



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento di  
Architettura e Design

# OPEN VFX

---

**Design per l'Industria degli Effetti Visivi**



**Candidato: Emanuele INGROSSO**

**Relatori: Riccardo GAGLIARDUCCI  
Fabrizio VALPREDA**



**A.A. 2018/19**

Tesi di laurea magistrale in  
Design Sistemico



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento di  
Architettura e Design

# OPEN VFX

---

**Design per l'Industria degli Effetti Visivi**

**Candidato**

Emanuele **Ingrosso**

**Relatori**

Riccardo **Gagliarducci**

Fabrizio **Valpreda**



# INDICE

---

<b>Abstract</b>	<b>IX</b>
<b>1. Breve Storia del Cinema</b>	<b>1</b>
Da Daguerre a Muybridge	2
Edison e i Fratelli Lumiere	3
Melies e Porter	4
L'Avvento del Suono	7
L'Avvento del Colore	8
Nuova Hollywood	9
<b>2. Analisi Olistica</b>	<b>11</b>
Metodologia	11
1970	15
1980	23
1990	31
2000	41
2010	51
Vista d'Insieme	59
Riepilogo	66
<b>3. Criticità</b>	<b>69</b>
Il caso "Life of Pi"	69
L'Oligopolio Hollywoodiano	71

La minaccia di un monopolio	72
Proposta progettuale	73
<b>4. Definizione delle Fondamenta</b>	<b>75</b>
<b>Pre-Produzione</b>	<b>76</b>
Script Breakdown	77
Budget Preliminare	78
Assunzione Personale	79
Reviewing	79
Pre-Visualizzazione	79
Set Design, Layout e Tech-Viz	80
Character Design, Costume Design e Prop Design	82
Casting	84
Sound Design	84
Conclusione	85
<b>Produzione</b>	<b>90</b>
Make-up	92
Preparazione del Set e dell'Attrezzatura	93
Fotografia pricipale	94
Motion Capture	95
Element Shoot	96
Cattura delle Informazioni sul Set	96
Scansione dell'Ambiente	97
Modellazione 3D	98
Fotogrammetria	99
On Set Pre-Viz	100
Ingestione File e Backup	101

<b>Post-Produzione</b>	<b>106</b>
Technical Grading	107
Tracking, Match Move	108
Rigging e Animazione	108
FX Simulation	109
Texturing	110
Lighting e Rendering	111
Compositing	112
Final Grade	113
<b>Sistema VFX</b>	<b>116</b>
<b>5. Meta-Progetto</b>	<b>119</b>
L'onda Open	119
Soluzioni Esistenti e Benchmarking	121
Tabelle Esigenziali	130
Campi di applicazione	133
<b>6. Progetto</b>	<b>136</b>
Scelta dei componenti	136
Sistema di riduzione	138
Progettazione per stampa 3D	139
Componenti	142
Base	143
Bracket	147
Cover	151
Pannello Frontale	157
Ingranaggio Vite Senza Fine	159

Ingranaggio Elicoidale	160
Ingranaggio Cilindrico	161
Piatto Rotante	162
Blocco	163
Pad Anti-Vibrazione	164
Modalità HDRI	165
Adattatore ARCA SWISS	166
L-Bracket	167
Camera Bracket	170
Modulo IR	173
Utilizzare Arduino	175
<b>7. Strategia di Mercato</b>	<b>187</b>
L'esempio di Prusa	187
Crowdfunding	189
<b>8. Conclusioni</b>	<b>192</b>
Test su Campo	192
Prestazioni e Benchmarking	197
<b>9. Documentazione</b>	<b>201</b>
Tutorial di Assemblaggio	201
Viste Tecniche	217

<b>10. Fonti</b>	<b>233</b>
Bibliografia	233
Sitografia	233
Altre Fonti	236
<b>Ringraziamenti</b>	<b>239</b>



# Abstract

---

Nel corso degli ultimi cinquant'anni, si è assistito ad una progressiva industrializzazione del cinema: accurate ricerche di mercato e scelte commerciali strategiche hanno preso il posto di arte e passione.

Da oltre vent'anni, sei studios cinematografici controllano il mercato, creando un oligopolio che scoraggia la sperimentazione e l'originalità, promuovendo un modello di produzione seriale che ripropone personaggi, trame e mondi già esplorati, privando le nuove generazioni della meraviglia e dello stupore che il grande pubblico ha provato nei decenni passati.

La tendenza del cinema Hollywoodiano di creare immagini sempre più sorprendenti richiede uno sproporzionato sforzo lavorativo agli artisti che si occupano degli effetti visivi, costringendo a ritmi di lavoro estremamente serrati con pochissimo riguardo al benessere delle persone coinvolte.

Il settore degli effetti visivi non riceve un adeguato riconoscimento economico per la sua cruciale importanza nel processo di film making, causando addirittura la bancarotta di studi pluripremiati di enorme prestigio.

Oggi, i giganti del settore abbracciano i vantaggi e benefici della filosofia Open Source allo scopo di condividere la loro arte, creando una comunità tale da resistere alle pesanti pressioni dei mega-studios.

Da questa premessa nasce il progetto documentato in questa dissertazione, che si pone come obiettivo lo sviluppo di soluzioni dedicate alla realizzazione di effetti digitali in grado di ridurre i tempi e i costi che tali operazioni comportano, riducendo il carico di lavoro degli artisti e consentendo allo stesso tempo a piccole produzioni di ottenere risultati di alto livello.

Si analizzerà il flusso di lavoro del grande cinema al fine di individuare l'area di intervento adeguata.

La soluzione proposta, pensata per un'industria sempre in corsa contro il tempo, verrà progettata per essere realizzata con tecnologie di prototipazione rapida consentendone la realizzazione nel più breve tempo

possibile; l'intera progettazione verrà effettuata con strumenti free o open source, nella speranza di ispirare altri progetti con un simile intento.

Si ipotizzerà infine una strategia economica tale da consentire il finanziamento di una iniziativa open source.

Obiettivo secondario di questa dissertazione, è verificare l'efficacia della ricerca sistemica applicata a settori finora poco esplorati dall'Ateneo.

# 1. Breve Storia del Cinema

---

Sin dagli albori dell'umanità, l'uomo, ha manifestato il bisogno di raccontare e tramandare storie, spaziando dai racconti di caccia ai miti religiosi, dalle guerre più cruente allo svolgimento della vita quotidiana.

Nel corso della storia, sono state sviluppate diverse forme d'arte impiegate per questo scopo: attraverso il teatro, la pittura, la musica, la scultura e la letteratura, le civiltà del passato hanno trasmesso emozioni, tramandato racconti, celebrato eroi e rappresentato figure mitiche e religiose.

Gli antichi greci dedicarono notevoli sforzi accademici e ingegneristici alla creazione dei loro anfiteatri, progettati al solo scopo di consentire ad un ampio numero di persone di assistere alle esibizioni teatrali godendo di una buona visione oltre che di un'acustica gradevole.

Per millenni queste arti si sono evolute, riflettendo le società ad esse contemporanee, ma è al tramontare del diciannovesimo secolo che, invenzione dopo invenzione, si consolidarono i principi tecnologici che costituiscono la base della forma di espressione che Richard Wagner descrisse nel suo libro *Gesamtkunstwerk* come l'arte che incorpora tutte le altre: il cinema.

Tutto ebbe inizio con l'invenzione del **thaumatrope** nel 1824: un semplice giocattolo costituito da un disco o un cartello con immagini disegnate su entrambe le facce legato con due cordicelle alle estremità superiore e inferiore. Rotolando i fili fra le dita si provoca un rapido movimento del disco che unisce le due immagini in una sola.

Nemmeno un decennio dopo quest'invenzione, Joseph Plateau introdusse il **fantascopio**: un disco con immagini rappresentate lungo la circonferenza che, se fatto ruotare a sufficiente velocità, provoca l'illusione del movimento.

Poco tempo dopo, fece la sua comparsa il **zeotrope**, basato sullo stesso principio di funzionamento, ma costituito da un cilindro mosso da una manovella

Questi giocattoli si basano sui due principi alla base del cinema e della percezione del movimento: la **persistenza visiva** e il **fenomeno phi**.

Il primo dei fenomeni citati, fa leva sul lasso di tempo richiesto dal nostro apparato visivo per processare un'immagine.

L'occhio umano medio riesce a processare una singola immagine ogni ventesimo di secondo, questo significa che se una nuova immagine sostituisce quella appena visionata entro tale lasso di tempo, il cervello percepisce l'illusione del movimento<sup>1</sup>

Il fenomeno phi, riconosciuto per la prima volta nel 1912 da Max Wertheimer, si basa sullo stesso principio ma opera in lassi di tempo estremamente ridotti, uno o più ordini di grandezza inferiori rispetto al ventesimo di secondo (circa) su cui si basa la persistenza visiva.<sup>2</sup>

Per creare l'illusione del movimento, dunque, è necessario produrre immagini in rapida successione, un'impresa della tecnica che necessitò molteplici innovazioni tecnologiche per poter essere realizzata.

## Da Daguerre a Muybridge

All'alba del diciannovesimo secolo, impressionare un'immagine attraverso la fotografia richiedeva un tempo di esposizione estremamente lungo, minuti o addirittura ore, rendendo pertanto impossibile catturare fotogrammi con sufficiente rapidità.

Dal 1839, grazie alle invenzioni del pittore francese Louis-Jacques-Mandé Daguerre e dello scienziato inglese William Henry Fox Talbot, che introdussero rispettivamente il processo fotografico positivo e negativo, ebbe inizio il raffinamento delle tecniche di fotografia che permise di sostituire i disegni impiegati nei giocattoli di cui sopra con immagini catturate dal mondo reale.

Continue innovazioni nel settore, culminarono negli anni '70 del 1800, quando i tempi di esposizione si ridussero fino al millesimo di secondo, consentendo al fotografo anglo-americano Eadward Muybridge di catturare, nel 1877, il galoppo di un cavallo da corsa utilizzando una serie di

---

<sup>1</sup> "Persistence of vision: how does animation work?", *Future Learn*, <https://www.futurelearn.com/courses/explore-animation/o/steps/12222>

<sup>2</sup> "Phi phenomenon", *New World Encyclopedia*, 2015, [http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Phi\\_phenomenon](http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Phi_phenomenon)

12 fotocamere allo scopo di poterne analizzare il movimento, con la quale realizzò il primo filmato della storia.

Il passo successivo fu compiuto dal fisiologo francese Étienne-Jules Marey che, mosso dalla stessa curiosità scientifica di Muybridge, inventò nel 1882 il primo dispositivo in grado di catturare molteplici fotografie in rapida successione: il **fucile crono-fotografico**, pensato per immortalare il volo degli uccelli.

Il limite dello strumento progettato da Marey era il ridotto numero di immagini che poteva catturare su un solo supporto, per consentire la nascita del cinema come lo conosciamo oggi, era necessario un ulteriore avanzamento della tecnica: l'uso della cellulosa.

## Edison e i fratelli Lumiere

Il merito di quest'ultima innovazione si attribuisce al ministro episcopale Hannibal Goodwin, che ebbe l'intuizione nel 1887. Due anni più tardi, l'industriale George Eastman cominciò la produzione di rotoli di pellicola su scala industriale.

Grazie a quest'ultimo elemento, fu possibile la progettazione e la realizzazione della prima cinepresa della storia, brevettata dalla Edison Company e ideata dall'americano William Kennedy Laurie Dickson, il **kinetoscopio**.

Tale strumento incorporava i due fattori finali essenziali per la realizzazione di un filmato:

- un meccanismo che garantisse un movimento intermittente e regolare del nastro di cellulosa
- e un rullino con perforazioni precise che consentisse una perfetta sincronia tra i fotogrammi e l'otturatore.

Contemporaneamente a Dickson e Edison, anche in Europa diversi inventori si cimentavano nella produzione di macchine da presa. L'inventore americano decise brevettare la sua macchina solo a livello nazionale, consentendo involontariamente la copia e il miglioramento dei suoi progetti ai colleghi d'oltreoceano, tra questi, Auguste e Louis Lumiere.

I fratelli francesi inventarono nel 1895 il *cinematografo*: il primo dispositivo a incorporare cinepresa e proiettore, progettato per la produzione su scala commerciale.

Durante la prima presentazione pubblica (avvenuta l'anno stesso), i fratelli Lumiere mostrarono al pubblico otto brevi filmati di vita quotidiana francese e in tale occasione, nacque il cinema.<sup>3</sup>

## Melies e Porter

Il pubblico che assistette alla presentazione dei Lumiere, non aveva mai visto nulla di simile e non aveva media di riferimento da paragonare a quanto mostrato dagli inventori francesi, se non la fotografia. Per questo motivo, le proiezioni vennero interpretate come fotografie animate e non come filmati completi di storia e narrativa.

Fra il pubblico vi era Georges Melies: un prestigiatore professionista che vide in quanto proposto dai Lumiere grande potenziale per elevare i suoi numeri di magia.

L'uomo progettò un cinematografo di sua concezione e fondò lo studio *Star Film Company*, con il quale ideò, produsse e realizzò oltre cinquecento cortometraggi in meno di un ventennio: dal 1896 al 1913.

Grazie al lavoro visionario del mago, la percezione del prodotto finale si iniziò ad avvicinare alla moderna concezione di filmato e di cinema.

Melies utilizzò tecniche di ripresa stop-motion per realizzare piccoli corti "magici" implementando di fatto i primissimi effetti speciali, che vennero ampiamente imitati dai cinematografi inglesi e americani.

Ben presto, il prestigiatore francese cominciò a sperimentare con brevi cortometraggi multiscena, seguendo una logica temporale lineare che gli consentiva di raccontare semplici storie.

Una volta affinata la sua tecnica, Melies produsse nel 1902 una delle pellicole più rilevanti della storia: *Le Voyage Dans La Lune*, una narrativa in 30 scene adattata dall'omonimo romanzo di Jules Verne.

---

<sup>3</sup> The Editors of Encyclopaedia Britannica, "Lumière brothers", *Encyclopaedia Britannica*, <https://www.britannica.com/biography/Lumiere-brothers>

Il repentino uso di effetti speciali permise la realizzazioni di immagini "magiche" che lasciarono il pubblico a bocca aperta facendone un enorme successo estremamente popolare.

*Le Voyage Dans La Lune* divenne la prima pellicola distribuita su scala internazionale e rese Star Film uno dei più affermati studi del mondo, consolidando il cinema della finzione come prodotto di punta dell'intero settore.

L'intera produzione di Georges Melies fu caratterizzata dal particolare tipo di ripresa statico: il prestigiatore utilizzava il frame come le pareti di un teatro, muovendo il soggetto piuttosto che il punto di vista.

Il pubblico si stancò presto di questa monotonia e Star Film Company perse gran parte del suo pubblico entro la fine degli anni 10: l'interesse degli spettatori si spostò verso registi che impiegavano tecniche narrative più sofisticate e interessanti.

Esattamente come ai giorni nostri, effetti speciali sorprendenti non erano sufficienti a rendere interessante una pellicola, la trama e lo storytelling dovevano andare di pari passo.

Edwin S. Porter, proiezionista e ingegnere per Edison Company, sviluppò durante la sua carriera interessanti tecniche di montaggio che si rivelarono fondamentali per la realizzazione di un prodotto di successo.

Il suo lavoro fu fortemente influenzato dall'esperienza come proiezionista: la scelta di inquadrature da arrangiare in una programmazione di 15 minuti era infatti estremamente simile al montaggio di un cortometraggio multi-ripresa.

L'influenza di altri film makers, tra i quali anche Melies, è evidente nell'operato dell'ingegnere americano, che ben presto imparò a rendere chiaro al pubblico la continuità spaziale di più riprese montate in successione, forse anche aiutato dalle già popolari strisce a fumetti.

L'ultimo grande passo nel mutamento della percezione delle pellicole da parte del pubblico, si compì attraverso *The Great Train Robbery* (1903), il capolavoro di Porter che si distaccò in maniera drastica dallo stile di ripresa statico e "teatrale" che causò la perdita di interesse verso l'opera di Melies.

La pellicola divenne il primo spettacolare successo di box-office della storia, stabilendo la narrativa realistica come stile dominante del cinema commerciale.

La popolarità del titolo convinse gli imprenditori dell'epoca a investire nell'edificazione di teatri di proiezione permanenti (*Nickelodeon*) dove, previo pagamento di una piccola somma di denaro, la classe proletaria poteva intrattenersi visionando cortometraggi di circa 15 minuti.

In poco tempo, il fascino del cinema interessò anche la classe media, spostando gli sforzi produttivi delle case cinematografiche verso storie più complesse.

A pochi anni dall'inizio del ventesimo secolo, il cinema moderno era nato.<sup>4</sup>  
5 6

I primi trent'anni del ventesimo secolo, rappresentarono per il cinema un periodo di affinamento della tecnica nonché di consolidamento delle sue basi ormai industrializzate.

Innovazione dopo innovazione, Europa e Stati Uniti avanzarono di pari passo nello sviluppo di questo nuovo mercato, ma con lo scoppio della Grande Guerra, l'industria cinematografica europea subì un brusco arresto, consentendo al cinema statunitense di creare un distacco da allora mai colmato.<sup>7</sup>

Con il concludersi del conflitto e il lento riprendersi della società, inizio una corsa tecnologica allo sviluppo di due fondamentali elementi del cinema moderno: il suono e il colore.

---

<sup>4</sup> "History of Film", *International Student*, <https://www.internationalstudent.com/study-film/history-of-film/>

<sup>5</sup> "Introduction to History of Cinema", *Starico*, <https://stari.co/history-film/introduction-history-cinema>

<sup>6</sup> David A. Cook, Robert Sklar, "History of the motion picture", *Encyclopaedia Britannica*, <https://www.britannica.com/art/history-of-the-motion-picture>

<sup>7</sup> National Science and Media Museum, "A very short history of cinema", *Science Media Museum*, <https://blog.scienceandmediamuseum.org.uk/very-short-history-of-cinema/>

## L'avvento del Suono

Il desiderio di unire immagini e suono nacque con l'invenzione della ripresa stessa: Thomas Edison inventò il fonografo nel 1877, consentendo per la prima volta nella storia la registrazione e la riproduzione del suono. Come visto precedentemente (vedi "Edison e i fratelli Lumiere") durante gli anni 90 del diciannovesimo secolo l'imprenditore americano brevettò il kinoscopio, che consentiva la registrazione e la riproduzione di immagini in movimento.

Edison intuì da subito che unendo queste due invenzioni sarebbe riuscito a creare l'illusione della vita stessa.

Per riuscire nel suo intento, avrebbe dovuto superare un enorme ostacolo tecnico: la perfetta sincronizzazione tra suono e immagine.

Nei primi anni di attività dei Nickelodeon, musicisti professionisti venivano ingaggiati per accompagnare le immagini proiettate con musica dal vivo che si adattasse al soggetto.

I dialoghi, tuttavia, rimanevano riportati in forma scritta sullo schermo interrompendo il ritmo della narrazione.

La soluzione al problema di Edison giunse dall'industria delle telecomunicazioni: il telefono e la radio utilizzavano infatti microfoni, amplificatori ed elettricità laddove il grammofoono utilizzava cera e pressione meccanica.

Alcuni degli industriali dell'epoca intuirono la potenziale sinergia che poteva formarsi tra la loro tecnologia e il mondo del cinema. Decisero quindi di proporre la loro idea ai grandi studios hollywoodiani.

La risposta dell'industria cinematografica fu un quasi unanime "no".

A distaccarsi dal coro fu lo studio dei fratelli Warner: Harry, Al, Sam e Jack, che nel 1925 decisero di investire nel suono come arma di punta della loro produzione.

In un primo momento, Warner Bros Studios decise di impiegare la nuova tecnologia solamente per la colonna sonora, ritenendo, come il resto dell'industria, che il pubblico non fosse interessato a udire i dialoghi.

Il prodotto che ne nacque fu il Vitaphone, che la concorrenza fallì a riconoscere come il successo che fu.

Quando il resto di Hollywood comprese il reale potenziale del suono, il passaggio al nuovo mezzo richiese tempo sia per l'adattamento pipeline di lavoro che per l'evoluzione del comportamento del pubblico, che dovette imparare ad assistere alle proiezioni in silenzio.

Per quanto riguarda l'aspetto tecnologico, emerse l'esigenza di equipaggiamento meno rumoroso e microfoni più portatili, senza contare la necessità di registrare suono e immagini sulla stessa pellicola, per rendere più semplice il lavoro dei proiezionisti.

Un decennio dopo il termine della Prima Guerra Mondiale, negli anni '30, tutte le esigenze tecnologiche vennero soddisfatte e da allora, suono e immagini sono diventati due inseparabili compagni.<sup>8</sup>

## L'avvento del Colore

I primi esperimenti con il colore vennero eseguiti pochissimo tempo dopo l'invenzione del cinematografo, tuttavia, i processi erano rudimentali e costosi.

Nei primi anni dei film cosiddetti "muti", il colore veniva usato per distinguere una location dall'altra, tingendo l'intero fotogramma in tinta unita.

Altra tecnica, estremamente laboriosa, era quella di colorare a mano ogni singolo fotogramma. La procedura venne velocizzata nel tempo tramite l'utilizzo di appositi stencil.

Il primo grande passo verso il cinema a colori fu compiuto da George Albert Smith nel 1906 con l'invenzione del **Kinemacolor**: una macchina che impiegava due filtri, rispettivamente verde e rosso, simulando parte dei colori ottenuti in ripresa. L'invenzione tuttavia non prese piede per via dei costi proibitivi per l'adattamento dei cinema esistenti.

La svolta, arrivò dai laboratori americani della Technicolor company nel 1922, che sviluppò un metodo per impressionare i colori direttamente sulla pellicola, facendo sì che non ci fosse il bisogno di alcun equipaggiamento aggiuntivo oltre ad un classico proiettore.

---

<sup>8</sup> Emily Thompson, "A Very Short History of the Transition from Silent to Sound Movies", *Wonderstruck*, 2011, [https://www.wonderstruckthebook.com/essay\\_silent-to-sound.htm](https://www.wonderstruckthebook.com/essay_silent-to-sound.htm)

Nel 1932 arrivò un'ulteriore innovazione: il sistema tre-colori, che offriva immagini spettacolari, ma costi ancora troppo elevati.

Durante tutti gli anni '30, '40 e '50 il colore venne riservato esclusivamente per le pellicole di più alto prestigio, fino all'introduzione dell'Eastmancolor ad opera di Kodak.<sup>9</sup>

## **Nuova Hollywood**

Fino agli anni '50, il cinema si affermò come mezzo di intrattenimento numero uno, ma con l'introduzione della televisione nelle case degli americani, la situazione cambiò drasticamente.

Diversi esperimenti tecnici tentarono di riportare interesse verso il teatro di proiezione, tra cui una generale tendenza all'allargamento dell'aspect ratio verso l'ultra panoramico, che il piccolo schermo non era in grado di replicare.<sup>10</sup>

Nessuno di questi tentativi, tuttavia, si rivelò sufficientemente efficace a riaccendere la fiamma per il cinema, si deve aspettare fino agli anni '70 per assistere a una ripresa del grande schermo, quando un successo cinematografico dopo l'altro portò alla nascita della "Nuova Hollywood".<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> Christopher McKittrick, "How Movies Went From Black and White to Color", *ThoughtCo.*, 2019, <https://www.thoughtco.com/how-movies-went-from-black-white-to-color-4153390>

<sup>10</sup> National Science and Media Museum, "A very short history of cinema", *Science Media Museum*, <https://blog.scienceandmediamuseum.org.uk/very-short-history-of-cinema/>

<sup>11</sup> "New Hollywood", *Wikipedia*, [https://en.wikipedia.org/wiki/New\\_Hollywood](https://en.wikipedia.org/wiki/New_Hollywood)



## 2. Analisi Olistica

---

Ai fini di comprendere meglio l'industria del cinema e degli effetti speciali, si è deciso di iniziare le attività di ricerca proprio a partire dagli anni '70: un punto di svolta per il settore che ha trasformato il processo produttivo, il metodo e gli standard definendo il cinema moderno.

