1. Publication Trend

La prima informazione che ci interessa analizzare, appunto, è quella relativa all'andamento delle pubblicazioni negli anni e vedere come notizie, quali fusioni o scissioni di imprese, hanno trovato riscontro sul mercato dei brevetti.

Il publication trend dà informazioni riguardo i brevetti che sono stati pubblicati dopo il loro deposito: questo periodo è solitamente di 18 mesi.

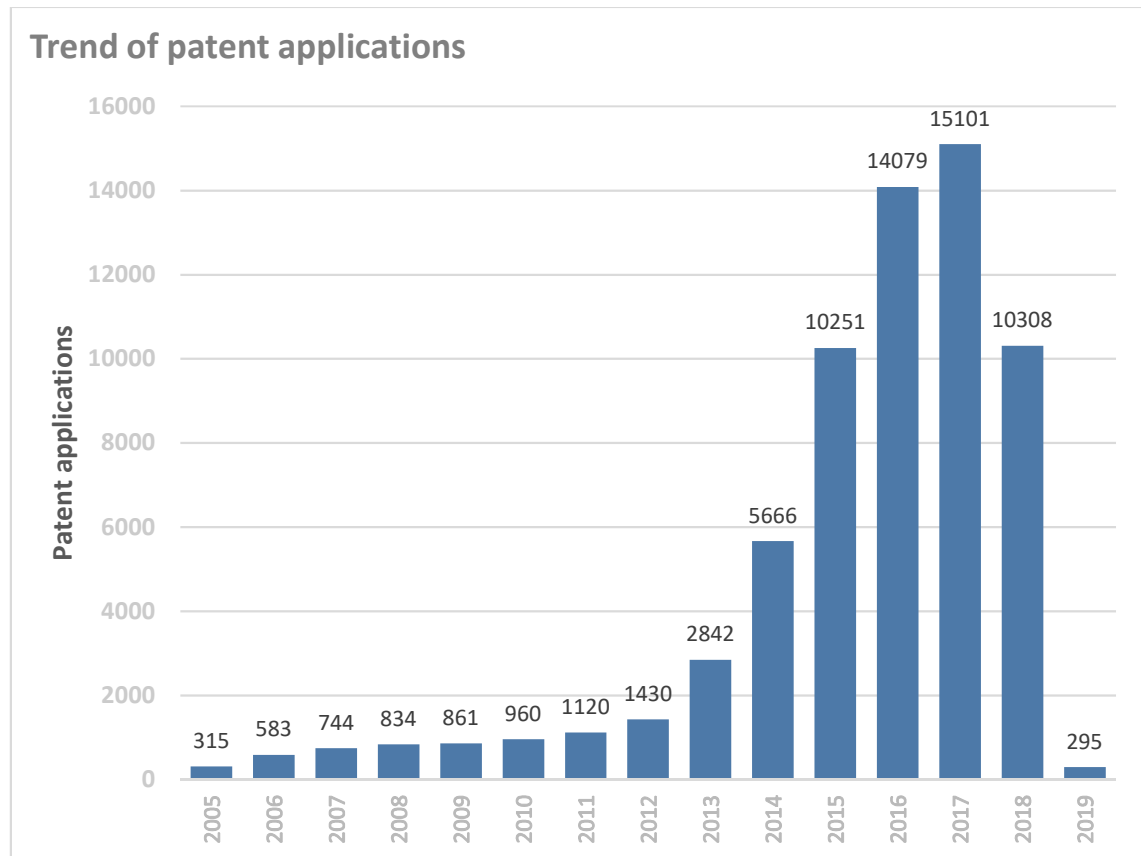
La Figura 5.1. mostra questo andamento durante gli ultimi 14 anni. Si noti come, nell'ultimo periodo, queste pubblicazioni sono nettamente in calo rispetto agli anni precedenti. Questo trend negativo potrebbe essere dovuto al fatto che negli ultimi anni il mercato si è andato sempre più concentrando a favore dei due colossi General Electric e HP, scoraggiando le altre imprese dal depositare i loro brevetti e quindi ad investire in ricerca e sviluppo. General Electric, in particolare, dal 2016 ha avviato una campagna espansionistica in questo settore, acquistando molti di quelli che per molto tempo sono stati i leader in questa tecnologia.



**Figura 5.1.** Publication trend attraverso gli ultimi 15 anni INPADOC Families.

Dal momento che la maggior parte delle imprese, come detto prima, necessita di un periodo di 18 mesi prima che i loro brevetti vengano pubblicati, dando uno sguardo alla figura 5.2. è possibile vedere invece il trend dei brevetti depositati durante gli anni.

Questo trend, unito a quello delle pubblicazioni visto nella figura precedente, consente di avere un quadro più completo del panorama brevettuale.



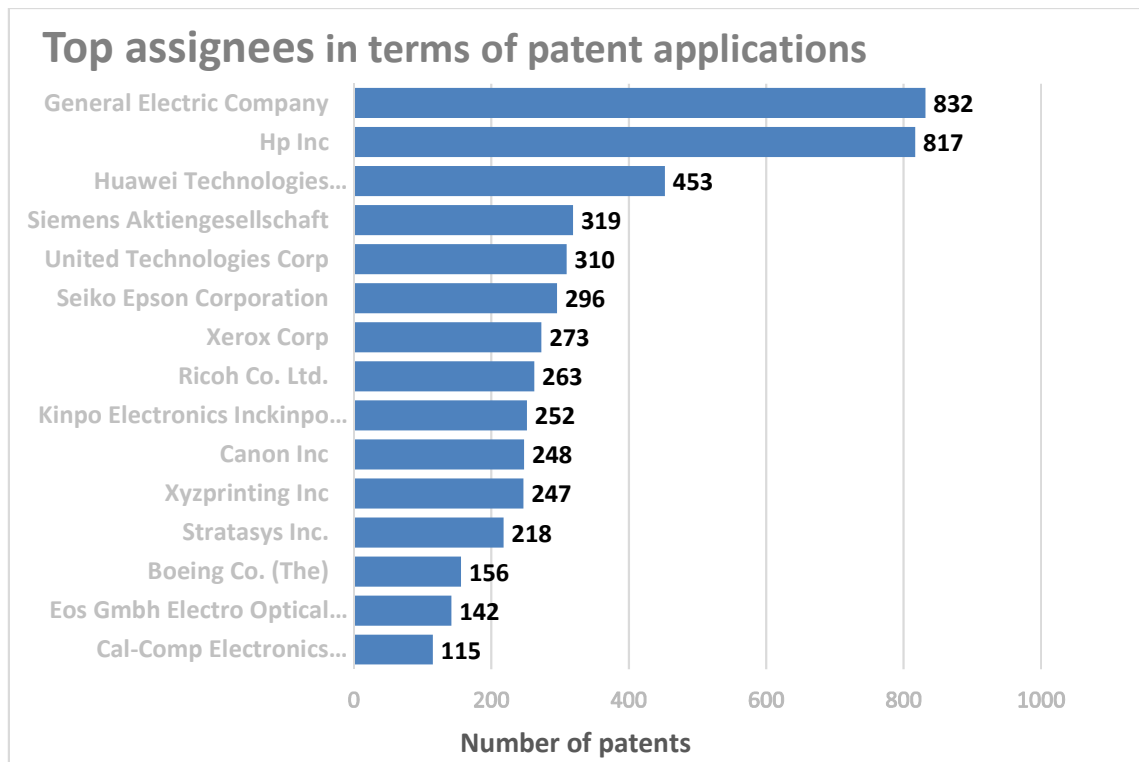
**Figure 5.2.** Trend in the number of AM patent applications worldwide INPADOC Families.

E' possibile notare come dal 2018 il numero di brevetti depositati nel mondo ha subito una notevole diminuzione, andando in controtendenza rispetto al trend crescente sviluppato fino agli anni precedenti.

## 5.2. *Dati sulle imprese*

In questa fase ho voluto concentrarmi su quelle che sono state le imprese leader negli ultimi 5 anni, cercando, anche grazie ai dati storici, di prevedere quale potrà essere l'andamento futuro della loro presenza e il peso su questo mercato.

Come prima cosa, nella Figura 5.3, ho deciso di raccogliere le prime 15 imprese leader in questo settore, basandomi sulle rispettive pubblicazioni brevettuali e raggruppando i brevetti in famiglie, per avere un quadro ancora più chiaro di quali novità brevettuali sono andate in porto durante gli anni.

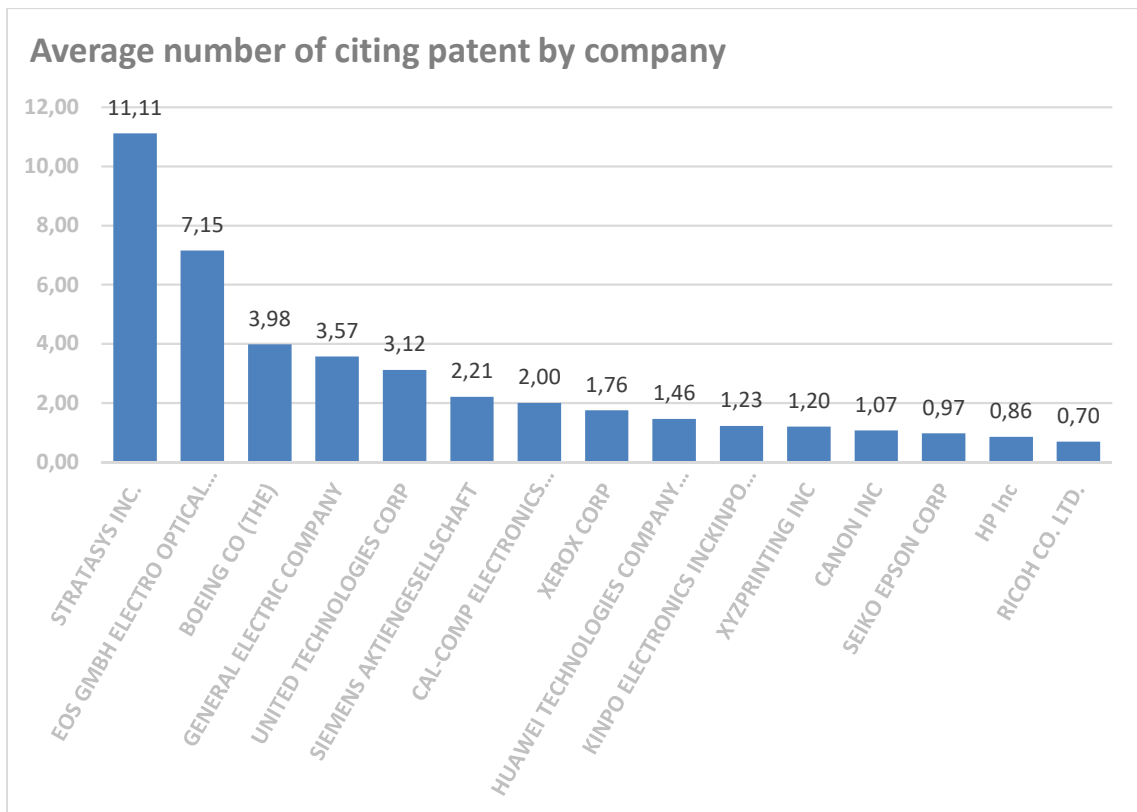


**Figura 5.3.** Top 15 leading companies in the AM sector from 2014 in terms of number of applications grouped by INPADOC families.

Come si può ben vedere, è netto il distacco raggiunto da General Electric e Hp Inc, sia in termini di numero di pubblicazioni, sia in termini di domande di brevetti effettuate rispetto alle rimanenti altre imprese. Quasi il 100% dei brevetti in più, infatti, sono stati pubblicati nell'ultimo periodo da parte di queste due imprese rispetto ad ognuna delle altre.

In ogni caso, in questa top 15 troviamo nomi del calibro di Canon, Stratasys, Boeing o ancora Xerox: imprese che si sono viste pubblicare un numero importante di brevetti e che quindi stanno contribuendo positivamente anch'esse ad alimentare questo mercato.

La figura 5.4 dà un'idea delle imprese che guidano le invenzioni attraverso le citazioni. Le imprese, i cui brevetti sono citati maggiormente, sono anche quelle che hanno per prime depositato un brevetto innovativo a cui le altre si sono ispirate, citandolo. Infatti, *“sia il richiedente che l'esaminatore di brevetto devono trovare e citare documenti che possono anticipare l'invenzione rivendicata, o che potrebbero essere simili all'invenzione rivendicata e limitare l'ambito della protezione del brevetto o che in generale rivelano lo stato dell'arte della tecnologia”* ("How to use the patent forward citations in Acclaimip", 2019).



**Figura 5.4** Average number of citing patent by top 15 companies

Stratasys, compagnia di spicco nel settore 3D printing, è la compagnia avente numero medio di citazioni maggiore. Sicuramente questo è dovuto al fatto che fu proprio un inventore di quest'impresa a depositare il primo brevetto sulla tecnologia Fused Deposition Modeling.

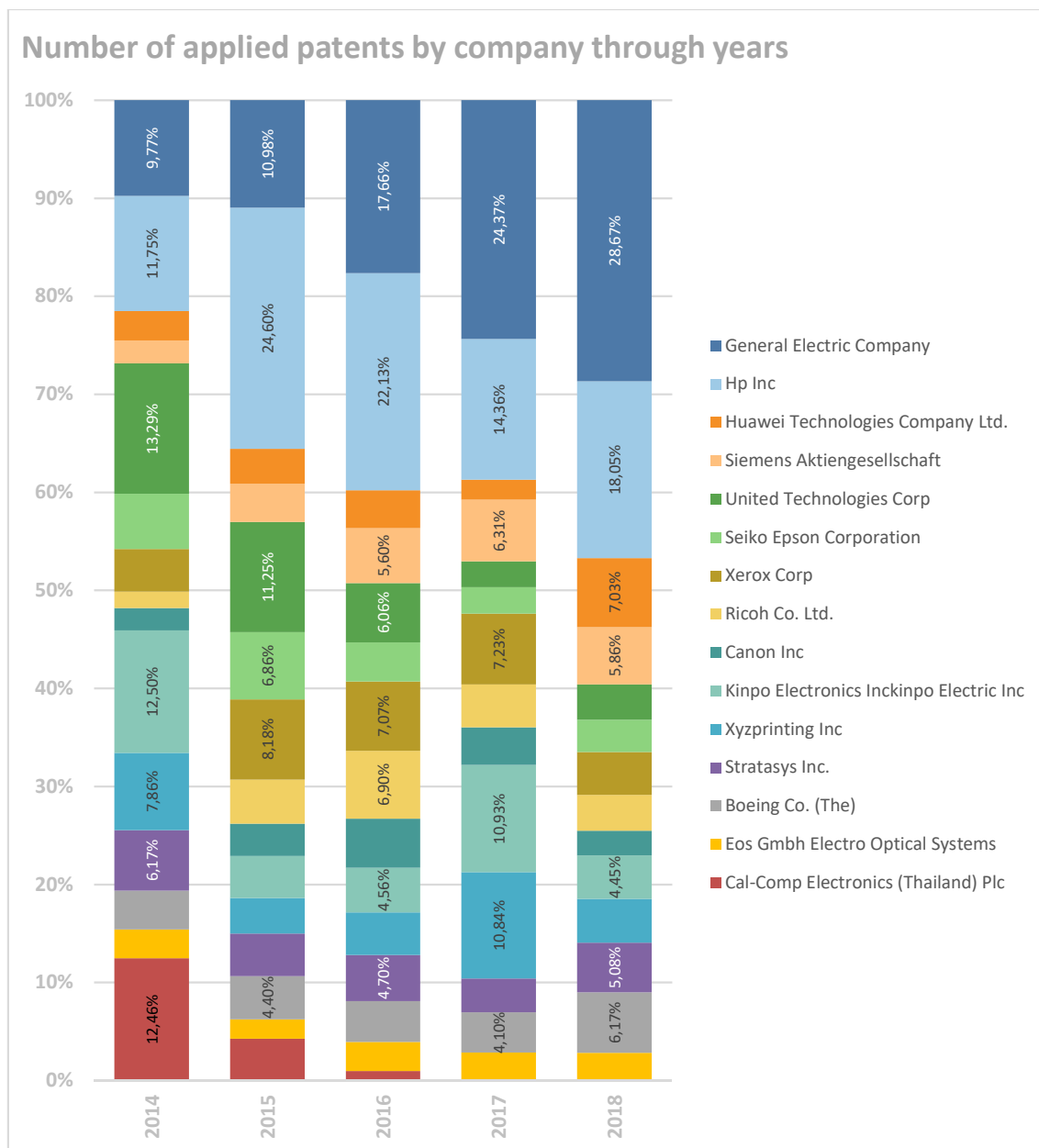
Subito dopo troviamo, in questo grafico, EOS (Electro Optical System), *“impresa tedesca pioniera e leader mondiale della tecnologia Direct Metal Laser Sintering (DMLS)”* (*“Welcome to EOS, the innovation leader in industrial 3D Printing”*, n.d.).

Tra le imprese elencate, queste due sono le uniche a superare la soglia di 4 citazioni medie a brevetto. Andando ad analizzare ancora il grafico, si nota anche come HP, pur avendo depositato un numero considerevole di brevetti, raggiunge le 0,86 citazioni medie per brevetto.

Il secondo passo della mia ricerca sulle imprese è stato di andare a vedere, invece, i brevetti depositati da queste 15 imprese durante il corso degli ultimi anni.

Nella Figura 5.5, non tenendo in considerazione il 2019, anno in cui sono stati depositati ancora troppi pochi brevetti per tenerne conto, si vede bene quella che è stata l'evoluzione di General Electric durante gli anni. Si nota chiaramente come ha imposto sempre più la propria presenza nel settore, mentre le altre imprese hanno continuato a dividersi sempre una fetta di mercato costante.





**Figura 5.5.** Percentages of patents filed by leading companies during the last 5 years

Dalla Tabella 5.1 si può notare come il 2018 sia stato un anno di svolta per i depositi brevettuali. Ponendo infatti la nostra attenzione su quest'anno, si può vedere chiaramente come il numero di brevetti sia stato nettamente inferiore rispetto agli anni precedenti per le imprese in questione.

Mentre alcune imprese, come Cal-Comp Electronics (Thailand) Plc e United Technologies Corp, avevano avvertito questo brusco calo già tra il 2016 e il 2017, le rimanenti hanno manifestato un comportamento analogo definitivamente nel 2018.

L'anno in questione, d'altro canto, come si è visto nella Figura 5.1, è stato anche l'anno nel quale è avvenuto il maggior numero di pubblicazioni brevettuali. E, probabilmente, è stata questa la causa del calo avvertito sui depositi: vuoi perché le imprese si aspettavano che il gran numero di brevetti che avevano depositato negli anni precedenti sarebbero stati approvati e pubblicati in quegli anni, vuoi anche perché ogni mercato è dominato dal

ciclo economico e il picco di pubblicazioni raggiunte nel 2018 può essere indice del periodo di crisi che prelude un periodo di recessione.

**Tabella 5.1.** Andamento dei depositi brevettuali da parte delle imprese leader nel settore negli anni

Companies	APPLICATION YEAR					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cal-Comp Electronics (Thailand) Plc	↑301	↔138	↓34	-	↓1	-
Eos Gmbh Electro Optical Systems	↔71	↔65	↑105	↑93	↓35	-
Boeing Co. (The)	96	↑143	↑147	↑134	↓79	-
Stratasys Inc.	↑149	↑141	↑166	↔113	↓65	-
Xyzprinting Inc	↔190	↓118	↔154	↑354	↓57	-
Kinpo Electronics Inckinpo Electric Inc	↑302	↔140	↔161	↑357	↓57	-
Canon Inc	↓55	↔107	↑177	↔125	↓32	-
Ricoh Co. Ltd.	↓41	↔146	↑244	↔143	↓47	-
Xerox Corp	↓105	↑266	↑250	↑236	↓56	-
Seiko Epson Corporation	↔136	↑223	↔141	↔88	↓42	-
United Technologies Corp	↑321	↑366	↔214	↓86	↓46	-
Siemens Aktiengesellschaft	↓57	↔126	↑198	↑206	↓75	1
Huawei Technologies Company Ltd.	↓72	↔116	↑137	↓66	↔90	-
Hp Inc	↓284	↔459	↑728	↔469	↓231	7
General Electric Company	↓236	↓357	↔624	↑796	↓367	-

In questa fase, tuttavia, è ancora troppo presto per affermare queste ipotesi con certezza; ma, se quest'affermazione si rivelasse vera, questo vorrebbe dire che il mercato a questo punto sarebbe in piena recessione.

### 5.3. I brevetti nel mondo

Diamo ora uno sguardo alle figure 5.6 e 5.7.

Queste due figure mettono in luce lo scenario, rispettivamente mondiale ed europeo, dei brevetti innovativi. Quei brevetti, cioè, che non hanno nel passato degli antenati simili o riconducibili.

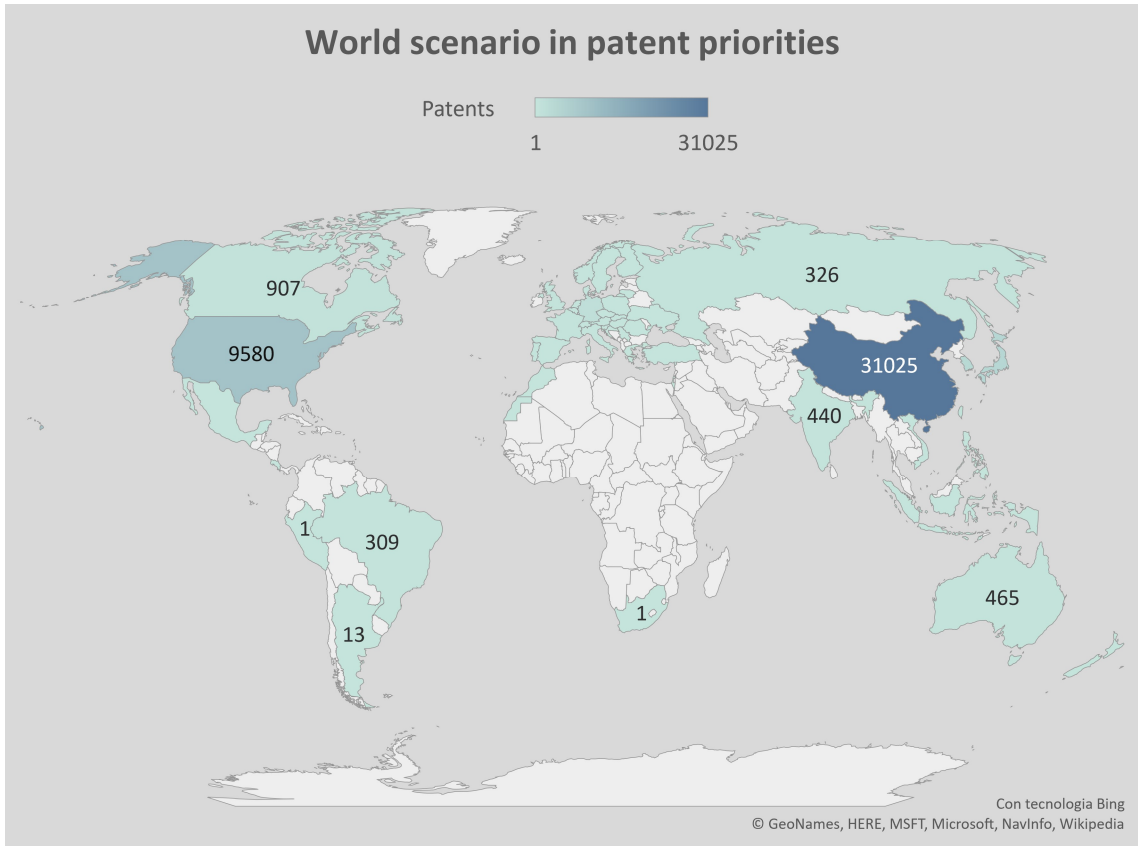
Le aree più scure rappresentano le zone con maggior numero di innovazioni brevettuali negli ultimi 6 anni.