Oggi, come più di un secolo fa, gli effetti speciali sono parte integrante dell'esperienza cinema, sono uno strumento fondamentale del regista per poter raccontare una storia, sono necessari per portare alla vita personaggi di fantasia che non potrebbero essere realizzati altrimenti.

Si pensi al ruolo centrale ricoperto da *Smigol/Collum* nella spettacolare trilogia del *Signore degli Anelli*, un personaggio completamente in CGI collocato nello stesso spazio di attori in carne ed ossa; si pensi a *Star Wars*, senza le mitiche spade laser, o ancora al fantastico mondo di *Harry Potter*, senza la sua iconica magia.

Le scoperte tecnologiche nate dal mondo degli effetti speciali si ripercuotono sulla nostra vita quotidiana in maniera molto più evidente di quanto si possa pensare: gran parte degli algoritmi di accelerazione GPU sviluppati per l'industria del cinema sono responsabili per le straordinarie prestazioni degli smartphone che portiamo con noi ogni giorno.

### Metodologia

Per individuare i trend e poter analizzare il mutamento dell'industria nel tempo, analizzeremo le 50 pellicole più di successo per ogni decade, dagli anni '70 ad oggi.

Per ogni titolo, verranno registrati i seguenti parametri:

- Incasso (locale)
- Incasso (mondiale)
- Budget
- Rateo di Profitto
- Anno di Rilascio
- Durata della Pellicola
- Numero di Attori Presenti nel Cast
- Numero di Operatori addetti ai VFX
- Presenza di SFX, VFX, Animazione o Full CG

- Fonte di Ispirazione per la Storia

Si vogliono individuare eventuali cambiamenti nel processo di realizzazione di un film, oltre che l'andamento economico dell'intero settore.

I dati sono stati recuperati dal celebre sito IMDb<sup>12</sup> (Internet Movie DataBase) che è stato utilizzato come unica fonte, in modo da minimizzare le eventuali discrepanze presenti in diverse origini di dati.

Al termine dell'analisi di ogni decade, verranno estrapolati i valori medi delle varie voci che verranno quindi confrontati fra di loro in grafici di riepilogo.

Si preannuncia che per alcuni dei titoli analizzati non sarà possibile completare tutti i campi di analisi, tuttavia, al fine dell'analisi olistica non dovrebbero avere un impatto estremamente rilevante.

La non inclusione dei profitti dovuti alle industrie satelliti (merchandise, ecc) è un altro importante fattore da tenere a mente nell'interpretazione dei dati presentati di seguito.

---

<sup>12</sup> <https://www.imdb.com>





*Star Wars* (1977) - Courtesy of 20th Century Fox

# 1970

---

Come accennato nel capitolo precedente, gli anni '70 del ventesimo secolo hanno rappresentato un particolare periodo di svolta per l'industria del cinema e in particolare quella Hollywoodiana.

Il coraggio di giovani registi senza paura di osare portò alla nascita di alcune delle pellicole più importanti dei nostri tempi, che in molti casi fecero da "prima pietra" per i franchise più di successo di sempre.

Giovani spettatori rifiutarono di assistere a titoli mediocri e mostrarono grande supporto per le pellicole più originali e provocanti, con temi che in qualche modo riflettevano le questioni sociali del tempo (La Guerra nel Vietnam, la crescente minaccia della tossicodipendenza, la sempre più grande mancanza di fiducia nelle istituzioni, ecc)

Tra i primi titoli nella classifica in analisi, fanno la loro comparsa alcuni dei film più innovativi di sempre:

- *The Godfather* (1972), che tratta il tema della mafia in America;
- *The Exorcist* (1973), una storia horror senza precedenti;
- *Jaws* (1975), uno dei primi titoli della storia a fare uso del costruito dell'ignoto per scatenare emozione nei suoi spettatori;
- *Star Wars* (1977), l'avventurosa storia di un umile ragazzo che riesce da solo a mettere in ginocchio un governo oppressore;

Durante questa decade, Hollywood pone le basi per la creazione di un nuovo tipo di mercato, in grado di riprendere l'attenzione del pubblico all'epoca rapito dalla televisione: **la saga cinematografica**.

Non bisogna dimenticare un importante alleato del cinema: la comparsa dei VCR, che consentivano di visionare sui piccoli schermi nelle case degli americani, le pellicole viste al cinema, generando una seconda fonte di profitto per l'industria.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> "Film History of the 1970s", *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/7osintro.html>

<b>Titolo</b>	<b>Anno</b>	<b>Durata</b>	<b>Budget</b>	<b>Incasso (US)</b>	<b>Incasso</b>
Star Wars	121	1977	11,00	322,74	775,00
Jaws	124	1975	8,00	260,00	470,65
L'Esorcista	122	1973	12,00	232,91	441,30
Grease	110	1978	6,00	188,76	394,95
La Stangata	129	1973	5,50	159,60	159,60
The Rocky Horror Picture Show	100	1975	1,20	139,88	139,87
The Godfather	175	1972	6,00	134,97	245,06
Superman	143	1978	55,00	134,22	166,20
Incontri Ravvicinati del Terzo Tipo	138	1977	20,00	132,09	303,78
Il Bandito e la Madama	96	1977	4,30	126,74	126,74
Mezzogiorno e Mezzo di Fuoco	93	1974	2,60	119,50	119,50
Rocky	120	1976	0,96	117,24	225,00
The Towering Inferno	165	1974	14,00	116,60	139,70
American Graffiti	110	1973	0,77	115,00	140,00
Qualcuno Volò sul Nido del Cuculo	133	1975	4,40	112,00	112,00
Love Story	100	1970	2,20	106,40	136,40
Kramer vs Kramer	105	1979	8,00	106,26	106,26
Filo da Torcere	114	1978	5,00	106,00	106,00
Jaws 2	116	1978	20,00	102,92	102,00
Goodbye my Love!	111	1977		102,00	
Airport	137	1970	10,00	100,49	100,48
Billy Jack	114	1971	0,80	98,00	98,00
Saturday Night Fever	118	1977	3,00	94,21	237,00
The Trial of Billy Jack	170	1974	2,50	89,00	89,00
Amityville Horror	117	1979	4,70	86,43	86,42

OPEN\_VFX - Design per l'Industria degli Effetti Visivi

Profitto	Storia	SFX	VFX	Animato	Full CG	Cast	VFX Crew
7045%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	105	167
5883%	Original	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	81	0
3678%	Original	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	41	3
6583%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	69	2
2902%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	56	1
11656%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	46	1
4084%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	77	12
302%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	108	55
1519%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	65	80
2947%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	39	0
4596%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	131	0
23438%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	52	0
998%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	59	2
18182%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	60	0
2545%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	37	0
6200%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	24	0
1328%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	37	0
2120%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	62	0
510%	Sequel	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	50	1
	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO		
1005%	Original	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	161	8
12250%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	42	0
7900%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	40	0
3560%	Sequel	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	49	0
1839%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	31	2

<b>Titolo</b>	<b>Anno</b>	<b>Durata</b>	<b>Budget</b>	<b>Incasso (US)</b>	<b>Incasso</b>
Frankenstein Junior	106	1974	2,80	86,30	86,30
Poseidon's Adventure	117	1972	5,00	84,56	84,00
Apocalypse Now	147	1979	31,50	83,47	83,47
Star Trek	132	1979		82,26	
Heaven Can Wait	101	1978		81,64	
M.A.S.H.	116	1970	3,50	81,60	81,60
Il Violinista sul Tetto	181	1971	9,00	80,50	80,50
A Star Is Born	139	1976	6,00	80,00	88,87
Earthquake	122	1974	7,00	79,70	79,70
Alien	116	1979	11,00	78,90	203,63
Hooper	99	1978	6,00	78,00	78,00
The Muppet's Movie	95	1979		76,66	
"10"	122	1979		74,87	
The Jerk	94	1979		73,69	
Bianca & Bernie	78	1977	7,50	71,22	71,22
Tutti gli Uomini del Presidente	138	1976	8,50	70,60	70,60
Moonraker	126	1979	34,00	70,31	140,00
Electric	121	1979	12,50	61,80	61,81
Patton	172	1970	12,00	61,70	61,70
The Godfather - Part II	202	1974	13,00	57,30	99,79
Aristocats	78	1970	4,00	55,68	55,68
Papillon	151	1973	12,00	53,27	53,27
King Kong	134	1976	24,00	52,61	90,61
Sindrome Cinese	122	1979		51,72	
That Last Bridge	175	1977		50,80	

OPEN\_VFX - Design per l'Industria degli Effetti Visivi

Profitto	Storia	SFX	VFX	Animato	Full CG	Cast	VFX Crew
3082%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	53	1
1680%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	57	2
265%	Original	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	61	2
	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO		
	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	60	0
2331%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	122	2
894%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	75	1
1481%	Reboot	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	40	0
1139%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	93	5
1851%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	10	15
1300%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	39	0
	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	49	0
	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	67	0
	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	55	0
950%	Original	FALSO	FALSO	VERO	FALSO	21	5
831%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	93	0
412%	Original	FALSO	VERO	FALSO	FALSO	82	9
494%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	54	0
514%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	46	2
768%	Sequel	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	100	12
1392%	Original	FALSO	FALSO	VERO	FALSO	23	2
444%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	35	1
378%	Reboot	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	46	5
	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	55	7
	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO		

Osservando la tabella notiamo come l'opera di George Lucas, *Star Wars*, si distingua dalla massa sotto ogni punto di vista:

- profitto senza eguali nella storia del cinema,
- crew degli effetti visivi più numerosa di sempre,
- margine di profitto di oltre 70 volte l'investimento iniziale (alcuni titoli nella classifica la superano sotto questo punto di vista).

Guerre Stellari rappresenta uno dei rari casi dove l'attenzione posta nella scrittura della trama, nell'implementazione degli effetti visivi e nella fase di production design si completano alla perfezione offrendo un prodotto finito di altissima qualità.

Un'evidente particolarità dei 50 titoli in analisi è la grandissima percentuale di storie originali o mai viste al cinema prima d'ora, una tendenza che l'industria stessa (come preannunciato in introduzione) desidera cambiare.

Attraverso l'intera tabella, si può notare un rapporto tra spesa iniziale e profitto finale estremamente alto, maggiore di dieci volte nella maggior parte dei casi.

Si noti come tra i primi dieci titoli vi siano, non a caso, pellicole con alto numero di effetti visivi o un maggior numero di operatori dedicati ai VFX. Il pubblico dimostra grande interesse verso i film con le immagini più mozzafiato, proprio come agli albori con l'apprezzamento dell'opera di George Melies.





*E.T. The Extraterrestrial* (1982) - Courtesy of Universal Studios

# 1980

---

Se gli anni '70 sono stati un periodo di grandi azzardi e innovazioni, con gli anni '80 l'industria hollywoodiana tenta di consolidare i guadagni ottenuti durante la decade precedente, iniziando a progettare film con il solo intento di appagare gli spettatori, riducendo l'attenzione verso la trama e l'espressione artistica.

Se nel decennio passato il pubblico si interessava allo storytelling e ai personaggi, ora sembra porre più attenzione sull'attore protagonista, indipendentemente dal ruolo interpretato. E proprio negli anni '80 che si consolida la figura dell'"Action Hero", come Sylvester Stallone, Arnold Schwarzenegger e Bruce Willis.

Molti dei titoli in classifica hanno come protagonista una di queste star.

I produttori dell'epoca svilupparono l'high concept, ovvero la creazione di trame cinematografiche che possano essere facilmente sintetizzate in una o due frasi (composte da poche parole), mostrando una tendenza all'industrializzazione del processo artistico alla base della realizzazione di un film.

Il target demografico dell'industria cambia, con sforzi di produzione che si concentrano su un pubblico giovane in cerca di semplice divertimento (la cosiddetta MTV generation) piuttosto che un pubblico adulto "pensante".

L'industria si rivela, generalmente, meno originale e sperimentatrice, producendo pellicole con rapidità per capitalizzare sulle nuove tecniche di computer grafica (CG).

I progetti "personali" degli anni 70 (*Star Wars* per George Lucas, *Jaws* per Steven Spielberg, ecc) si tramutano in "**blockbuster**" che i giganti del cinema cominciano a progettare su misura per soddisfare i gusti del pubblico più giovane.

Perseguendo questo modello di mercato, Hollywood inizia a concentrarsi sulla ricerca demografica e sull'individuazione di una "mentalità comune" per sviluppare film evento che il pubblico di tutto il mondo desiderasse vedere, per via dei sorprendenti effetti visivi, per le grandi colonne sonore o ancora per gli attori coinvolti.

Le date di uscita delle pellicole stimate più profittevoli vengono pianificate in periodi strategici come l'estate e le vacanze natalizie.

<b>Titolo</b>	<b>Anno</b>	<b>Durata</b>	<b>Budget</b>	<b>Incasso (US)</b>	<b>Incasso</b>
E.T.	115	1982	10,50	435,11	792,91
Return of the Jedi	131	1983	32,50	309,13	1.452,70
Empire Strikes Back	124	1980	18,00	290,48	1.247,91
Batman	126	1989	35,00	251,19	411,35
Raiders of the Lost Ark	115	1981	18,00	248,16	389,92
Ghostbusters	105	1984	30,00	238,63	291,63
Beverly Hills Cops	105	1984	14,00	234,76	286,00
Back to the Future	116	1985	19,00	210,61	381,10
Indiana Jones and The Last Crusade	127	1989	48,00	197,17	474,17
Indiana Jones and The Temple of Doom	118	1984	28,00	179,87	333,10
Top Gun	110	1986	15,00	179,80	356,83
Tootsie	116	1982	22,00	177,20	177,20
Mr. Crocodile Dundee	97	1986	8,80	174,64	360,00
Rain Man	133	1988	25,00	172,83	182,00
Three Man and a Baby	102	1987	11,00	167,78	242,78
Fatal Attraction	119	1987	14,00	156,65	163,50
Who Framed Roger Rabbit	104	1988	70,00	156,45	349,20
Beverly Hills Cops II	100	1987	28,00	153,67	146,30
Rambo 2	96	1985	44,00	150,42	200,00
Gremlins	106	1984	11,00	148,17	148,17
Lethal Weapon 2	114	1989	28,00	147,25	227,85
Look Who's Talking	93	1989	7,50	140,09	140,08
Platoon	120	1986	6,00	138,53	138,53
Honey, I Shrunk the Kids	93	1989	18,00	130,72	222,72
Officer and Gentleman	124	1982	7,50	129,80	129,80

Nonostante questa tendenza alla “commercializzazione” del processo artistico alla base della realizzazione di un film, molte delle trame e dei personaggi dei titoli di questa decade sono ben sviluppati e dettagliati.<sup>14</sup>

Profitto	Storia	SFX	VFX	Animato	Full CG	Cast	VFX Crew
7552%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	42	171
4470%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	200	276
6933%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	96	200
1175%	Original	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	73	53
2166%	Original	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	58	82
972%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	77	84
2043%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	51	1
2006%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	57	52
988%	Sequel	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	54	88
1190%	Sequel	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	77	106
2379%	Original	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	32	84
805%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	64	0
4091%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	46	1
728%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	63	1
2207%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	40	0
1168%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	53	0
499%	Original	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	64	167
523%	Sequel	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	82	0
455%	Sequel	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	25	0
1347%	Original	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	55	8
814%	Sequel	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	60	0
1868%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	50	12
2309%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	47	0
1237%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	19	38
1731%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	44	0

<sup>14</sup> “Film History of the 1980s”, *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/8osintro.html>

<b>Titolo</b>	<b>Anno</b>	<b>Durata</b>	<b>Budget</b>	<b>Incasso (US)</b>	<b>Incasso</b>
Coming To America	116	1988	39,00	128,15	160,60
Rocky IV	91	1985	30,00	127,87	300,40
Rocky III	99	1982	17,00	125,05	270,00
Good Morning Vietnam	121	1987	13,00	123,92	123,92
On Golden Pond	109	1981		119,29	
Back to the Future - Part II	108	1989	40,00	118,2	400,00
Karate Kid II	113	1986		115,10	
Big	104	1988	18,00	114,97	151,67
Ghostbusters II	108	1989	37,00	112,49	215,39
Twins	107	1988	15,00	111,94	11,94
The Littel Mermaid	83	1989	40,00	111,54	211,34
Porky's	94	1981	2,50	111,29	11,29
Star Trek IV	119	1986	25,00	109,71	133,00
Mr. Crocodile Dundee II	108	1988	14,00	109,31	130,28
Voglia di Tenerezza	132	1983	8,00	108,42	108,42
Superman II	127	1980	54,00	108,19	108,19
A Spasso con Daisy	99	1989	7,50	106,59	106,59
9 to 5	109	1980	10,00	103,29	103,29
Stir Crazy	111	1980		101,30	
Parenthood	124	1989	20,00	100,05	100,05
The Color Purple	154	1985	15,00	98,47	146,29
Dead Poets Society	128	1989	16,40	95,86	140,00
Arthur	97	1981	7,00	95,46	95,46
Flashdance	95	1983	4,00	94,90	205,90
When Harry Meets Sally	95	1989	16,00	92,82	92,83

OPEN\_VFX - Design per l'Industria degli Effetti Visivi

Profitto	Storia	SFX	VFX	Animato	Full CG	Cast	VFX Crew
412%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	91	13
1001%	Sequel	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	65	0
1588%	Sequel	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	63	0
953%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	45	0
	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	8	0
1000%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	60	142
	Sequel	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	43	2
843%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	64	0
582%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	66	134
80%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	57	1
528%	Original	FALSO	FALSO	VERO	FALSO	62	107
452%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	44	0
532%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	60	80
931%	Sequel	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	61	1
1355%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	45	0
200%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	70	22
1421%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	24	6
1033%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	44	1
	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	54	0
500%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	59	0
975%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	57	0
854%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	58	0
1364%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	46	0
5148%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	52	0
580%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	50	0

Rispetto alla tabella precedente, si nota un significativo incremento del budget e del profitto, tuttavia, questi dati non tengono ancora conto del tasso di inflazione, che verrà contemplato in fase di confronto finale.

Il rapporto spesa/incasso è generalmente ridotto, indicando un aumento dei costi di produzione, dovuto probabilmente al maggior numero di persone e tecnologie coinvolte nello sviluppo degli effetti visivi: le crew di VFX aumentano il numero di lavoratori di decine di volte.

La tendenza dell'industria cinematografica di "ricalcare le proprie orme" appare evidente considerando quante delle pellicole analizzate siano sequel di titoli rilasciati nella decade precedente o addirittura nella decade stessa.

Iniziano a definirsi i primi franchises: *Star Wars* conta ormai tre titoli, così come *Indiana Jones* (tentativo riuscito di capitalizzare sull'adorazione del pubblico verso Harrison Ford, l'attore che ha dato vita al leggendario personaggio di Han Solo), ecc.

La perdita di interesse per temi complessi, in favore di pellicole più "leggere" pensate per un pubblico meno attento, è forse più evidente nello sviluppo della storyline di *Rambo*: la prima pellicola (*Rambo: First Blood*) tocca temi di incredibile delicatezza e attualità per l'epoca, come la difficoltà dei soldati che hanno combattuto l'inutile guerra in Vietnam di reintegrarsi nella società e la piaga del Post Traumatic Stress Disorder. I titoli successivi abbandonano questa tematica focalizzandosi unicamente sull'azione e sugli effetti speciali.

Ancora una volta, come per il decennio precedente, i primi titoli in classifica per box office sono quelli con un maggior impiego di VFX, confermando l'importanza di questa componente.





*Titanic* - Courtesy of 20th Century Fox

# 1990

---

Gli anni '90 sono la decade dei super budget e della definitiva transizione all'uso di effetti speciali digitali.

Per la prima volta nella storia del cinema, diverse pellicole vedono a loro disposizione un budget a nove cifre, raddoppiando, triplicando o addirittura quadruplicando il quantitativo di denaro investito nei prodotti della decade precedente, in diversi casi appartenenti addirittura allo stesso franchise.

Il trend vizioso, nato nel decennio precedente, di preferire azione, esplosioni e immagini sorprendenti allo sviluppo di trama e personaggi è ormai profondamente radicato nell'industria, e solo poche delle pellicole rilasciate negli ultimi dieci anni del ventesimo secolo si distinguono dalla massa.

I crescenti costi di ripresa, i super salari delle star, i grandi costi delle nuovissime tecnologie, campagne pubblicitarie su scala internazionale, ricerche di mercato, costi di sviluppo e molti altri sono stati i fattori determinanti alla base del notevole incremento dei budget, in un mercato governato sempre più dall'avidità che dalla vocazione artistica.

La scelta di un particolare attore diventa, ancor di più che negli anni '80, cruciale per ottenere l'approvazione del grande pubblico, di conseguenza, le star iniziano a richiedere sempre di più agli studios, incrementando ulteriormente i costi di produzione (spesso costringendo i produttori a tagliare le spese su altri importanti reparti).

La computer grafica continua i suoi sviluppi diventando ormai un elemento fondamentale del film making ai massimi livelli. Alcuni dei più grandi traguardi dell'epoca sono:

- *Jurassic Park* (1993) dove animatronics e rendering in full cg si intersecarono alla perfezione creando una delle rappresentazioni più realistiche di sempre (ancora oggi) di una creatura preistorica;
- *Forrest Gump* (1994) dove le moderne tecniche di compositing consentirono l'inserimento del protagonista in filmati storici;
- *Star Wars: The Phantom Menace* (1999), dove per la prima volta nella storia un personaggio completamente digitale fa parte del cast, o ancora

Star Wars: Attack of the Clones (2002), primo film della storia ad essere girato interamente in digitale.

Un'importante innovazione tecnologica contribuisce alla crescita dell'interesse verso il mondo di Hollywood: l'introduzione dei DVD. Da diverso tempo, l'affitto e la vendita di videocassette costituiva la porzione più grande di profitto dell'industria del cinema, persino più del botteghino, la transizione all'alta definizione è pertanto estremamente apprezzata per via del sostanziale incremento di qualità rispetto alle tecnologie precedenti (VHS). L'esperienza di visione di un film in casa si avvicina in maniera drastica a quella del cinema stesso.

Verso la fine del millennio, fanno la loro comparsa i primi servizi di acquisto e noleggio online di titoli, tecnologia rapidamente accolta dal grande pubblico (in particolare americano). L'avvento di questo nuovo mercato provoca una insormontabile crisi economica nel settore dei supporti fisici, che causa la bancarotta dell'assoluto rappresentate di tale settore di vendita: Blockbusters.

Con l'affermarsi del modello strettamente capitalistico hollywoodiano, si assiste all'ascesa del cinema cosiddetto "indipendente" dove si ha ancora la possibilità di realizzare film dando la priorità all'aspetto artistico del processo.

Paradossalmente, entro la fine della decade la maggior parte dei grandi studios stessi possiede un'etichetta sussidiaria attraverso la quale rilasciano prodotti più liberi e originali.

A supportare questo movimento indipendente, vengono istituiti diversi premi e eventi, tra i quali il celebre **Sundance Film Festival**.

In breve tempo, tuttavia, alcune delle pressioni e delle strategie di mercato della Hollywood tradizionale influenzeranno anche questo nuovo tipo di cinema.