L'Italia occupa solamente lo 0,6% del totale; risultato deludente se si vuole perseguire la competitività internazionale.

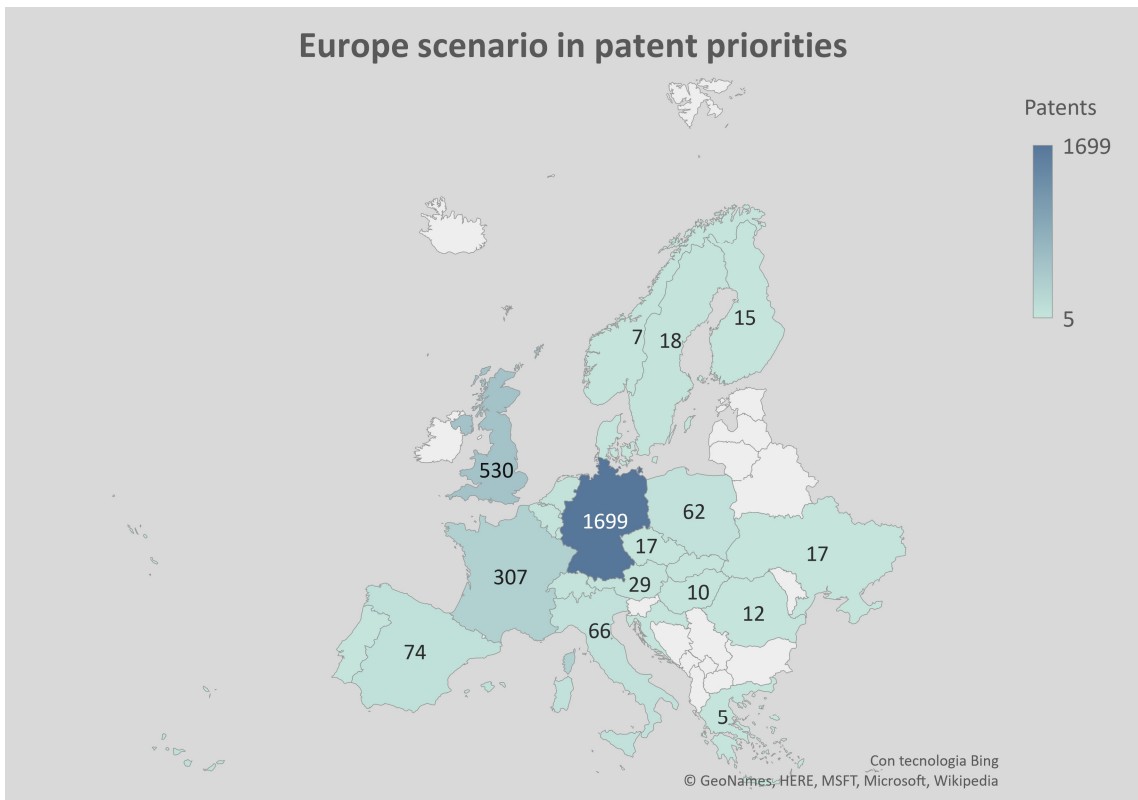
La Cina e gli Stati Uniti si contendono la battaglia e contribuiscono ad arricchire questa tecnologia. Le percentuali raggiunte da questi due Stati sono il 46,40% per la Cina e il 14,33% per gli Stati Uniti.

Questi due Stati, da soli, hanno apportato più del 50% dei brevetti a livello mondiale negli ultimi 6 anni e tutto fa pensare che continueranno in questa strada.

Spostandoci nello scenario europeo, le maggiori innovazioni arrivano da Gran Bretagna (0,90%) e Germania (2,60%), due nazioni che, pur avendo percentuali basse, se paragonate a livello mondiale, nello scenario europeo contribuiscono per il 70% delle innovazioni. Il 55,35% dei brevetti, infatti, provengono dalla Germania e il 19,12% provengono dalla Bretagna.



**Figura 5.6.** World situation in terms of patent applications searched by priority year.



**Figura 5.7.** European situation in terms of patent applications searched by priority year.

Come si può anche notare, la Germania e l'Inghilterra rientrano nella Top 10 Stati con le maggiori domande di brevetto.

Nella figura 5.8 si vede l'andamento dei depositi brevettuali negli anni ad opera degli 8 Stati più prolifici.

Unitamente a questi Stati, ho deciso di inserire anche i brevetti pubblicati WIPO ed EPC e raggruppato il resto del mondo.

Notevole è l'espansione del mercato cinese negli anni; mercato che è andato sempre più a sottrarre una fetta a quello statunitense.

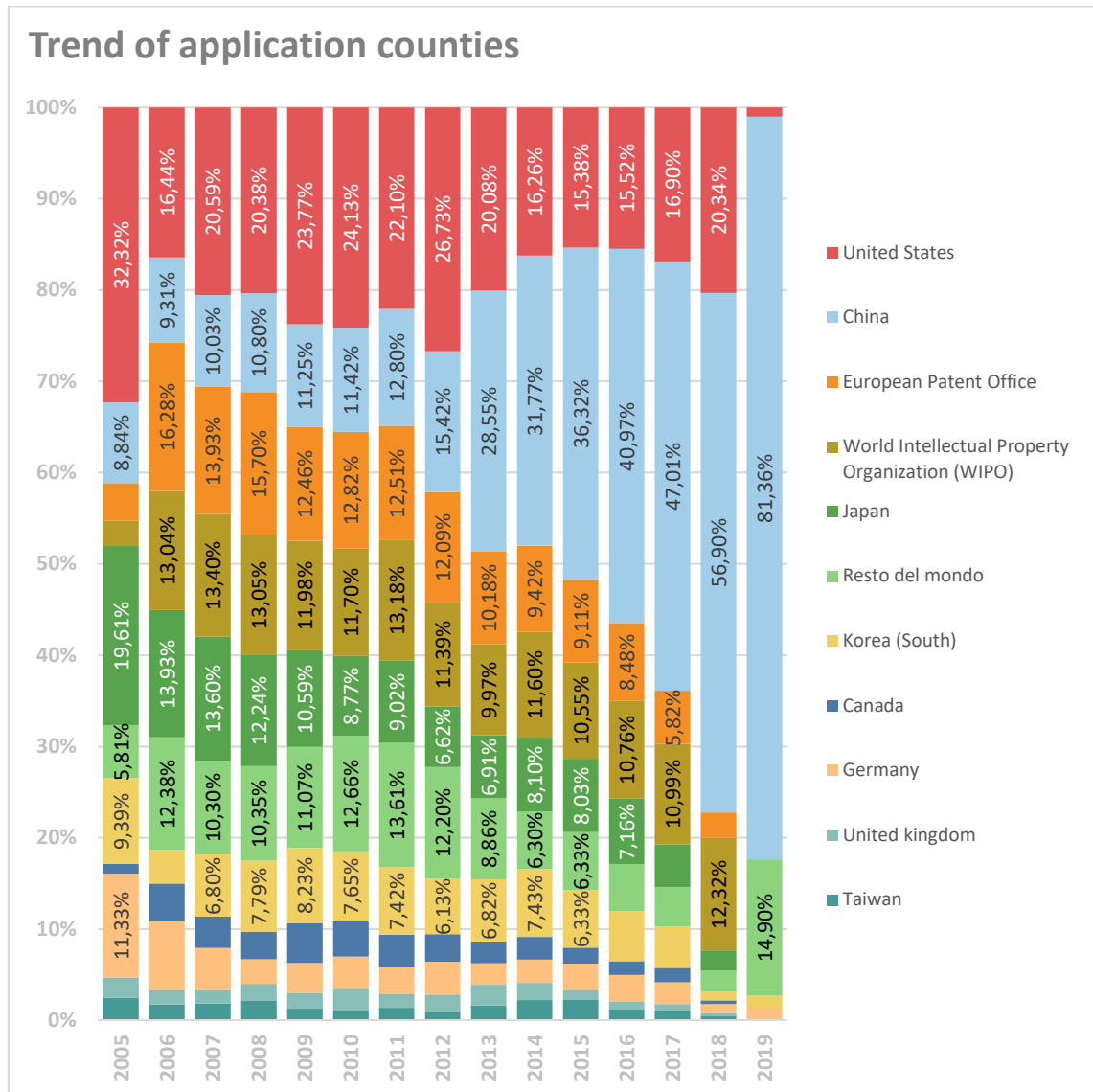


Figura 5.8. Application trend by country

Si noti anche qui come i due Stati (insieme) raggiungano, di anno in anno, sempre più percentuali importanti rispetto agli altri.

#### 5.4. Technologies

Era il 1984 quando Charles W. Hull, per la prima volta, depositò il primo brevetto sulla stereolitografia. Nel 1989 seguì S. Scott Crump della compagnia Stratasys, il quale inventò il Fused Deposition Modelling, metodo caratterizzato dal fondere materiali e depositarli fino a creare un oggetto 3D, strato dopo strato. Questa è la tecnologia che a molti viene in mente quando si parla di 3D printing.

Quest'ultimo brevetto scade nel 2009, portando le imprese a cercare differenti approcci.

L'avvento del famoso sito Kickstarter e il cambio di mentalità che portò le imprese a vendere direttamente al cliente, saltando gli intermediari, nella prima metà del 2010, hanno fornito un ambiente fertile per l'additive manufacturing.

In questa parte ho voluto categorizzare i depositi brevettuali in base alle varie tecnologie che dominano questo settore, andando a capire anche quali siano le preferite dalle imprese e come queste si siano evolute nel corso degli anni.

Come si può notare nella figura 5.9, sono state raggruppate le prime 14 tecnologie in termini di priority year, dal 2005 ad oggi.

Nel grafico è anche presente il raggruppamento per famiglie, così da mettere meglio in evidenza le tecnologie che sono state utilizzate per la maggiore nei brevetti di primo deposito.

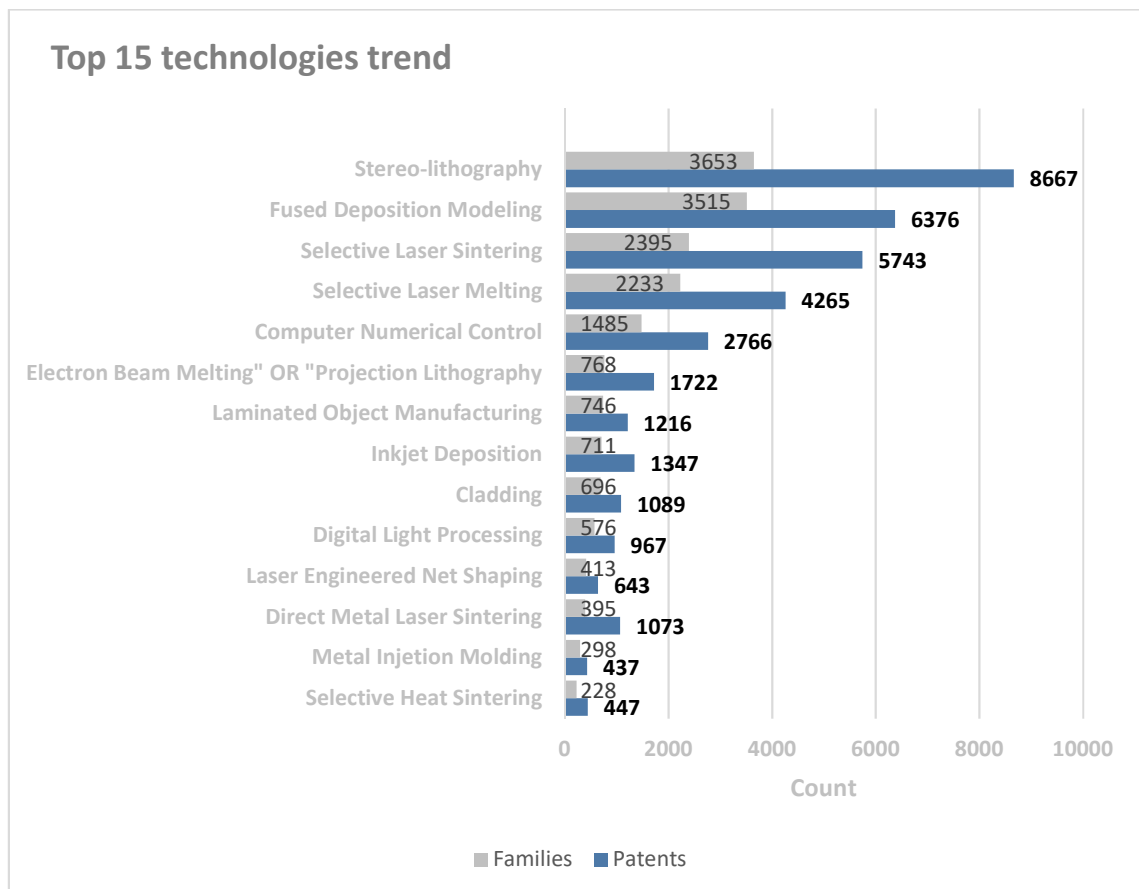


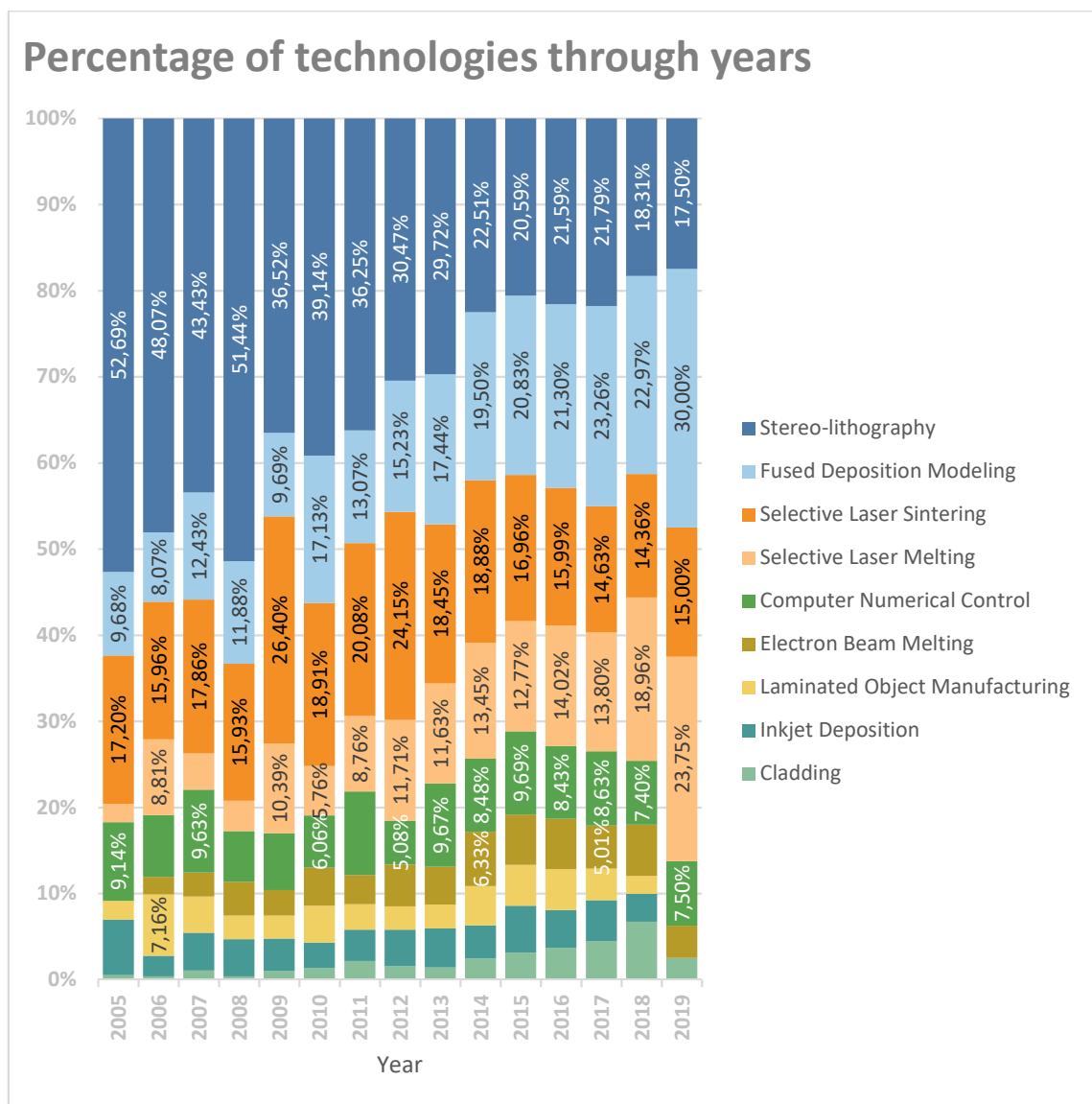
Figura 5.9. Top 14 Technologies since 2005

Come mostrato nella figura precedente, la porzione di brevetti depositati con tecnologie di Stereolitografia (19,06%) e Fused Deposition Modeling (16,41%), continuano a dominare il mercato. Questo è sicuramente dovuto al fatto che queste due sono quelle che più si sono consolidate durante il corso degli anni e che più le imprese conoscono e hanno sviluppato; seguite, subito dopo, dalle altrettanto importanti Selective Laser Sintering (11,18%) e Selective Laser Melting (10,43%).

Queste quattro tecnologie, assieme, occupano da sole più del 50% di quelle utilizzate. Subito a seguire troviamo il Computer Numerical Control (6,93%), il Rapid Manufacturing (6,04%) e, andando via via a scendere in termini singoli percentuali, le rimanenti che, tutte assieme, occupano circa il 38% dei risultati.

*In appendice è possibile consultare i risultati da me ottenuti per tutte le tecnologie che ho inserito nella mia ricerca.*

Nella figura 5.10 si possono osservare le percentuali utilizzate nei brevetti depositati delle prime nove tecnologie nel corso degli anni.



**Figura 5.10.** Percentuale Top 9 tecnologie negli anni – Application year

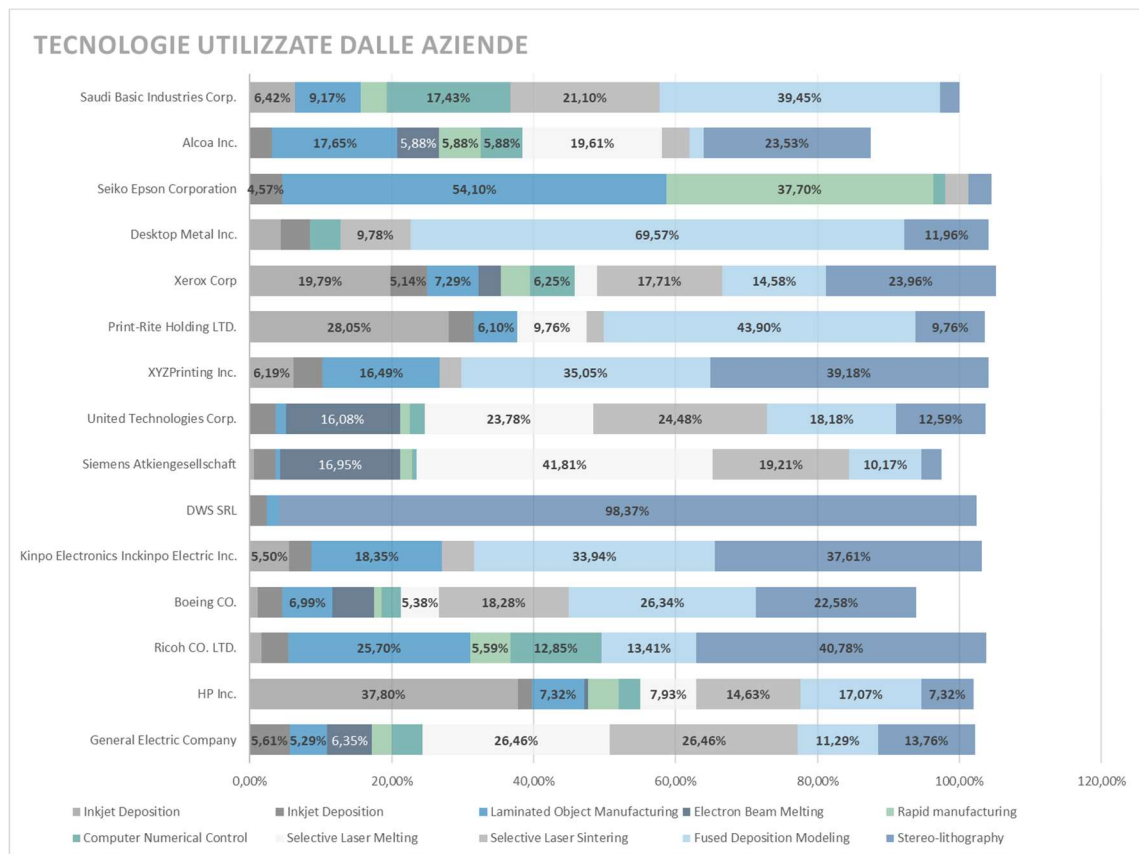
Come mostrato in figura, la proporzione di brevetti depositati nel corso degli anni con tecnologie Fused Deposition Modelling e Selective Laser Melting è cresciuta dal 2005, mentre le altre sono rimaste costanti nel corso del tempo o addirittura hanno avuto un trend decrescente.

Già a partire dal 2012, comparato agli altri anni, il numero di brevetti depositati con tecnologia stereolithography ha subito un calo sempre più brusco nel corso del tempo.

Infatti, il numero di brevetti depositati con tecnologia Fused Deposition Modelling e Selective Laser Melting ha nettamente superato in proporzione il resto delle tecnologie.

Tali cambiamenti, nella tendenza delle domande di brevetto, classificate dalla tecnologia, probabilmente si rifletteranno sui brevetti rilasciati nei prossimi anni.

Nella figura 5.11 ho voluto mettere in evidenza in che misura le top 10 tecnologie sono utilizzate dalle imprese più importanti nel settore.



**Figura 5.11.** Tecnologie utilizzate dalle principali compagnie

Si noti come General Electric e United Technologies Corp utilizzano, in proporzioni pressoché costanti, le prime quattro tecnologie maggiori, mentre il resto delle imprese sembra specializzarsi su una in particolare.