Di tutte le pellicole rilasciate durante gli anni '90, una si afferma come il più grande successo fra tutte, superando ogni record passato: *Titanic* (1997).

*Titanic*, scritto e diretto da James Cameron, è il primo film della storia a disporre di un budget superiore ai duecentomila dollari, spesi in parte per realizzare la memorabile e realistica scena di epilogo, dove l'immenso transatlantico affonda fra i ghiacci, realizzata grazie all'uso delle tecnologie

più all'avanguardia, unendo riprese live action con elementi realizzati in computer grafica.

Tra i successi di *Titanic*, vanno elencati i seguenti:

- diventa il primo titolo della storia a superare il miliardo di dollari in incassi, con un totale di 2.186 miliardi sul lordo mondiale;
- Fu la pellicola più costosa della storia fino a quel momento
- Ottenne 11 premi oscar, superando gli incassi E.T. e Jurassic Park combinati.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> "Film History of the 1990s", *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/90sintro3.html>

<b>Titolo</b>	<b>Anno</b>	<b>Durata</b>	<b>Budget</b>	<b>Incasso (US)</b>	<b>Incasso</b>
Titanic	194	1997	200,00	659,33	2.186,77
Phantom Menace	136	1999	115,00	474,54	1.027,04
Jurassic Park	127	1993	63,00	402,45	1.029,15
Forrest Gump	142	1994	55,00	330,25	667,94
The Lion King	88	1994	45,00	312,90	987,48
Indipendence Day	145	1996	75,00	306,17	400,00
The Sixth Sense	107	1999	40,00	293,51	672,80
Home Alone	103	1990	18,00	285,76	533,80
Men In Black	98	1997	90,00	250,69	589,39
Toy Story 2	92	1999	90,00	245,85	485,01
Twister	113	1996	92,00	241,72	252,75
Jurassik Park - The Lost World	129	1997	73,00	229,09	618,64
Mrs. Doubtfire	125	1993	25,00	219,20	441,00
Beauty and The Beast	84	1991	25,00	218,97	424,96
Ghost	127	1990		217,63	
Aladdin	90	1992	28,00	217,35	504,00
Saving Private Ryan	169	1998	70,00	216,54	481,84
Austin Powers	95	1999	33,00	206,04	312,02
Terminator 2	137	1991	102,00	204,84	315,00
Armageddon	151	1998	140,00	201,57	553,70
Toy Story	81	1995	30,00	191,80	374,55
Dances With Wolves	181	1990	22,00	184,21	424,20
Batman Forever	121	1995	100,00	184,03	400,00
The Fugitive	130	1993	44,00	183,88	368,87
Liar, Liar	86	1997	45,00	181,41	302,71

OPEN\_VFX - Design per l'Industria degli Effetti Visivi

Profitto	Storia	SFX	VFX	Animato	Full CG	Cast	VFX Crew
1093%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	159	781
893%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	117	793
1634%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	30	314
1214%	Original	FALSO	VERO	FALSO	FALSO	165	104
2194%	Original	FALSO	FALSO	VERO	FALSO	39	67
533%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	154	258
1682%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	56	7
2966%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	71	1
655%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	73	193
539%	Sequel	FALSO	FALSO	VERO	VERO	61	76
275%	Original	FALSO	VERO	FALSO	FALSO	45	123
847%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	81	156
1764%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	53	1
1700%	Original	FALSO	FALSO	VERO	FALSO	54	68
	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO		
1800%	Original	FALSO	FALSO	VERO	FALSO	26	50
688%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	102	50
946%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	114	27
309%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	65	215
396%	Original	FALSO	VERO	FALSO	FALSO	123	486
1249%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	50	83
1928%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	58	5
400%	Remake	VERO	VERO	FALSO	FALSO	85	165
838%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	118	12
673%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	78	14

<b>Titolo</b>	<b>Anno</b>	<b>Durata</b>	<b>Budget</b>	<b>Incasso (US)</b>	<b>Incasso</b>
Mission: Impossible	110	1996	80,00	180,98	457,69
Pretty Woman	119	1990	14,00	178,41	463,40
There's Something About Mary	119	1998	23,00	176,48	369,88
Apollo 13	140	1995	52,00	173,84	355,23
Home Alone 2	120	1992	18,00	173,59	358,99
Air Force One	124	1997	85,00	172,96	315,15
Matrix	136	1999	63,00	171,48	463,51
Tarzan	88	1999	130,00	171,09	448,19
Robin Hood	143	1991	48,00	165,50	390,49
Big Daddy	93	1999	34,20	163,48	234,80
Batman Returns	126	1992	80,00	162,83	282,80
A Bug's Life	95	1998	120,00	162,80	363,39
Waterboy	90	1998	20,00	161,49	185,99
The Firm	154	1993	42,00	158,35	270,25
The Mummy	124	1999	80,00	155,25	415,93
Jerry Maguire	139	1996	50,00	153,95	273,55
Runaway Bride	114	1999	70,00	152,26	309,46
As Good As It Gets	139	1997	50,00	148,48	314,17
True Lies	141	1994	115,00	146,28	378,88
Santa Clause	97	1994	22,00	144,83	189,80
Lethal Weapon 3	118	1992	35,00	144,73	175,00
Dr. Dolittle	85	1998	71,50	144,16	294,46
Pocahontas	81	1995	55,00	141,60	346,07
A Few Good Men	138	1992	40,00	141,36	243,24
Rush Hour	98	1998	33,00	141,15	244,38

OPEN\_VFX - Design per l'Industria degli Effetti Visivi

Profitto	Storia	SFX	VFX	Animato	Full CG	Cast	VFX Crew
572%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	55	114
3310%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	75	0
1608%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	137	2
683%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	111	123
1994%	Sequel	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	76	10
371%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	86	236
736%	Original	FALSO	VERO	FALSO	FALSO	39	135
345%	Adaptation	FALSO	FALSO	VERO	FALSO	79	140
814%	Adaptation	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	54	7
687%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	54	14
354%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	61	116
303%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	60	65
930%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	85	10
643%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	73	0
520%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	36	229
547%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	164	33
442%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	60	4
628%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	79	20
329%	Original	FALSO	VERO	FALSO	FALSO	57	161
863%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	61	23
500%	Sequel	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	76	0
412%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	60	164
629%	Original	FALSO	FALSO	VERO	FALSO	16	89
608%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	37	3
741%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	60	23

Osservando i dati, si ha la conferma dell'importante aumento del budget, oltre che del sistematico utilizzo di effetti visivi e computer grafica, che vedono incremento di oltre due volte rispetto alla decade precedente. Di conseguenza, il numero di operatori coinvolti nella realizzazione di VFX vede un altrettanto significativo incremento.

L'utilizzo di effetti speciali è ormai così diffuso da pervadere l'intera classifica, distinguendosi dalle decadi precedenti dove la presenza di VFX si individuava facilmente solo ai gradini più alti.

Un drammatico decremento si ha nel rapporto spesa/incasso, che si dimezza ulteriormente rispetto agli anni '80.





Avatar (2009) - Courtesy of 20th Century Fox

# 2000

---

L'arrivo del nuovo millennio segna un'epoca di grande cambiamento e innovazioni tecnologiche: nei primi dieci anni del ventunesimo secolo fanno la loro comparsa l'iPod, Skype, Blackberry, Hulu, i televisori a schermo piatto e molti altri, cambiando in modo drastico la società occidentale.

Cambiano le abitudini e con esse il modo con cui vengono consumati i media.

Nascono i social network: Facebook, Twitter, MySpace, ecc che mutano il modo di relazionarsi delle persone e la rapidità con cui si diffondono le informazioni.

Dal punto di vista cinematografico, la decade è caratterizzata da un continuo incremento dei budget e degli incassi, con titoli che si superano l'un l'altro segnando nuovi standard per l'intera industria.

I costi di produzione di un film negli anni 2000 superano l'intero incasso dei titoli pubblicati trent'anni prima, con progetti che superano i duecentomila dollari di budget.

A svettare sopra qualsiasi altra conquista cinematografica dell'epoca, si trova ancora una volta un film diretto da James Cameron: *Avatar*.

*Avatar* supera il successo di *Titanic*, facendo ampio uso di effetti digitali, in un film creato quasi totalmente in computer grafica.

L'esistenza di questo film è prova tangibile dell'incredibile avanzamento tecnologico compiuto in termini di effetti digitali: mai prima d'ora si era riuscito a creare una realtà così fantastica con un tale fotorealismo.

I 2000 mostrano tuttavia il totale abuso del sistema "blockbuster" con la creazione di sequel dopo sequel e diversi reboot di storie passate.

La maggior parte dei film rilasciati in questi anni, oltre che quelli presi in analisi, ha origine dall'adattamento o dalla reinterpretazione di opere artistiche precedenti:

- Libri (*Il Signore degli Anelli*, *Harry Potter*, *Twilight*, *Narnia*, ecc);
- Fumetti (*Spiderman*, *Batman*, *X-men*, ecc);
- Serie TV (*Sex and The City*, ecc);
- Giochi (*Pirates of The Caribbean*);

- altro

Il modello, seppur negativo da un punto di vista creativo e artistico, si dimostra tuttavia estremamente prestante sotto il profilo economico, con un record di incassi dopo l'altro.

Tra le serie di successi della decade troviamo:

- La Trilogia del *Signore Degli Anelli*, di Peter Jackson, dove l'inserimento del personaggio di *Gollum* segna importanti passi avanti verso la transizione da motion capture a performance capture;
- La serie *X-Men*, con ben quattro titoli che rappresentano il primo successo cinematografico derivato dall'adattamento di fumetti Marvel;
- La saga di *Harry Potter*, con ben sei titoli (nei 2000 soltanto) dove l'utilizzo di effetti digitali si dimostra cruciale per dare vita al mondo magico descritto tra le pagine dei libri di J.K. Rowling;
- La trilogia di *Shrek*, uno dei maggiori successi di Dreamworks Animation;
- Quattro *Fast & Furious*;
- La Trilogia di *Spider Man* diretta da Sam Raimi, che ridefinisce il genere supereroe;
- La rivoluzionaria trilogia d'azione *Bourne*;
- La trilogia delle *Cronache di Narnia*;
- Tre titoli della saga dei *Pirati dei Caraibi*;
- molti altri.

Gli anni 2000 segnano anche l'ascesa al successo dello studio Pixar Animation, che con l'acquisizione da parte di The Walt Disney's Company per oltre 7.4 miliardi di dollari in valore azionario, produce un successo dopo l'altro, con un ritmo di produzione ancora oggi ineguagliato nel campo dell'animazione: una pellicola all'anno.

Dei dieci film rilasciati da Pixar a partire dal 1995, sette sono stati realizzati nella decade in analisi.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> "Film History of the 2000s", *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/2000sintro.html>



<b>Titolo</b>	<b>Anno</b>	<b>Durata</b>	<b>Budget</b>	<b>Incasso (US)</b>
Avatar	2009	162	237,00	760,51
Dark Knight	2008	152	185,00	534,86
Shrek 2	2004	93	150,00	436,47
Pirates of the Caribbean: Dead Man's Chest	2006	151	225,00	423,32
Spider-Man	2002	121	139,00	403,71
Transformers - Revenge of the Fallen	2006	150	200,00	402,11
Finding Nemo	2003	100	94,00	380,84
Star Wars: Revenge of the Siths	2005	140	113,00	380,26
Lord Of The Rings - Return of the King	2003	201	94,00	377,85
Spider-Man 2	2004	127	200,00	373,59
Passion of Christ	2004	127	30,00	370,78
Lord Of The Rings - The Two Towers	2002	179	94,00	342,55
Spider-Man 3	2007	139	258,00	336,53
Shrek The Third	2007	93	160,00	320,71
Transformers	2007	144	150,00	317,07
Iron Man	2008	126	140,00	318,41
Harry Potter and The Philosopher's Stone	2001	152	125,00	317,58
Indiana Jones and the Kingdom of the Crystal Skull	2008	122	185,00	317,10
Lord Of The Rings - Fellowship of the Ring	2001	178	93,00	315,54
Star Wars: Attack of the Clones	2002	142	115,00	310,68
Pirates of the Caribbean: At World's End	2007	169	300,00	309,42
Pirates of the Caribbean: The Curse of the Black Pearl	2003	143	140,00	305,41
Harry Potter and The Half Blood Prince	2009	153	250,00	301,96
Twilight: New Moon	2009	130	50,00	296,62
Up	2009	96	175,00	293,00

OPEN\_VFX - Design per l'Industria degli Effetti Visivi

<b>Incasso</b>	<b>Profitto</b>	<b>Storia</b>	<b>SFX</b>	<b>VFX</b>	<b>Animato</b>	<b>Full CG</b>	<b>Cast</b>	<b>VFX Crew</b>
2.787,96	1176%	Original	FALSO	VERO	FALSO	FALSO	94	1874
1.004,56	543%	Sequel	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	235	457
919,84	613%	Sequel	FALSO	FALSO	VERO	VERO	25	516
1.066,18	474%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	128	660
600,00	432%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	148	228
836,30	418%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	132	472
936,74	997%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	24	163
848,75	751%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	108	468
1.119,92	1191%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	79	583
783,76	392%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	132	370
611,00	2037%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	75	65
926,05	985%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	135	489
554,34	215%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	166	93
798,00	499%	Sequel	FALSO	FALSO	VERO	VERO	54	456
709,70	473%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	130	452
585,17	418%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	96	498
974,76	780%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	124	586
786,64	425%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	80	320
871,53	937%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	132	401
649,39	565%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	98	677
963,42	321%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	151	904
654,26	467%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	71	366
934,41	374%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	95	780
709,82	1420%	Sequel	FALSO	VERO	FALSO	FALSO	57	154
731,34	418%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	46	207

<b>Titolo</b>	<b>Anno</b>	<b>Durata</b>	<b>Budget</b>	<b>Incasso (US)</b>
Harry Potter and The Order of The Phoenix	2007	138	150,00	292,00
Narnia	2005	143	180,00	291,71
Harry Potter and The Goblet of Fire	2005	157	150,00	290,01
Monsters Inc	2001	92	115,00	289,92
Matrix Reloaded	2003	138	150,00	281,49
Meet The Fockers	2004	115	80,00	279,26
Hangover	2009	100	35,00	277,32
Shrek	2001	90	60,00	267,67
Harry Potter and The Chamber of the Secrets	2002	161	100,00	261,99
Incredibles	2004	115	92,00	261,44
The Grinch	2000	104	123,00	260,04
Star Trek	2009	127	150,00	257,73
I Am Legend	2007	101	150,00	256,39
The Blind Side	2009	129	29,00	255,96
Night at the Museum	2006	108	110,00	250,86
Harry Potter and the Prisoner of Azkaban	2004	142	130,00	249,36
Cars	2006	117	120,00	244,08
Bruce Almighty	2003	101	81,00	242,83
My Big Fat Greek Wedding	2002	95	5,00	241,44
X-Men: The Last Stand	2006	104	210,00	234,36
War of the Worlds	2005	116	132,00	234,28
Cast Away	2000	143	90,00	233,63
Signs	2002	106	72,00	227,97
Hancock	2008	92	150,00	227,95
The Bourne Ultimatum	2007	115	110,00	227,47

OPEN\_VFX - Design per l'Industria degli Effetti Visivi

<b>Incasso</b>	<b>Profitto</b>	<b>Storia</b>	<b>SFX</b>	<b>VFX</b>	<b>Animato</b>	<b>Full CG</b>	<b>Cast</b>	<b>VFX Crew</b>
939,88	627%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	104	860
745,01	414%	Original	FALSO	VERO	FALSO	FALSO	65	1134
896,91	598%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	114	835
562,81	489%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	54	165
742,13	495%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	78	554
516,64	646%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	49	4
467,48	1336%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	102	7
484,41	807%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	39	315
878,39	878%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	94	523
631,44	686%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	53	149
345,14	281%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	70	177
385,68	257%	Remake	VERO	VERO	FALSO	FALSO	191	517
585,35	390%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	104	447
309,20	1066%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	126	36
574,48	522%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	45	581
796,68	613%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	55	616
350,00	292%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	92	143
48,57	60%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	116	37
368,74	7375%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	48	5
459,35	219%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	77	745
591,74	448%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	193	254
429,63	477%	Original	FALSO	VERO	FALSO	FALSO	65	150
408,24	567%	Original	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	30	87
624,38	416%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	125	314
442,82	403%	Sequel	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	66	142

Ancora una volta, notiamo un deciso incremento del budget medio e degli incassi, con un rapporto fra questi due lavori tuttavia più basso del decennio precedente.

Il salto maggiore lo si ha nel campo del numero di addetti agli effetti visivi: quasi doppio a quello dell'anno precedente e addirittura triplo se consideriamo il primo classificato *Avatar*.

Doppio anche l'utilizzo di effetti speciali, che in questa decade più che in ogni altra si afferma come componente costante del processo di film-making moderno.

I titoli originali sono oramai ridotti a meno della metà.





*Star Wars: The Force Awakens* (2015) - Courtesy of Disney

# 2010

---

Gli anni 2010 segnano un profondo cambiamento nel business model hollywoodiano: in passato, le vendite e i noleggi successivi alle proiezioni ufficiali costituivano un'importante fonte di profitto, nel quarto trimestre del 2011, tuttavia, si accusa un pesante decremento delle vendite del 40%. Il nuovo metodo preferito dal pubblico per il consumo di contenuti all'interno della propria casa è il VOD (Video On Demand) grazie all'ormai capillare diffusione della linea internet ad alta velocità.

La transizione a questo nuovo metodo di distribuzione non è priva di ostacoli da superare, sono richieste infatti diverse innovazioni tecnologiche per raggiungere lo scopo preposto:

- Stoccaggio dei titoli nel "cloud", consentendo la visione da più dispositivi appartenenti ad un singolo proprietario;
- Digitalizzazione delle librerie;
- Listino dinamico: il prezzo dei film a disposizione deve potersi adattare alla rilevanza del titolo stesso, decrescendo con il passare del tempo;
- Social Networking: speciali algoritmi devono interpretare i gusti degli utenti promuovendo i contenuti con la più alta probabilità di acquisto.
- App specifiche, progettate per il consumo di lungometraggi sui dispositivi mobili.

L'immediata conseguenza di questa mutazione del mercato, è un rapido susseguirsi di stipulazioni di contratti di licenza, creati dai grandi studi e firmati dai servizi di video on demand come ad esempio Netflix.

Per la prima volta nella storia, i proventi dei diritti d'autore generati dal consumo via internet superano quelli della televisione e del digitale terrestre.

La progressiva diffusione delle smart tv ha portato ad un generale aumento del profitto dell'industria del cinema; in diversi casi gli utenti più appassionati si trovano ad acquistare versioni digitali il altissima definizione di titoli già posseduti sotto forma di supporto fisico, raddoppiando il guadagno degli studios.

Altro importante punto di svolta nell'industria si ha nel 2013, quando ufficialmente le tecniche di ripresa digitali superano per utilizzo le tradizionali pellicole, per via della maggiore versatilità in fase di

produzione e post-produzione oltre che per la notevole riduzione del costo.

La grande crescita economica del mercato VOD ha logicamente creato una situazione di agguerrita concorrenza tra i leader del settore, tra i quali troviamo Netflix, Hulu, Amazon, HBO e altri.

Al fine di offrire un valore aggiunto allo spettatore, guadagnandone la fedeltà, le sopracitate compagnie hanno avviato la produzione di lungometraggi e show proprietari, cercando di distinguersi dai competitors.

Il più attivo sotto questo punto di vista è sicuramente Netflix: primo VOD provider a riuscire a mutare il proprio modello di business dalla distribuzione alla produzione di contenuti originali, ottenendo addirittura una nomination agli Oscar per il documentario *The Square* nel 2013.

Caratteristica principale di queste produzioni è il budget generalmente ridotto, decine o centinaia di volte più piccolo di quello messo a disposizione per le produzioni hollywoodiane.

Da un punto di vista narrativo, tuttavia, questi titoli hanno spesso poco da invidiare alla concorrenza del grande cinema e riescono anzi a esprimere una maggiore originalità grazie alla notevole libertà di cui godono rispetto al più strategico e commerciale grande schermo.

La differenza dell'obiettivo che si pongono questi due diversi tipi di contenuti è cruciale nel comprendere la loro natura: se per il cinema è necessario "vendere" la pellicola al pubblico tramite l'impiego di superstar e effetti speciali mozzafiato, per i VOD provider l'obiettivo è semplicemente quello di offrire varietà e contenuti ai loro clienti, spesso valorizzando la trama e i personaggi ben più della qualità delle immagini.

Da un punto di vista esecutivo, questa scelta è evidente: il livello degli effetti visivi realizzati per queste piccole produzioni non reggono il confronto con i prodotti dei mega budget hollywoodiani: i costi di realizzazione di alcune delle scene più identificative della nostra decade sono semplicemente inaffrontabili per la quasi totalità degli altri livelli di produzione, segregando prodotti di alta qualità da un punto di vista narrativo alla "serie B".