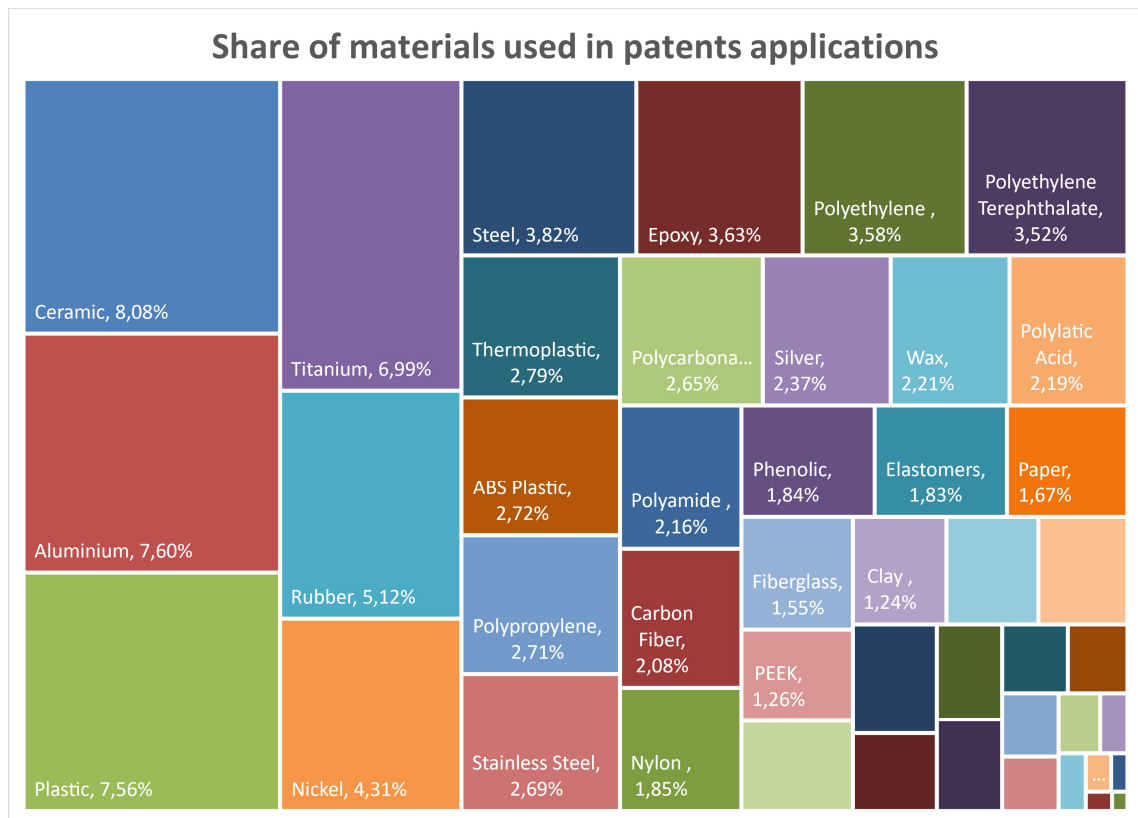
HP, ad esempio, sembra preferire la tecnologia Inkjet Deposition, depositando il 37,8% dei brevetti che utilizzano questa tecnologia. Desktop Metal, addirittura, ha depositato il 69,57% dei brevetti che utilizzano la tecnologia Fused Deposition Modelling.

## 5.5. Materials

Al giorno d'oggi esiste una grande varietà di materiali usati per la stampa 3D (polvere, filamenti, pellets, granuli, resine ecc.). Infatti, i materiali disponibili per la stampa 3D sono sempre stati un settore di ricerca e sviluppo di questa tecnologia.

Industrie dedicate a determinate applicazioni utilizzano materiali specifici con le proprietà del materiale che meglio soddisfa le loro esigenze applicative (ad esempio il settore odontoiatrico).

In questa parte del mio lavoro ho voluto raggruppare quelle che, secondo me, sono le principali utilizzate e ho raccolto dati dai brevetti che sono stati depositati dal 2005 ad oggi. Questi materiali vanno dalla plastica all'acciaio e ancora dalla resina epossidica al PEEK, un polimero termoplastico organico incolore della famiglia dei poliarileterchetoni. Polimero che, come si vedrà nella Figura 5.13 in cui sono state raccolte le percentuali dei materiali più utilizzati nei brevetti depositati racchiusi in famiglie, era molto più utilizzato nel 2005 e che col tempo è stato utilizzato sempre meno.



**Figura 5.12.** Share of most used materials in patent applications

*In appendice è possibile consultare i risultati da me ottenuti per tutti i materiali che ho inserito nella mia ricerca.*

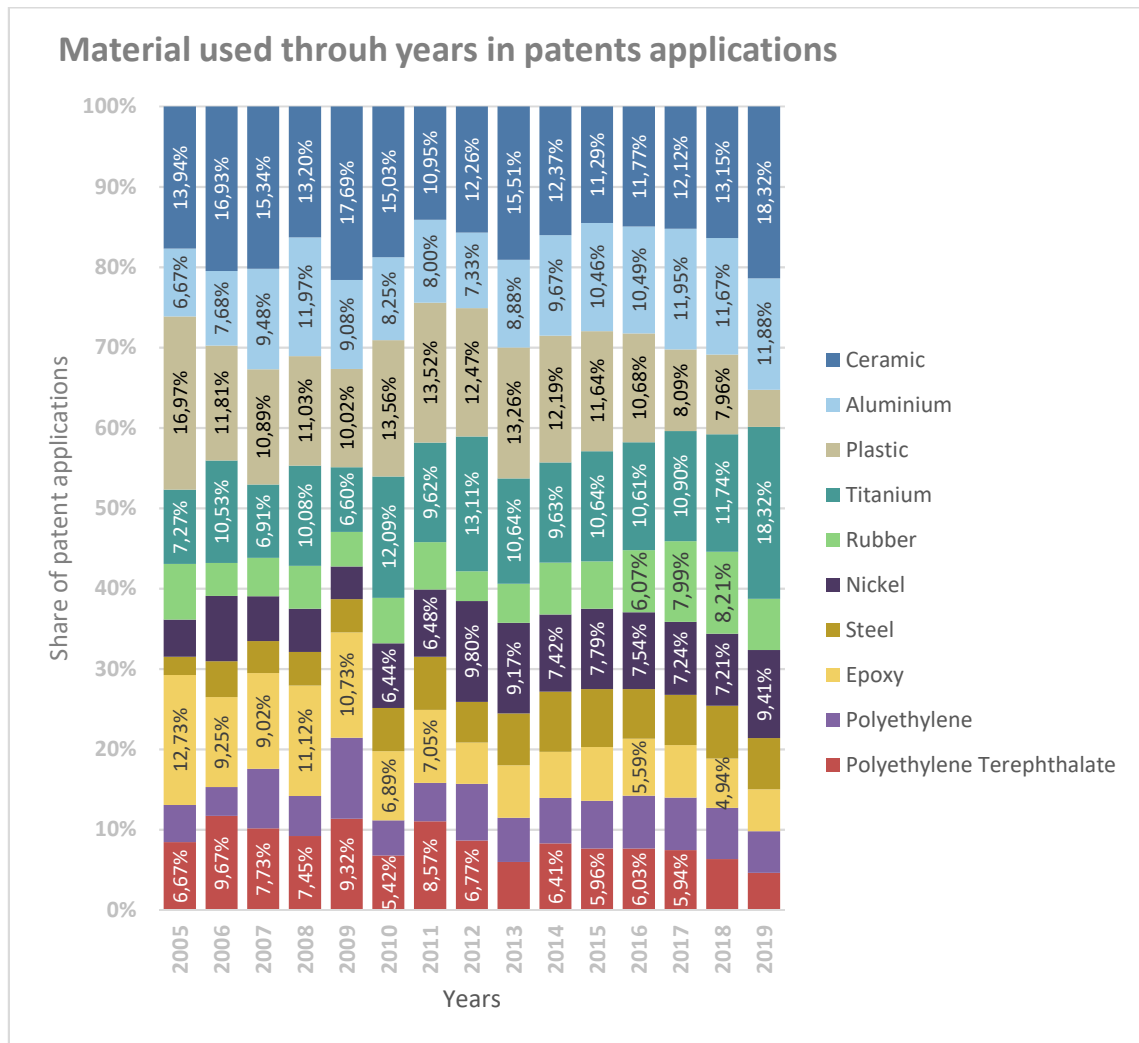
Come si vede nell'immagine, la ceramica, l'alluminio e la plastica sembrano essere i materiali più utilizzati dalle imprese, seguiti da titanio, gomma e nickel.

Il resto dei materiali, compreso l'acciaio che troviamo subito dopo, raggiungono utilizzi comunque importanti, ma sotto sotto il 4%.



Ho preferito includere, nei materiali della mia ricerca, quelli che sono stati utilizzati per molto tempo fino ad oggi e ho preferito escludere materiali, come quelli biologici o anche i sostitutivi della plastica, in quanto provenienti da tecnologia non ancora consolidate e in sviluppo, anche se importanti.

La figura 5.13 mostra l'evoluzione nell'uso dei materiali nei brevetti depositati nel tempo. Ho preferito analizzare questo dato sui primi 10 materiali con maggiori percentuali nella ricerca di sopra e raggrupparli in famiglie per avere un quadro più esplicativo e leggero.



**Figura 5.13.** Share of materials mostly used in patent applications through years

Da questa figura sembra che durante il corso degli anni si sia fatto uso pressappoco simile delle stesse percentuali di materiali nei brevetti depositati, anche se, come emerge sopra, sembra che la plastica lentamente cominci a essere usata sempre meno. Questo è sicuramente dovuto al fatto che, anche se molto economica, comincia ad esserci molta più sensibilizzazione da parte degli Stati sull'uso di questo polimero molto inquinante.

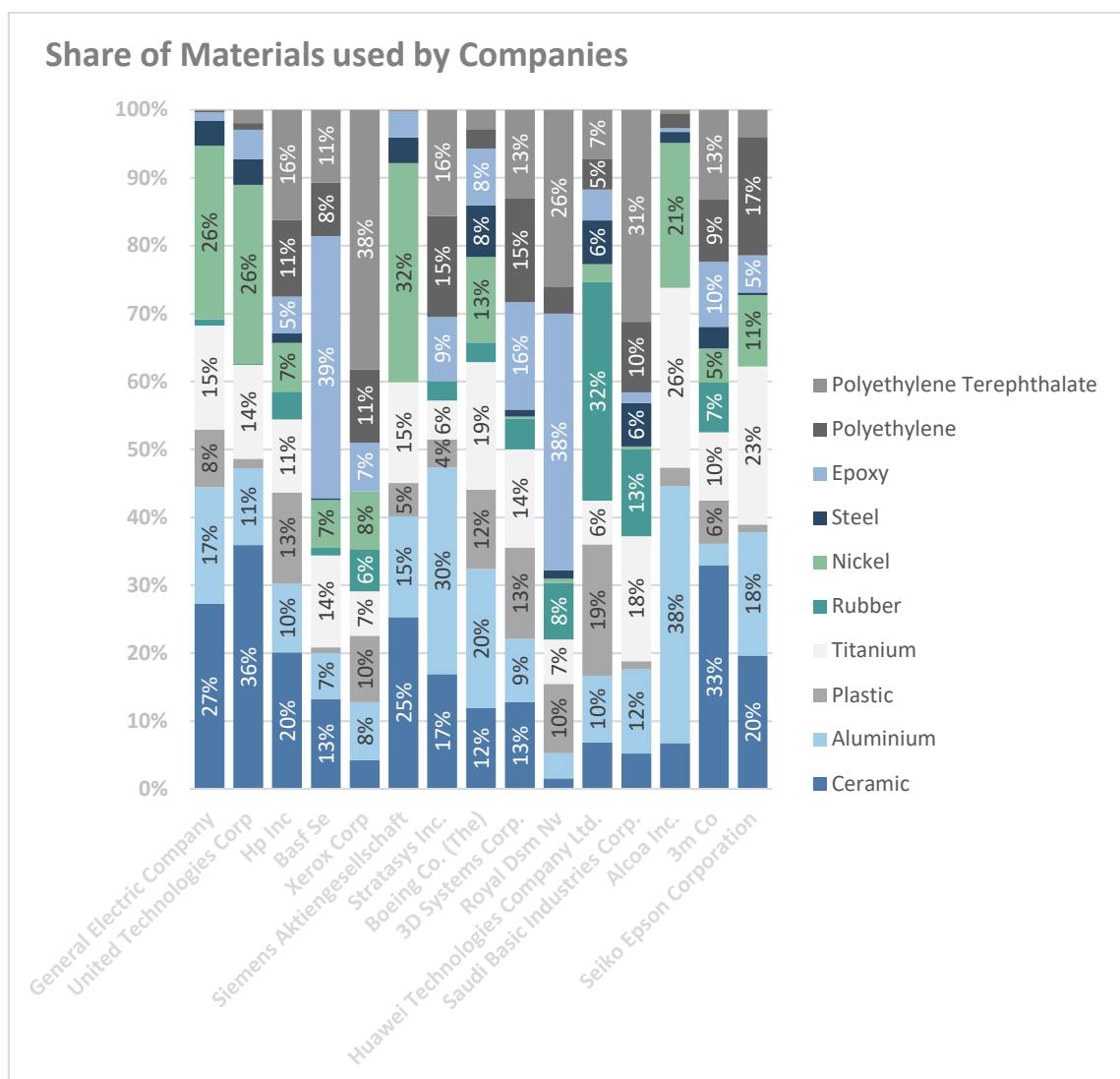
Anche se è ancora molto presto per affermare che stia per finire l'era della plastica, le percentuali risultano essere leggermente in calo rispetto agli altri anni. Inoltre, da molti studi è emerso come in questo periodo vi sia una corsa alla ricerca di sostituti della plastica

da parte di vari reparti di ricerca e sviluppo delle diverse società. HP, ad esempio, quasi ogni giorno cerca di portare nuove soluzioni nel mercato come la stampante HP Jet Fusion 5200 Series che usa il nuovo materiale TPU al posto della plastica ("La nuova Hp Jet Fusion 5200 stampa con TPU", 2019).

Il nickel, anche se poco usato fino al 2010, sta raggiungendo percentuali sempre maggiori nel suo utilizzo.

Infine, le imprese sembrano investire sempre più nella ceramica, l'alluminio e il titanio. Questi materiali, rispetto a tutti gli altri presenti nel grafico, nel 2018 hanno raggiunto percentuali di utilizzo sopra l'11%.

A questo punto, ho raccolto nella figura 5.14 le percentuali dei materiali della top 10 utilizzati dalle imprese per vedere, in base al loro settore applicativo, se esiste un materiale preferito rispetto ai rimanenti.



**Figura 5.14.** Share of materials used in companies patent applications

Appare subito chiaro in questa figura che non vi è un materiale scelto maggiormente da tutte le imprese, ma che invece ognuna di esse utilizza i materiali in percentuali in base

al settore applicativo.

General Electric, in questo caso, utilizza nei suoi brevetti un pò tutti i 10 materiali, in quanto i settori applicativi di questa impresa sono svariati.

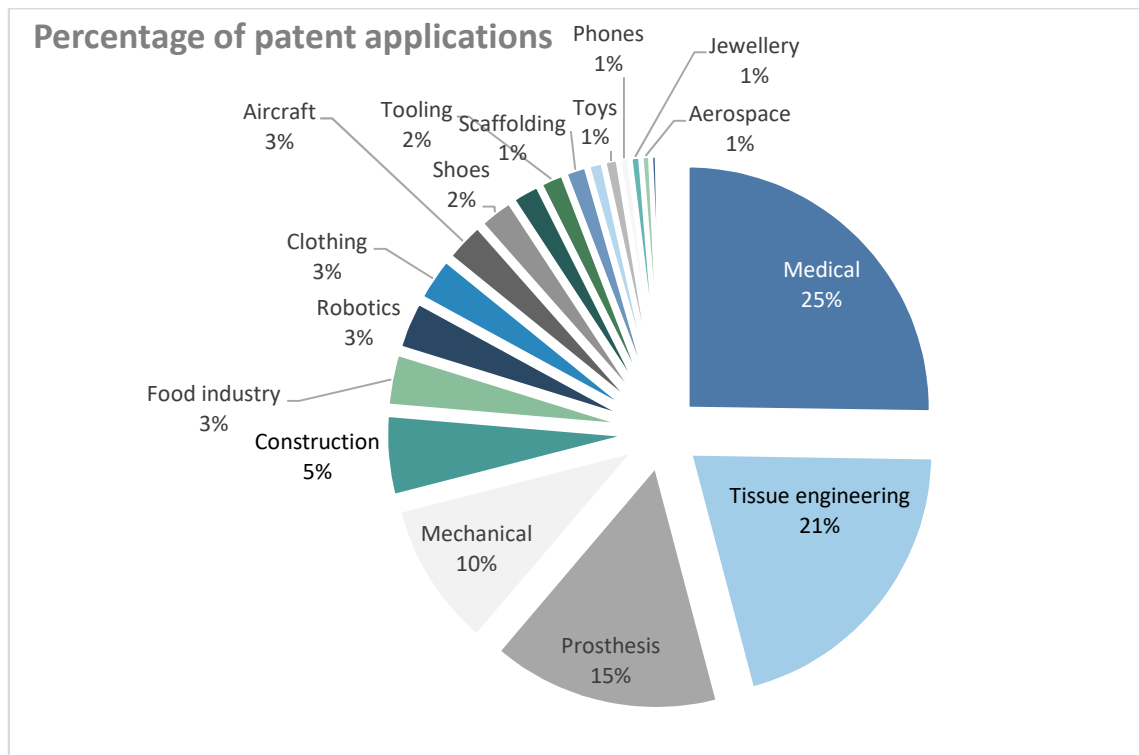
Si vede ancora meglio con HP come anche questa impresa, dovendo rispondere alle esigenze del mercato delle stampanti 3D, utilizza pressoché in percentuali costanti tutti i materiali.

Andando avanti ad analizzare il grafico, notiamo anche che Alcoa sembra preferire alluminio, titanio e nichel, mentre ancora United Technologies e 3m Co hanno depositato più del 30% dei loro brevetti nell'uso della ceramica, come materiale principale utilizzato per la stampa.

Infine, la Saudi Basic Industries Corp. e la Xerox Corp sembrano utilizzare largamente il Poli-parafenilene tereftalamide (o Kevlar), un materiale molto usato in tantissimi settori, dalla difesa, per le imbottiture antiproiettile, allo sport, per produrre le scarpe, o ancora nelle costruzioni o nella musica: grazie alle sue proprietà acustiche, infatti, viene utilizzato per produrre gli altoparlanti.

## 5.6. Applications

Negli ultimi anni, il 3D printing si è sviluppato fino ad arrivare ad avere ruoli cruciali in molti settori applicativi. Il grafico a torta della figura 5.15 mostra le percentuali di utilizzo nei brevetti provenienti da alcuni di questi settori.



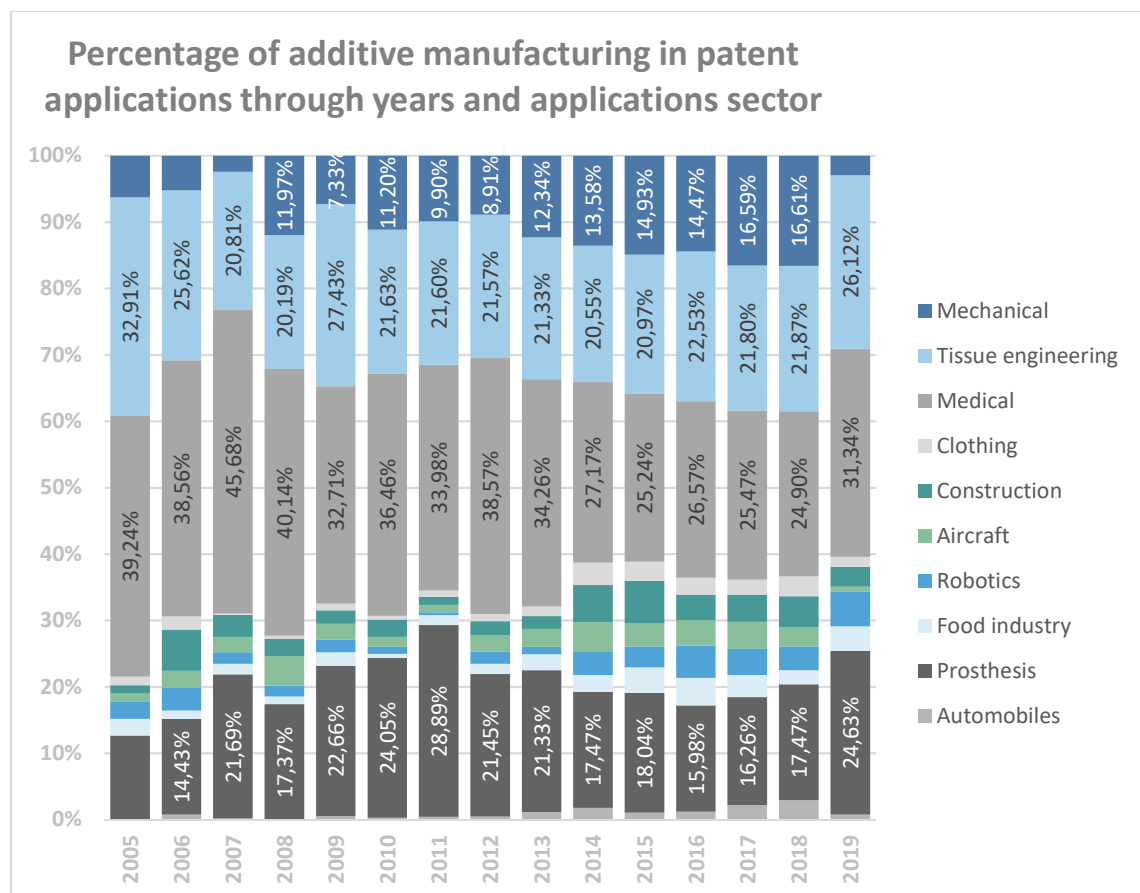
**Figura 5.15.** Pie chart of percentage of patents applications by application sector.

Come si può vedere, nello scenario attuale, i processi di stampa 3D stanno raggiungendo

il loro massimo potenziale; essi trovano applicazione nelle industrie manifatturiere e medicali, così come nei settori meccanici o nel food industry. Questa versatilità nelle applicazioni fa sì che quella della stampa 3D sia una tecnologia di successo commerciale.

Per molto tempo il problema della stampa 3D è stato a livello economico: i costi di ingresso infatti molto alti non hanno permesso un'implementazione redditizia ai produttori di massa rispetto ai processi standard. Ma i trend di mercato individuati negli ultimi anni hanno fatto sì che la stampa 3D diventasse una delle tecnologie più importanti e sicuramente quella con i maggiori numeri di crescita nel settore manifatturiero. Il settore dell'ingegneria del tessuto, che comprende anche il settore odontoiatrico o anche quello della ricostruzione dei tessuti in generale, risulta essere quello maggiormente sviluppato, tramite l'additive manufacturing. Un quarto di tutti i brevetti depositati in uscita dalla mia ricerca, infatti, risulta provenire da questo settore.

Percentuali importanti sono raggiunte anche dal settore meccanico e da quello medico, oltre a quello delle protesi; a differenza degli altri settori, nei quali non è stato ancora raggiunto il pieno sviluppo nell'uso di questa tecnologia, nonostante ogni giorno ci siano innovazioni in questo senso.