Concludendo, l'esistenza di questo nuovo mezzo di distribuzione (VOD) rappresenta uno spiraglio di speranza per i registi più coraggiosi e originali, che per la prima volta dopo quasi cinquant'anni hanno di nuovo

la possibilità di mostrare le loro idee al grande pubblico; Netflix da solo conta (al momento della stesura di questo documento) oltre 100 milioni di utenti in tutto il mondo.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> “Film History of the 2010s”, *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/2010sintro.html>

<b>Titolo</b>	<b>Anno</b>	<b>Durata</b>	<b>Budget</b>		<b>Incasso (US)</b>
<b>Star Wars: Force Awakens</b>	136	2015	245,00		936,66
<b>Black Panther</b>	134	2018	200,00		700,06
<b>Avengers:Infinity War</b>	149	2018	321,00		678,82
<b>Jurassic World</b>	124	2015	150,00		652,27
<b>The Avengers</b>	142	2012	220,00		623,36
<b>Star Wars: The Last Jedi</b>	152	2017	245,00		620,18
<b>Incredibles 2</b>	118	2018	200,00		608,51
<b>Rogue One: A Star Wars Story</b>	133	2016	200,00		532,18
<b>Beauty and The Beast</b>	129	2017	160,00		504,01
<b>Finding Dory</b>	97	2016	200,00		486,30
<b>Avengers: Age of Ultron</b>	141	2015	250,00		459,01
<b>Dark Knight Returns</b>	164	2012	250,00		448,14
<b>Hungers Game: Catching Fire</b>	146	2013	130,00		424,67
<b>Jurassic World: Fallen Kingdom</b>	128	2018	170,00		416,77
<b>Toy Story 3</b>	103	2010	200,00		415,00
<b>Wonder Woman</b>	141	2017	149,00		412,56
<b>Iron Man 3</b>	130	2013	200,00		409,01
<b>Captain America: Civil War</b>	147	2016	250,00		408,08
<b>Hunger Games</b>	142	2012	78,00		408,01
<b>Jumanjii - Welcome To The Jungle</b>	119	2017	90,00		404,52
<b>Frozen</b>	102	2013	150,00		400,74
<b>Guardians Of The Galaxy Vol 2</b>	136	2017	200,00		389,81
<b>Harry Potter and the Deathly Hallows Part 2</b>	130	2011	125,00		381,01
<b>Pets</b>	87	2016	75,00		368,38
<b>Despicable Me 2</b>	98	2013	76,00		368,06

OPEN\_VFX - Design per l'Industria degli Effetti Visivi

<b>Incasso</b>	<b>Profitto</b>	<b>Storia</b>	<b>SFX</b>	<b>VFX</b>	<b>Animato</b>	<b>Full CG</b>	<b>Cast</b>	<b>VFX Crew</b>
2.068,22	844%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	181	976
1.347,07	674%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	135	1556
2.047,67	638%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	105	2049
1.671,71	1114%	Reboot	VERO	VERO	FALSO	FALSO	229	796
1.517,55	690%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	138	1697
1.332,53	544%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	118	1080
1.121,29	561%	Sequel	FALSO	FALSO	VERO	VERO	24	103
1.056,05	528%	Spin-Off	VERO	VERO	FALSO	FALSO	154	925
1.263,52	790%	Reboot	VERO	VERO	FALSO	FALSO	162	780
1.028,57	514%	Sequel	FALSO	FALSO	VERO	VERO	66	119
1.405,00	562%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	142	1942
1.084,93	434%	Sequel	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	400	318
864,91	665%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	170	686
1.304,90	768%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	104	677
1.063,17	532%	Sequel	FALSO	FALSO	VERO	VERO	59	124
821,76	552%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	162	1029
1.215,43	608%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	259	1990
1.153,30	461%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	191	1309
694,39	890%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	143	532
962,07	1069%	Reboot	VERO	VERO	FALSO	FALSO	79	670
1.276,48	851%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	66	146
863,75	432%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	84	1573
1.341,51	1073%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	149	1344
875,46	1167%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	31	61
970,76	1277%	Sequel	FALSO	FALSO	VERO	VERO	39	117

<b>Titolo</b>	<b>Anno</b>	<b>Durata</b>	<b>Budget</b>	<b>Incasso (US)</b>
<b>The Jungle Book</b>	106	2016	175,00	364,00
<b>Deadpool</b>	108	2016	58,00	363,07
<b>Inside Out</b>	95	2015	175,00	356,46
<b>Fast And Furious 7</b>	137	2015	190,00	353,01
<b>Transformers 3</b>	154	2011	195,00	352,39
<b>American Sniper</b>	133	2014	58,00	350,13
<b>Zootropolis</b>	108	2016	150,00	341,27
<b>Hunger Games: Mockingjay Part 1</b>	123	2014	125,00	337,14
<b>Minions</b>	91	2015	74,00	336,05
<b>Spider-Man: Homecoming</b>	133	2017	175,00	334,20
<b>Alice in Wonderland</b>	108	2010	200,00	334,18
<b>Guardians of The Galaxy</b>	121	2014	170,00	333,18
<b>Batman v Superman: Dawn of Justice</b>	151	2016	250,00	330,36
<b>It</b>	135	2017	35,00	327,48
<b>Suicide Squad</b>	123	2016	175,00	325,10
<b>Deadpool 2</b>	119	2018	110,00	318,49
<b>Thor: Ragnarok</b>	130	2017	180,00	315,06
<b>Iron Man 2</b>	124	2010	200,00	312,43
<b>Skyfall</b>	143	2012	200,00	304,36
<b>Hobbit - Unexpected Journey</b>	169	2012	180,00	303,00
<b>Twilight: Eclipse</b>	124	2010	68,00	300,53
<b>Harry Potter and the Deathly Hallows Part 1</b>	146	2010	150,00	295,98
<b>Inception</b>	148	2010	160,00	292,58
<b>Twilight: Breaking Dawn</b>	115	2012	120,00	292,30
<b>Man Of Steel</b>	143	2013	225,00	291,05

OPEN\_VFX - Design per l'Industria degli Effetti Visivi

<b>Incasso</b>	<b>Profitto</b>	<b>Storia</b>	<b>SFX</b>	<b>VFX</b>	<b>Animato</b>	<b>Full CG</b>	<b>Cast</b>	<b>VFX Crew</b>
966,55	552%	Reboot	VERO	VERO	FALSO	FALSO	28	1334
783,11	1350%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	54	694
857,61	490%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	66	56
1.516,04	798%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	159	1281
1.123,74	576%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	195	1429
547,32	944%	Original	VERO	FALSO	FALSO	FALSO	148	232
1.023,78	683%	Original	FALSO	FALSO	VERO	VERO	75	129
755,35	604%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	124	493
1.163,53	1572%	Spin-Off	FALSO	FALSO	VERO	VERO	53	89
880,16	503%	Reboot	VERO	VERO	FALSO	FALSO	137	1284
1.025,46	513%	Reboot	VERO	VERO	FALSO	FALSO	98	784
774,17	455%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	126	1846
873,63	349%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	352	1075
700,38	2001%	Reboot	VERO	VERO	FALSO	FALSO	49	161
746,84	427%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	127	802
734,00	667%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	70	612
853,97	474%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	119	1937
623,93	312%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	137	709
1.108,56	554%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	158	560
1.021,10	567%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	64	1105
698,49	1027%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	51	256
960,28	640%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	125	1034
825,53	516%	Original	VERO	VERO	FALSO	FALSO	80	288
832,66	694%	Sequel	VERO	VERO	FALSO	FALSO	115	438
668,04	297%	Reboot	VERO	VERO	FALSO	FALSO	129	1570

Un'ultima volta si può notare l'ormai usuale incremento di spese e incassi, con leggeri segni di ripresa in termini di rapporto tra questi due valori.

Il sistema di franchising è più radicato che mai, con più del 90% dei titoli in classifica costituiti da sequel o reboot.

L'uso di effetti digitali è ormai totale, e il numero di artisti coinvolti in ogni produzione è al suo massimo storico, con un picco di oltre 2000 persone per la realizzazione di *Avengers: Infinity War*.

Notevole, infine, è anche l'incremento del cast medio, probabilmente dovuto alla scala epica di molti dei titoli presi in analisi, dove in diversi casi troviamo delle unificazioni di diversi franchise in uno solo.

## Vista d'Insieme

Prima di poter analizzare nel loro complesso i dati raccolti, è necessario normalizzare tutti i valori economici facenti parte della ricerca tenendo conto dell'inflazione.

Senza compensare per questo parametro economico, la somma dei profitti mondiali dei cinquanta titoli di ogni decade sembrerebbe indicare una quasi esponenziale crescita del mercato, con un sorprendente incremento medio del 176% per decennio.

Un mercato con un tale rateo di crescita sarebbe estremamente positivo, ma come anticipato poc'anzi, la situazione reale è un'altra.

Per normalizzare i valori tenendo conto del tasso di inflazione si è deciso di utilizzare il valore medio stimato dal **Bureau of Labor Statistic**<sup>13</sup> americano, che ammonta al 2.17% annuo (considerando un periodo di analisi che va dal 1860 ad oggi).

Una volta ottenuto, il tasso di inflazione è stato applicando seguendo la formula di calcolo dell'interesse composto:

$$A = P (1 + r/n)^{nt}$$

Dove **A** indica l'ammontare finale, o nel nostro caso l'equivalente odierno di un incasso del passato, **P** indica la somma economica iniziale, **r** corrisponde al tasso di interesse (nel nostro caso il valore medio dell'inflazione), **n** indica quante volte ogni anno è calcolato l'interesse (**i**) e infine **t** indica il numero totale di anni in analisi.

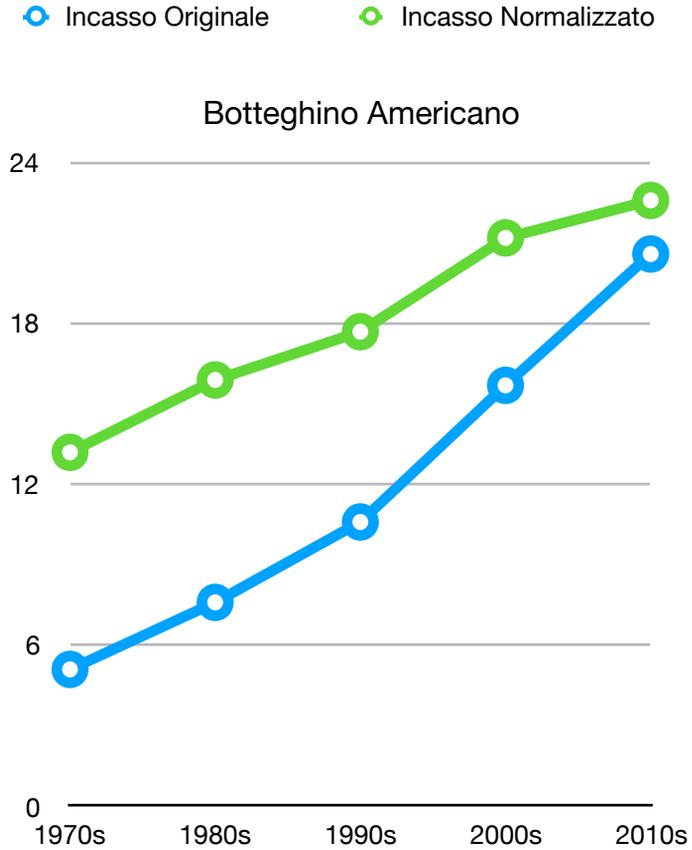
Sostituendo i dati per noi interessanti alle variabili della formula di cui sopra si ottiene:

$$\text{Valore\_odierno} = \text{Valore\_originale} * (1 + .0217)^{(2019 - \text{anno\_originale})}$$

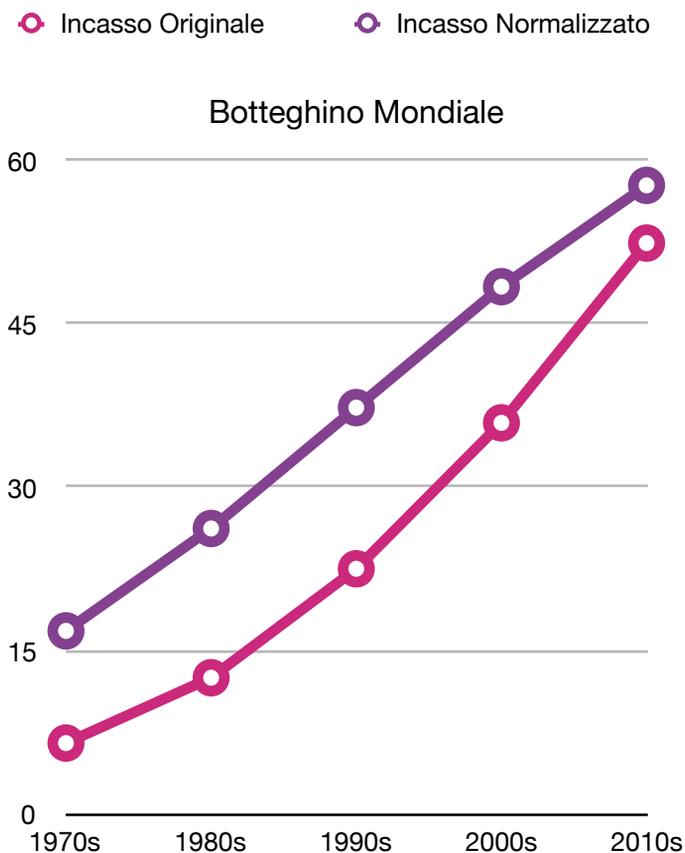
Si procede dunque con l'analisi olistica:

---

<sup>13</sup> "Consumer Price Index", *Bureau of Labor Statistics*, <https://www.bls.gov/cpi/>



Osservando la somma dei profitti su territorio americano appare evidente l'importanza del tener conto dell'inflazione: senza la variazione totale ammonterebbe a oltre 300%, con un incremento medio per decennio del 75%, tuttavia, normalizzando i valori si ottiene un incremento totale del 57% che comporta un medio per decennio del 14%. Si tratta in ogni caso di valori che indicano un mercato in salute.

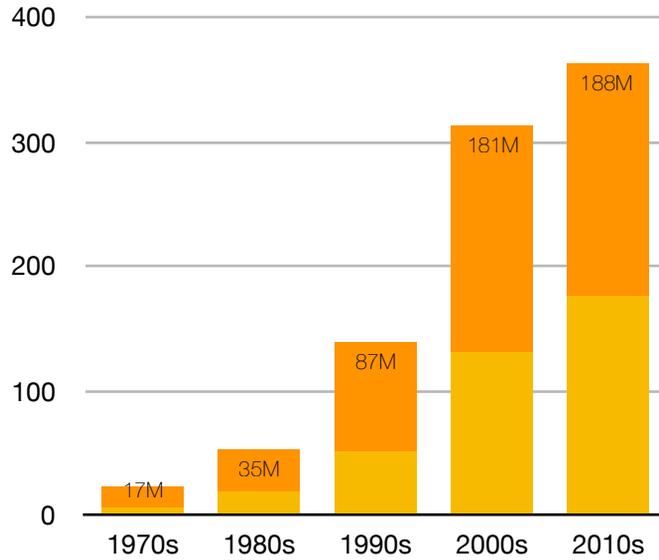


I dati sugli incassi al botteghino a livello mondiale raccontano una storia simile, ma, se possibile, persino più positiva: 240% incremento sui cinquant'anni in analisi (contro il 57% del mercato americano) e un conseguente 60% ogni decennio.

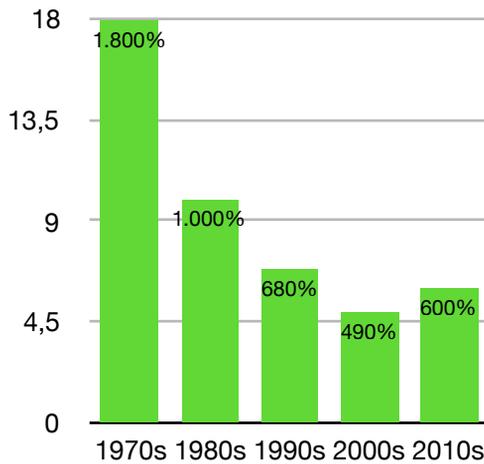
Questa differenza fra i mercati statunitensi e mondiali è testimone dell'affermazione del cinema a stelle e strisce sulla scena globale. Il cinema hollywoodiano domina infatti le classifiche da quasi cento anni e sembra quasi impossibile, ai giorni nostri, realizzare un grande film senza una produzione americana.

Considerando solamente gli incassi, tuttavia, si rischia di dipingere un'immagine sbagliata della situazione del mercato. Per chiarire lo scenario è necessario tener conto dell'aumento delle spese.

■ Budget Medio Originale   ■ Budget Medio Normalizzato



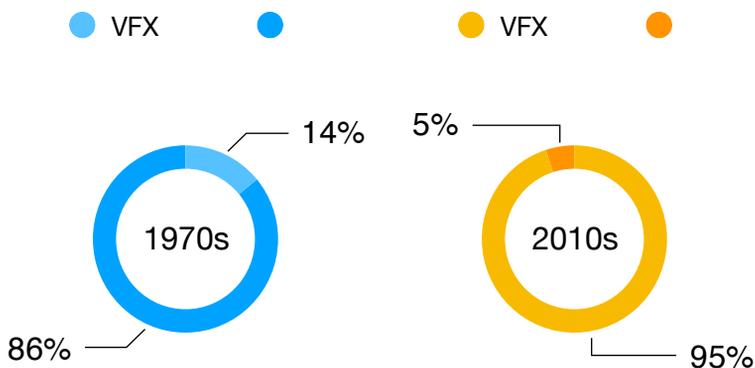
■ Rapporto Incasso / Spesa



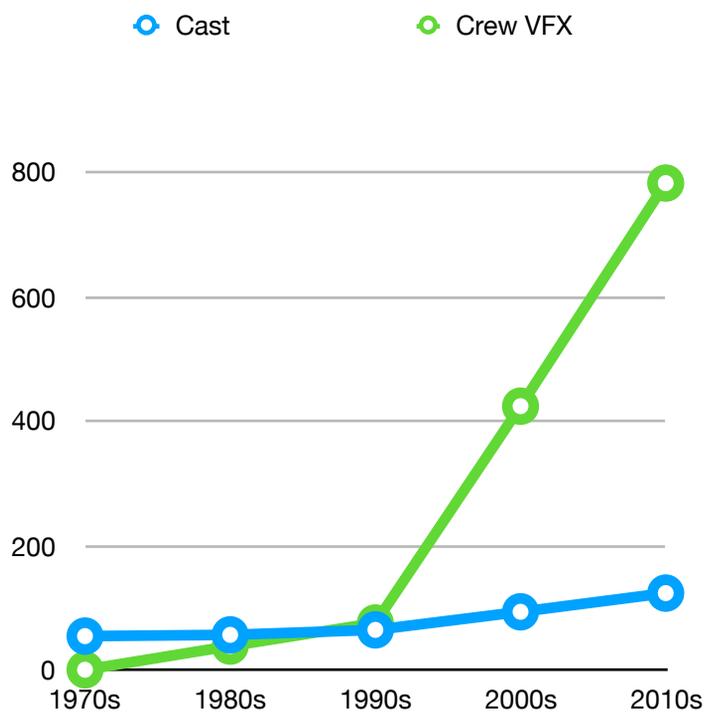
Nel periodo analizzato si registra un incremento delle spese di produzione di una pellicola cinematografica del 1000%, ovvero 250% ogni decennio. Una variazione simile risulta minacciosa per il settore analizzato poiché i costi crescono quasi venti volte più rapidamente dei guadagni.

Osservando il grafico del rapporto spesa/incasso si nota infatti una notevole decrescita, indice del fatto che i margini di guadagno nell'industria si stanno man mano riducendo.

Di questo passo, entro i prossimi cinquant'anni, il business del cinema potrebbe risultare non più profittevole.



Un tale incremento dei costi, è dovuto al sempre più alto utilizzo di tecnologie all'avanguardia e al repentino uso di effetti visivi: come mostrato dal grafico di sintesi, dei cinquanta titoli più di successo della nostra decade, oltre il 95% fa un consistente utilizzo di computer grafica.



La grande domanda di effetti digitali ha come conseguenza diretta una vertiginosa espansione delle crew addette allo sviluppo e alla realizzazione dei suddetti, mostrando la variazione più ripida finora: 7820% su cinquant'anni, con una curva di crescita estremamente ripida dagli anni '90 ad oggi.

A confronto, il numero di attori coinvolti nella realizzazione di un blockbuster moderno è aumentato poco più di due volte.

Come già anticipato durante l'analisi della storia del cinema dagli albori ai giorni nostri, tuttavia, il maggior numero di persone coinvolte non si traduce in maniera diretta in una maggiore qualità della narrativa e della complessità dei personaggi, molti dei titoli moderni sono infatti povere nella trama e nello sviluppo dei protagonisti, nonostante l'elevata qualità delle immagini.

Nel corso delle cinque decadi analizzate, il numero di storie originali e mai viste prima sul grande schermo si è ormai ridotto sensibilmente, a causa di

un'industria cinematografica che preferisce la “sicurezza” del sistema di franchising abusato a partire dagli anni '90 ad oggi.

Al momento della stesura di questo documento, il numero di titoli della saga di *Star Wars* (serie più redditizia della storia del cinema) ammonta a dieci, *Harry Potter* conta nove titoli e la serie di *James Bond* addirittura ventidue, con numerosi reboot<sup>19</sup> e altrettanti attori nei panni dell'agente segreto britannico.

Molti dei franchise più di successo dal punto di vista economico non ricevono particolari elogi per la qualità del film-making (ad eccezione forse solo della trilogia del *Signore degli Anelli* e pochi altri esempi) e il motivo principale che porta alla conclusione di una serie consiste nell'invecchiamento della star protagonista (si pensi al franchise di *Rocky*, che oggi appare nei panni di allenatore, o alle apparizioni cinematografiche del personaggio di *Wolverine*, tratto dalle pagine dei fumetti Marvel, che si concludono con *Logan*, rilasciato nel 2017), al proibitivo salario richiesto dagli attori (si pensi alle tanto discusse richieste Robert Downey Jr nei panni di *Tony Stark*, che per ogni pellicola raddoppia la richiesta agli studios), la perdita di interesse da parte del pubblico (spesso causata da trame povere) oppure l'esaurimento di materiale originale, come spesso accade per serie adattate da romanzi.

---

<sup>19</sup> Rilancio di una serie, comporta spesso la sostituzione completa del cast

## Riepilogo

In conclusione, nel corso degli ultimi cinquant'anni il cinema ha visto un'importante mutazione: dai grandi originali successi ricchi di sperimentazione degli anni '70 agli universi narrativi dei giorni nostri.

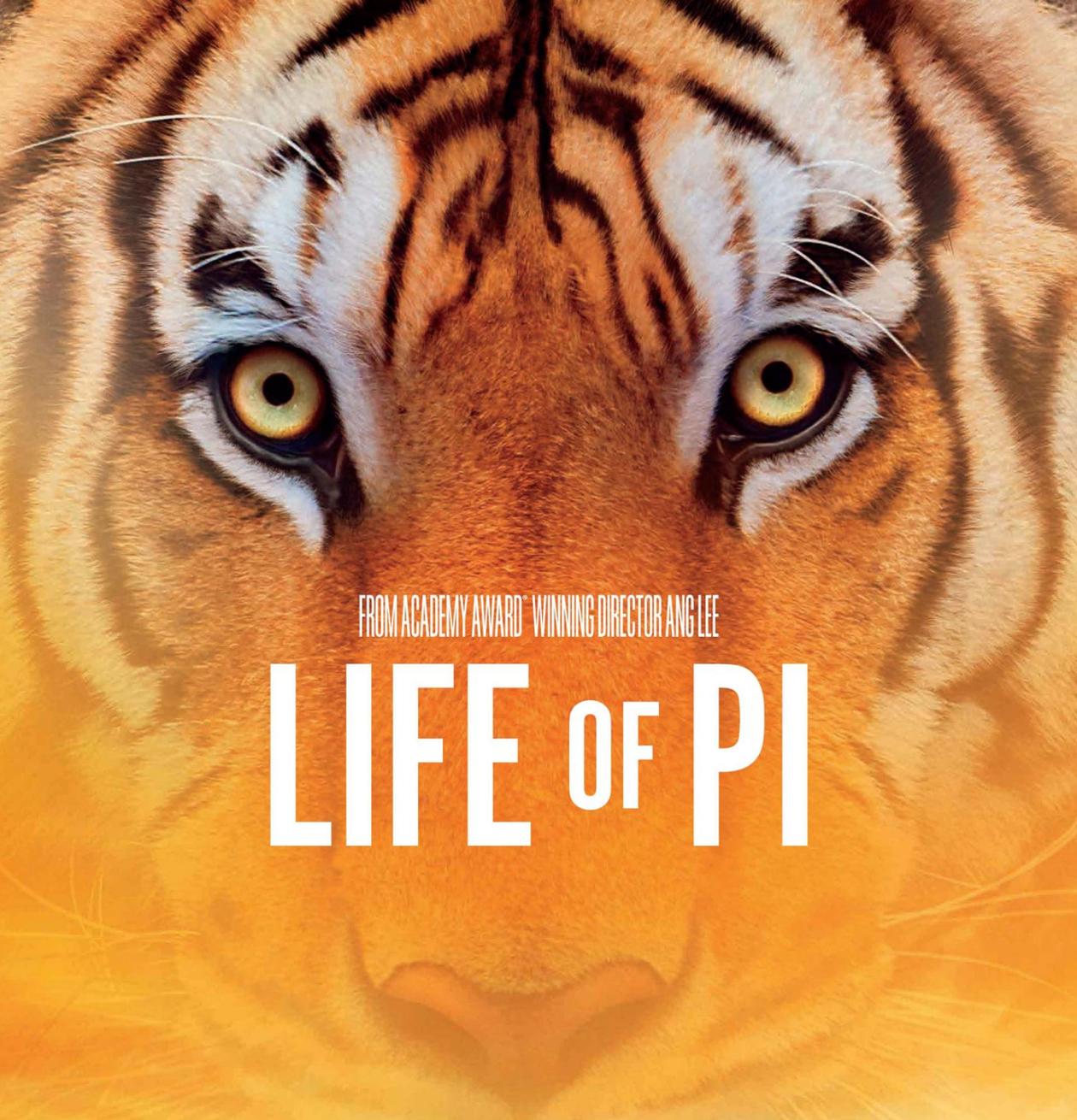
La perdita di originalità si può forse attribuire dall'avversione dei produttori al rischio (peraltro comprensibile da un punto di vista economico) che finisce per danneggiare lo spettatore, che viene sottoposto a prodotti più mondani.