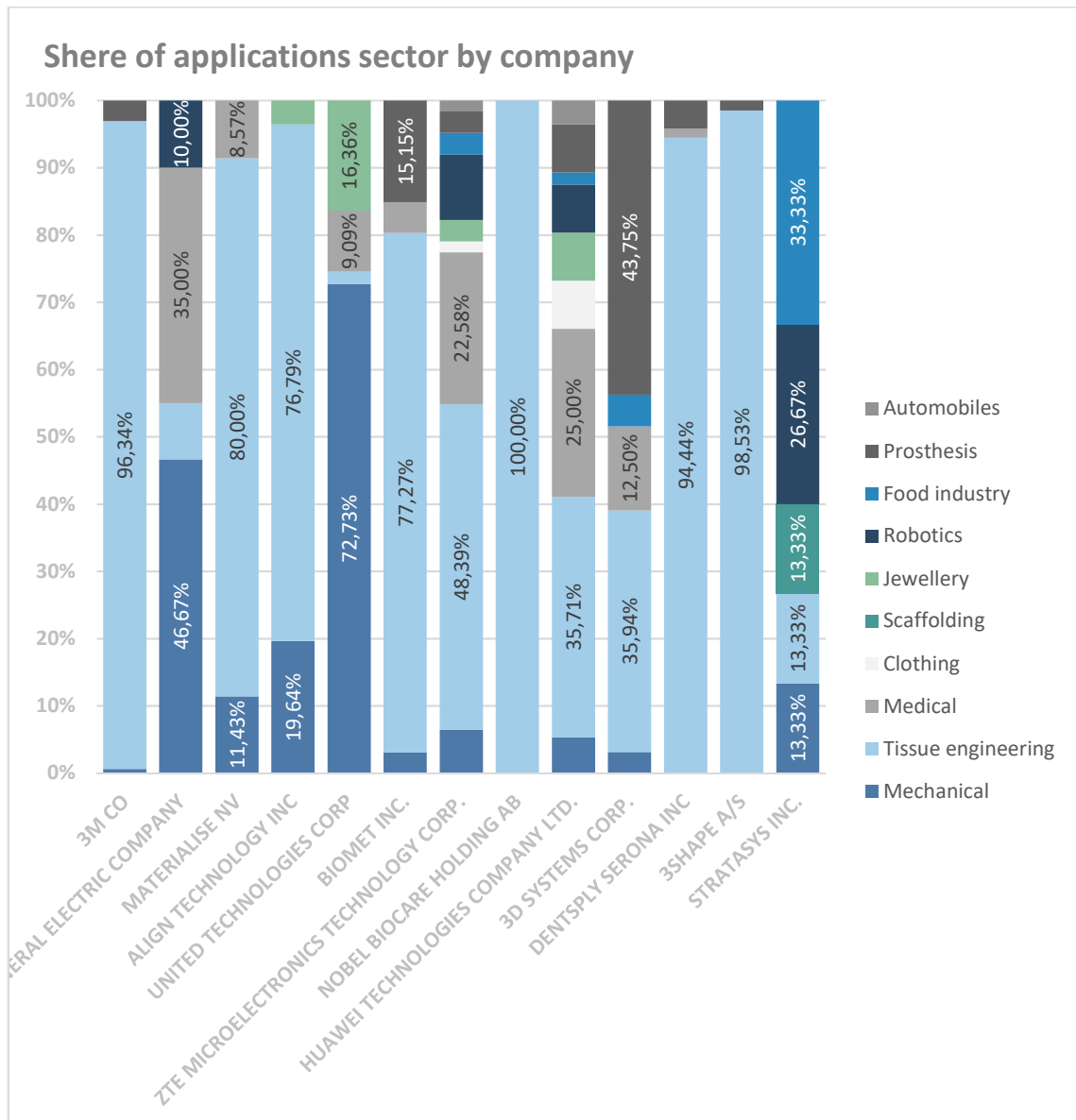
**Figura 5.16.** Percentages of use of additive manufacturing over the years by application sector

La figura 5.16 ci consente di dare uno sguardo a come si sono sviluppati i settori durante gli anni. Ho deciso di portare avanti quest'analisi per i brevetti depositati dal 2005 e per i primi dieci settori di interesse.

Il settore meccanico, dopo aver raggiunto percentuali importanti di utilizzo dell'additive

manufacturing intorno al 2015, ha cominciato una fase di declino nell'uso di questa tecnologia. A parte l'ingegneria del tessuto, settore nel quale il 3D printing sembra trovare terreno fertile per il suo sviluppo applicativo, il grafico mostra come, invece, vi sia un utilizzo pressoché costante negli anni sugli altri settori.

Particolare attenzione va posta nel food industry, applicazione nella quale già dal 2005 si è provato ad utilizzare il 3D printing: ancora oggi si continuano a sviluppare nuovi metodi e nuove ricerche per capire come, aggregando strati di materiale commestibile, si possano creare delle vere e proprie opere d'arte da consumare.



**Figura 5.17.** Application sector distribution for major companies.

Come mostrato in figura 5.17, nella quale si vedono le percentuali per settore applicativo delle principali imprese risultanti dalla mia ricerca, si nota bene come il settore meccanico e soprattutto quello del tissue engineering, sembrano essere quelli nei quali le imprese investono maggiormente.

## 6. Portfolio analysis for key 3D printing companies

In questa parte ho voluto raccogliere tutte le informazioni principali su quelle che, a mio avviso, sono le quattro imprese chiave nel settore dell'additive manufacturing, sia in termini di importanza storica, sia per quanto riguarda la loro incidenza e peso su questo settore.

Le imprese chiave che ho voluto analizzare comprendono: **3D Systems**, pioniera insieme a Stratasys nell'additive manufacturing, Chuck Hull, cofondatore, vicepresidente e chief technology officer di questa impresa, ha inventato la stereolitografia, il primo esempio commerciale di prototipazione rapida; **Stratasys**, negli anni '90 commercializzò la tecnologia Fused Deposition Modelling sviluppata da S. Scott Crump alla fine degli anni ottanta (XX secolo), e ancora ne possiede il marchio commerciale; **HP Inc.** e **General Electric**, imprese che in questi ultimi anni si stanno contendendo questo mercato, depositando di giorno in giorno un numero importante di brevetti e guidando l'innovazione.

Ho deciso di raccogliere informazioni con un grado di dettaglio maggiore, cercando di capire quale sia stata la loro storia brevettuale, provando anche a cercare di capire se gli investimenti fatti nel tempo, seguendo la loro storia imprenditoriale, hanno poi portato effettivamente a risultati positivi nel panorama brevettuale.

### 6.1. General Electric

General Electric (capitalizzazione di mercato \$ 231 miliardi) è il leader indiscusso nell'adozione della stampante 3D. Attraverso recenti acquisizioni, GE si sta cimentando nella produzione e vendita di stampanti 3D. Prima dell'acquisizione nel 2016 dei due colossi Concept Laser e Arcam, questa azienda possedeva già almeno 90 brevetti statunitensi relativi a metodi e macchine per questo tipo di stampa.

Complessivamente, il gruppo GE, ha inizialmente stanziato circa 1,5 miliardi di dollari sul potenziamento della propria offerta nelle tecnologie additive, rispettivamente per acquisire la tedesca SLM Solutions e la svedese Arcam, per rafforzare la sua presenza nell'ambito della manifattura digitale.

In particolare, la società ha provato ad acquisire SLM Solutions, offrendo 38 euro per azione, ma GE ha dovuto retrocedere dopo che Elliott Advisors, investitore di maggioranza che possiede il 20% di SLM, ha comunicato di aver respinto l'offerta; episodio che ha reso più difficile per GE raggiungere la soglia minima di accettazione stabilita. Contestualmente, ha alzato la propria offerta e abbassato la soglia minima di accettazione per il produttore di stampanti 3D svedese Arcam, in cui ancora Elliott Advisors possiede una quota.

SLM Solutions è un'azienda tedesca leader nel mondo della produzione di sistemi di metal additive manufacturing con tecnologia Selective Laser Melting, ovvero a fusione laser selettiva di polveri metalliche che produce macchine laser per la stampa 3D in metallo, indirizzata ad applicazioni nel mondo aerospaziale, dell'energia, della medicina e dell'automobile.

General Electric ha deciso di acquistare il produttore di stampa 3D di metalli Concept

Laser per 549 milioni di euro (599 milioni di dollari). I principali clienti di quest'ultima sono aziende del settore aerospaziale, medicale, dentale, automotive e orafo. L'operazione di acquisto della società tedesca è stata decisa da GE dopo che l'offerta pubblica per l'acquisto di SLM Solutions non è andata in porto. Il gruppo americano inizialmente ha acquistato il 75% di Concept Laser, stipulando un accordo che permette di arrivare alla piena proprietà nel giro di pochi anni ("GE compra Concept Laser", 2016)

“L'azienda si è affermata nel settore della stampa 3d industriale di metalli con il sistema brevettato LaserCUSING. Il nome della tecnologia di stampa non è altro che il frutto della sostituzione della lettera “F” di Fusing, con la “C” di Concept” ("GE Additive: stampa 3d con metalli Concept Laser ed Arcam", 2018).

Con sede in Svezia, anche Arcam ha un focus specifico sul metallico: è ad essa che si deve lo sviluppo delle macchine EBM (electron beam melting) per la stampa 3D a metallo, anche in questo caso indirizzando i segmenti aerospaziale e medicale.

L'investimento è stato molto importante per GE la quale, in 3 anni, come si aspettava al momento dell'acquisto, con questa operazione si è portata a bordo anche un numero importante di brevetti diventando, al fianco di HP, una società leader di questo settore. Peraltro, la società ha rafforzato anche le proprie competenze nell'ambito delle scienze dei materiali.

### 6.1.1. Publication Trend

La figura 6.1 mostra lo storico di General Electric in termini di depositi brevettuali e dei brevetti concessi negli ultimi 15 anni

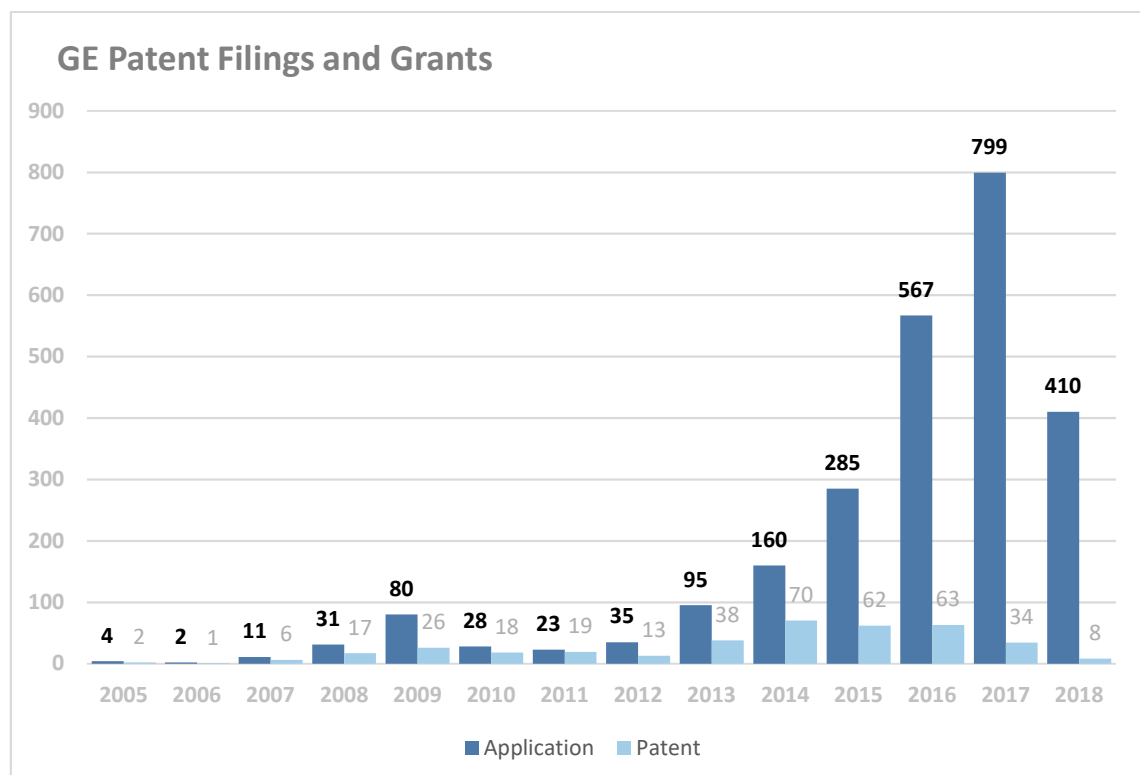


Figura 6.1. US patent filings and grants for GE for the last 15 years.

A seguito dell'acquisto da parte della multinazionale di Concept Laser e Arcam, il 2017 è stato l'anno nel quale questa impresa ha raggiunto il numero maggiore di depositi brevettuali.

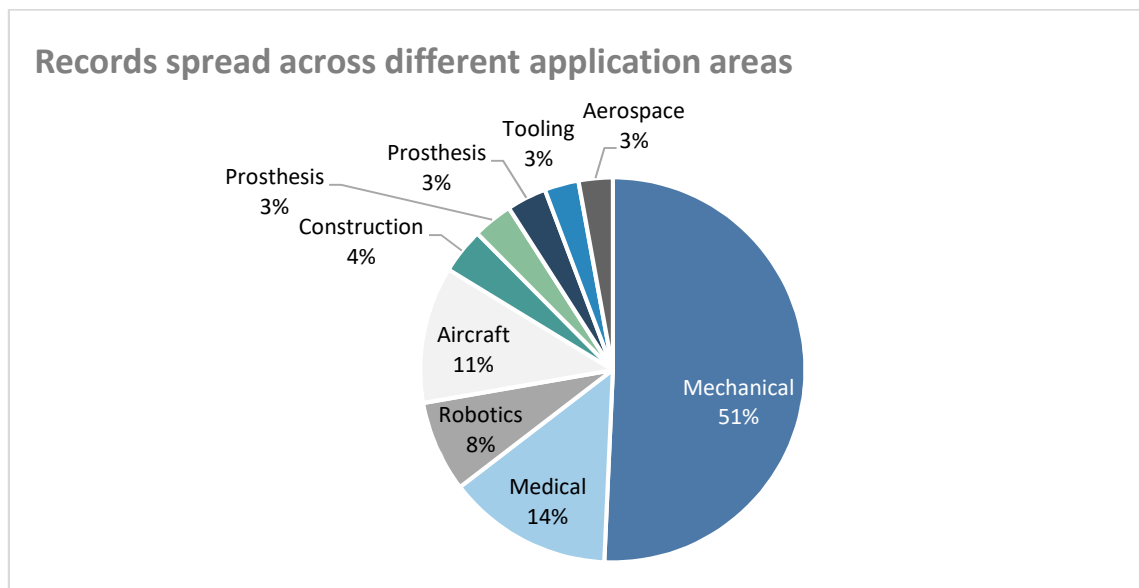
Il 2014 è stato invece l'anno in cui GE si è vista concedere il numero di brevetti maggiore.

Come emerge dal grafico, sembra che l'interesse maggiore di General Electric sia quello di depositare il numero maggiore di brevetti possibile sicuramente per riceverne le pubblicazioni 18 mesi dopo, sia perché vuole far sapere alle altre imprese nel mercato la sua attività in questo settore, sia per cercare di intimorire chi cerca di usare la tecnologia brevettata da GE e pubblicata, la quale potrebbe venire concessa in futuro.

In ogni caso, molte imprese si limitano a depositare un brevetto non per ricevere la concessione, ma per mantenere libera una tale tecnologia e guidare il mercato, impedendo alle altre imprese di appropriarsi della licenza brevettuale.

### 6.1.2. Applications

Il grafico a torta della figura 6.2, mostra le percentuali applicative dei brevetti depositati. Comparato agli altri settori, General Electric sembra focalizzarsi molto sul settore meccanico, depositando più del 50% dei brevetti riguardanti questo settore applicativo.



**Figura 6.2.** GE records spread across different application areas.



### 6.1.3. Materials

Il grafico a torta della figura 6.3, mostra invece l'uso dei vari materiali da parte di General Electric.

Si nota come questa società sembra preferire l'uso della ceramica, del nickel, dell'alluminio e del titanio rispetto agli altri materiali. In particolare, quasi il 50 % dei brevetti depositati da General Electric, utilizzano la ceramica e il nickel.

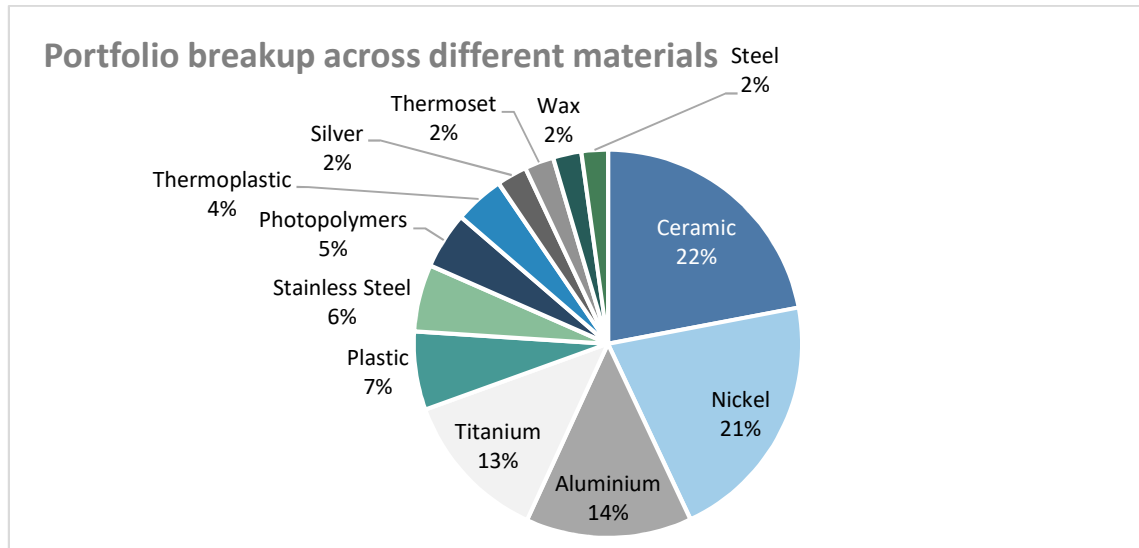


Figura 6.3. GE portfolio breakup across different materials.

### 6.1.4. Technologies

Il grafico a torta della figura 6.4 mostra come si suddividono i brevetti depositati da GE per tecnologia utilizzata.

Circa il 50% dei brevetti utilizza tecnologie di selective laser (melting e sintering), seguite da un 13% circa di brevetti depositati con tecnologia Direct Metal Laser Sintering (DMLS).

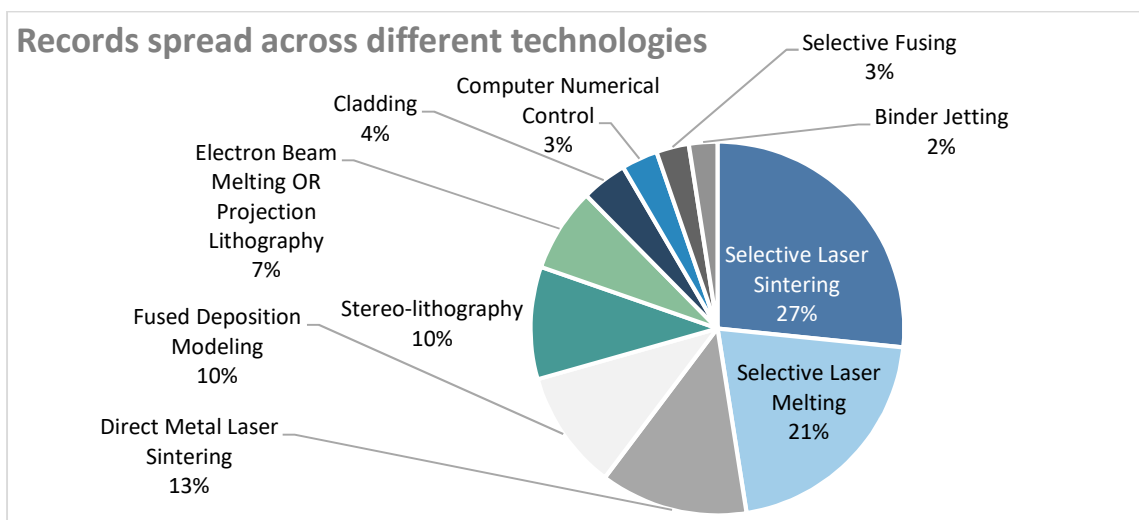
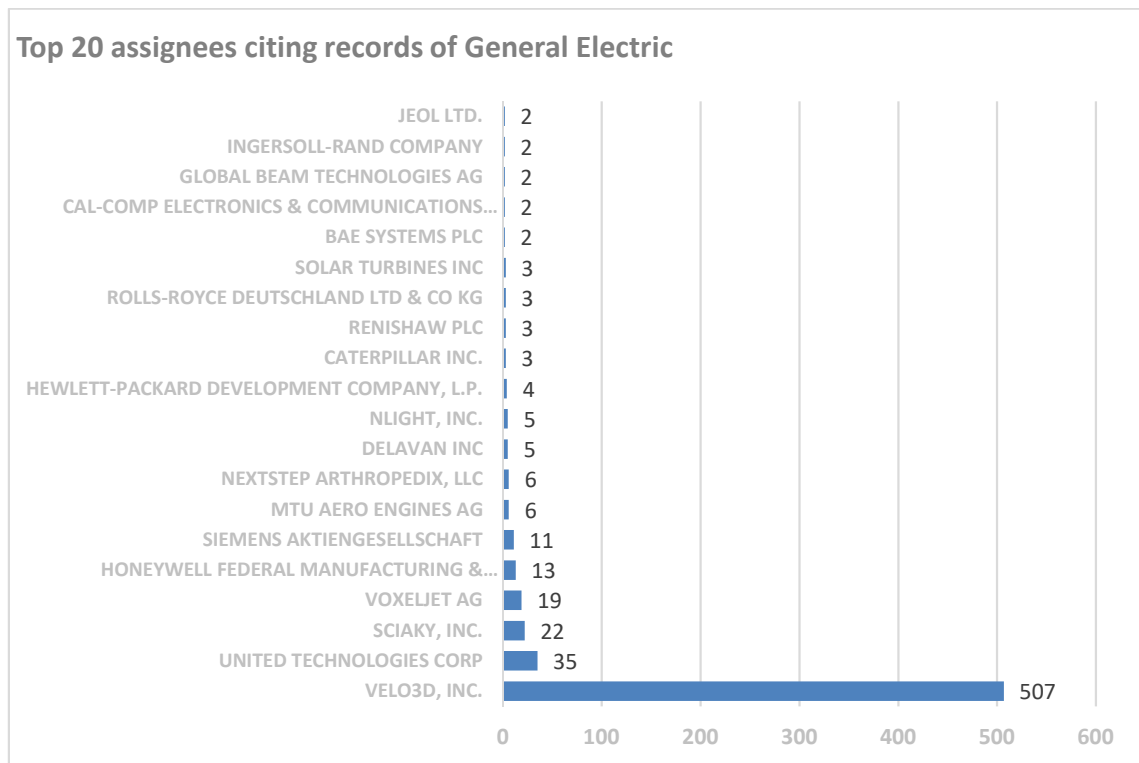


Figura 6.4. GE spread across different technologies.

### 6.1.5. Forward Citation Analysis



**Figura 6.5** Count of top 20 assignees that citing records of GE.

Un portafoglio brevettuale che è citato di frequente, è considerato come avere grande prestigio. Ordinando i primi 50 brevetti per numero di citazioni, nella figura 6.5, ho raccolto e ordinato le prime 20 imprese che hanno citato maggiormente questi brevetti depositati da GE.

Emerge Velo3D INC, “*startup californiana che, da giugno 2015, ha raccolto investimenti per ben \$90 milioni e messo insieme una squadra di 120 persone e solo dal 2018 è uscita allo scoperto, annunciando un progetto avente lo scopo di stampare metallo a basso costo sul quale ha lavorato negli ultimi 3 anni tramite la tecnologia, Intelligent Fusion, un metodo innovativo per stampare metalli complessi per realizzare oggetti ad altissima risoluzione*” (Arestivo, 2018).

## 6.2. HP Inc

La **Hewlett-Packard**, nota anche con la sola sigla **HP**, è una multinazionale statunitense dell'informatica attiva sia nel mercato dell'hardware, dai personal computer ai server al mercato di massa, quello delle stampanti per le quali è uno dei maggiori produttori mondiali, che in quello del software e dei servizi collegati all'informatica.

Ad inizio 2011 era il primo produttore mondiale di computer portatili per unità vendute. Nel 2015 la società si è divisa in due, dando origine ad HP Inc. attiva nel mercato dei PC e delle stampanti e Hewlett Packard Enterprise, che fornisce soluzioni per data center e grandi imprese.

Nel 2008 acquista per 13,9 miliardi di dollari l'Electronic Data Systems; il 12 aprile 2010 ha annunciato di aver completato l'acquisizione di 3Com per \$2,7 miliardi di dollari e il 28 aprile 2010 la società di Palo Alto ha reso nota l'acquisizione di Palm per \$1,2 miliardi di dollari.

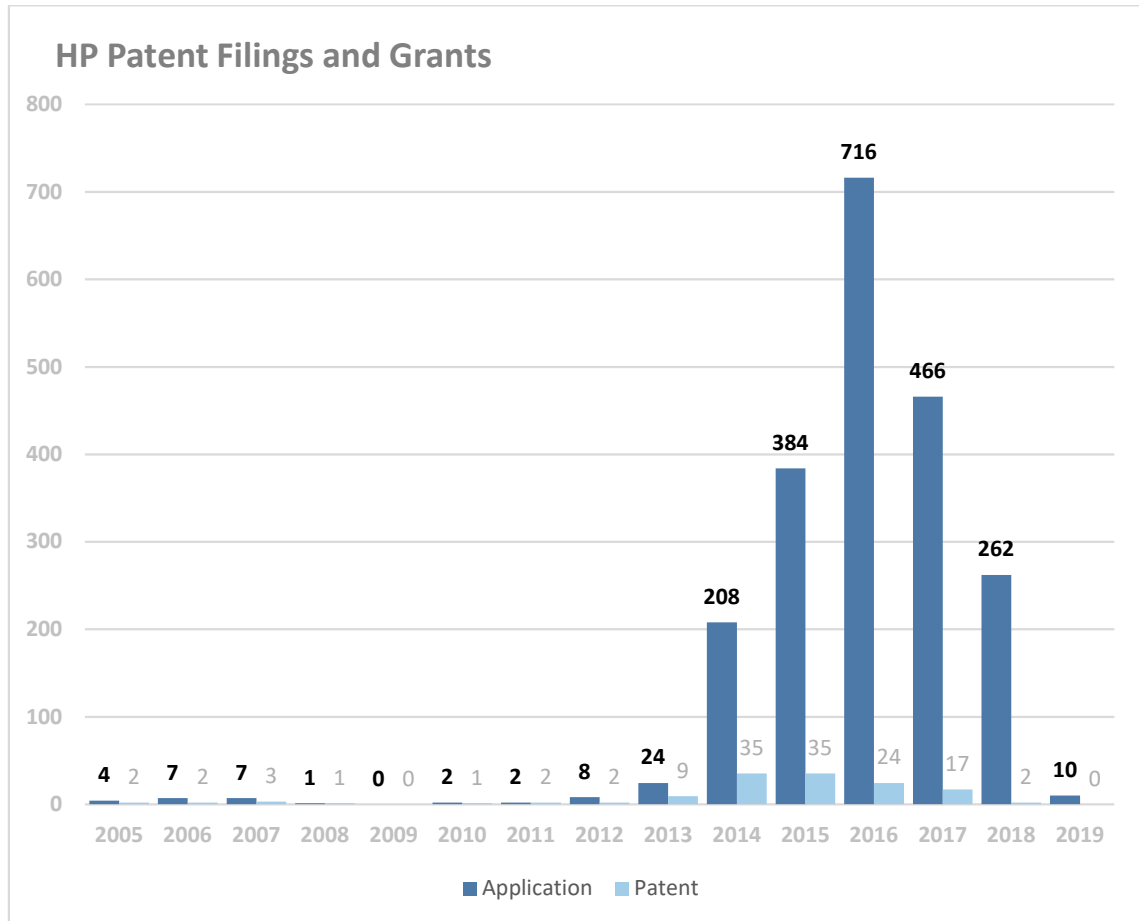
Vanta un fatturato di 48,24 miliardi \$ (2016), un utile netto di 2,50 miliardi \$ (2016) e un numero di dipendenti pari a 49.000.

Nell'ultimo periodo, sta collaborando intensamente con Siemens per fornire nuove modalità di progettazione e produzione, grazie alla tecnologia di stampa 3D Multi Jet Fusion di HP a colori.

La tecnologia di stampa 3D Multi Jet Fusion di HP è stata inoltre presentata come piattaforma di stampa 3D presso l'Additive Manufacturing Experience Center di Siemens a Erlangen, in Germania. Siemens e HP condividono l'obiettivo di **accelerare la trasformazione digitale del settore manifatturiero**, fornendo tutte le capacità necessarie, dal design generativo per l'innovazione dei prodotti fino alla stampa 3D per la produzione su scala industriale. Attraverso il design generativo, le aziende possono inoltre automatizzare progettazioni innovative direttamente dai requisiti funzionali, migliorando le prestazioni funzionali per i componenti e i prodotti e produrre queste parti innovative più economicamente a un volume di produzione superiore ("Hp e Siemens unite per l'additive manufacturing a colori", 2018).

### 6.2.1. Publication Trend

Il grafico della figura 6.6 mostra l'andamento dei brevetti depositati e di quelli concessi da parte di HP negli ultimi 15 anni.



**Figura 6.6.** US patent filings and grants for HP for the last 15 years.

Si nota un andamento molto simile a quello già visto in precedenza per General Electric.

A differenza del grafico visto in precedenza per GE, l'anno più prolifico, in termini di brevetti depositati da parte di HP, è stato il 2016. *“Anno in cui è stato depositato il primo brevetto del sistema di stampa 3D Multi Jet Fusion alla fiera expo di Francoforte ed ha anche pubblicato il primo report sui piani futuri in questo mercato nel quale stava avendo sempre più voce”* (Petch, 2016).

Similmente a quanto visto per GE, anche questa impresa sembra focalizzarsi maggiormente sull'ottenere pubblicazioni brevettuali piuttosto che concessioni.

### 6.2.2. Applications

Il grafico a torta della figura 6.7 mostra le differenze dei record in diverse aree di applicazione. Si nota come HP sembra concentrarsi maggiormente sul settore meccanico e su quello delle costruzioni.

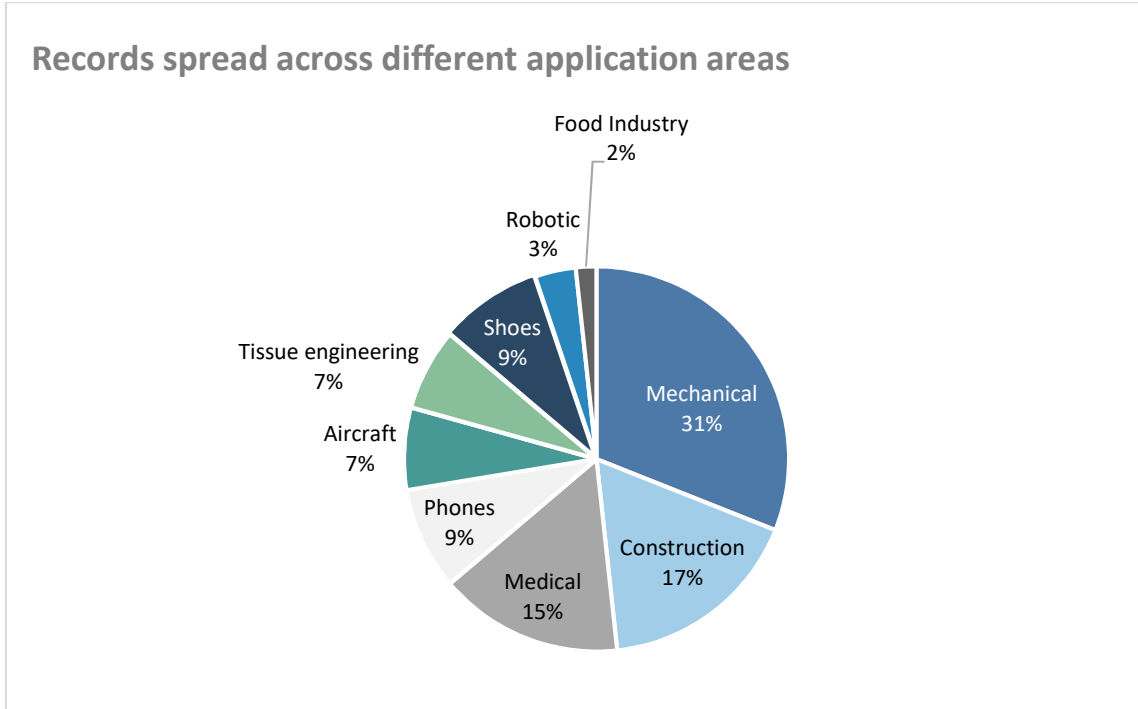


Figura 6.7. HP records spread across different application areas.

### 6.2.3. Materials

Il grafico a torta della figura 6.8 mostra il portafoglio brevettuale per materiale utilizzato.

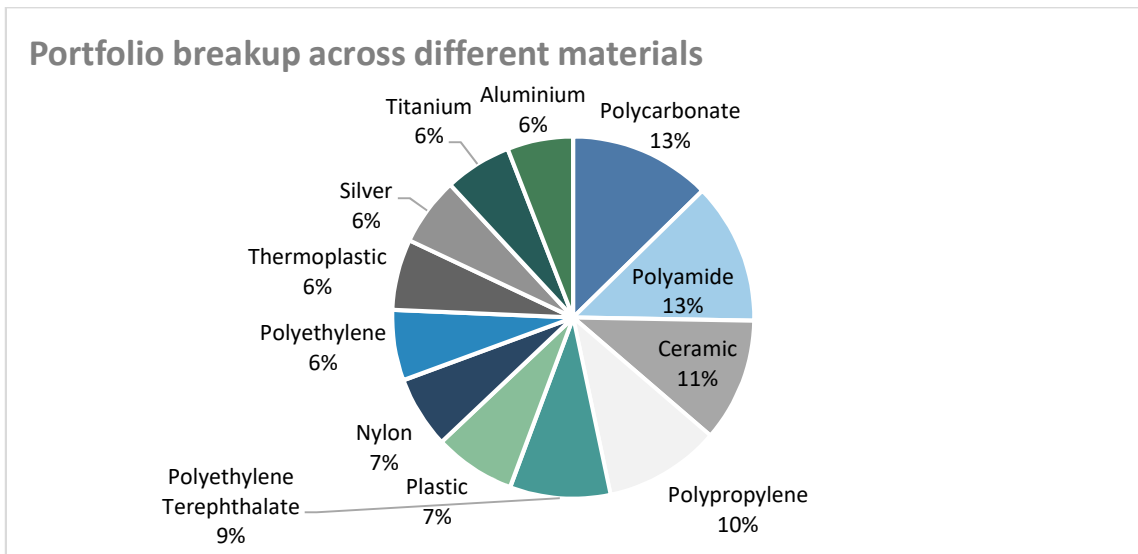


Figura 6.8. HP portfolio breakup across different materials.

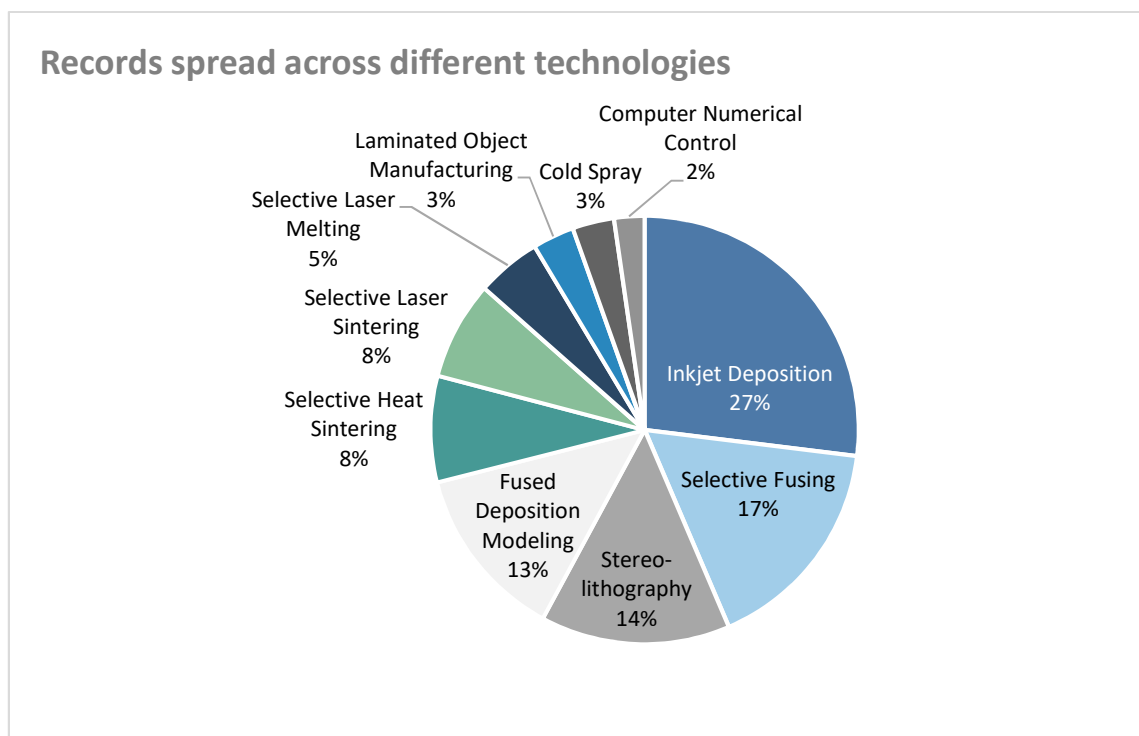
Il policarbonato, materiale presente nel 13% dei brevetti, polimero che grazie alle sue proprietà di trasparenza, resistenza termica e meccanica è utilizzato molto nell'edilizia, al posto dei vetri e nel settore dell'aeronautica, risulta essere il materiale maggiormente presente nei depositi brevettuali di HP assieme alla poliammide.

Molto presente (11%) è anche la ceramica.

#### 6.2.4. Technologies

Il grafico a torta mostrato nella figura 6.9 mostra invece le percentuali di utilizzo delle differenti tecnologie.

La tecnologia Inkjet Deposition sembra essere la più utilizzata. Non a caso *“Hewlett-Packard (HP) e Canon sono stati i maggiori venditori di stampanti che utilizzano questa tecnologia nel mercato consumer di tutto il mondo”* (Vilardell Navarro, 2014).



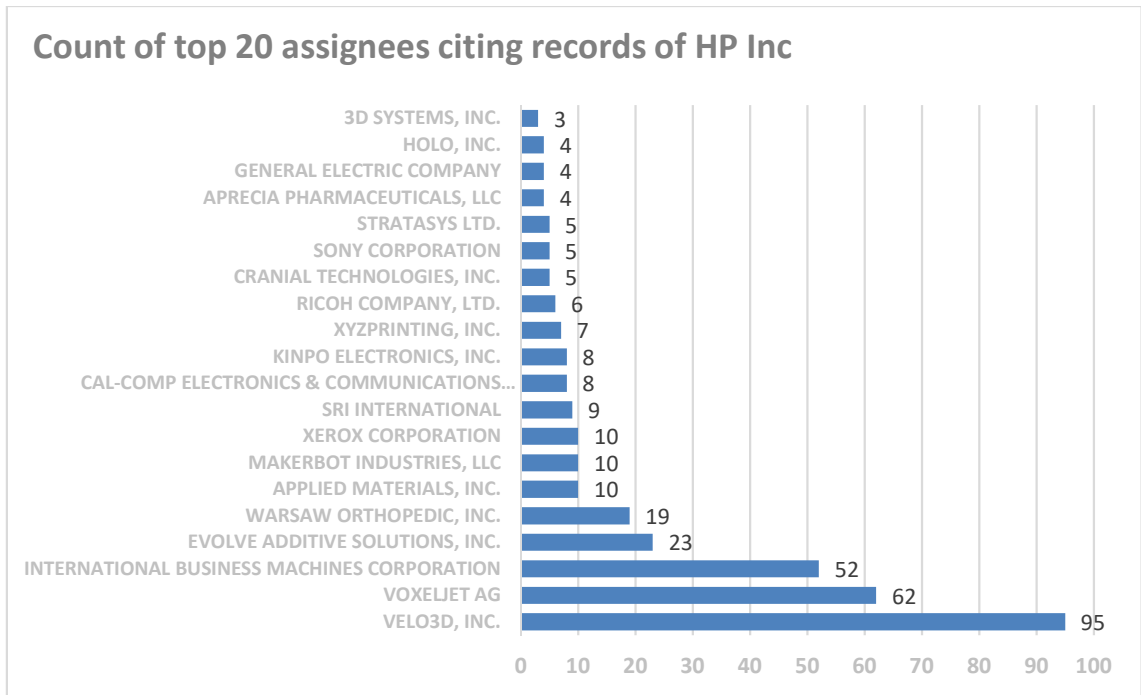
**Figura 6.9.** HP spread across different technologies.

#### 6.2.5. Forward Citation Analysis

La figura 6.10 mostra le top 20 imprese che hanno citato maggiormente i brevetti di HP.

Anche qui Velo3d Inc risulta essere l'impresa che ha citato il numero maggiore di brevetti di HP. Essendo una startup da poco entrata nel mercato dell'additive manufacturing, probabilmente ha depositato molti brevetti che facevano riferimento a tecnologie già esistenti, depositati dalle imprese che hanno avuto e continuano ad avere un peso importante nel mercato.

Un numero non indifferente di brevetti è stato anche citato dalle due imprese Voxeijet AG e International Business Machines Corp (IBM).



**Figura 6.10** Count of top 20 assignees that citing records of HP

### 6.3. Stratasys

“Stratasys è un'altra grande azienda di stampanti 3D (capitalizzazione di mercato di \$ 1,3 miliardi), che partecipa sia al segmento industriale, sia a quello dei consumatori ed è integrata verticalmente. Possiede almeno 88 brevetti / applicazioni negli Stati Uniti, 29 dei quali provengono dalla fusione tra Stratasys e Objet del 2012. Stratasys, Inc. è una azienda che produce macchine per la produzione digitale diretta, stampanti 3D e prototipazione rapida. Nel 2007, Stratasys fornisce il 44% di tutte le stampanti 3D del mondo, rimanendo, per il sesto anno consecutivo, leader del settore. I sistemi di prototipazione rapida Stratasys utilizzano due tipi di tecnologie: FDM (Fused Deposition Modeling) e Polyjet. FDM è un processo brevettato da questa azienda per realizzare i campioni direttamente dal file 3D, realizzandolo strato per strato, depositando il materiale. Gli ingegneri usano i sistemi Stratasys per realizzare modelli in materiali termoplastici come l'ABS, polyphenylsulfone (PPSF), policarbonato (PC), Nylon e politermide. L'azienda nacque nel 1989 e il quartier generale si trova a Eden Prairie, nel Minnesota. Stratasys Inc. è, inoltre, partner di Fortus, RedEye On Demand e Dimension Printing” (“Stratasys”, 2018).

Oltre a questi grandi produttori di stampanti 3D di produzione propria citati, altre aziende, che precedentemente si occupavano di altri settori, stanno entrando nella stampa 3D, sia sviluppando nuove tecnologie della stessa, che applicandola ai loro campi.

#### 6.3.1. Publication Trend

La figura 6.11 mostra l'andamento dei brevetti depositati e concessi per quanto riguarda Stratasys. Si nota anche qui un calo nei depositi da parte di Stratasys a partire dal 2016, anno in cui si è raggiunto ad oggi il picco dei brevetti depositati.

A differenza delle due imprese precedenti, Stratasys mostra avere un tasso maggiore di brevetti depositati/concessi. Essendo stata la pioniera in questa tecnologia, questa impresa continua ancor oggi a depositare un gran numero di brevetti contenenti tecnologie veramente innovative.

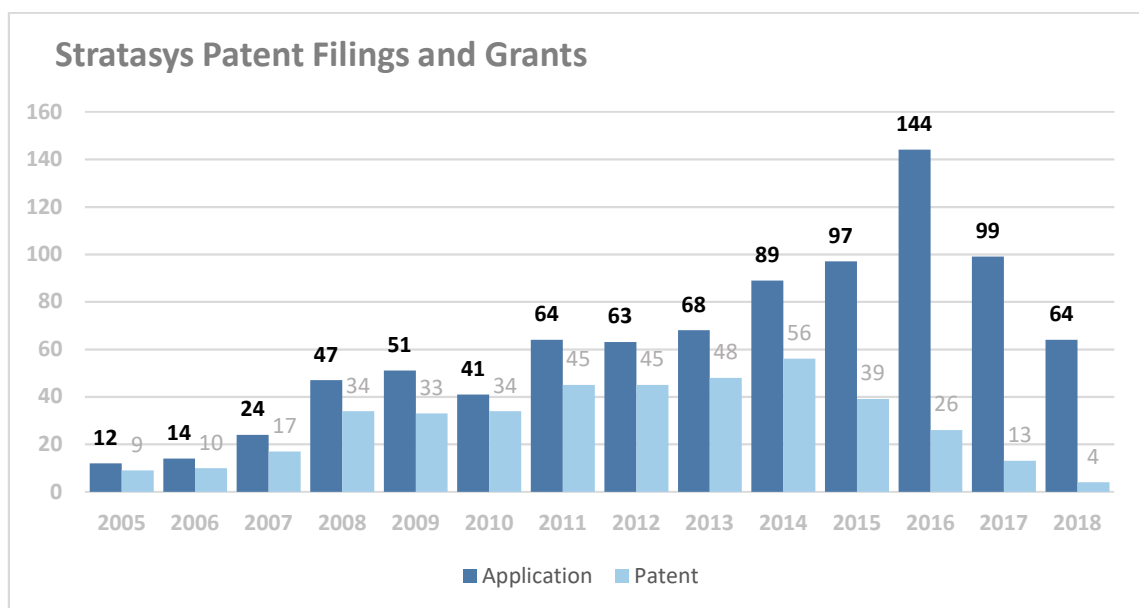
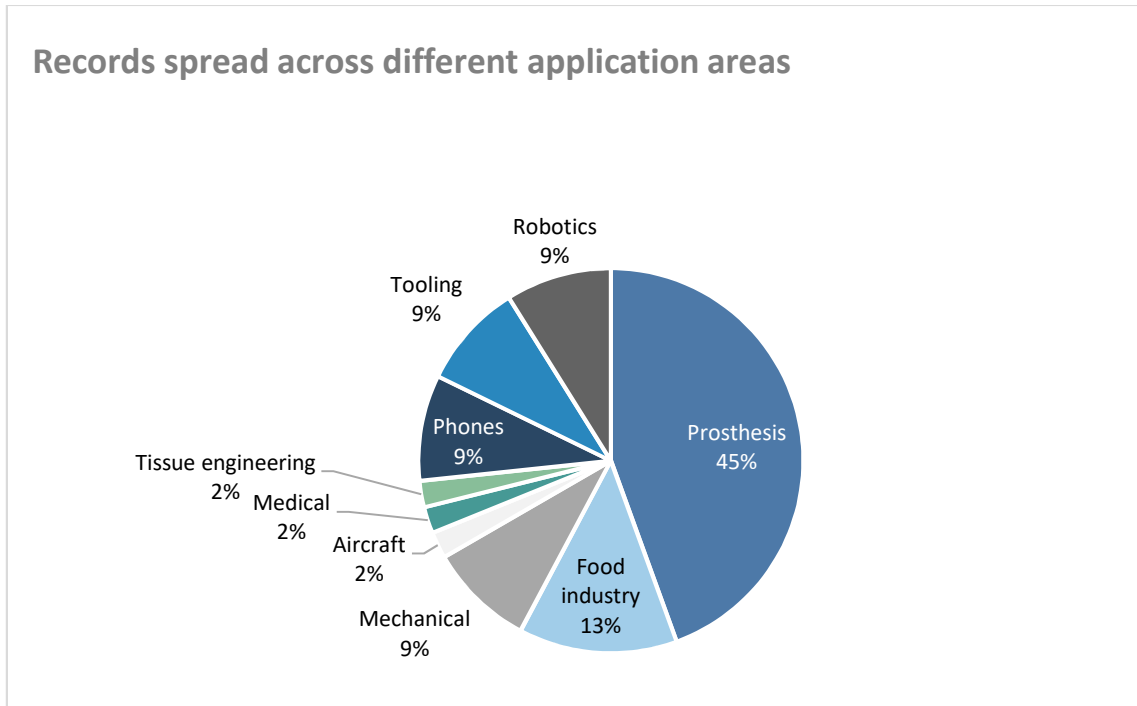


Figura 6.11. US patent filings and grants for Stratasys for the last 15 years.