Come in molti altri settori dell'intrattenimento (come ad esempio l'industria del gaming) il mercato mostra segni positivi di crescita.

I crescenti costi di realizzazione di un film, principalmente dovuti al maggiore uso di effetti speciali, si presentano come una possibile minaccia, oltre che un'invalicabile barriera per le piccole produzioni che non possono aspirare alla qualità hollywoodiana.

Infine l'aumento dell'uso di effetti speciali è accompagnato da un importante incremento del personale coinvolto, generando numerosi posti di lavoro.





FROM ACADEMY AWARD® WINNING DIRECTOR ANG LEE

# LIFE OF PI



*Life of Pi* (2012) - Courtesy of 20th Century Fox

## 3. Criticità

---

Ciò che non appare subito evidente dall'analisi olistica, è l'incompatibilità di due delle conclusioni tratte: la riduzione dei margini di guadagno e l'aumento dei posti di lavoro nel campo degli effetti digitali.

Se da un lato il mercato è positivo, con crescite notevoli nei box office, dall'altro il vertiginoso aumento dei costi comporta tagli alle spese, e il settore che ne soffre di più è senza dubbio quello dei VFX, unico dipartimento a mostrare una quasi esponenziale crescita del personale.

### Il caso *Life of Pi*

Nel 2013 *Life of Pi* (un film che racconta la storia di un giovane ragazzo perso nell'oceano con una tigre sulla sua piccola barca) vince il premio Oscar per i Migliori Effetti Visivi, per il rivoluzionario approccio alla realizzazione della tigre, che rimane ancora oggi uno degli animali digitali più realistici di sempre, e per lo splendido lavoro compiuto per la simulazione delle tempeste.

Il direttivo di Rythm 'N Huges (pluripremiato studio di effetti visivi) salì sul palco degli Oscar a ritirare il prezioso premio, undici giorni dopo aver dichiarato bancarotta.

Lo studio rilasciò successivamente un breve documentario della durata di trenta minuti intitolato *Life After Pi*<sup>20</sup> dove racconta le cause del loro fallimento economico, nonostante l'eccellenza del lavoro realizzato.

Il video è rilasciato attraverso Youtube.com, caricato da un account creato appositamente per l'occasione dal nome "HollywoodEndingMovie". La scelta dello studio di utilizzare una piattaforma pubblica e gratuita come Youtube non può che essere interpretata come una disperata richiesta d'aiuto, con la speranza di diffondere il messaggio nella maniera più capillare possibile.

---

<sup>20</sup> HollywoodEndingMovie, "LIFE AFTER PI (Official)", *Youtube*, 2014, <https://www.youtube.com/watch?v=gIcB9u-gmVE>

Sin dai primissimi minuti del documentario traspare la grande passione che caratterizza gli artisti che si occupano della realizzazione di effetti visivi, spinti dalla loro personale vocazione a realizzare progetti estremamente complessi dal punto di vista tecnico e economico.

Rythm 'N Huges non è l'unica compagnia ad aver chiuso i battenti a causa delle stringenti condizioni economiche: dal 2003 al 2013 ben ventuno studi si sono trovati costretti a dichiarare bancarotta.

Jack Fulmer, supervisore del lightning per lo studio dichiara: “nessuno fa più questo lavoro per soldi [...]. Le persone lo fanno perché amano farlo, ed è il motivo per cui anche io faccio questo mestiere”.

A livello di percezione sociale, il termine stesso “CGI” (Computer Generated Images) può essere fonte di confusione: il grande pubblico spesso ignora il fatto che il computer sia solo uno strumento, nel processo di film-making, analogamente al pennello per un pittore, e le immagini che riempiono i grandi schermi non sono altro che il frutto della passione e del duro lavoro di centinaia di talentuosi artisti, che lavorano con turni talvolta di oltre cento ore settimanali per riuscire a rispettare le stringenti scadenze imposte dai grandi studios di produzione.

Alla base del problema vi è un sistema economico corrotto: il dipartimento degli effetti visivi non ottiene profitto dai diritti di autore delle immagini realizzate, bensì da un sistema di gara d'appalto che stabilisce un costo fisso ancor prima di girare il film.

Questo metodo fa sì che gli artisti non vengano adeguatamente pagati per le loro ore di straordinario, oltre che per l'addizionale lavoro che devono compiere quando un regista decide di modificare una scena, o addirittura di modificare intere sezioni di un progetto già avviato per motivi che possono variare dalla censura, da scelte creative o dalle risposte del pubblico ai titoli precedenti (spesso rilasciati a riprese dei sequel già avviate) o alle campagne di marketing.

I costi straordinari sono a carico degli studi di effetti speciali, che hanno a loro disposizione un quantitativo finito di denaro.

Grande minaccia per il settore sono i “paradisi fiscali” che si sono andati a consolidare negli anni, come ad esempio il Canada.

Il governo canadese, restituisce infatti agli studios Hollywoodiani le tasse versate per la realizzazione di effetti visivi da parte di compagnie nel loro

territorio, abbassando di fatto la spesa che i produttori devono sostenere. Di conseguenza, uno studio di effetti speciali che non ha la fortuna di avere sede in uno di questi luoghi (Canada, Nuova Zelanda, ecc) si trova costretto ad abbassare i prezzi, per rimanere competitivo sul mercato. Studi con sede in America, ad esempio, non beneficiano di riduzioni fiscali e si trovano pertanto a dover pagare le tasse su guadagni già ridotti in un primo luogo, provocando un danno di doppia entità.

Governi di tutto il mondo, attirati dalle grandi somme del cinema hollywoodiano, fanno a gara fra loro per chi offre i maggiori vantaggi alla produzione sul territorio, provocando lo spostamento periodico di compagnie con migliaia di dipendenti, costretti a loro volta a traslocare con le loro famiglie e per mantenere il proprio lavoro. I meno fortunati si trovano a dover lasciare i loro cari per i mesi di produzione di un dato progetto.

Il resto dei dipartimenti che si occupano della realizzazione di un film vengono pagati su base oraria. Gli artisti VFX sono gli unici ad essere pagati a progetto, causando i sopracitati disagi.

## L'Oligopolio Hollywoodiano

Ciò che consente ai grandi studios di produzione hollywoodiani di esercitare tanto potere sul settore degli effetti visivi, è la lobby che formano da quasi 20 anni.

Sin dai 2000 circa il 90% delle produzioni nord-americane (che come visto in precedenza costituiscono la maggioranza delle produzioni di successo) è dominato dalla presenza di sei grandi marchi dell'intrattenimento:

- Time Warner (precedentemente Warner Bros.)
- 20th Century Fox
- Viacom (precedentemente Paramount)
- Sony (precedentemente Columbia Pictures)
- Walt Disney (unificata con Pixar)
- NBC Universal (acquistata da General Electric e precedentemente conosciuta come Universal)

Queste sei compagnie possiedono tutte una moltitudine di sussidiarie pseudo indipendenti attraverso le quali gestiscono le produzioni.

TimeWarner



VIACOM

SONY



Gradualmente tutte gli studi di produzione minori (come ad esempio Miramax) sono stati acquisiti da uno di questi giganti dell'industria, consolidando l'oligopolio.

Tutto iniziò pochi anni prima dell'inizio del nuovo millennio con l'acquisizione di Time Warner per oltre 180 miliardi di dollari, che rappresentò la più grande manovra di acquisizione industriale della storia americana fino ad allora.

Nel 2005, Viacom acquisì DreamWorks Studios (fondata nel 1994 da Steven Spielberg) per 1.6 miliardi, segnando la “fine” di uno dei più grandi studios di sempre.<sup>21</sup>

## La minaccia di un monopolio

Nel 2009 Walt Disney Co. acquistò Marvel Entertainment per 4 miliardi di dollari, acquisendo, di conseguenza, tutti i diritti per le centinaia di personaggi creati dalla celebre casa di fumetti americana. Con questa manovra, ha inizio l'era del dominio del grande schermo da parte di Walt Disney.

Osservando i migliori cinquanta titoli degli ultimi vent'anni, può stupire quanti dei titoli siano appartenenti al genere supereroi, e in particolare supereroi Marvel.

Con un successo dopo l'altro, Disney è stata in grado di formare quello che oggi è conosciuto come MCU (Marvel Cinematic Universe), il più grande

---

<sup>21</sup> “Film History of the 2000s: part 2”, *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/2000sintro2.html>

universo cinematografico della storia con più di venti titoli già rilasciati e un apparentemente illimitato numero di sequel pronti per la realizzazione.

I profitti generati dalla valanga di successi di Walt Disney Co. permisero alla compagnia di acquistare, nel 2012, i diritti per la saga di Star Wars: franchise più profittevole della storia del cinema.

Nel dicembre del 2017, Disney acquista 21st Century Fox per oltre 60 miliardi di dollari.

Con questa mossa, l'oligopolio dei sei giganti vede si riduce a cinque, aumentando in maniera significativa l'influenza sul mercato della casa di Topolino.

Alla base delle ragioni che hanno portato Disney alla scelta di effettuare una spesa simile, vi sono piani futuri di realizzazione di un servizio VOD che faccia concorrenza a Netflix, che come visto in precedenza rappresenta un'importante realtà del mondo dell'intrattenimento. Il nuovo servizio offrirebbe nuovi show che fanno leva sulle importanti proprietà intellettuali del marchio.<sup>22</sup>

La crescita di Walt Disney Co. appare implacabile, e la graduale acquisizione di tutti i giganti dell'industria sembra oggi una reale possibilità.

## Proposta progettuale

Appare evidente che cambiare in maniera radicale il business model di un'industria tanto grande come quella del cinema sia un'impresa dalle minime probabilità di successo, specialmente in una simile situazione oligopolistica.

Modificare il metodo di pagamento degli artisti di effetti visivi appare anche come una strada non percorribile, poiché l'elevato numero di ore di lavoro porterebbe a un'impennata dei costi di produzione che renderebbe vano l'intero sforzo di realizzazione di un film.

---

<sup>22</sup> "Film History of the 2010s", *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/2010sintro.html>

Contemporaneamente si deve tenere a mente la realtà degli show e film realizzati per servizi VOD quali Netflix che, come visto precedentemente, rappresentano un'importante opportunità di espressione artistica per artisti e registi, grazie alle ridotte pressioni degli studi esecutivi oltre che al diverso modello di guadagno di cui beneficiano questo tipo di attività.

Riassumendo, se nel mondo degli effetti speciali per il cinema, si ha un esubero di ore lavorative scarsamente retribuite, con poca libertà artistica e costi proibitivi, per i VOD si ha una maggiore libertà artistica caratterizzata però da budget ristretti e effetti visivi di qualità decisamente inferiore.

Emergono quindi tre principali esigenze:

1. Riduzione dei tempi per la realizzazione di VFX
2. Riduzione dei costi che comportano gli effetti visivi
3. Aumento della qualità

Ci si pone pertanto come obiettivo, lo sviluppo di soluzioni dedicate alla realizzazione di effetti digitali in grado di ridurre i tempi e i costi che tali operazioni comportano, riducendo il carico di lavoro degli artisti e consentendo allo stesso tempo a piccole produzioni di ottenere risultati di alto livello.

La speranza è quella di “liberare” gli artisti dalla morsa dell'oligopolio hollywoodiano, creando prodotti di maggiore qualità che creino una degna concorrenza, oltre all'adeguazione dei compensi agendo sull'unica variabile dell'equazione sopra descritta: il tempo.

## 4. Definizione delle Fondamenta

---

Al fine di comprendere al meglio il processo di film-making, è necessario definire le tre principali fasi di produzione di un film, che fungeranno da fondamenta per la rete di operazioni che tesseremo nelle pagine a venire.

Le informazioni che seguono sono frutto di approfondite ricerche sul mondo del cinema, supportato dall'esperienza diretta dei più illustri professionisti del settore, con cui si ha avuto il piacere di dialogare in occasione di View Conference 2017 e View Conference 2018 a Torino. L'elenco completo degli esperti che hanno aiutato fornendo informazioni critiche sia in forma di seminari, di masterclass che di dialogo privato è consultabile nella sezione "Fonti" di questo documento.

Non tutte le operazioni descritte di seguito sono strettamente legate al mondo dei VFX, tuttavia, vanno considerate e integrate nella nostra analisi sistemica in quanto facenti parte del processo produttivo.

In tempi moderni, la realizzazione di un film è un'attività che coinvolge centinaia di persone offrendo altrettanti posti di lavoro. Rispettare un sistema organizzativo risulta fondamentale per consentire la coordinazione di un organico così vasto.

La pipeline adottata varia a seconda della tipologia di prodotto che si desidera realizzare: animazione 3D, animazione 2D, stop motion, documentario, live action, ecc...

Il flusso di lavoro che si è deciso di analizzare è quello utilizzato generalmente per pellicole realizzate in live action con effetti digitali aggiunti, suddiviso nelle tre fasi di Pre-Produzione, Produzione e Post-Produzione.

Si ricorda che non esiste un workflow univoco, che i vari Studios possono adottare procedure differenti da quelle trattate nelle pagine seguenti, e che ogni progetto differisce in qualche modo dai precedenti.

Quanto scritto a venire è da considerarsi un flusso di lavoro generico.

# Pre-Produzione

---

La fase di pre-produzione ha inizio non appena viene definito uno **script**<sup>23</sup> e consiste nella serie di operazioni da concludere prima di iniziare le riprese vere e proprie.

La corretta esecuzione di quella che in gergo tecnico viene chiamata semplicemente "pre-prod" si riflette direttamente nei mesi o addirittura negli anni a venire, ovvero, per tutta la durata del lavoro.

Coloro che prenderanno parte al progetto hanno la responsabilità di individuare e prevenire, durante questa fase iniziale, tutte le possibili criticità che l'intero team rischia di affrontare durante gli stadi più avanzati dell'operazione.

Durante la pre-produzione vengono sviluppati diversi prototipi e vengono effettuate numerose sperimentazioni sia dal punto di vista tecnico che da quello visivo oltre che da quello narrativo.

Gli artisti che si occupano di questa fase iniziale hanno spesso una vasta conoscenza di molteplici linguaggi di programmazione e sono in grado di sviluppare rapidamente rudimentali tool per soddisfare le esigenze del regista.

Come in un "sistema di sistemi" ogni dipartimento sarà internamente strutturato come una piccola produzione cinematografica, e i risultati degli esperimenti verranno filtrati in modo da fornire ai capi dell'operazione solamente i prototipi più significativi.

Nonostante le tempistiche sempre stringenti e quasi soffocanti, può risultare lungimirante sacrificare qualche momento in più durante lo sviluppo dei suddetti tool per implementare funzionalità in grado di variare rapidamente il risultato ottenuto. Questo consentirà di risparmiare tempo prezioso nei mesi successivi consentendo al team di tarare con precisione il look finale.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> Versione scritta di un film, include indicazioni per le riprese, descrizioni e dialoghi

<sup>24</sup> Renee Dunlop, "Pre-Production in the Film Pipeline", in *Production Pipeline Fundamentals for Film and Games*, ed. Renee Dunlop (Focal Press, 2015), pag.

## Script Breakdown

Il primo passo è quello di convertire il suddetto script in uno **shooting script**<sup>25</sup>, utile a coordinare il regista, i cinematografi, la camera crew, il VFX team, gli attori e tutti gli altri reparti che prenderanno parte alla realizzazione del progetto.

Il copione viene analizzato nel dettaglio scena per scena, per convenzione, ad ogni pagina verrà fatto corrispondere all'incirca un minuto di girato e ogni pagina viene a sua volta suddivisa in ottavi, che spesso coincidono con i cambi di inquadratura nel prodotto finito.<sup>26</sup>

Risulta fondamentale, ai fini di una buona riuscita della fase di script breakdown, che il regista, e possibilmente anche il direttore della fotografia, siano già stati assegnati al progetto.

Segue la realizzazione di **storyboard**<sup>27</sup> e **shot list**<sup>28</sup>, che consistono in una rappresentazione visiva dello script.

Tali documenti servono lo scopo di definire le difficoltà tecniche che bisognerà affrontare, gli effetti visivi pratici e digitali che si dovranno utilizzare e a definire il costo dell'intera operazione.

In alcuni progetti, meno impegnativi dal punto di vista degli effetti visivi e del personale impiegato, è possibile fare a meno dello storyboard, lasciando libertà creativa al direttore della fotografia e al regista, tuttavia, il costo di assunzione di un artista che lavori a stretto contatto con il direttivo per realizzare una versione abbozzata del film è spesso ampiamente giustificato dal risparmio di tempo e denaro che ne risulterà nelle fasi di produzione e post-produzione.

---

<sup>25</sup> Rielaborazione dello script, interpreta il primo documento definendo importanti dettagli di ripresa

<sup>26</sup> Matt Vasiliauskas, "Production Scheduling Explained: How to Make a Scene Breakdown", *StudioBinder*, 2018, <https://www.studiobinder.com/blog/online-scene-breakdown-production-scheduling/>

<sup>27</sup> Bozza a fumetti di un film

<sup>28</sup> Elenco dettagliato di tutte le inquadrature in ordine cronologico

Le vignette che compongono lo storyboard vengono quindi poste su una timeline fornendo un primo, rudimentale, abbozzo del ritmo della pellicola. Il filmato che ne risulta prende il nome di **animatic**.

Lo stile di rappresentazione dei disegni utilizzati varia da produzione a produzione ma si tratta generalmente di velocissimi sketch che includono, in alcuni casi, tonalità in scala di grigio per rendere un'idea dei "valori" della composizione finale.

A questo punto della fase di pianificazione l'immediatezza di visualizzazione è da preferirsi alla qualità e alla cura del dettaglio.

## Budgeting Preliminare

Con questi strumenti alla mano è possibile stabilire un **budget preliminare**, fondamentale per iniziare a capire il costo, a grandi linee, dell'intera impresa.

Queste valutazioni preliminari non sono altro che semplici assunzioni generali per le singole scene, basate su una durata media che varia dai 5 agli 8 secondi per inquadratura e che può differire anche di molto dal prodotto finale.<sup>29</sup>

Nonostante sia complesso immaginare il quantitativo di lavoro necessario con così pochi dettagli alla mano, è importante effettuare la stima più realistica possibile, in quanto il preventivo che viene offerto alla produzione è spesso cumulativo e non incorporato (questo per consentire ai vendor di giostrare il budget fra le varie scene compensando anche eventuali spese impreviste).

Una cattiva esecuzione di questo step può portare alla rovina di alcune delle parti che hanno contribuito alla realizzazione di un film indipendentemente dal successo della pellicola (si pensi al caso "Life of Pi").<sup>30</sup>

La figura professionale che si occupa di gestire questa fase preliminare di budgeting (per quanto riguarda i VFX) è il Produttore degli Effetti Visivi.

---

<sup>29</sup> Visual Effects Society, "Breaking Down a Script - Budgeting - Scott Squires", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 6 - 12

<sup>30</sup> vedi "Il caso Life of Pi", dal capitolo "Criticità"

## Assunzione Personale

Una volta definito il progetto si procede con la ricerca e l'assunzione del personale necessario.

Spesso alcune posizioni (regia, concept artist, scrittori) sono già assegnate sin dalla concezione dello script, ma visto il grande sforzo creativo e organizzativo richiesto per la realizzazione di una pellicola cinematografica è buona norma cercare fin da subito di definire chi parteciperà al progetto in modo da beneficiare delle competenze e delle idee di tutti i talenti e i professionisti coinvolti.

## Reviewing

A questo punto della pre-produzione, ha inizio la fase di pianificazione vera e propria: i capi dei vari dipartimenti si incontrano regolarmente per consolidare ogni minimo particolare del progetto.

Lo script, lo storyboard, la shooting list, gli animatic vengono visionati, discussi e modificati a seconda delle esigenze tecniche, delle richieste dello studio o del produttore e delle scelte creative.

Il budget viene adeguato ai numerosi cambiamenti che verranno apportati durante questa fase.

## Pre-Visualizzazione

Emerge dunque la necessità di andare oltre lo storyboard e l'animatic per ottenere un'idea più chiara del ritmo e del taglio della pellicola, oltre che una più minuziosa cura dei dettagli.

Maggiore sarà il costo, la difficoltà o la pericolosità di una scena, maggiore sarà la precisione richiesta nella fase di **pre-visualizzazione** delle varie sequenze.

Gli avanzamenti tecnologici dell'ultimo ventennio hanno reso possibile la rapida realizzazione di animazioni 3D rudimentali utili a studiare fasi critiche del progetto consentendo addirittura di effettuare in anticipo simulazioni fisiche di **stunt** complesse per verificarne la fattibilità.

Quelli che una volta erano semplici **quicktime** 3D realizzati con placeholders generici, sono oggi animazioni complesse che utilizzano versioni low-poly degli asset e dei digi-double che verranno usati sul set e in fase di post produzione.

Grazie a questi strumenti è possibile testare in anticipo angoli di ripresa, lunghezze focali, movimenti di camera ecc. risparmiando tempo prezioso (letteralmente) nella fase principale di fotografia.

Le stesse animazioni vengono utilizzate dai vari dipartimenti per meglio pianificare il loro contributo:

- VFX Supervisor possono discutere e concordare sin da subito con il regista movimenti critici dei personaggi CG, numero e complessità degli effetti impiegati consentendo un flusso di lavoro meglio organizzato e un budgeting più accurato;

- FX Supervisor possono cominciare la fase di ingegnerizzazione necessaria per la disposizione di cariche pirotecniche, rig di vario tipo e prop;

- Stunt Coordinators possono iniziare i preparativi per rendere possibili le azioni più pericolose in tutta sicurezza;

- Set Designer possono comunicare in maniera più chiara con il regista durante le operazioni di layout;

- etc

L'importanza della pre-visualizzazione ha fatto sì che intere compagnie si siano formate basando il loro core business su questa singola fase del processo di film making.

## Set Design, Layout e Tech-Viz

Contemporaneamente, hanno luogo le operazioni di **set design**, durante le quali verranno prodotti diversi disegni (spesso estremamente dettagliati e completi) che mostrano il look dei luoghi necessari alla narrazione della storia, disegni che includono spesso informazioni di illuminazione e tono cromatico che fungeranno da riferimento per il dipartimento di Lighting e Compositing durante le fasi di Post-Produzione.

Seguono le operazioni di **Layout** dove, grazie anche ai quicktime di pre-viz, vengono sviluppate piante che mostrano la distribuzione dei vari elementi del set nello spazio, tenendo sempre presente delle esigenze tecniche della camera crew e dell'ingombro di tutte le attrezzature richieste sul luogo di ripresa.

Viene studiato il layout sia degli spazi fisici che degli spazi generati digitalmente.

Una volta ottenuti i risultati delle operazioni di **Pre-Viz** e di **Layout** è possibile procedere con la fase di **Tech-Viz** durante le quali il team

individua l'equipaggiamento necessario per la realizzazione di quanto immaginato dal regista verificandone la fattibilità ed eventualmente iniziando la fase di ingegnerizzazione richiesta per la creazione di attrezzatura ad hoc.

Si procede con le operazioni di **location scouting**, che consistono in sopralluoghi nei siti che riflettono al meglio gli spazi richiesti. Nel caso di luoghi preesistenti è usanza appoggiarsi ad un professionista che già conosca delle location adatte e che tenga sempre presenti le esigenze della crew.

Nel caso di set da costruire all'interno di **soundstages** è importante assicurarsi della disponibilità di tali edifici durante i periodi delle riprese. Sarà quindi necessario ottenere i vari permessi per girare in tali spazi, così come stipulare le assicurazioni necessarie a garantire la totale sicurezza del personale e dell'equipaggiamento.

Una volta soddisfatte le esigenze di tipo logistico, si procede con la realizzazione del set vero e proprio, che dovrà essere conclusa, per ovvi motivi, prima della fase di fotografia principale.

Il budget viene ulteriormente rivisto e regolato per riflettere i cambiamenti apportati. Vengono avviate le varie gare d'appalto e si definisce con estrema precisione la lista dell'equipaggiamento hardware necessario per le riprese, che in contesti di alto livello è solitamente ottenuto con formule di affitto per contenere i costi e poter allo stesso tempo contare su un supporto tecnico più rapido (in caso di problemi l'equipaggiamento viene semplicemente sostituito mentre la compagnia proprietaria si occupa di riparare l'unità dismessa, scongiurando tempi morti durante produzione).<sup>31</sup> <sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> *Film Inquiry*, <https://www.filminquiry.com/stages-hierarchy-film-production-infographic/>

<sup>32</sup> Andrew Whitehurst, "The Visual Effects Pipeline", *andrew-whitehurst.net*, <http://www.andrew-whitehurst.net/pipeline.html>

## Character Design, Costume Design e Prop Design

Parallelamente alla fase di set design, i personaggi che faranno parte della storia vengono meglio definiti e si avviano dettagliati studi sul loro aspetto; tali studi definiscono la fase di **character design**.

I concept artist coinvolti nel progetto si occupano di "dare vita" alle figure descritte nel copione, lavorando spesso a stretto contatto con il reparto costumi.

E' infatti molto importante che attraverso l'aspetto e il vestiario di ogni personaggio traspaia la sua storia e la sua personalità, ponendo sempre grande attenzione nel mantenersi coerenti con lo stile del resto degli elementi progettati.

L'aspetto può essere influenzato dall'attore che si pensa di coinvolgere, accade pertanto che vengano realizzati diversi disegni raffiguranti versioni dove il look del personaggio viene progettato appositamente per sfruttare determinate caratteristiche fisiche o espressive dell'attore che ne vestirà i panni.

Un trattamento simile, viene riservato alle creature, che richiederanno lo sviluppo e la realizzazione di maquette, animatronic, tute speciali o asset 3D.

Come per ogni altro aspetto e elemento del copione, vengono realizzati numerosi disegni che raffigurano i protagonisti in diverse interpretazioni, esplorando una vasta gamma di possibilità (spesso vengono ingaggiati più artisti proprio per garantire diversità di idee). Tali design vengono sottoposti al giudizio dei responsabili del progetto, solo dopo aver superato la scrematura interna al reparto stesso, rispettando la serrata struttura gerarchica richiesta per coordinare un così ampio numero di persone.

Spesso e volentieri, per completare l'aspetto di un personaggio è richiesto l'utilizzo di un oggetto di scena che viene definito, in gergo tecnico, **prop**. Tali oggetti subiscono un trattamento analogo a quello di location e personaggi che prende il nome di **Prop Design**.

Succede talvolta che determinati oggetti diventino tanto iconici quando i protagonisti della pellicola cinematografica ed è pertanto quasi ovvia l'importanza di una corretta esecuzione della fase di progettazione. A fasi di sketching (come sempre validati dalla produzione) seguono prototipazioni che possono essere sia fisiche che digitali a seconda del progetto.

Nel caso di prop fisiche è necessaria una fase di ingegnerizzazione che consenta di nascondere eventuali meccanismi all'interno dell'oggetto, piuttosto che elementi utili all'implementazione di particolari effetti digitali in sede di Post-Produzione (marker attivi o passivi, etc).

Nelle produzioni hollywoodiane più recenti, si fa largo utilizzo delle tecnologie di stampa 3D più all'avanguardia, che consentono agli artisti di utilizzare tecniche di modellazione e scultura digitali per poi ottenere oggetti e maquette fisici.<sup>33 34</sup>

Nel caso di prototipi scolpiti con tecniche manuali, vengono utilizzate diverse tecnologie di acquisizione 3D in modo da fornire copie digitali che potrebbero essere utili al resto della produzione. Tali tecnologie verranno meglio definite nelle pagine successive.

Come per le fasi di Set Design, Character Design, Costume Design, Concept Art, etc, gli artisti fanno costante riferimento ad ampie librerie di immagini di riferimento, nelle produzioni più prestigiose, ai responsabili dei vari dipartimenti viene concesso di prendere parte a veri e propri viaggi di ricerca dove possono catturare in prima persona immagini e sensazioni che verranno poi trasmesse al resto del team allo scopo di raggiungere un risultato finale di più alta qualità.<sup>35</sup>

Tali escursioni possono talvolta coincidere con le operazioni di location scouting anche se, come spiegato in precedenza, tale compito è solitamente assegnato a specifici professionisti.

---

<sup>33</sup> Glen McIntosh, "From Puppets to Pixels: Bringing The Dinosaurs of Fallen Kingdom To Life", *View 2018*, Torino

<sup>34</sup> David Vickery, "Jurassic World: Fallen Kingdom", *View 2018*, Torino

<sup>35</sup> Danielle Feinberg, "Coco: Bringing Life to the Land of the Dead", *View 2018*, Torino

## Casting

In contemporanea alle operazioni di set design, **budgeting** e organizzazione, hanno luogo le sedute di **casting**, che hanno come obiettivo quello di trovare i volti adatti per i personaggi facenti parte dello script.

Mentre il direttore dei casting si occuperà di individuare le persone giuste, il coordinatore della produzione procederà con la stipulazione dei vari contratti.

Seguiranno le fasi di preparazione degli attori per vestire i panni dei loro "alter-ego".

Essi dovranno prepararsi fisicamente e mentalmente per raggiungere la forma più adatta e potrebbero dover seguire corsi di dizione specifici per padroneggiare un particolare accento, o dover imparare in poco tempo competenze particolari richieste dalla trama, o ancora dover vivere in prima persona particolari esperienze per meglio immedesimarsi nei panni del loro personaggio.

Durante i mesi che precedono la produzione, vengono effettuate diverse sedute dove gli attori avranno la possibilità di provare alcuni estratti, se non addirittura l'intero copione; il tutto, sempre nell'intento di risparmiare tempo successivamente sul set.

Sempre in Pre-Produzione, vengono girate brevi clip di prova, per valutare ed eventualmente validare la resa estetica di costumi, prop e delle scelte stilistiche compiute.

## Sound Design

Contemporaneamente a tutte le operazioni di pianificazione e preparazione appena descritte, nelle produzioni più professionali si inizia a valutare la colonna sonora e gli effetti sonori prima ancora di girare.

Nel caso di colonne sonore originali, una volta assegnato un compositore, si procede con un abbozzo delle musiche, che vengono solitamente impiegate nell'animatic o durante la pre-visualizzazione andando a completare le immagini.

Le operazioni di ultimazione e registrazione avvengono solitamente durante la post-produzione simultaneamente o successivamente al

montaggio, tuttavia, l'inclusione della composizione musicale in fase di pre-produzione consentono di realizzare un prodotto migliore.<sup>36</sup>

Laddove si scelga di utilizzare brani già esistenti, la produzione deve assicurarsi di ottenere i diritti necessari alla riproduzione e all'utilizzo dei pezzi selezionati.

In casi particolari, alcuni effetti sonori considerati cruciali devono essere definiti sin da subito e non dopo le riprese.

## **Conclusion**

Si giunge quindi all'atto finale delle operazioni di pre-produzione (considerata in modo semplicistico): la preparazione finale in vista della fase di fotografia principale.

In vista delle riprese, i dipartimenti interessati verificano minuziosamente di essere pronti: gli stunt men testano molteplici volte i dispositivi che dovranno utilizzare, provano le coreografie, il reparto costumi si assicura che le taglie siano corrette, etc. Il tutto nell'intento di minimizzare i tempi morti sul set.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> Hans Zimmer, "Step Into My Music", *View 2018*, Torino

<sup>37</sup> Visual Effects Society, "Rules, Setup, and Testing - Charles Clavadetscher", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 223 - 226

Il budget, che è stato fino ad ora continuamente variato in base agli sviluppi, viene rifinito e bloccato, la lista del cast e della crew è aggiornata e scadenze e appuntamenti futuri sono fissati.<sup>38 39 40 41 42 43</sup>

---

<sup>38</sup> Arnon Shorr, “How to Produce a Movie - The Pre Production Process Explained”, *StudioBinder*, 2016, <https://www.studiobinder.com/blog/the-complete-pre-production-process/>

<sup>39</sup> Jack Picone, “9 Stages of Pre-Production”, *New York Film Academy*, 2017, <https://www.nyfa.edu/student-resources/9-stages-of-pre-production/>

<sup>40</sup> Visual Effects Society, “Pre-Production/Preparation”, in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 5 - 75

<sup>41</sup> Michelle Cassel, “A Step-by-Step Guide to Pre-Production for Film and Video”, *Pond5*, 2016, <https://blog.pond5.com/4839-a-step-by-step-guide-to-pre-production-for-film-and-video/>

<sup>42</sup> Jourdan Aldredge, “The Shreditor’s Guide to Film and Video Pre-Production”, *Premium Beat*, 2017, <https://www.premiumbeat.com/blog/shreditor-guide-video-pre-production/>

<sup>43</sup> Full Sail University, “Filmmaking from Beginning to End: Preproduction to Production”, *Youtube*, 2017, [https://www.youtube.com/watch?v=oj\\_Blr8JEI](https://www.youtube.com/watch?v=oj_Blr8JEI)







# Produzione

---

La fase di Produzione si pone come scopo quello di costruire tutto ciò che si è pianificato durante la pre-produzione.

All'inizio di questo capitolo si è precisato l'intento del presente documento di concentrare l'attenzione sul workflow dedicato ai progetti in live action con elementi digitali, le maggiori differenze tra le varie tipologie di workflow inizierebbero ad emergere proprio ora: se per pellicole d'animazione e full cg, questa seconda fase comprende l'intero processo di modellazione, rigging, texturing, animazione etc, per i progetti a cui si interessa questa dissertazione consiste in tutte le operazioni di cattura di "dati" sul set, che siano essi scansioni LIDAR, foto equirettangolari ad alta gamma dinamica o riprese vere e proprie e, in parte, l'inizio o il proseguimento della creazione degli asset digitali richiesti.

Una volta entrato in produzione, è altamente improbabile che un film venga cancellato, poiché la perdita economica causata dall'abbandono di un progetto in questo stadio di sviluppo è solitamente superiore al costo del completamento.<sup>44</sup>

In termini di risorse e di personale in questa fase si ha un incremento decisamente importante: la mole di dati generati durante la produzione misura diversi Terabyte<sup>45</sup> e gli artisti/professionisti coinvolti aumentano anche di un intero ordine di grandezza, passando da decine a centinaia. Ora più che mai, il rispetto della struttura gerarchica in aggiunta ad una solida pipeline risulta cruciale per scongiurare il fallimento.

I principi di trasparenza e compartimentizzazione introdotti precedentemente emergono soprattutto durante questa fase poiché, in molti casi, molteplici crew si trovano a girare simultaneamente in più location, con lo scopo di abbattere i tempi risparmiando grosse somme di denaro.

Ogni dipartimento, ogni vendor e ogni compagnia che collabora a un dato progetto, ha a sua volta un workflow di lavoro interno sviluppato per

---

<sup>44</sup> "Production", *Media College*, <https://www.mediacollege.com/glossary/p/production.html>

<sup>45</sup> 1 000 000 000 000 byte

funzionare in armonia con quella che possiamo definire pipeline generale, per garantire la leggibilità dello schema che stiamo costruendo, si eviterà di rappresentare questo sistema di scatole cinesi (quantomeno momentaneamente) focalizzando l'attenzione sul sistema complessivo.<sup>46</sup>

Visto il ritmo di lavoro serrato, le tempistiche sempre strette e la ripetitività di alcune delle azioni svolte sul set, specifici software di gestione database e tool di automazione vengono implementati appositamente per semplificare il lavoro degli addetti, aumentare l'efficienza, scongiurare l'errore umano e risparmiare tempo (quindi denaro).

L'attenzione dedicata allo sviluppo dei suddetti software è chiaramente dettata dall'importanza del processo su cui vanno ad intervenire e alla loro ripetitività durante le riprese.

Un piccolo team, composto da supervisore VFX, produttore VFX, wrangler e assistenti, lavora direttamente sul set assicurandosi che i requisiti per la realizzazione degli effetti richiesti siano rispettati, collezionando nel contempo le reference e i dati necessari.

Il contesto lavorativo in cui opera questo piccolo gruppo è estremamente differente da quello a cui sono abituati i loro colleghi in ufficio: essere sul set significa sottoporsi a turni di lavoro di oltre 10 ore, sotto qualsiasi condizione atmosferica e a qualsiasi ora del giorno; l'equipaggiamento che utilizzano sul set dev'essere pertanto in grado di resistere a queste avversità.

Se le dimensioni della produzione lo richiedono, postazioni di lavoro mobili vengono posizionate in prossimità del set consentendo al team degli effetti visivi di svolgere alcune operazioni direttamente dal luogo delle riprese, come ad esempio la fotogrammetria degli attori in costume per realizzare i Digi-Double.

Durante le giornate di produzione si va a formare una vera e propria routine giornaliera che viene ripetuta fino al completamento delle riprese. Sempre per garantire la leggibilità dello schema, verrà indicato il flusso di lavoro di una singola giornata ma è importante ricordare che, come per le

---

<sup>46</sup> Renee Dunlop, "Production: An Overview", in *Production Pipeline Fundamentals for Film and Games*, ed. Renee Dunlop (Focal Press, 2015), pag.

fasi di reviewing in pre-produzione, la pipeline giornaliera può essere considerata come un sistema all'interno di un altro.<sup>47</sup>

## Make-up

Tra le prime operazioni che vengono effettuate all'inizio di una nuova giornata di lavoro, vi è la preparazione degli attori, che consiste nell'applicazione del make-up, di eventuali trucchi per gli effetti visivi (protesi in silicone, finte ferite, etc), la preparazione dell'acconciatura e, se necessario, la realizzazione degli eventuali marker utili al dipartimento degli effetti digitali per facilitare le operazioni di tracciamento. Sarà responsabilità del team VFX presente sul set verificare il corretto posizionamento degli appena citati marker.<sup>48</sup>

Ogni giorno vengono scattate dozzine di foto di riferimento, fondamentali per consentire al reparto costumi di replicare esattamente lo stesso look giorno dopo giorno, garantendo continuità narrativa nel montaggio finale. Le stesse fotografie vengono distribuite a tutti i dipartimenti che possono trarne vantaggio, come ad esempio, proprio quello degli effetti digitali, che può usufruirne per aumentare l'accuratezza e il livello di dettaglio dei controfigure digitali.

Parlando di controfigure, anche gli stunt men si sottopongono a un simile trattamento, indossando spesso parrucche per meglio rappresentare gli attori che sostituiscono.

---

<sup>47</sup> Renee Dunlop, "Production in the Film Pipeline", in *Production Pipeline Fundamentals for Film and Games*, ed. Renee Dunlop (Focal Press, 2015), pag. 33

<sup>48</sup> Visual Effects Society, "Working on Set - Scott Squires", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 77 - 83

## Preparazione del Set e dell'Attrezzatura

Mentre i performer vengono preparati per le riprese, il team di elettricisti presente sul posto si occupa dell'illuminazione della scenografia, sotto le direttive del regista.

Le sedute di “trucco e parrucco” possono durare anche diverse ore, tuttavia, non c'è tempo da perdere sul set poiché le luci non sono l'unica preoccupazione della produzione.

Sempre prima di iniziare le riprese, il team degli effetti pratici deve installare eventuali cariche esplosive per gli effetti pirotecnici mettendo in sicurezza il set. Questo può voler dire che alcune prop devono essere ancorate al terreno o determinati componenti della scenografia devono essere legati con cavi d'acciaio per limitare il raggio di movimento.<sup>49 50</sup>

La camera crew si prepara a girare verificando di disporre di tutte gli obiettivi necessari per le scene del giorno, si assicura che le lenti siano in condizioni impeccabili e procede quindi con la calibrazione di eventuali **steady cam**<sup>51</sup> o simili dispositivi.

Durante la giornata le lenti saranno cambiate numerose volte, così come i filtri posti nel **matte box**<sup>52</sup> installato davanti all'elemento frontale della camera, nonostante questo, non è necessario ricalibrare la strumentazione dopo ogni cambio di obiettivo poiché le lenti specifiche per uso nell'industria del cinema vengono appositamente realizzate in modo da avere ingombri e pesi identici indipendentemente dalla lunghezza focale.<sup>53</sup>

---

<sup>49</sup> Visual Effects Society, “Smoke, Fire, and Pyrotechnics”, in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 87 - 88

<sup>50</sup> Visual Effects Society, “Safety”, in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 91 - 93

<sup>51</sup> Dispositivo progettato per eliminare movimenti erratici e vibrazioni durante la ripresa

<sup>52</sup> Pannello oscurante installato attorno all'elemento frontale di una macchina da presa per ridurre i riflessi indesiderati

<sup>53</sup> Adorama, “Cine Lens”, *Adorama Learning Center*, 2017, <https://www.adorama.com/alc/what-is-a-cine-lens-and-how-is-it-different-from-a-photo-lens>

## Fotografia Principale

Si giunge quindi alla fase più cruciale dell'intero processo di film-making: la fotografia principale.

Durante un lasso di tempo complessivo solitamente compreso tra i 3 e i 6 mesi, la produzione si dedica all'acquisizione di tutto il materiale video necessario alla realizzazione del prodotto finito.

Vista l'epica scala di molte delle produzioni moderne, è ormai prassi che vengano girate contemporaneamente diverse scene in diverse location da crew dedicate, che vengono solitamente identificate nei titoli di coda in base al luogo dove sono state girate le scene (ad es. "Hong Kong crew", "DC crew" ecc), oppure attraverso l'uso di caratteri alfabetici (ad es. "A crew", "B crew" e via dicendo).

È durante questa fase che tutto lo studio e la pianificazione dei mesi, o addirittura anni, di pre produzione vengono messi in atto: tutti i reparti combinano le loro forze per assicurare la buona riuscita delle operazioni di ripresa, che nelle grandi produzioni hollywoodiane arrivano a costare anche diverse centinaia di migliaia di dollari ogni giorno.

Idealmente, il supervisore degli effetti visivi rimane a strettissimo contatto con il resto dell'esecutivo nel ruolo di consigliere, oltre che per accertarsi che le riprese siano realizzate nella maniera più idonea per la corretta implementazione degli effetti visivi.

Le sue mansioni possono variare dalla semplice verifica della presenza dei marcatori necessari alle operazioni di tracking a match moving a fondamentali variazioni dell'angolo di ripresa sempre nell'interesse del team VFX.

Il compito del supervisore è in sintesi quello di lavorare assieme al regista trovando i giusti compromessi per raccontare la storia nella maniera più efficace e spettacolare.<sup>54</sup>

Catturare tutto il materiale video richiesto dal progetto significa spesso combinare tecniche particolari di ripresa che includono l'uso di un green screen.

---

<sup>54</sup> Visual Effects Society, "The Special Effects Supervisor", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag.

È possibile dire che tutti i blockbuster degli ultimi 20 anni includono almeno una scena dove si fa uso di questa ormai comune tecnologia, che consente l'isolamento di alcuni elementi dal resto della composizione, permettendo il compositing con ambientazioni generate in CG oppure filmate separatamente.

Nonostante l'efficacia di questa tecnica da un punto di vista di post-processing, la tendenza dell'industria è quella di evitare se possibile l'uso di box alienanti, che in passato hanno portato a pessime performance da parte degli attori, che si trovano a dover immaginare ogni elemento della scena, interagendo con personaggi e oggetti invisibili.<sup>55</sup>

Un esempio recente è “Solo: a star wars story”, lo spin-off del pluri miliardario franchise dove per la prima volta si è preferito utilizzare la retroproiezione su un enorme schermo curvo per la realizzazione del celebre effetto iperspazio. Così facendo, è stato possibile garantire la massima immersione degli attori, che hanno conferito migliori performance sul set.<sup>56</sup>

## Motion Capture

Convenire movimenti naturali e realistici animando manualmente personaggi digitali è senza dubbio possibile grazie all'enorme talento degli artisti coinvolti nella realizzazione di film hollywoodiani, tuttavia, si preferisce solitamente catturare la prestazione di un attore in carne ed ossa per poi riutilizzarla tramite il processo di motion capture.

Il diffuso utilizzo di questa tecnologia è dovuto al notevole risparmio di tempo e alla notevole qualità dei risultati che offre ma non è sempre la soluzione ideale per ogni progetto, in diversi casi infatti non è possibile tradurre il movimento dell'anatomia umana su mostri o personaggi animati con sistemi di articolazione differenti.

Nell'ultimo ventennio, questa tecnologia si è evoluta in quello che oggi viene definito performance capture.

---

<sup>55</sup> Visual Effects Society, “Greenscreen and Bluescreen Photography”, in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 97-138

<sup>56</sup> Rob Bredow, “Creatively Driven - The VFX for Solo: A Star Wars Story”, *View 2018*, Torino

A differenza del regolare motion capture, che cattura solamente i movimenti corporei, il performance capture prevede la registrazione delle espressioni facciali dell'attore, della sua voce e di ogni sfumatura emozionale.

Se un tempo questi processi avvenivano in studi appositamente sviluppati, in un momento separato rispetto alle riprese principali, è oggi possibile far recitare gli attori in un unico ambiente, o addirittura su un set vero e proprio, grazie ai recenti avanzamenti tecnologici in termini di tracking.<sup>57</sup>

## Element Shoot

Finché i set rimangono assemblati, è compito del supervisore degli effetti visivi assicurarsi che tutti gli elementi necessari al compositing del prodotto finito vengano ripresi.

Nell'industria si fa largo uso di librerie appositamente create per la realizzazione di effetti come colpi di arma da fuoco, nebbia, ecc, tuttavia, si realizzano frequentemente componenti su misura per differenziarsi dal resto delle produzioni.

## Cattura della Informazioni sul Set

Nonostante la minuzia con cui vengono registrati tutti i dati e le nozioni fondamentali per raggiungere un buon risultato in fase di post-produzione, accade spesso che per motivi di rapidità o di praticità del supporto, emerga la necessità di documentare la produzione attraverso la fotografia.<sup>58</sup>

Una delle principali ragioni per cui si sceglie di aggiungere un'immagine agli appunti scritti è quella di meglio comunicare agli artisti di post-prod la posizione di determinati elementi sul set.

---

<sup>57</sup> Visual Effects Society, "Performance and Motion Capture", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 385 - 446

<sup>58</sup> Visual Effects Society, "On-Set Data Acquisition - Karen Goulekas", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 139 - 151

Uno dei metodi più utilizzati per documentare la locazione di certi oggetti è l'archiviazione di una doppia copia della stessa fotografia, dove un'immagine viene lasciata inalterata e la seconda viene completata con annotazioni scritte, l'artista potrà rapidamente visualizzare entrambe le immagini apprendendo in poco tempo le informazioni comunicate. La necessità dell'utilizzo della tecnica doppia immagine è data dalla grande confusione presente su un set cinematografico, dove potrebbe risultare complesso notare, ad esempio, il posizionamento di attrezzatura di scena da rimuovere digitalmente in fase di montaggio.