### 6.3.2. Applications

Il grafico a torta della figura 6.12 mostra la percentuale dei brevetti depositati in termini di aree applicative. Stratasys mostra focalizzarsi maggiormente nell'area delle protesi. Il 45% dei brevetti depositati da questa impresa, infatti, riguardano questo settore. Numeri importanti si incontrano anche per il food industry e per il settore meccanico.

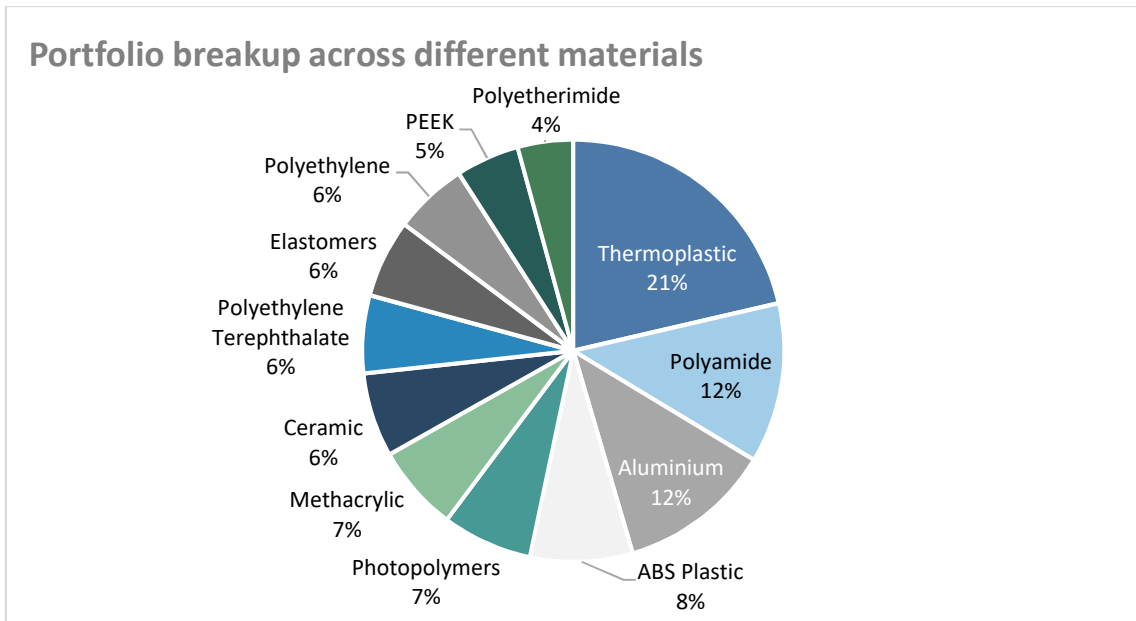


**Figura 6.12.** Stratasys records spread across different application areas.

### 6.3.3. Materials

Di seguito, nella figura 6.13, vediamo il grafico a torta per quanto concerne i materiali utilizzati nei brevetti depositati da parte di Stratasys.

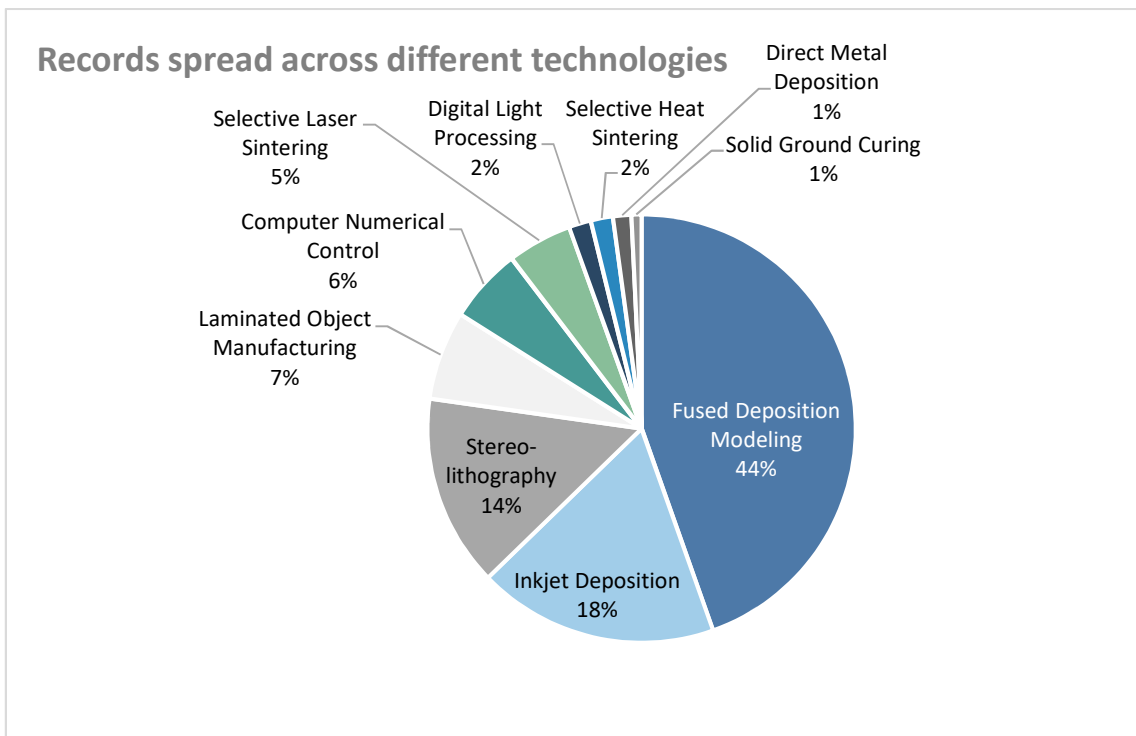
I materiali più utilizzati sembrano essere i polimeri termoplastici, la poliammide e l'alluminio. *“I primi due materiali, sono molto utilizzati per creare protesi odontoiatriche”* (“Protesi flessibile in poliammide”, 2017).



**Figura 6.13.** Stratasys portfolio breakup across different materials.

#### 6.3.4. Technologies

Il grafico a torta della figura 6.14 mostra le percentuali delle tecnologie presenti sui brevetti depositati. Il Fused deposition modeling, tecnologia inventata dalla stessa Stratasys, risulta essere la fetta più grande del grafico, essa risulta essere presente infatti nel 44% del totale dei brevetti depositati da Stratasys dal 2015 ad oggi.



**Figura 6.14.** Stratasys spread across different technologies.

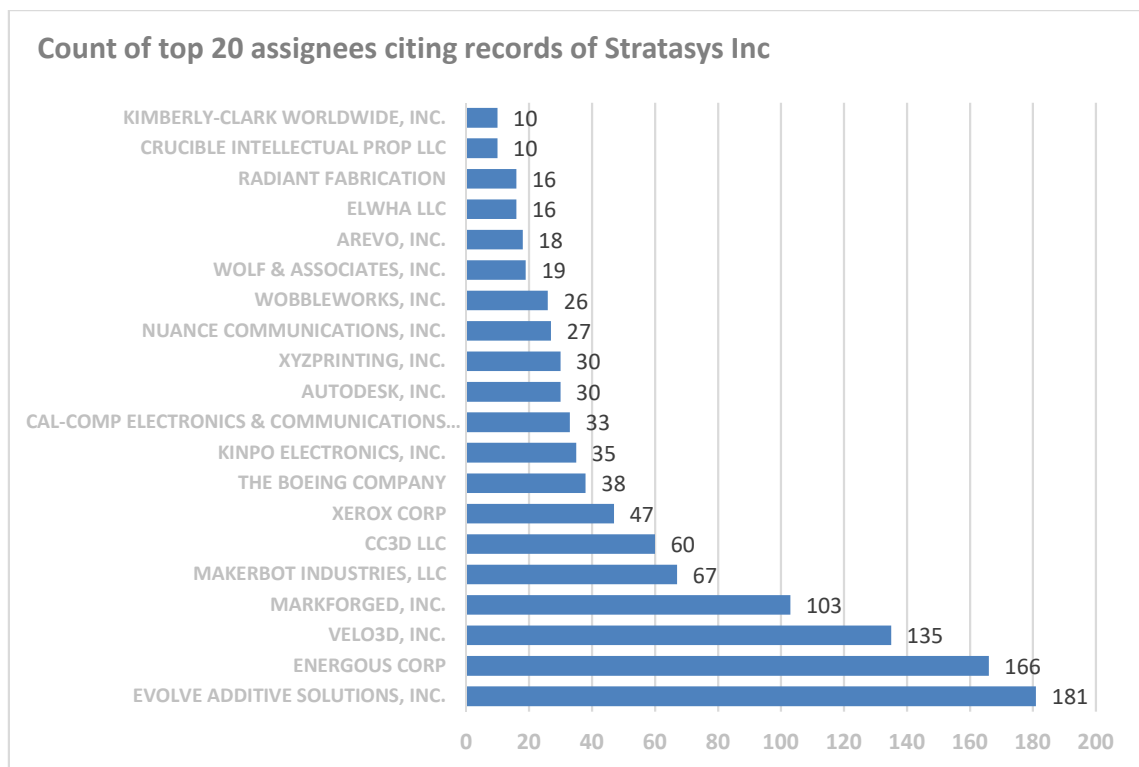
### 6.3.5. Forward Citation Analysis

La figura 6.15 mostra le 20 imprese che maggiormente hanno citato i primi 50 brevetti depositati da Stratasys in termini di citazioni.

Anche se Velo3d Inc risulta occupare il terzo posto in classifica, citando 135 brevetti, questo numero è superiore ai brevetti che questa impresa ha citato per HP (95), ma nettamente inferiore al numero di brevetti citati per General Electric (507).

Probabilmente questo è dovuto al fatto che quest'impresa utilizza maggiormente le tecnologie di Fused deposition Modeling assieme a quelle di Selective Laser Sintering e Selective Laser Melting. Tecnologie maggiormente utilizzate rispettivamente da Stratasys e General Electric.

181 brevetti sono stati citati da Evolve Additive Solutions Inc. *“Nel 2018 Stratasys ha annunciato la nuova tecnologia “STEP - Selective Thermoplastic Electrophotographic Process” una combinazione di tecnologie di deposizione 2D e di stampa 3D in grado di stampare oggetti 3D in plastica da gestire assieme, appunto, ad Evolve Additive Solutions Inc”* (Stevenson, 2018).



**Figura 6.15** Count of top 20 assignees that citing records of Stratasys.

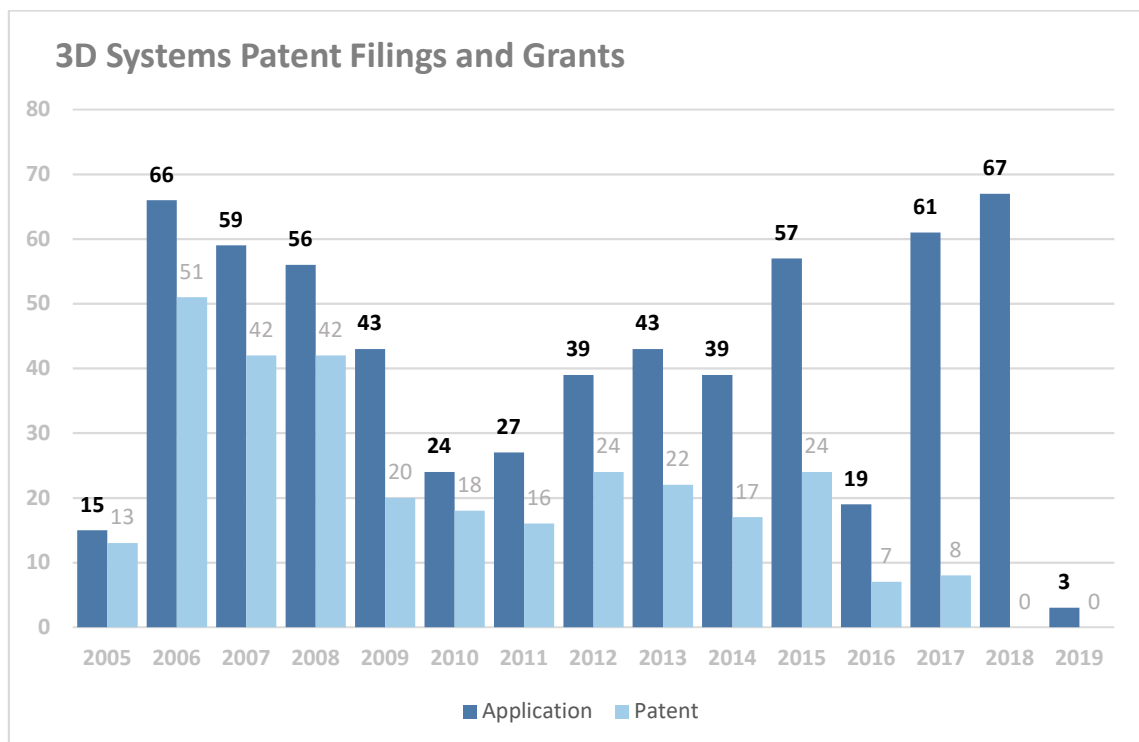
## 6.4. 3D Systems

3D Systems è un'azienda statunitense, con sede a Rock Hill, Carolina del Sud, specializzata nella produzione di stampanti 3D, materiali stampabili, servizi professionali di parti personalizzabili e software di grafica 3D. E', inoltre, uno dei maggiori produttori di stampanti 3D al mondo, con una capitalizzazione di mercato di \$ 2,1 miliardi. Vende principalmente macchine industriali ed è integrata verticalmente. Il suo portafoglio di brevetti risale al 1986, anno della sua fondazione, quando fu emesso il primo brevetto di Chuck Hull sulla fotopolimerizzazione. 3D Systems ha creato un portafoglio di brevetti di almeno 378 brevetti/depositi brevettuali statunitensi; dal 2000, ha acquisito almeno 54 aziende. 3D Systems usa processi proprietari per fabbricare oggetti fisici, utilizzando come ingresso i progetti CAD e software di produzione o scansioni 3D e strumenti per la modellazione (sculpting). Le tecnologie ed i servizi di questa azienda sono usati nella progettazione, nello sviluppo e nella produzione di molti settori industriali: aerospaziale, automobilistico, architettura, cura sanitaria, dentale, intrattenimento e beni di consumo.

### 6.4.1. Publication Trend

La figura 6.16 mostra l'andamento dei brevetti depositati e concessi da parte di 3D Systems, dal 2015 ad oggi.

Questa impresa, pur non avendo mostrato un calo in termini di brevetti depositati nel 2016 e nel 2017, rispetto alle altre tre imprese analizzate in questo capitolo, ha depositato un numero minore di brevetti nel corso degli anni e non ha avuto un trend ben definito in termini di brevetti depositati. Sembra, invece, mostrare un calo su quelli che sono stati i brevetti concessi nel corso degli anni, raggiungendo il minimo nel 2018. In quest'anno, infatti, pur avendo depositato 67 brevetti non ha ottenuto nessuna concessione.

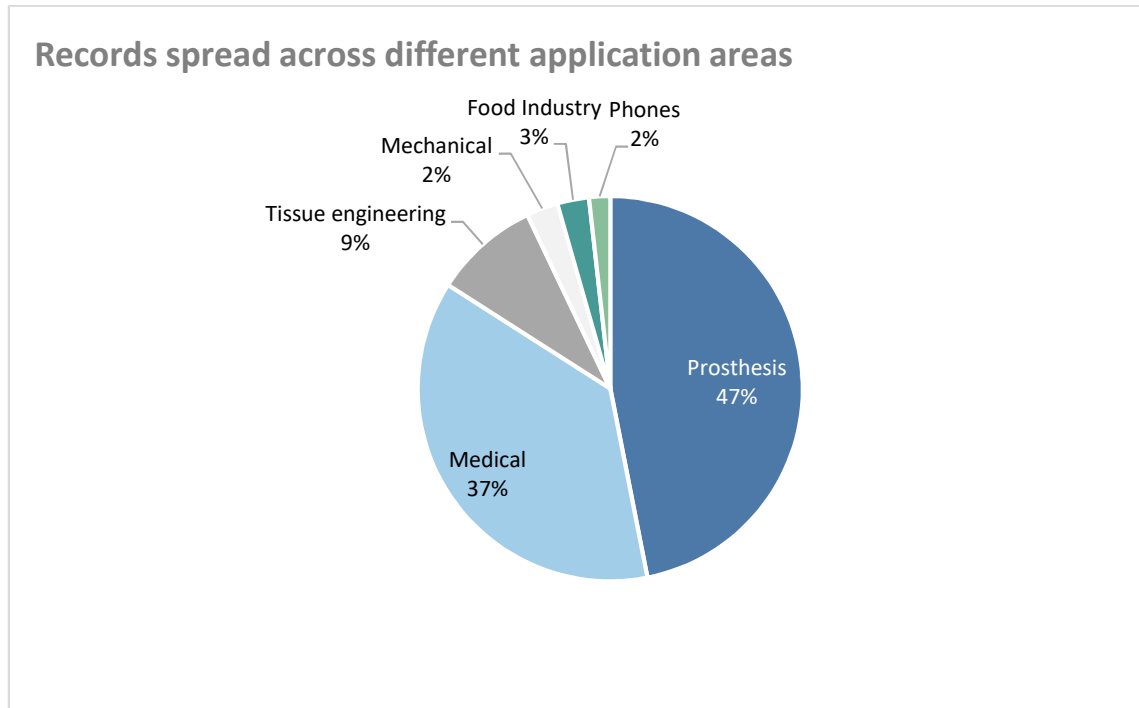


**Figura 6.16.** US patent filings and grants for 3D Systems for the last 15 years.

#### 6.4.2. Applications

La figura 6.17 mostra le percentuali dei settori applicativi di interesse evinti dai brevetti depositati lungo il corso degli anni da 3D Systems.

Si intuisce l'intenzione di investire in maniera importante sui settori medico e su quello delle protesi. Più dell'80% dei brevetti depositati da 3D Systems, infatti, interessano questi due settori applicativi.



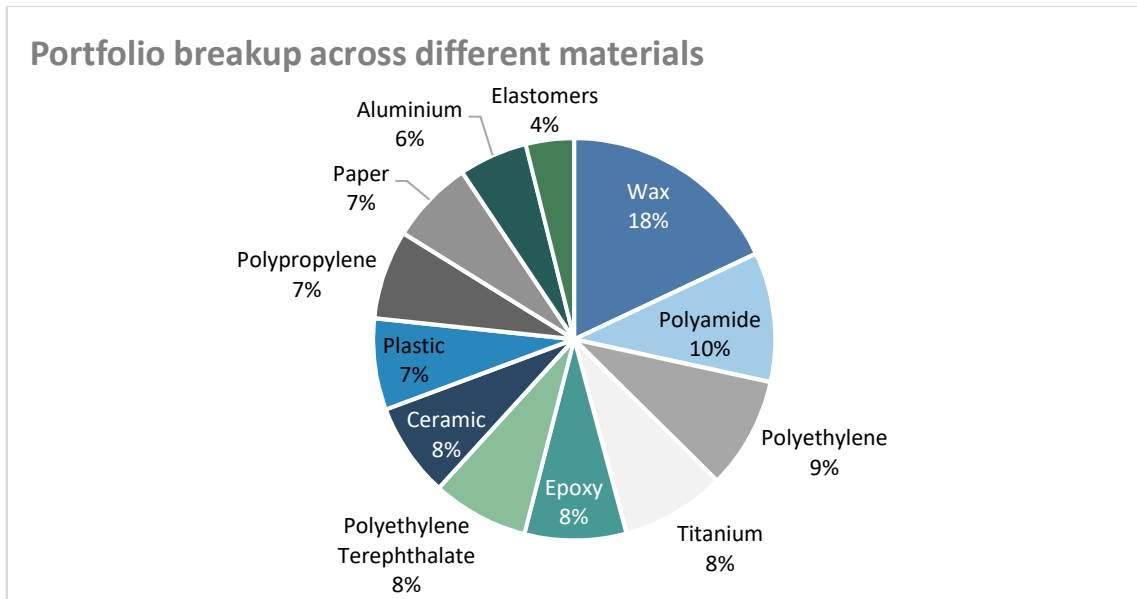
**Figura 6.17.** 3D Systems records spread across different application areas.

#### 6.4.3. Materials

La figura 6.18 mostra il grafico a torta delle percentuali dei differenti materiali presenti nei brevetti depositati da quest'impresa.

Anche se le percentuali maggiori sono rappresentate dalla cera e dalla poliammide, tutti i materiali presenti nel grafico risultano avere percentuali pressoché simili di utilizzo tra loro.