Per alcuni progetti vengono realizzate delle riprese con camere secondarie utili a documentare le operazioni sul set, fornendo un ulteriore grado di dettaglio rispetto alle semplici fotografie, tuttavia, è necessaria la presenza di un addetto che si occupi solamente di questa mansione, in modo da selezionare sul momento le clip da conservare e quelle da eliminare. I filmati possono contenere informazioni aggiuntive come ad esempio l'audio, che può risultare di estremo aiuto nel caso che alcuni effetti digitali debbano essere sincronizzati con eventi specifici (un'esplosione, uno sparo, etc).<sup>59</sup>

## Scansione dell'Ambiente

Durante le riprese, vengono utilizzati diversi macchinari e tecnologie per catturare dati ambientali, per il successivo utilizzo da parte del dipartimento di effetti visivi sia come reference che come materiale sorgente. Il dispositivo più utilizzato (al momento della stesura di questo documento) è il LIDAR.

Il LIDAR (Light, Imaging, Detection and Ranging) è una tecnologia in grado di misurare la distanza dal sensore sfruttando la misurazione laser. Tali scanner vengono impiegati in diversi settori, come ad esempio quello aerospaziale, meteorologico, architettonico e militare, ma nel cinema trova il suo utilizzo per scannerizzare i set.

Dalle misurazioni LIDAR è possibile rilevare la scala di determinati oggetti (fondamentale per il reparto VFX) oltre che il layout della scena, che

---

<sup>59</sup> Visual Effects Society, "Photographic Reference - Charles Clavadetscher", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 220 - 223

risulta cruciale per un riuscito effetto fotorealistico una volta compostati gli effetti visivi.

Sui moderni set cinematografici, lo scanner LIDAR è onnipresente e viene utilizzato per rilevare praticamente ogni location, anche se non strettamente necessaria nelle fasi successive, a scopo preventivo.<sup>60</sup>

Oltre a catturare le informazioni dimensionali del set, la crew si occupa anche di ottenere i dati illuminotecnici, tramite la realizzazione di fotografie ad alta gamma dinamica.

Tramite semplicissime operazioni è possibile combinare i dati di più scatti realizzati con diverse esposizioni, ottenendo un'immagine risultante che incorpora la totalità delle informazioni (bracket exposure).

Grazie a questo particolare tipo di immagini, è possibile rilevare le fonti luminose presenti nella scena e la loro intensità, consentendo di replicare in maniera accurata il set up luci del set durante le fasi di post produzione.

Uno o più addetti ai VFX realizzano foto sferiche o chrome ball projections durante ad ogni cambio di set o di luci, in modo da fornire ai colleghi le necessarie informazioni per unire immagini digitali e riprese nel migliore dei modi.<sup>61</sup>

## Modellazione 3D

Nelle produzioni meglio organizzate, la fase di modellazione 3d avviene addirittura prima di quella di fotografia principale, perlomeno per quanto riguarda asset cruciali come personaggi e “hero prop” (ovvero oggetti a cui è dedicato parecchio spazio narrativo), in modo da consentire le eventuali operazioni di pre visualizzazione in tempo reali sul set (descritte più avanti).

La modellazione è una delle fasi più dispendiose in termini di tempo e risorse quando si parla di effetti visivi, con modelli che spesso richiedono

---

<sup>60</sup> Visual Effects Society, “Lidar Scanning and Acquisition - Alan Lasky”, in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 152 - 157

<sup>61</sup> Visual Effects Society, “HDRI and Chrome Balls”, in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 151

diversi milioni di poligoni per raggiungere il livello di dettaglio richiesto dalle grandi produzioni.

Spesso l'esecutivo richiede modifiche e variazioni ai modelli realizzati dagli artisti, che si trovano a dover investire preziose ore, non adeguatamente retribuite, per accontentare registi e produzione. Questa moltitudine di modifiche è chiaramente richiesta per il bene della storia e nell'interesse della qualità finale, tuttavia, il tempo richiesto è una delle problematiche più sentite nel settore dei VFX.<sup>62</sup>

Le tecniche usate per modellare oggetti e personaggi per il grande schermo si dividono principalmente in due grandi categorie: sculpting e modellazione classica, generalmente usate per creature (la prima) e per oggetti (la seconda).

I modelli continuano a essere perfezionati durante tutta la fase di produzione e durante gran parte della post produzione, seguendo i feedback del regista e adeguandosi ad eventuali esigenze tecniche.<sup>63 64</sup>

## Fotogrammetria

A partire dagli anni 2000, viene impiegata una tecnica di digitalizzazione ad altissima fedeltà che consente agli artisti di risparmiare tempo ottenendo risultati sorprendenti: la fotogrammetria.

Questa tecnologia, sfrutta la potenza di calcolo dei computer per analizzare una serie di foto scattate ad uno stesso soggetto immobile. Confrontando gli scatti fra loro è possibile compensare la distorsione prospettica ricavando un modello in tre dimensioni del soggetto fotografato.

Grazie a questa tecnologia è oggi possibile realizzare controfigure digitali (digi-double) virtualmente indistinguibili dall'attore in carne ed ossa (un

---

<sup>62</sup> Troy Saliba, Aharon Bourland, "The VFX of Venom", *View 2018*, Torino

<sup>63</sup> Renee Dunlop, "Asset Creation for Film", in *Production Pipeline Fundamentals for Film and Games*, ed. Renee Dunlop (Focal Press, 2015), pag. 45 - 66

<sup>64</sup> Visual Effects Society, "Digital Element Creation", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 715 - 846

esempio lampante è la pellicola “Logan”, dove risulta impossibile per lo spettatore distinguere il protagonista Hugh Jackman dal suo clone virtuale).

L’industria del cinema sta investendo parecchio in questa particolare tecnologia, che è oggi in grado di catturare la struttura porosa della cute degli attori simulandone l’elasticità e la distorsione in fase di movimento, grazie all’uso di particolari macchinari appositamente sviluppati. La precisione ottenuta è nell’ordine del centesimo di millimetro.

La rapidità con cui è possibile catturare un set completo di immagini fa sì che siano oggi presenti, sui set cinematografici, appositi studi mobili allestiti in caravan, dove gli attori possono essere digitalizzati con i costumi ufficiali e il make-up indosso, pochi istanti prima di entrare in scena.<sup>65</sup>

In termini di oggetti e creature, questa tecnica è sempre più utilizzata per digitalizzare il lavoro degli abili scultori che realizzano le maquette, in grado di conferire un apprezzabile livello di imperfezione alle opere, che nel mondo digitale è sempre altamente desiderato in quanto aiuta a raggiungere l’obiettivo del fotorealismo.

Tale processo è stato ad esempio usato per realizzare i dinosauri di “Jurassic World: Fallen Kingdom” dove sono stati impiegati marionette e animatronics successivamente “aumentati” attraverso l’uso di CGI.<sup>66</sup>

## On Set Pre-Viz

Grazie ai recenti avanzamenti tecnologici in termini di real time rendering (oggi disponibile sul mercato sotto il marchio nVidia RTX) è possibile previsualizzare sul set, durante le riprese, importanti porzioni degli effetti digitali, consentendo all’intera crew di svolgere un migliore lavoro grazie all’abilità di prevedere il risultato finale.

Le ragioni dietro a questa scelta sono, come in diversi altri casi in questo particolare workflow, di natura economica: è infatti possibile ridurre gli sprechi di tempo, e conseguentemente denaro. Nello specifico, i

---

<sup>65</sup> Paul Debevec, “Photoreal Digital Humans and The Promise of VR”, *View 2018*, Torino

<sup>66</sup> Glen McIntosh, “From Puppets to Pixels: Bringing The Dinosaurs of Fallen Kingdom To Life”, *View 2018*, Torino

cameraman sono in grado di comporre la scena visualizzando le proporzioni di eventuali elementi CGI.

Un esempio pratico lo si ha nel caso di “Avengers: Infinity War”.

Fra i personaggi inclusi in questo blockbuster disneyano spicca Thanos, l'antagonista della pellicola, alto 2,5 metri realizzato completamente in CG.

Grazie alle moderne tecnologie di on set pre-viz, i cameraman e tutti i membri della crew con accesso a un monitor hanno potuto vedere le dimensioni finali del personaggio sovrimposte alle umane dimensioni dell'attore che lo interpretava, ottimizzando i tempi delle riprese.<sup>67</sup>

Per utilizzare queste tecnologie, è necessario tuttavia installare equipaggiamento aggiuntivo direttamente sulla camera principale, permettendo il tracking in tempo reale della posizione della lente. Un possibile sviluppo futuro potrebbe essere l'implementazione del camera-tracking direttamente all'interno del corpo macchina.<sup>68</sup>

## Ingestione File e Backup

Su base giornaliera, il girato viene archiviato e duplicato almeno una volta; idealmente, lo stoccaggio avviene in appositi server con architettura RAID (Redundant Array of Inexpensive Drives) fisicamente posizionati in luoghi separati, al fine di scongiurare ogni possibile tipo di perdita di dati.

Oggi, nell'era digitale, la gestione del girato risulta notevolmente più semplice, consentendo backup frequenti e rapidi, tuttavia, alcuni registi come ad esempio Christopher Nolan utilizzano ancora la pellicola per una scelta artistica. In questi casi, sono necessari appositi scanner per digitalizzare i fotogrammi, che verranno infine elaborati attraverso il medesimo processo di post processing utilizzato per il footage digitale.

---

<sup>67</sup> Matt Aitken, “Avengers: Infinity War”, *View 2018*, Torino

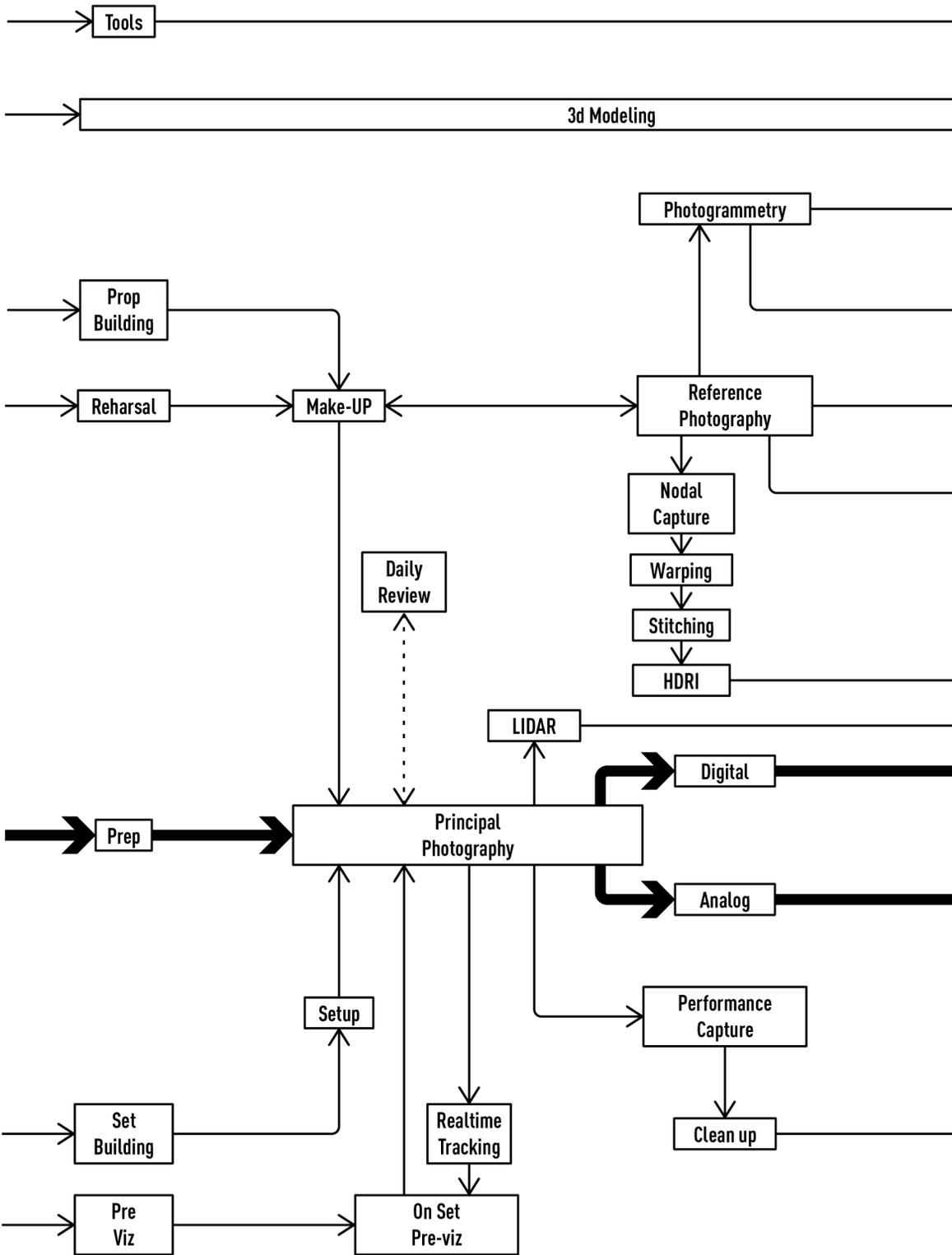
<sup>68</sup> Prof. Juri Stanossek, Heiko Burkardsmaier, “Virtual Production with NCAM for the Creation of Large Digital Environments”, *View 2018*, Torino

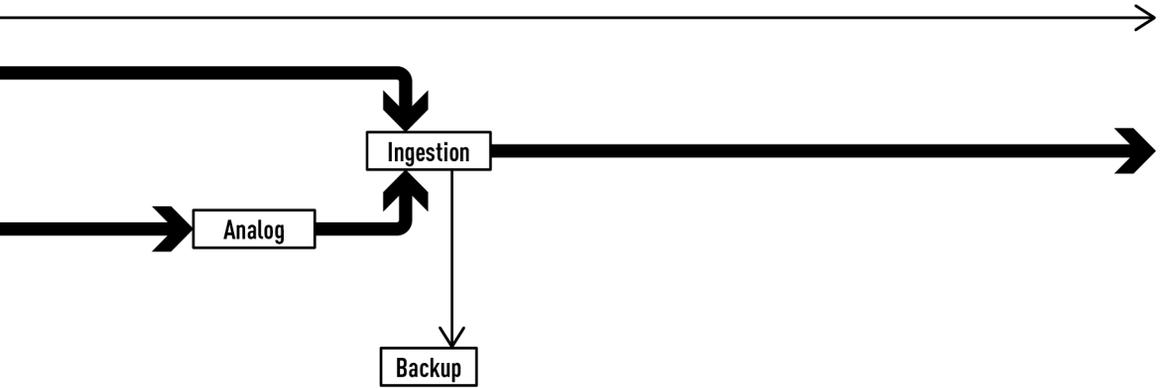
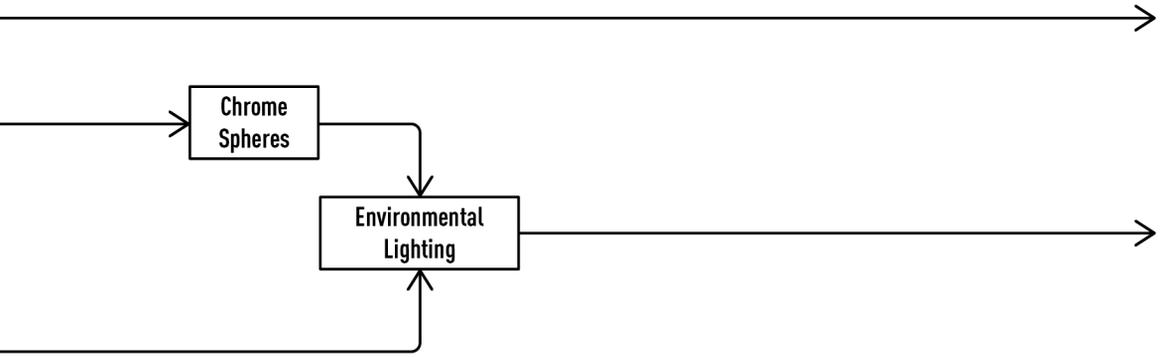
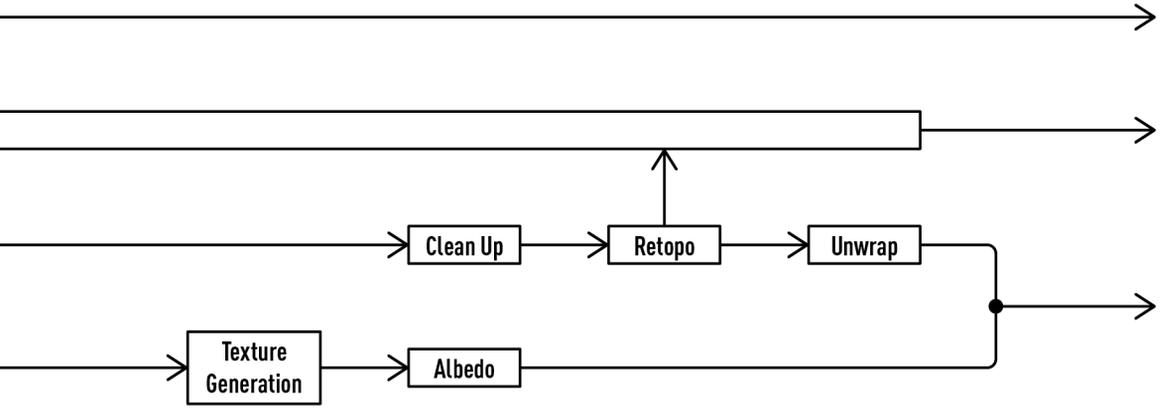
Ogni sera, concluse le riprese, l'esecutivo si ritrova in appositi spazi allestiti alla proiezione per revisionare il lavoro svolto durante il giorno, verificandone la qualità e organizzando eventuali reshoot.<sup>69</sup>

---

<sup>69</sup> Renee Dunlop, "Interlude: Mitigating Risk Through Regular Maintenance and Disaster Planning", in *Production Pipeline Fundamentals for Film and Games*, ed. Renee Dunlop (Focal Press, 2015), pag. 145 - 149







# Post-Produzione

---

La terza e ultima fase del processo di realizzazione di un film è la post-produzione.

Essa consiste nell'insieme di operazioni che vengono effettuate sul materiale ottenuto durante la produzione fino alla distribuzione del prodotto finito.

La maggior parte delle fasi incluse in quella che in gergo viene definita semplicemente come post sono quasi totalmente a carico delle case di effetti visivi, e pertanto sono di particolare interesse per la presente ricerca.

La post-produzione è l'ultima opportunità che hanno i film maker per poter apportare modifiche alla pellicola, poiché una volta effettuata la release non sarà più possibile correggere eventuali errori o modificare il taglio del progetto, a meno che non venga rilasciata una versione speciale (Director's cut, Uncut, ecc), pratica peraltro abbastanza frequente nell'industria.

Nelle ultime decadi alcuni registi hanno sviluppato la cattiva abitudine di tralasciare importanti decisioni durante la produzione perché troppo sicuri dell'abilità degli artisti a loro disposizione.

Questo ha provocato la nascita della purtroppo famosa frase "Let's fix it in post" ritenuta una vera e propria minaccia per il settore degli effetti visivi poiché solitamente comporta una notevole mole di lavoro straordinario e superfluo, che in una produzione ben organizzata e attenta non sarebbe necessario.

Dettagli che i registi decidono di rimediare in post sono magari banali inconsistenze tra le scene o semplici disattenzioni nella disposizione delle prop spesso frutto di scarsa attenzione nelle fasi di pianificazione ed esecuzione.

Se nella produzione si ottiene il materiale necessario alla realizzazione del film, in post si realizza il prodotto finale; cancellare un progetto una volta

giunti a questo stadio comporterebbe una spettacolare perdita economica pertanto è estremamente raro che si giunga a una così drastica scelta.<sup>70</sup> Gli sforzi effettuati in fase di ricerca e sviluppo durante la pre-produzione danno i loro frutti durante queste ultime lavorazioni.

## Technical grading

Le operazioni di post consistono solitamente in un'elaborazione di tutte le riprese in maniera relativamente ripetitiva.

Il primo passaggio prima di poter mettere mano alle scene è quello del tech grading, che consente nella conversione del girato da uno spazio colore RAW a uno più idoneo alla proiezione e alla visione da parte dell'occhio umano.

Le telecamere professionali (digitali) utilizzano speciali formati proprietari per registrare il maggior numero di informazioni possibili sfruttando al massimo le capacità del sensore.

La sensibilità di questi componenti è solitamente uno dei fattori più influenti sul costo di una cinepresa.

Girare utilizzando queste codificazioni comporta file di dimensioni molto grandi che complicano le operazioni di ingestione, backup e stoccaggio del girato, tuttavia, consentono una maggiore libertà in fase di colorazione, dando ai coloristi un ampio margine operativo anche per quanto riguarda impostazioni di macchina come l'esposizione.

Questi formati risultano spesso in immagini desaturate e sgradevoli alla vista, che vengono elaborate in questa prima fase del processo di post produzione.

Appositi software di color grading vengono impiegati per “normalizzare” le immagini del progetto.

I programmi utilizzati sono in grado di preservare le informazioni originali nonostante la variazione dell'aspetto del girato, preservando la libertà di editing alla base della scelta del formato di ripresa.

---

<sup>70</sup> Renee Dunlop, “Post-Production in the Film Pipeline”, in *Production Pipeline Fundamentals for Film and Games*, ed. Renee Dunlop (Focal Press, 2015), pag.

Senza questo importante passaggio, sarebbe estremamente complesso per gli artisti realizzare immagini in grado di fondersi con accuratezza alle scene reali.<sup>71</sup>

## Tracking Match Move

Una volta normalizzate le riprese, vengono effettuate le operazioni di tracking e match move, che consistono nel tracciamento del movimento di alcuni dettagli o di alcuni marcatori appositamente posizionati nella composizione al fine di ricavare i movimenti di camera e degli oggetti all'interno della scena.

Queste lavorazioni sono spesso tediose e ripetitive, per questo motivo le case di effetti visivi tendono ad affidare queste mansioni a sedi secondarie collocate in paesi orientali, dove la manodopera ha un costo notevolmente inferiore.<sup>72</sup>

I dati ricavati dalle operazioni di tracking risulteranno di vitale importanza durante le fasi di animazione, rendering e compositing per far sì che la prospettiva delle immagini generate al computer corrisponda al girato vero e proprio.<sup>73</sup>

## Rigging e Animazione

Mentre team specializzati si occupano delle appena descritte operazioni di tech grading, tracking e match move, un altro team si occupa del rigging e dell'animazione di creature e oggetti digitali.

Il rigging consiste nella realizzazione di uno "scheletro virtuale" che stabilisca i gradi di libertà e i limiti del movimento di un asset virtuale. Durante questa fase è estremamente importante avere un'ottima conoscenza dell'anatomia umana e animale, in quanto nella maggior parte

---

<sup>71</sup> Visual Effects Society, "Post-Production/Image Manipulation", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 545 - 714

<sup>72</sup> Dan Glass, "Deadpool 2", *View 2018*, Torino

<sup>73</sup> Visual Effects Society, "Scene Tracking", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 689

dei casi è necessario imitare la natura per conferire i risultati più fotorealistici possibili.

Negli anni si sono sempre più evoluti gli algoritmi di simulazione del movimento, al punto di simulare strati sottocutanei, adipi e fasce muscolari, automatizzando gran parte della fase di animazione.