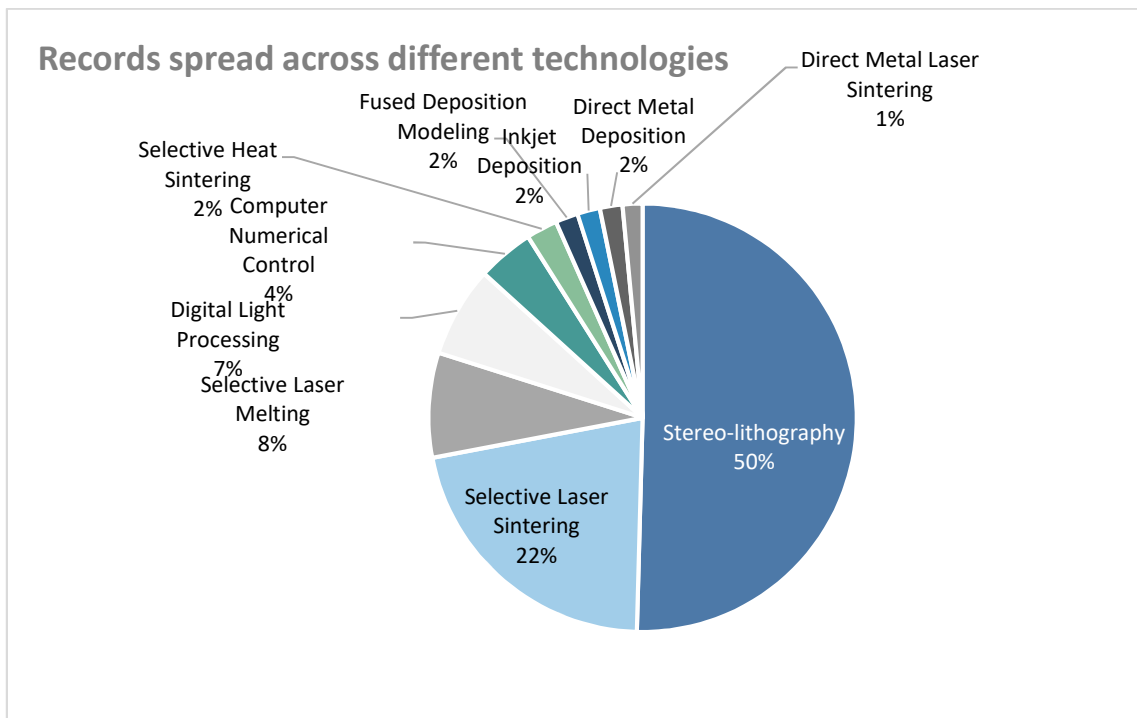
Tra i tanti vediamo ad esempio in ordine decrescente il polietilene (9%), il titanio (8%) e ancora la ceramica (8%) e la plastica (7%).



**Figura 6.18.** 3D Systems portfolio breakup across different materials.

#### 6.4.4. Technologies

Passando alle tecnologie più utilizzate da quest'impresa, come è possibile vedere nel grafico a torta della figura 6.19, un brevetto su due utilizza la sterolitografia, tecnologia inventata e brevettata appunto da 3D Systems. Anche il Selective Laser Sintering raggiunge percentuali importanti (22%).

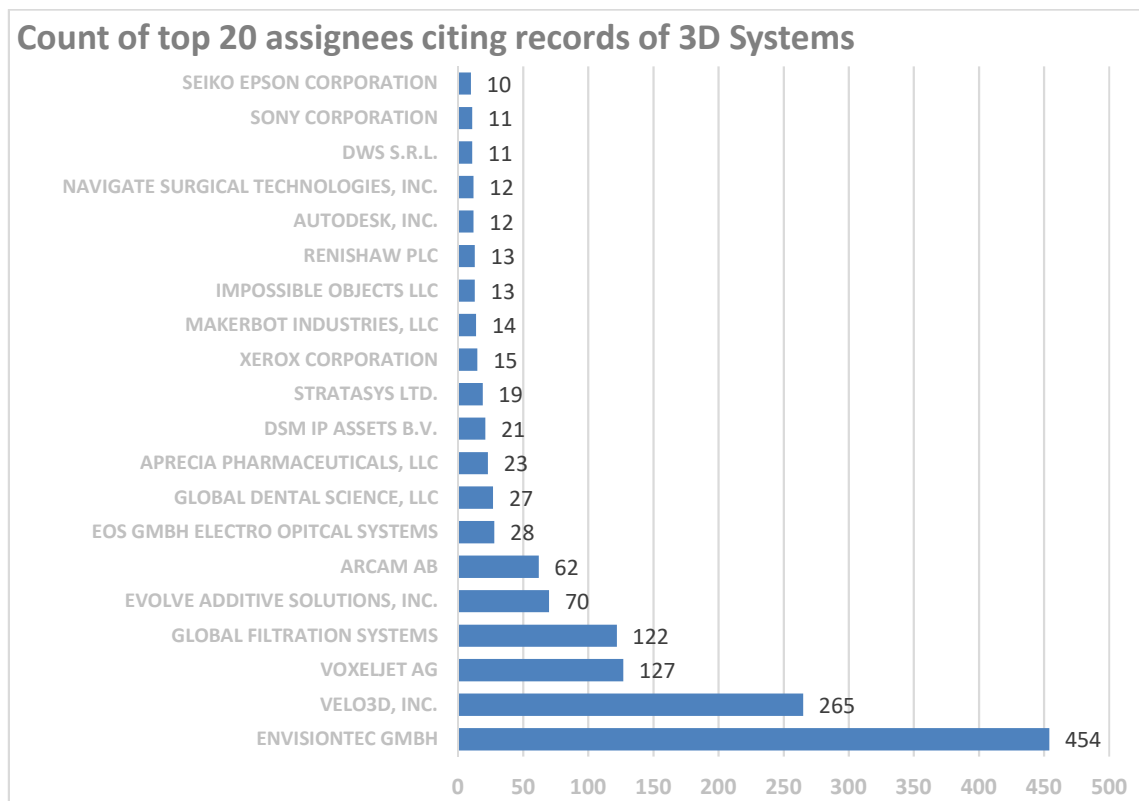


**Figura 6.19.** 3D Systems spread across different technologies.

#### 6.4.5. Forward Citation Analysis

Passando alla figura 6.20, nella quale vengono mostrate le 20 imprese che maggiormente hanno citato brevetti di 3D Systems, Velo3D occupa qui il secondo posto, citando un numero di 265 brevetti.

Il numero maggiore di brevetti citati viene raggiunto da Envisiontec (454), impresa operante nel settore dentale, acustico, dei gioielli, dell'intrattenimento, bioprinting e mercati industriali. Con vision orientata sulla precisione, finitura superficiale e velocità.



**Figura 6.20.** Count of top 20 assignees that citing records of 3D Systems

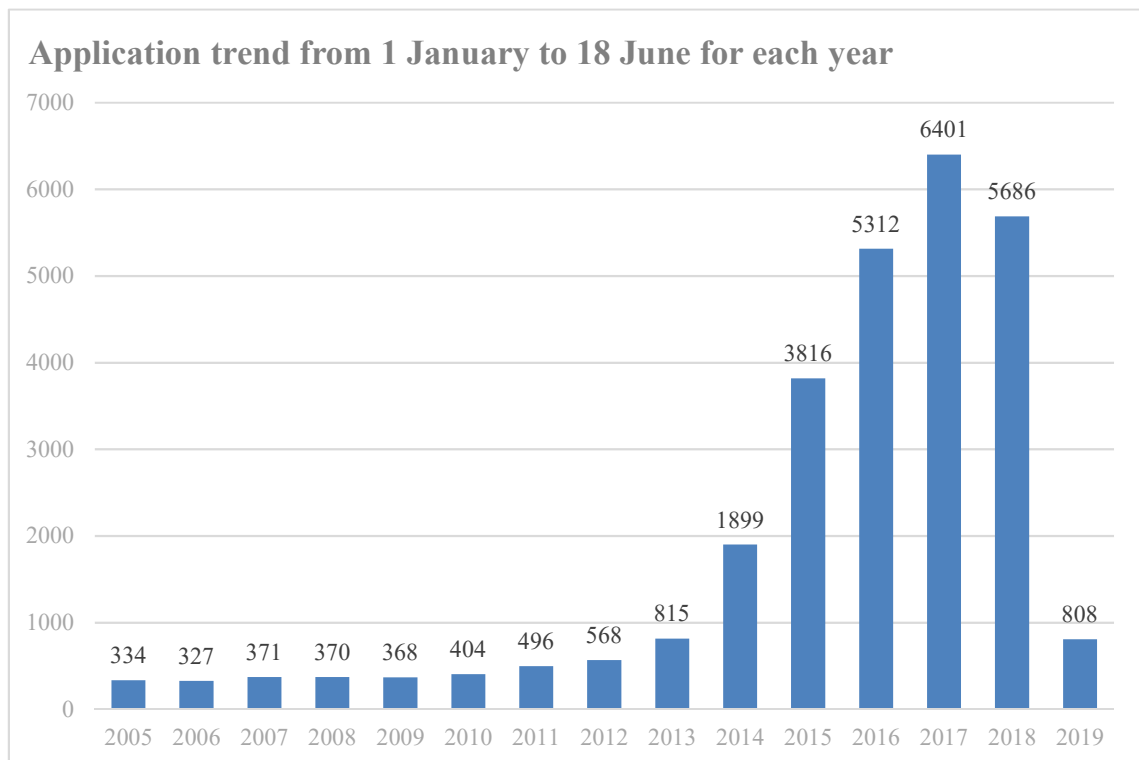
## 7. Conclusioni

Alla fine del mio elaborato, ritengo si possa affermare che il mercato, sempre più concentrato a favore dei due colossi HP e General Electric, sembra abbandonare la stereolitografia in favore di tecnologie quali Fused Feosition Modeling e Selective Laser Sintering e Melting che sempre più sembrano essere preferite dalle imprese, dal 2012 a questa parte. Lo stesso sembra anche concentrare il suo focus sempre più verso la stampa di materiali, quali la ceramica e i metalli, in particolare alluminio, titanio e nickel, a svantaggio della plastica. Questo si era visto anche nel grafico in cui erano mostrate le classificazioni. In esso si era notato, infatti, come la classificazione B29C - *Shaping or joining of plastics; shaping of substances in a plastic state, in general; after-treatment of the shaped products, e.g. Repairing*, già dal 2014, avesse cominciato il suo trend negativo.

L'additive manufacturing, però, nonostante l'esplosione commerciale avuta durante gli anni e la sua versatilità nei vari settori applicativi, da un paio d'anni a questa parte, sembra aver subito un repentino calo nella frequenza dei depositi brevettuali.

Questo calo è stato visibile sia a livello globale, guardando il grafico dove viene mostrato il trend in termini di pubblicazioni durante gli anni, sia a livello locale per singola impresa.

Nella figura di seguito è possibile osservare il numero di brevetti depositati dal 01 Gennaio al 18 Giugno di ogni anno. Utilizzando gli stessi periodi è stato possibile effettuare un paragone migliore.



**Figura 7.1.** Trend in the number of AM patent applications worldwide collapsed by INPADOC Families from 1 January to 18 June for each year



Come si può notare, già dal 2018, per la prima volta, i brevetti depositati sono stati circa l'11% in meno rispetto al 2017, anno in cui è stato raggiunto il picco dopo un trend esclusivamente positivo cominciato nel 2010.

L'impressionante calo riscontrato nel 2019, invece, non è da prendere in considerazione, in quanto potrebbe essere dovuto al fatto che probabilmente quello che viene mostrato in figura è un dato parziale e i rimanenti brevetti potranno essere visualizzati tramite il sito di consultazione solo a seguito della loro pubblicazione. Una successiva ricerca potrà sicuramente estrarre un dato più attendibile per il 2019.

Nonostante queste evidenze, è ancora presto per affermare che il mercato sia in recessione. Infatti, se da un lato questo grafico sembra prospettare uno scenario pessimistico, dall'altro internet è ricco di articoli che prospettano scenari ottimistici, come ad esempio quello in cui si afferma che *“il mercato della produzione additiva raggiungerà nel giro di cinque anni ricavi prossimi agli 11 miliardi di dollari, specialmente nel settore dei metalli”* ("Stampa 3D con metalli a quota 11 miliardi di dollari in 5 anni", 2019). Inoltre, anche quello del 2018, se pur corposo, è sicuramente anch'esso un dato parziale, in quanto i brevetti necessitano di un periodo che va in media dai 9 ai 18 mesi per essere pubblicati. Un dato attendibile per il 2018 perciò dovrà essere frutto di un'analisi svolta quantomeno da giugno 2020 per avanzare delle ipotesi più solide.

Quello del 3D printing, in definitiva, grazie ai suoi vantaggi in termini di costi e velocità di realizzazione, nonché di versatilità applicativa, è un settore che ha mostrato tassi di crescita impressionanti durante il corso degli anni e ha suscitato (e continua a suscitare) molto interesse da parte delle più grandi imprese innovative al mondo che ancora oggi continuano a brevettare, giorno dopo giorno, nuove tecnologie e nuovi metodi applicativi. Sicuramente il futuro continuerà a riservare ancora grandi invenzioni che permetteranno a molte di queste imprese di riuscire a sviluppare nuove idee e nuovi progetti lavorativi, grazie al supporto di questa importante e particolare tecnologia. Sono soddisfatto dello studio fatto e del lavoro di ricerca svolto, in quanto mi ha permesso di approfondire le mie conoscenze riguardanti questa tematica che personalmente ho trovato molto interessante e stimolante, tanto da suscitare in me molta curiosità e attenzione.

## Appendice

### Applications

Search strings used for applications categorization.

Application Area	Search Query	Patents	Families
Aerospace	(TI) contains (cosmonautic* OR aerospace* OR spacecraft* OR rocket* OR ("space" NEAR1 (capsul* or "shuttle"))))	396	198
Aircraft	(TI) contains (aeronautic* OR aviation* OR aeroplane* OR airplane* OR aircraft* OR helicopter* OR helicoptor* OR "fighter jet")	182	95
Automobiles	(TI) contains (automotive* OR automobile* OR "car" OR "cars" OR autocar* OR motorcar* OR (steering NEAR1 wheel*) OR "pedals"))	451	264
Clothing	(TI) contains (dress* OR garment* OR apparel* OR shirt* OR t-shirt* OR "t shirt" OR cloth*)	466	315
Construction	(TI) contains (("contour" near1 craft*) or "d shape" or "D-Shape" or (building* NEAR1 print*) or roof* or "Diorama" or "walling" or "flooring"))	74	66
Defense	(TI) contains ("defence" OR "army" OR military* OR navy* OR weapon* OR missile* OR firearm* OR rifle* OR pistol*)	57	49
Food industry	(TI) contains ((food* OR pizza* OR "candy" OR "candies" OR chocolate* OR sweet* OR (canned NEAR1 ham) OR (meat NEAR1 slices) OR (cook* NEAR1 meat) OR pastr* OR soup* OR icecream* OR ice-cream* OR (ice NEAR1 cream*) OR fruit* OR vegetable* OR foodstuff*) NOT (food NEAR1 drug NEAR1 admin*))	663	403
Furniture	(TI) contains (furniture* OR cabinet* OR drawer* OR sofa* OR CHAIR* OR COUCH*)	51	38
Jewellery	(TI) contains (jewel* OR ornament* OR brooch* OR necklace* OR earring* OR bracelet* OR armet* OR pendant* OR cufflink*)	668	367
Mechanical	(TI) contains (MECHANIC* OR seal* or "plug" OR "plugs" OR ("Ball" OR Industrial* OR "Butterfly" OR "Control" OR "Gate") NEAR1 valve*) OR ((Industrial* OR auto*) NEAR1 gear*) OR "gearbox" OR ("O" NEAR1 ring*)OR "hinges" OR gasket* OR bumper* OR spacer* OR isolator-fastner* OR (isolator NEAR1 fastner*) OR (shock NEAR1 absorber*) OR screw*)	2567	1503
Medical	(TI) contains (medic* OR pharma* OR cosmetic* OR orthopedic* OR orthopaedic* OR radiolog* OR ultrasound* OR capsule* OR bandage* OR "pills" OR "MRI" OR (magnetic NEAR1 resonance NEAR1 imag*) OR healthcare* OR health-care* OR "health care"))	2581	1342
PCB	(TI) contains (((printed* OR etched*) NEAR2 board*) OR PCB* OR PWB* OR "PCA" OR ("printed" NEAR1 "circuit" NEAR1 assembly*) OR "PCBA" OR ("printed" NEAR1 board*))	259	142
Phones	(TI) contains (phone* OR telephone* OR handset* OR smartphone* OR pager* OR cellphone* OR "PDA" OR (personal NEAR1 digital NEAR1 assist*) OR ((wireless* OR handheld*) NEAR2 device*))	297	183
Prosthesis	(TI) contains (prosthetic* OR prosthesis*)	1167	552
Robotics	(TI) contains (robot* OR android* OR humanoid* OR cyborg* OR (artificial NEAR2 intelligen*))	428	237
Scaffolding	(TI) contains (scaffold* OR nanoscaffold* OR ("nano" NEAR1 scaffold*))	570	358
Shoes	(TI) contains (shoe* OR footwear* OR "boot" OR "boots"))	423	203
Television	(TI) contains (television* OR "TV" OR (set* NEAR2 box*))	6	6
Tissue engineering	(TI) contains (tissue-engineer* OR ("tissue" NEAR1 engineer*) OR ("tissue" NEAR1 print*) OR tissueengineer* OR ("regenerative" NEAR1 medic*) OR bladder* OR "ear" or bone* OR muscle* OR jaw* OR kidney* OR liver* OR teeth* OR dental* OR orthopaedic* OR orthopedic* OR ("blood" NEAR1 vessel*) OR ("organ" NEAR1 print*) OR bioprint* OR (bio* NEAR2 print*) OR (medic* NEAR2 implant*) OR "3D organ" OR "3D-organ" OR (((("3" OR "three") NEAR1 dimension*) OR threedimension*) NEAR1 "organ"))	4358	2177

Tooling	(TI) contains ((inject* NEAR2 (mould* OR mold*)) OR ("die" NEAR1 cast*) OR diecast* OR handtool* OR ("hand" OR repair*) NEAR2 tool*))	260	144
Toys	(TI) contains (toy* OR game* OR joystick* OR "gaming")	212	101
Watches	(TI) contains (watch* OR wristwatch* OR wrist-watch* OR (wrist NEAR1 watch*))	7	3

---

## Technologies

Search strings used for technologies categorization.

Technologies	Search Query	Patents	Families
Binder Jetting	(CTB) contains ("binder jetting" OR binderjetting OR "BJ")	340	173
Build-up Welding	(CTB) contains (((("build-up" OR "buildup" OR "build up") NEAR2 weld*) OR "BUW" OR "BW"))	135	112
Cladding	(CTB) contains (cladding OR ((roll OR explosive) NEAR2 weld*))	1089	696
Cold Spray	(CTB) contains ((cold NEAR1 spray) OR "coldspray" OR "CS" OR "cold-spray"))	393	192
Computer Numerical Control	(CTB) contains ((computer* NEAR2 control*) OR "CNC"))	2766	1485
Contour Crafting	(CTB) contains (contour* NEAR2 craft*))	14	5
Digital Light Processing	(CTB) contains (((digital* OR direct*) NEAR2 light*) NEAR3 process*) OR ((digital NEAR1 light NEAR1 processing) OR "DLP"))	967	576
Direct Laser Forming	(CTB) contains ((direct NEAR1 laser NEAR1 form*) OR "DLF"))	24	17
Direct Manufacturing	(CTB) contains (direct NEAR1 manufactur*))	271	162
Direct Metal Deposition	(CTB) contains ((direct* NEAR1 metal near1 Deposit*) OR "DMD"))	407	163
Direct Metal Laser Sintering	(CTB) contains ((direct NEAR3 (sinter* OR fusion*)) OR "DMLS" OR "DMLF"))	1073	395
Electron Beam Melting" OR "Projection Lithography	(CTB) contains ((electron* NEAR3 (melt* OR fabricat* OR manuf*)) OR "EBM" OR "EBF3" OR "SEBM" OR (((electron OR electro) NEAR1 beam*) OR electron-beam*) NEAR2 (lithograph*)))	1722	768
Electrophoretic Deposition	(CTB) contains ((electrophoretic* NEAR1 deposit*) OR electrocoat* OR e-coating OR "e coating" OR electrodeposit*))	161	70
Fused Deposition Modeling	(CTB) contains (((fuse* OR fusion* OR extrusion* OR melt*) NEAR3 (deposit* OR model* OR fabricat* OR manuf*)) OR "free form" OR "FFF" OR "FDM" OR (fusion* NEAR1 deposit*)) NOT (("finite difference method") OR ("solid free form") OR "SFF" OR ("frequency division multiplexing")))	6376	3515
Inkjet Deposition	(CTB) contains ((inkjet* NEAR1 deposit*) OR (inkjet* NEAR1 print*))	1347	711
Laminated Object Manufacturing	(CTB) contains (((laminat* NEAR3 (manufactur* OR fabricat*)) OR "LOM" OR (laminated NEAR1 object NEAR1 (modelling OR modeling))) NOT ("Layered Object Manufacturing"))	1216	746
Laser Ablation	(CTB) contains (laser* NEAR2 ablat*))	191	109
Laser Engineered Net Shaping	(CTB) contains (laser* NEAR3 shap*))	643	413
Laser Metal Forming	(CTB) contains ((laser NEAR1 metal NEAR1 form*) OR "LMF"))	84	28
Laser Powder Forming	(CTB) contains ((laser NEAR1 powder NEAR1 form*) OR "LPF" )	35	26
LaserCUSING	(CTB) contains ((laser NEAR1 cusing) OR lasercusing))	14	4
Liquid Composite Molding	(CTB) contains ((liquid NEAR1 composite NEAR1 molding) OR (liquid NEAR3 mold*) OR "LCM"))	294	212
Metal Injection Molding	(CTB) contains ((metal NEAR1 injection NEAR1 mold*) OR (metal-injection NEAR1 mold*) OR (metal* NEAR2 mold*))	437	298
Microfabrication	(CTB) contains ((micro NEAR3 fabricat*) OR microfabricat*))	148	51
Multi-Jet Modelling	(CTB) contains (((multi NEAR1 jet*) OR multi-jet* OR multijet* OR polyjet*) NEAR3 model*) OR "MJM"))	146	58
Multiphoton Lithography	(CTB) contains ((multiphoton* OR "multi-photon"* OR direct* OR (multi* NEAR1 photon*)) NEAR3 (lithograph* OR writ*))	220	117

Photolithography	(CTB) contains (photolithograph* OR photo-lithograph* OR (photo* NEAR1 lithograph*))	294	121
Plaster-based 3D Printing	(CTB) contains ((plaster* NEAR2 print*) NOT ("plasters"))	36	25
Rapid manufacturing	(CTB) contains (((rapid-prototyp* OR rapid-manufact* OR (rapid NEAR1 (prototyp* OR manufact*))) NEAR2 (process* OR method* OR techniq* OR technolog* OR product*)) OR "LOM" OR "figure forming method" OR (laminat* NEAR2 (fabricat* OR manuf*))) NOT ("layered object manufacturing"))	2744	1293
Robocasting	(CTB) contains (robocast* OR robo-cast* OR (robo NEAR1 cast*))	59	21
Selective Fusing	(CTB) contains (select* NEAR2 fusing*)	294	157
Selective Heat Sintering	(CTB) contains ((selective NEAR1 heat NEAR1 sinter*) OR (heat NEAR2 sinter*) OR "SHS"))	447	228
Selective Laser Melting	(CTB) contains ((selectiv* NEAR3 melt*) OR "SLM" OR (laser* NEAR2 melt*))	4265	2233
Selective Laser Sintering	(CTB) contains ((selectiv* NEAR3 sinter*) OR "SLS" OR (laser* NEAR2 sinter*))	5743	2395
Solid Ground Curing	(CTB) contains ((solid* NEAR2 curing*) OR "solider system" OR "SGC"))	219	153
Spin Casting	(CTB) contains ((spin* NEAR1 cast*) OR (centrifugal* NEAR2 cast*) OR "CRMC"))	71	31
Stereo-lithography	(CTB) contains (sterolithograph* OR stereolithograph* OR stero-lithograph* OR stereo-lithograph* OR "SLA" OR (photo* NEAR2 solidificat*) OR ((solid* OR optical) NEAR3 (fabricat* OR manufact*)) OR (solid NEAR1 imag*) OR "STL" OR "SFF" OR "SL" OR photopolymer* OR stereolsthograph* OR ((stero OR stereo) NEAR1 lithograph*))	8667	3653
Wax Deposition Modeling	(CTB) contains ("WDM" OR (wax NEAR1 deposit* NEAR1 model*))	4	2

## Materials

Search strings used for materials categorization.

Materials	Search Query	Patents	Families
ABS Plastic	(CTB) contains ("ABS" OR (acrylonitrile* NEAR3 styrene*))	2299	1259
Alkyd	(CTB) contains (alkyd*)	61	36
Aluminium	(CTB) contains (aluminium* OR aluminum*)	6147	3524
Carbon Fiber	(CTB) contains (((("carbon" OR "graphite") NEAR1 (fiber* OR fibre*)) OR (carbon NEAR1 graphite*) OR "CFRP" OR "CRP" OR "CFRTP" OR "CF"))	1832	965
Ceramic	(CTB) contains (ceramic* OR porcelain* OR (("fine" OR "bone") NEAR1 "china") OR Stoneware*)	7537	3745
Clay	(CTB) contains ((clay* OR Plasticine* OR "putty") NOT (Pleistocene*))	875	573
Elastomers	(CTB) contains (Elastomer* OR (elastic NEAR1 polymer*))	1948	848
Epoxy	(CTB) contains (Epoxy* OR polyepoxide*)	3404	1682
Fiberglass	(CTB) contains (Fiberglass* OR fibreglass* OR (glass-reinforced NEAR1 plastic*) OR ((glass NEAR1 reinforced) NEAR1 plastic*) OR "GRP" OR "GFRP" OR (((glass-fiber NEAR1 reinforced) OR (glass NEAR1 fiber NEAR1 reinforced)) NEAR1 plastic*) OR ((fiber OR fibre) NEAR1 glass*))	1373	718
Furan	(CTB) contains (furan*)	181	95
High-density Polyethylene	(CTB) contains ((high* NEAR1 density NEAR1 polyethylene*) OR "HDPE" OR "PEHD" OR (polyethylene NEAR1 high NEAR1 density))	396	176
Melamine	(CTB) contains (melamine* OR Cyanurotriamide* OR Cyanurotriamine* OR Cyanuramide* OR "2,4,6-Triamino-s-triazine")	276	145
Methacrylic	(CTB) contains (Methacrylic* OR (2-methylpropenoic NEAR1 acid*) OR "2-methyl-2-propenoic" OR "MAA")	667	356
Nickel	(CTB) contains (nickel* OR nickle* OR "Ni")	4379	1999
Nylon	(CTB) contains (nylon* OR "nylon-6,6" OR "nylon-6" OR "nylon-6,9" OR "nylon-6,10" OR "nylon-6,12" OR "nylon-11" OR "nylon-12" OR "nylon-4,6" OR (glass NEAR1 fill* NEAR1 polyamide))	1512	859
Palladium	(CTB) contains (palladium* OR "Pd")	588	235
Paper	(CTB) contains (paper*)	1358	774
PEEK	(CTB) contains ("PEEK" OR polyaryletherketone* OR "PAEK" OR (("Polyether ether" OR "poly aryl ether") NEAR1 ketone*) OR polyetheretherketone*)	1335	584
Phenolic	(CTB) contains (phenol* OR "carbolic acid")	1430	854
Photopolymers	(CTB) contains (photopolymer* OR "photo polymer" OR photo-polymer)	1691	576
Plastic	(CTB) contains (((("plastic" OR "plastics") NOT (Polyethylene* OR "PE" OR polythene* OR polyethene* OR "poly(methylene)" OR "ABS" OR (acrylonitrile* NEAR3 styrene*))))	6078	3502
Poly Paraphenylene Terephthalamide	(CTB) contains (((("Poly paraphenylene" NEAR1 terephthalamide*) OR kevlar* OR aramid*))	475	206
Polyamide	(CTB) contains (polyamide* OR (poly NEAR1 amide*) OR "PA 6*" OR "PA 66*")	2604	1000
Polyamideimide	(CTB) contains ((Polyamide NEAR1 imide*) OR Polyamideimide*)	133	55

Polycarbonate	(CTB) contains (polycarbonate* OR "PC")	2588	1227
Polyetherimide	(CTB) contains (Polyetherimide* OR "PEI")	631	258
Polyethylene	(CTB) contains ((Polyethylene* OR "PE" OR polythene* OR polyethene* OR "poly(methylene)") NOT (plastic OR plastics OR (Polyethylene NEAR1 Terephthalate*)))	2877	1660
Polyethylene Terephthalate	(CTB) contains (polyester* OR (Polyethylene* NEAR1 terephthalate*) OR "poly(ethylene terephthalate)" OR "polyethylenephthlate" OR Polyethylenterephthalat* OR "PET" OR "PETE" OR "PETP" OR "PET-P")	3607	1629
Polyimide	(CTB) contains (Polyimide* OR "PI")	1155	564
Polylactic Acid	(CTB) contains (("poly lactic" NEAR1 acid*) OR "PLA" OR polylactide*)	1651	1015
Polyolefin	(CTB) contains (polyolefin* OR polyalkene*)	940	373
Polyphenylsulfone	(CTB) contains (Polyphenylsulfone* OR "PPSF" OR "PPSU")	268	90
Polypropylene	(CTB) contains (Polypropylene* OR polypropene* OR "PP")	2329	1255
Polyvinyl Acetate	(CTB) contains (("Polyvinyl" NEAR1 acetate*) OR "PVA" OR "PVAC" OR "poly(ethenylethanoate)")	657	342
Polyvinyl Chloride	(CTB) contains (("Poly(vinyl chloride)" OR "PVC" OR Polychloroethylene* OR "poly(1-chloroethylene)" OR (polyvinyl* NEAR1 chloride*) OR Polyvinylchlorid*) NOT "porcine circovirus")	1006	525
Polyvinylidene Chloride	(CTB) contains ((Polyvinylidene NEAR1 chloride*) OR "Poly(vinylidene dichloride)" OR "PVDC" OR polydene* OR "Poly(1,1-dichloroethene)")	61	29
RTV Silicon	(CTB) contains (("RTV" OR Room*) NEAR3 silicon*)	39	17
Rubber	(CTB) contains (rubber* OR sugru* OR caoutchouc* OR latex*)	3464	2373
Silver	(CTB) contains (silver* OR "Ag")	2069	1098
Stainless Steel	(CTB) contains ((stainless* OR inox*) NEAR3 steel*)	2211	1248
Steel	(CTB) contains (steel NOT ("stainless steel" OR "inox steel" OR inox))	2903	1771
Thermoplastic	(CTB) contains ((thermoplastic* OR (thermosoftening NEAR1 plastic*)) NOT ((plastic OR plastics) OR (Polyethylene* OR "PE" OR polythene* OR polyethene* OR "poly(methylene)")))	2942	1291
Thermoset	(CTB) contains ((thermoset* NEAR2 resin*) OR thermoset*)	1285	548
Titanium	(CTB) contains (titanium* OR "Ti")	6373	3241
Wax	(CTB) contains ((Cetyl NEAR1 palmitate*) OR wax*)	2051	1022

## Companies – Key statics

Key parameters of Top 15 companies such as percentage of total number of records, top inventors in each company and coverage.

Companies	Total No. Of Records (%)	Records of this Group of 20 (%)	Key Inventor (Top 5)	Co-Assignees (Top 5)	Coverage								
					CN	US	WO	EP	JP	KR	DE	TW	CA
<b>General Electric Company</b>	2,13%	16,84%	HERZOG, Frank (180) Stammberger, Jens (90) KOTTILINGAM, Srikanth Chandrudu (89) Zeulner, Fabian (87) SCHICK, David Edward (74)	HAIER US APPLIANCE SOLUTIONS INC (21) RICHARD WOLF GMBH (2) EDAG ENG GMBH (1) BLM SPA (1) LZN LASER ZENT NORD GMBH (1)	282	712	162	336	277	10	163	2	70
<b>HP Inc.</b>	2,09%	16,54%	DE PENA, Alejandro Manuel (235) MOROVIC, Jan (179) MOROVIC, Peter (178) ZHAO, Lihua (155) NAUKA, Krzysztof (122)	INST ATLANTICO (2) OREGON STATE UNIVERSITY (2) PURDUE UNIVERSITY (1)	295	329	662	362	64	69	12	47	3
<b>Huawei Technologies Company LTD.</b>	1,16%	9,17%	ZHANG, Xue-yan (14) Unannounced Inventor (14) DANG, Jin-hang (13) ZHANG, Ping (12) MENG, Yu (11)	UNIV BEIJING SCI & TECHNOLOGY (1)	379	1	13	2	2	1	0	3	0
<b>Siemens Atkiengesellschaft</b>	0,82%	6,46%	Geisen, Ole (43) BRUNHUBER, Christian (40) GRAICHEN, Andreas (36) OTT, Michael (34) REZNIK, Daniel (26)	FRAUNHOFER GESELLSCHAFT (6) KUKA GMBH (2) PRECITEC KG (1) MTU AERO ENGINES GMBH (1)	73	56	136	114	18	7	114	1	17



<b>United Technologies Corp.</b>	0,79%	6,27%	SLAVENS, Thomas N. (65) Ott, Joe (53) MIRONETS, Sergey (45) SNYDER, Brooks E. (42) Xu, JinQuan (40)	CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIC (2) UNIV HAUTE ALSACE (2) GOODRICH CORP. (1)	14	248	38	232	16	0	0	0	0
<b>Seiko Epson Corporation</b>	0,76%	5,99%	OKAMOTO EIJI (215) ISHIDA, Masaya (74) HIRATA KOKI (72) HIRAI TOSHIMITSU (64) MIYASHITA TAKESHI (59)	No Co-Assignee Present	81	153	15	37	277	1	0	7	0
<b>Xerox Corp</b>	0,70%	5,53%	Keoshkerian, Barkev (79) Ruiz, Erwin (57) Mantell, David A. (57) Moorlag, Carolyn (48) Liu, Chu-heng (41)	No Co-Assignee Present	106	372	0	66	117	60	49	6	35
<b>Ricoh CO. LTD.</b>	0,67%	5,32%	NORIKANE YOSHIHIRO (91) IWATA HIROSHI (66) NIIMI TATSUYA (65) SUZUKI YASUO (64) IWATSUKI HITOSHI (57)	UNIVERSITY OF WASHINGTON (23)	28	148	20	101	280	4	0	0	1
<b>Kinpo Electronics Inckinpo Electric Inc.</b>	0,64%	5,10%	LEE, Yang-Teh (111) CHEN, Peng-yang (103) JUANG, Jia-Yi (67) HO, Kwan (60) HO MING-EN (53)	XYZPRINTING INC (791) CAL-COMP ELECTRONICS (THAILAND) PLC (386)	240	253	0	125	95	62	0	113	0

<b>Canon Inc.</b>	0,63%	5,02%	TADA TATSUYA (32) HANYU YUKIO (29) YAMANAKA SATORU (29) KARASHIMA KENJI (27) KASE TAKASHI (27)	No Co-Assignee Present	24	101	36	29	202	32	1	2	0
<b>XYZPrinting Inc.</b>	0,63%	5,00%	LEE, Yang-Teh (110) Chen, Peng-Yang (70) JUANG, Jia-Yi (67) HO, Kwan (60) HO MING-EN (53)	KINPO ELECTRONICS INCKINPO ELECTRIC INC (791) CAL-COMP ELECTRONICS (THAILAND) PLC (282)	126	252	0	125	95	62	0	113	0
<b>Stratasys Inc.</b>	0,56%	4,41%	Batchelder, J. Samuel (52) YUDOVIN-FARBER, Ira (47) DIKOVSKY, Daniel (32) HIRSCH, Shai (29) MATZNER, Eynat (26)	UNIVERSITY OF MICHIGAN (1) BEN-GURION UNIVERSITY OF THE NEGEV (1)	28	110	87	54	24	21	2	0	5
<b>Boeing CO.</b>	0,40%	3,16%	Harrison, Samuel F. (85) Torres, Faraón (81) Evans, Nick S. (58) Ziegler, Ryan G. (55) Osborn, Hayden S. (55)	COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION (9) HRL LABORATORIES LLC (2)	69	205	1	95	56	14	0	0	29
<b>EOS GMBH Electro Optical Systems</b>	0,36%	2,87%	Paternoster, Stefan (49) GRUENBERGER, Stefan (42) Domroese, Robert Achim (21) Schilling, Alexander (20) Schade, Martin (19)	MTU AERO ENGINES GMBH (2) IMPERIAL BRANDS PLC (1)	41	42	53	49	2	2	76	0	0

<b>Cal-Comp Electronics (Thailand) PLC</b>	0,29%	2,33%	CHEN, Peng- yang (89) Lin, Wen-Ten (50) Chang, Jui-Feng (40) Din, Shih-Jer (39) LIN, Wen-tian (28)	KINPO ELECTRONICS INCKINPO ELECTRIC INC (386) XYZPRINTING INC (282)	132	119	0	23	13	23	0	71	0
--	-------	-------	---	--	-----	-----	---	----	----	----	---	----	---

### *Inventors – Key statics*

Key parameters of Top 15 inventors such as key associated companies and Top 5 co-inventors.

<b>Inventor</b>	<b>No. Families</b>	<b>Avg. No. Of Fwd Cites per Patents</b>	<b>Total No. Of Records</b>	<b>Records of this Group of 15</b>	<b>Key Assignees (Top 5)</b>	<b>Co-Inventors (Top 5)</b>
<b>NG, Hou T.</b>	48	4,64	0,12%	4,20%	APPLIED MATERIALS INC.(156) HP INC(102)	PATIBANDLA, Nag B.(129) KRISHNAN, Kasiraman(73) GANAPATHIAPPAN, Sivapackia(66) ZHAO, Yan(62) JOSHI, Ajey M.(60)
<b>DE PENA, Alejandro Manuel</b>	52	4,55	0,13%	4,55%	HP INC(235)	COMAS, Esteve(59) NG, Hou T.(39) PUIGARDEU ARAMENDIA, Sergio(37) VILAJOSANA, Xavier(29) DAVIS EDWARD DALE(24) RAMIREZ MUELA, David(23)
<b>OKAMOTO EIJI</b>	91	1,75	0,23%	7,95%	SEIKO EPSON CORPORATION(215)	ISHIDA, Masaya(73) HIRAI TOSHIMITSU(58) TSUNOYA, Akihiko(26) MIYASHITA TAKESHI(24) ISHIDA, Tadayo(20)
<b>HERZOG, Frank</b>	66	3,75	0,17%	5,77%	GENERAL ELECTRIC COMPANY(180) RICHARD WOLF GMBH(2) EDAG ENG GMBH(1) BLM SPA(1) LZN LASER ZENT NORD GMBH(1)	BECHMANN, Florian(62) Zeulner, Fabian(55) Bechmann, Florian, Dr.(36) SCHOEDEL, Frank(21) LIPPERT, Markus(17)
<b>MOROVIC, Jan</b>	48	1,30	0,12%	4,20%	HP INC(179)	MOROVIC, Peter(179) GARCIA REYERO VINAS, Juan Manuel(44) GONDEK, Jay S.(34) WHITE, Scott(20) ZENG, Jun(20)

<b>MOROVIC, Peter</b>	48	1,30	0,12%	4,20%	HP INC(179)	MOROVIC, Jan(179) GARCIA REYERO VINAS, Juan Manuel(44) GONDEK, Jay S.(34) WHITE, Scott(20) ZENG, Jun(20)
<b>LI, Di-chen</b>	139	3,15	0,36%	12,15%	SHAANXI HENGTONG INTELLIGENT MACHINE CO(17) SHAANXI JUGAO-AM TECHNOLOGY CO LTD(5) WEINAN HIGH-TECH ZONE TORCH TECHNOLOGY(2) NINGBO CHUANGDAO SANWEI MEDICAL TECHNOLO(1) SHANGHAI XINJIAN MEDICAL TECHNOLOGY CO(1)	CAO, Yi(42) TIAN, Xiao-yong(42) HE, Jian-kang(36) LIAN, Qin(36) LIU, Ya-xiong(26)
<b>PATIBANDLA, Nag B.</b>	30	3,93	0,08%	2,62%	APPLIED MATERIALS INC.(167)	NG, Hou T.(129) KRISHNAN, Kasiraman(85) KUMAR, Ashavani(72) JOSHI, Ajey M.(67) NG, Eric(46)
<b>LV, Yue-lin</b>	144	1,76	0,37%	12,59%	WUHU LINYI ELECTRONIC TECHNOLOGY CO LTD(75) HEFEI SIKEER INTELLIGENT TECHNOLOGY CO(47) ANHUI CHUNGU 3D PRINT INTELLIGENT EQUIP(31) ANWEI KEMING 3D TECHNOLOGY CO LTD(3) ANHUI SANWEITIANXIA EDUCATION TECHNOLOGY CO LTD(2)	LV, Chen(31) HUANG, Zhong- jia(31) ZHENG, Lan-bin(31) WU, Zhi-hua(31) LIU, Jun-song(31)
<b>YANG, Yong-qiang</b>	147	2,67	0,38%	12,85%	GUANGZHOU LASERADD MATERIAL TECHNOLOGY(17) SHENZHEN XDYA TECHNOLOGY CO LTD(2) FOSHAN NANHAI ZHONGNAN MACHINERY CO LTD(2) GUANGZHOU GEN HOSPITAL GUANGZHOU MILITAR(1)	WANG, Di(96) SONG, Chang-hui(64) BAI, Yu-chao(51) WANG, An-min(29) LIN, Kang-jie(21) LI, Yang(21)

<b>ZHAO, Lihua</b>	60	0,98	0,15%	5,24%	HP INC(155)	ZHAO, Yan(75) TOM, Howard S.(70) NAUKA, Krzysztof(55) NG, Hou T.(49) GANAPATHIAPPAN, Sivapackia(46)
<b>BULLER, Benyamin</b>	20	55,98	0,05%	1,75%	VELO3D INC(141)	MILSHTEIN, EreI(92) LAPPAS, Tasso(49) LAPPEN, Alan Rick(40) BREZOCZKY, Thomas Blasius(37) Seelinger, Sherman(36)
<b>LU, Bing-heng</b>	122	1,39	0,31%	10,66%	XI'AN JIATONG UNIVERSITY(53) XIAN ADDITIVE MFG NAT INST CORP(36) UNIV DONGGUAN TECHNOLOGY(30) XI'AN ADDITIVE MANUFACTURING NATIONAL INSTITUTE CORPORATION(9) NANJING HONNY 3- DIMENSIONAL TECHNOLOGY(9)	CHEN, Sheng-gui(33) FANG, Xue-wei(30) ZHANG, Li-juan(28) WEI, Zheng-ying(22) LI, Nan(21)
<b>SU, Jian-qiang</b>	98	3,22	0,25%	8,57%	PRINT-RITE HOLDING LTD(129)	HE, Yong-gang(53) SONG, Dao-quan(15) HE, Liang-mei(9) YU, Jia(5) TANG, Fu-gen(4)
<b>NAUKA, Krzysztof</b>	31	2,69	0,08%	2,71%	HP INC(122)	TOM, Howard S.(84) GANAPATHIAPPAN, Sivapackia(58) ZHAO, Lihua(55) NG, Hou T.(54) ZHAO, Yan(41)

## Bibliografia

- Arestivo G. "Velo3D è la startup che promette di stampare facilmente metallo", HDblog.it, 2018. Web. 22 giugno 2019. <https://www.hdblog.it/2018/08/20/velo3d-stampante-metallo>.
- González Santos D. e Álvarez González A. "Additive manufacturing feasibility study & technology demonstration", European Defence Agency, 2018.
- Petch M. "Hp inc. Release q4 2016 financial results, 3d printing future strategy", 3D Printing Industry, 2016. Web. 22 giugno 2019. <https://3dprintingindustry.com/news/hp-inc-release-q4-2016-financial-results-3d-printing-future-strategy-99281>.
- Simons M. "Additive manufacturing - a revolution in progress?", International Journal of Advanced Manufacturing Technology 96(5), 2018.
- Stevenson K. "Stratasys' STEP Technology Spun Off", Fabbaloo, 2018. Web. 22 giugno 2019. <https://www.fabbaloo.com/blog/2018/4/3/stratasys-step-technology-spun-off>.
- Trippe A. Patinformatics, LLC, "Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports", World Intellectual Property Organization, 2015, available on. [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_946.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_946.pdf).
- Vilardell Navarro M., "Inkjet printing: a flexible manufacturing of functional ceramic coatings by Chemical Solution", Universitat Autònoma de Barcelona, 2014, available on. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/284131/mvn1de1.pdf;sequence=1>
- "How to use the patent forward citations in Acclaimip", AcclaimIP, 2019. Web. 22 giugno 2019. <http://www.acclaimip.com/how-to-use-the-patent-forward-citations-in-acclaimip>.
- "Brevettare all'estero", Direzione Generale Lotta alla Contraffazione - Ufficio Italiano Brevetti e Marchi, n.d.. Web. 23 giugno 2019. <http://www.uibm.gov.it/index.php/brevetti/brevettare-all-estero>
- "3D Printing Technology Insight Report", Patent iNSIGHT Pro, 2014, available on. <https://www.patentinsightpro.com/techreports/0214/Tech%20Insight%20Report%20-%203D%20Printing.pdf>.
- "GE Additive: stampa 3d con metalli Concept Laser ed Arcam", 3D4Growth, 2018. Web. 22 giugno 2019. <https://3d4growth.com/ge-additive-stampanti-3d-metallo-concept-laser-e-arcam>.
- "GE compra Concept Laser", 3D Printing Creative, 2016. Web. 22 giugno 2019. <https://www.3dprintingcreative.it/ge-concept-laser>.
- "Hp e Siemens unite per l'additive manufacturing a colori", 3D Printing Creative, 2018. Web. 22 giugno 2019. <https://www.3dprintingcreative.it/hp-siemens-additive-manufacturing-colori>.
- "La nuova Hp Jet Fusion 5200 stampa con TPU", 3D Printing Creative, 2019. Web. 22 giugno 2019. <https://www.3dprintingcreative.it/hp-jet-fusion-5200>.
- "Modello di utilità", Wikipedia, l'enciclopedia libera, 2019. Web. 22 giugno 2019. [https://it.wikipedia.org/wiki/Modello\\_di\\_utilit%C3%A0](https://it.wikipedia.org/wiki/Modello_di_utilit%C3%A0)
- "Protesi flessibile in poliammide", CLR, 2017. Web. 22 giugno 2019. <https://www.clr-lab.it/lavorazioni/protesi-flessibile-in-poliammide>.

- "Stampa 3D con metalli a quota 11 miliardi di dollari in 5 anni", 3D Printing Creative, 2019. Web. 22 giugno 2019.  
<https://www.3dprintingcreative.it/stampa-3d-metalli-11-miliardi>.
- "Stratasys", Wikipedia, l'enciclopedia libera, 2018. Web. 23 giugno 2019.  
<https://it.wikipedia.org/wiki/Stratasys>.
- "Welcome to EOS, the innovation leader in industrial 3D Printing", EOS, n.d.. Web. 22 giugno 2019.  
<https://www.eos.info/en>.



## **Ringraziamenti**

Un ringraziamento particolare va alla mia relatrice, la Professoressa Elisa Ughetto per il suo aiuto, per il materiale fornitomi e la sua totale disponibilità.

Ringrazio mia madre e mio padre per aver reso possibile il mio cammino universitario fino ad oggi, per il loro incoraggiamento e il supporto morale ed economico.

Ad Adriana Di Bella per avermi aiutato a portare avanti il lavoro e nella correzione nonché per la sua gentilezza.

Voglio anche ringraziare Alessandro, Giuseppe e Ilenia che instancabilmente mi hanno sostenuto in ogni momento durante questi anni.