Asset opportunamente riggati possono essere animati direttamente con i dati ottenuti durante il motion capture con minime correzioni spesso dovute più a scelte artistiche che a questioni tecniche.

Scheletri ad hoc vengono realizzati anche per oggetti meccanici, al fine di offrire agli animatori strumenti di facile utilizzo per movimentare gli asset senza essere distratti dall'aspetto tecnico-matematico.<sup>74 75</sup>

## FX Simulations

Laddove necessario, vengono realizzate complesse simulazioni per implementare effetti quali fumo, fuoco, esplosioni, inondazioni, distruzione e simili.

Speciali strumenti sviluppati spesso a seconda della necessità vengono impiegati in questa fase, forse meno artistica delle altre e più scientifico-matematica.

La difficoltà incontrata dagli esperti, è quella di trovare la soluzione ideale a soddisfare le richieste estetiche del regista realizzando un tool di facile comprensione per coloro che si occuperanno di affinare le simulazioni sotto richiesta dell'esecutivo.

Questa fase della post produzione richiede spesso enormi sforzi computazionali costituendo un'enorme "barriera architettonica" per le piccole produzioni che non possono permettersi l'utilizzo di datacenter all'avanguardia.

---

<sup>74</sup> Nicholas B. Zeman, *Essential Skills in Character Rigging*, ed. A. K. Peters, (CRC Press, 2015)

<sup>75</sup> Visual Effects Society, "Rigging and Animation Rigging", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 726 - 731

Come accade anche per la modellazione, spesso i registi non comprendono l'enorme quantitativo di risorse necessario a modificare complesse simulazioni, spingendo spesso le case di effetti visivi a lavorare in condizioni estreme;<sup>76</sup> tra le cause che hanno portato al fallimento Rythm 'N Huges (di cui si è parlato nel capitolo Criticità) vi furono anche numerosi modifiche alle simulazioni di fluidi realizzate per l'oceano.

## Texturing

A seguito della modellazione dei vari asset, si procede con la realizzazione delle texture.

Le fasi di texturing consistono nella replicazione di determinati materiali, affidandosi alle fotografie di reference scattate o salvate in fase di pre produzione e produzione, oltre che la realizzazione di dettagli su misura per finalizzare l'aspetto dei modelli.

Per controllare i vari parametri del materiale, quali ruvidità, specularità, trasparenza e così via, vengono realizzate diverse “mappe” che consistono in immagini in bianco e nero che il software è in grado di interpretare come valori positivi neutri o negativi.

Nel caso di modelli ottenuti tramite il processo di fotogrammetria, non è necessario realizzare texture da zero, poiché nel processo di digitalizzazione vengono anche catturate le informazioni di colore con estrema risoluzione.<sup>77</sup>

---

<sup>76</sup> Visual Effects Society, “Dynamics and Simulation”, in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 771 - 775

<sup>77</sup> Visual Effects Society, “Texturing and Surfacing”, in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 734 - 745

## Lighting e Rendering

Una volta consolidati gli asset, le simulazioni e le animazioni, si passa alla fase di lighting e rendering.

Il lighting consiste nello sviluppo di shader (algoritmi di calcolo del comportamento all'esposizione alla luce) e nell'affinamento del look definitivo degli elementi digitali.

Questo significa spesso raggiungere risultati più vicini possibile al fotorealismo (a meno che una scelta artistica non richieda l'opposto) facendo riferimento al materiale raccolto durante la produzione.

Studi appostiti sul comportamento di determinati materiali possono essere necessari per ottenere un look perfetto.

Oltre allo sviluppo degli shader, la fase di lighting prevede la realizzazione di setup di illuminazione virtuali in grado di sposarsi alla perfezione con il girato.

Le immagini ad alta gamma dinamica catturate sul set vengono impiegate per ricreare le stesse condizioni illuminative tecniche avute in ripresa, garantendo una corrispondenza perfetta.<sup>78</sup>

Per quanto riguarda il rendering, lo standard di settore prevede l'utilizzo di una tecnologia chiamata raytracing.

In maniera sintetica, il raytracing non è altro che un calcolo matematico svolto da potenti computer per simulare il comportamento di un raggio luminoso all'interno dello spazio virtuale: calcolando i vari rimbalzi che il raggio esegue su diversi tipi di superfici, il software è in grado di determinare il colore di ogni singolo pixel, fino all'ottenimento di un'immagine completa.

Le compagnie più all'avanguardia fanno uso di algoritmi multispettrali, che non solo sono in grado di prevedere il comportamento di un raggio, ma sono bensì capaci di simulare il fenomeno di diffrazione calcolando i

---

<sup>78</sup> Bart, "How to Create Your Own HDR Environment Maps", *Blender Nation*, 2016, <https://www.blendernation.com/2016/04/06/create-hdr-environment-maps/>

rimbalzi di ogni lunghezza d'onda facente parte dello spettro del visibile, conferendo risultati di incredibile realismo.<sup>79</sup>

Le operazioni di rendering vengono spesso completate in lassi di tempo estremamente lunghi, a volte corrispondenti a centinaia di ore di calcolo per un singolo frame, sono pertanto affidate a potenti cluster di nodi in grado di distribuire il lavoro su un'ampia rete di macchine.

Per facilitare le operazioni di compositing, i vari elementi che compongono una scena vengono renderizzati separatamente, secondo un processo chiamato rendering multi passo.<sup>80</sup>

I requisiti di spazio di archiviazione dei fotogrammi completati sono estremi, nella maggior parte delle produzioni hollywoodiane della nostra decade, il peso complessivo dei frame si avvicina o addirittura supera il PetaByte.<sup>81</sup>

## Compositing

Una volta realizzati e ottenuti tutti gli elementi necessari a comporre l'immagine finale, si procede con le operazioni di compositing. Questa fase consiste nella sovrapposizione dei vari componenti con tecniche simili a quelle del mondo del fotoritocco.

I vari livelli ottenuti con le operazioni di rendering multi passo vengono unificati mantenendo la massima editabilità possibile, al fine di scongiurare eventuali ricalcoli che risulterebbero in spese aggiuntive non previste.

Il compositing è la prima forma di effetto visivo a fare la sua comparsa nella storia del cinema: sin dai tempi di Melies l'unione di più riprese ha consentito di creare immagini incredibili che hanno catturato l'interesse del pubblico.

---

<sup>79</sup> Don Greenberg, "VIRTUAL REALITY: Light, Color & the Human Visual System", *View 2018*, Torino

<sup>80</sup> Visual Effects Society, "Digital Lighting - Andrew Whitehurst", in *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015), pag. 784 - 805

<sup>81</sup> Geoffrey Baumann, "The Visual Effect and Collaboration Behind Black Panther", *View 2018*, Torino

Oggi il compositing avviene in 2.5D, tenendo conto dei dati di tracciamento dei movimenti di camera.<sup>82</sup>

## Final Grade

L'ultimo passo prima di diffondere il prodotto finito attraverso i canali di distribuzione prescelti, è il color grading.

A differenza della prima fase di tech grading, in quest'ultima operazione si da un vero e proprio tono artistico alle immagini, che vengono colorate al fine di conferire particolari emozioni o sposarsi con un determinato contesto narrativo.

Le informazioni delle immagini, preservate grazie ad un attento lavoro di tech grading vengono riprese e sfruttate per effettuare precise correzioni al tono, alla saturazione e alla luminosità della composizione finale.<sup>83</sup>

Con la conclusione di questo ultimo importante passo del processo di produzione di un titolo per il grande cinema, si procede alla distribuzione nelle sale di tutto il mondo, seguita dalla release sui vari supporti ad alta definizione e sui servizi di noleggio e consumo online.

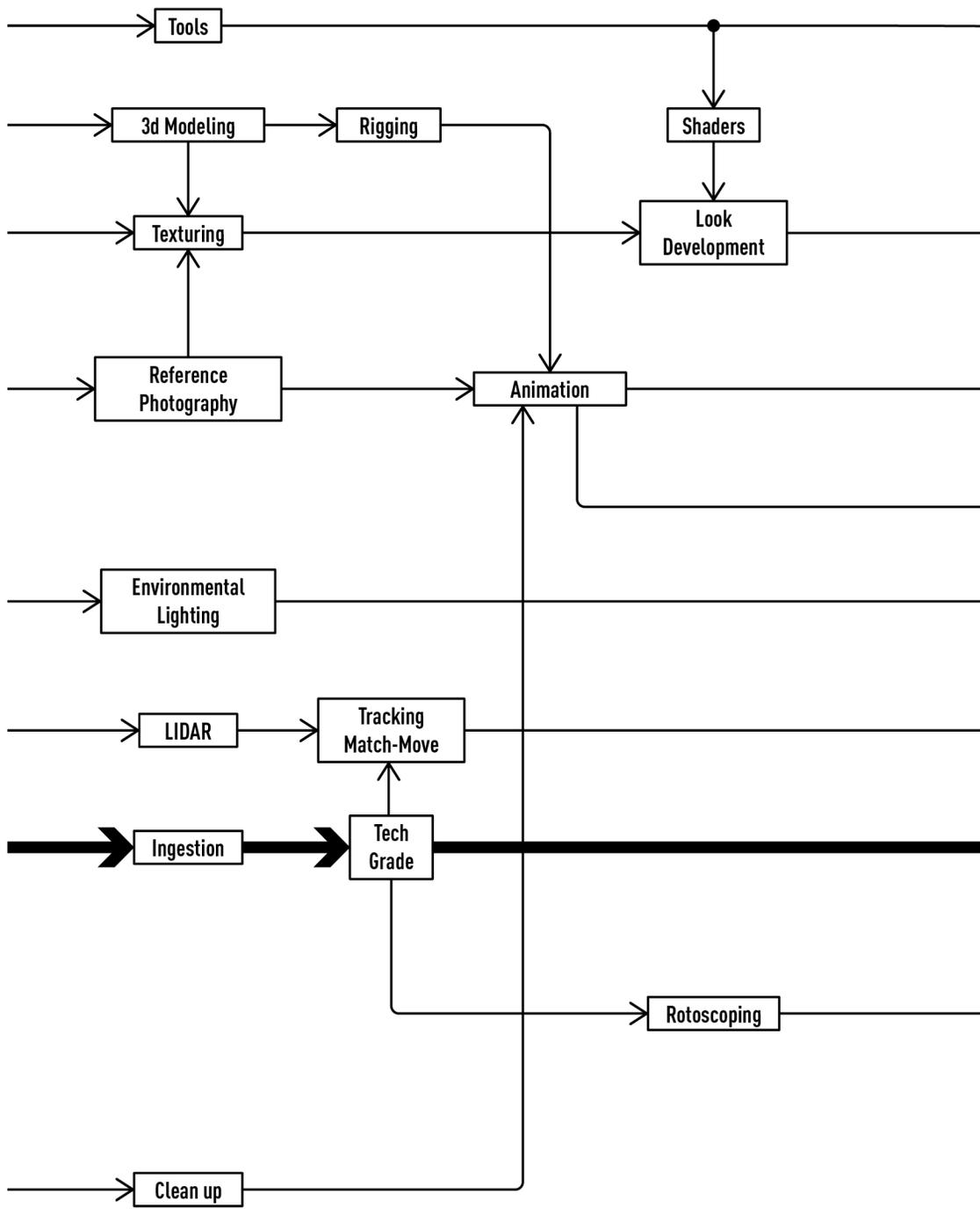
Nonostante le apparenze, l'industria del cinema non è un sistema chiuso, fa anzi parte di un sistema estremamente ampio che include l'intera industria dell'intrattenimento, dal mondo del fumetto ai videogame, dai libri ai giocattoli, dai cimeli per i collezionisti al merchandise.

Non è raro che da un film si scateni un'intera catena di prodotti che vanno a sfociare nei più svariati settori o viceversa. Come anticipava Wagner più di un secolo fa, il cinema è l'arte che incorpora tutte le altre.

---

<sup>82</sup> Marino Guarnieri, "Post Production in 2D Animation", *View 2018*, Torino

<sup>83</sup> "One Light To Final Grade", *Finalcolor*, 2006, <http://www.finalcolor.com/one-light-to-final-grade/>





# Sistema VFX

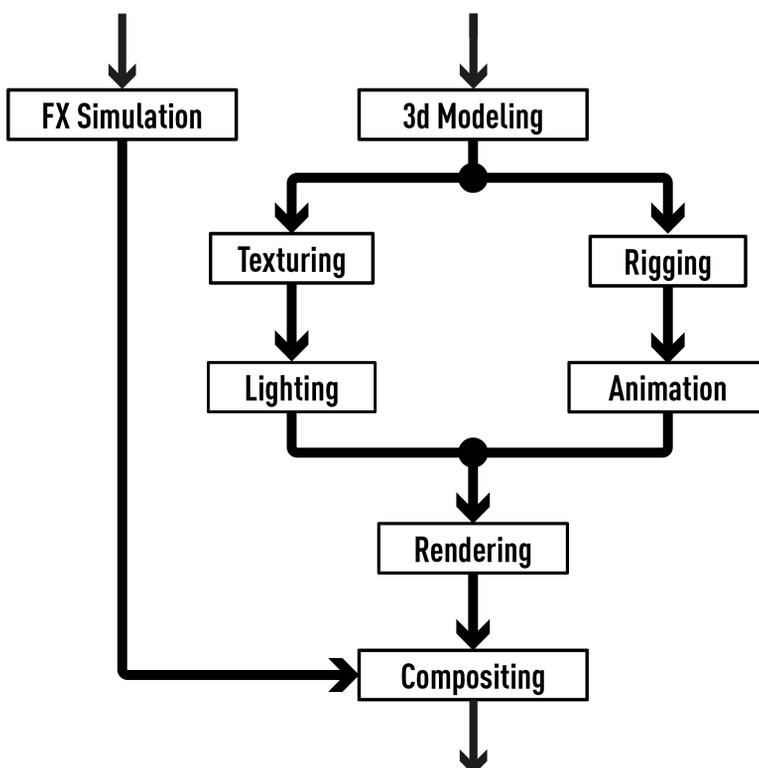
---

Sintetizzando quanto appreso nel capitolo precedente, è possibile definire un “Sistema VFX” che include le principali attività riguardanti il mondo degli effetti visivi.

Tutto ha inizio con la modellazione 3D, subito seguita dalle operazioni di texturing e rigging.

Ad queste fasi si susseguono rispettivamente il lighting e l’animazione, che convergono nelle operazioni di rendering, nelle quali convergono le simulazioni.

Il risultato del rendering passa quindi alla fase conclusiva di compositing.



Per ognuno di questi passi, è possibile individuare tecnologie emergenti dedite alla riduzione del tempo impiegato per lo svolgimento di tali compiti:

- Modellazione e texturing. Per queste due attività si la tecnologia di digitalizzazione della fotogrammetria;
- Lighting. La cattura dell'illuminazione dal mondo reale riduce notevolmente il tempo e lo sforzo.
- Rigging e animazione. Facilitati ormai da diversi anni dal motion capture e dal performance capture;
- Rendering. Recenti studi convergono gli sforzi progettuali verso il mondo del cloud rendering.

Nel caso del motion capture, le più moderne tecnologie sfruttano complessi algoritmi di machine learning per automatizzare il processo di retargeting e clean up dei dati raccolti, mentre a bloccare lo sviluppo di sistemi di rendering peer to peer vi è un limite di sicurezza: al momento non esistono tecnologie in grado di garantire la segretezza di moli di dati tanto vaste durante il trasferimento da un nodo all'altro.

Lo sviluppo di progetti focalizzati su queste aree dell'industria degli effetti visivi si distacca dal know-how e dalle competenze del designer, tuttavia, modellazione, texturing e lighting offrono interessanti opportunità progettuali dal punto di vista dell'hardware.

Si conclude pertanto l'analisi del workflow selezionando queste tre particolare fasi del processo produttivo come aree di intervento.

L'obiettivo finale di questa dissertazione, è quello di sviluppare quindi un'unica soluzione in grado di risolvere esigenze di queste tre aree.



## 5. Meta-Progetto

---

### L'onda Open

L'approccio Open Source è il cuore pulsante dell'universo creativo moderno e, recentemente, lo hanno capito anche i massimi esponenti dell'industria degli effetti visivi.

Per la prima volta nella storia, l'Academy of Motion Picture Arts and Sciences e la Linux Foundation hanno collaborato per lanciare la Academy Software Foundation (ASWF).

L'associazione si pone come obiettivo quello di incrementare quantità e qualità dei contributi al mondo open source per l'industria della creazione di contenuti e conta, fra i suoi ranghi, molti dei più grandi esperti di tecnologia, cinema e effetti speciali del mondo.

Da un punto di vista strategico, utilizzare un software open source da parte di un grande studio di VFX non è altro che la scelta più logica: ogni progetto richiede spesso soluzioni su misura, o modifiche al funzionamento dei programmi impiegati; la trasparenza dei software open source consente ai tecnici di plasmare gli strumenti con facilità e rapidità, contribuendo all'ecosistema open durante tale processo.

ASWF /\* ACADEMY  
SOFTWARE  
FOUNDATION

Tra i membri fondatori dell'ASWF si annoverano:

- Animal Logic
- Autodesk
- Blue Sky Studios
- Cisco
- DNEG
- DreamWorks
- Epic Games
- Foundry
- Google Cloud
- Intel
- SideFX
- Walt Disney Studios
- Walt Disney Animation Studios
- ILM
- Pixar Animation Studios
- Marvel Studios
- Weta Digital.

La presenza di quasi tutti i maggiori studi di animazione, VFX e case di produzione di videogame fa sì che l'organizzazione non sia monopolizzata da nessuna di queste compagnie, ma sia invece uno sforzo collettivo dell'intera industria dell'intrattenimento.

Tra i vantaggi che ASWF offre ai suoi membri, vi è una solida struttura organizzativa per la gestione del codice, che unisce le funzionalità della famosa piattaforma GitHub con l'esperienza sviluppati in anni di attività di Linux Foundation, per un risultato finale simile a quello utilizzato dall'appena citata organizzazione.

Per difendersi dai "Troll" (ovvero coloro che rubano un progetto open brevettandolo), l'associazione utilizza ancora una volta contromisure e infrastrutture sviluppate e rodiate dalla Linux Foundation, che in passato ha vinto numerose battaglie in questo campo.

ASWF utilizza un modello economico basato su "mecenati" che finanziano l'iniziativa senza un ritorno, in una vera e propria offerta al mondo dell'arte.

L'idea che ha portato alla nascita della Academy SoftWare Foundation nasce da un indagine svolta da alcuni dei membri fondatori riguardo la

diffusione e l'utilizzo di applicativi open ai vertici dell'industria dell'intrattenimento. Il risultato è un sorprendente 84% di compagnie che decidono di impiegare simili strumenti.<sup>84 85</sup>

Alla base della scelta di realizzare la presente dissertazione, vi è la passione per il cinema e per il mondo dell'intrattenimento e dello storytelling, ed è proprio per amore del cinema che si decide di sviluppare il progetto abbracciando la filosofia Open Source, nella speranza di contribuire in maniera positiva alla nascita di nuove storie e nuove immagini memorabili, come quelle che hanno definito l'odierna cultura popolare.

## Soluzioni Esistenti e Benchmarking

Per quanto riguarda la fotogrammetria, al momento della stesura di questo documento, non sono presenti soluzioni hardware sul mercato pensate per facilitare la fase di cattura delle immagini.

Esistono tuttavia 3 tecniche principali, ognuna con distintivi pro e contro e soprattutto con una sostanziale differenza di prezzo se comparata con le altre.

La più economica delle 3 consiste nel posizionamento dell'oggetto in una zona illuminata in maniera uniforme (possibilmente in una zona d'ombra se all'aperto) e prevede la cattura delle fotografie ruotando fisicamente attorno all'oggetto.

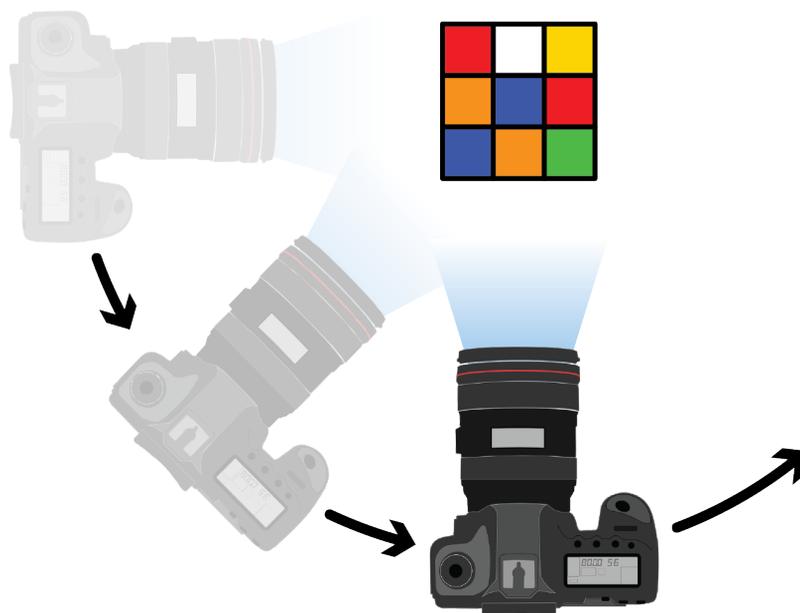
L'equipaggiamento necessario per utilizzare questa particolare tecnica consiste unicamente in una fotocamera di sufficiente qualità, supportata da un obiettivo professionale e da un monopiede (non fondamentale).

Il costo complessivo viene stimato sotto i € 1000.

---

<sup>84</sup> Academy Software Foundation, <https://www.aswf.io>

<sup>85</sup> Mike Seymour, "Open Source Academy Software Foundation", *FXGuide*, 2018, <https://www.fxguide.com/featured/open-source-academy-software-foundation/>



I pro e i contro di questo primo metodo sono i seguenti.

Pro:

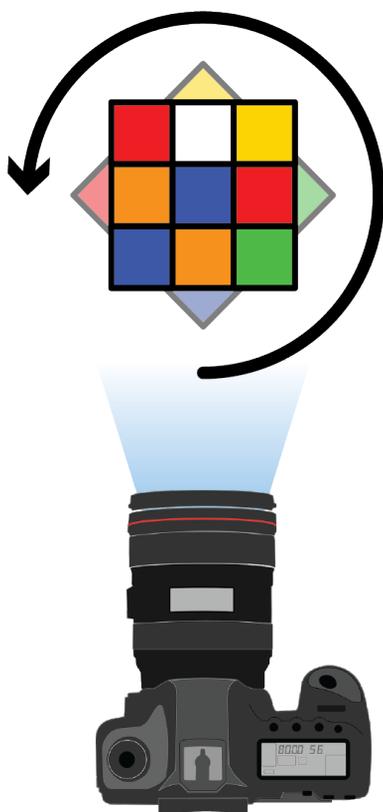
- Brevissimo tempo di set-up: in pochi minuti si posiziona l'oggetto e si procede direttamente con la fase di fotografia;
- Prezzo accessibile: come già detto, non si prevedono costi aggiuntivi al di fuori dell'equipaggiamento base;

Contro:

- Qualità non sempre elevata: sebbene questa tecnica sia l'unica alternativa possibile per la scansione di oggetti di grandissime dimensioni (case, paesaggi), sulle piccole dimensioni si ottengono risultati inconsistenti;
- Scarsa ripetibilità degli scatti: Non avendo un supporto di riferimento è praticamente impossibile riscattare eventuali scatti mal riusciti;
- Scarso controllo delle condizioni di illuminazione: ci si affida praticamente alle condizioni meteorologiche;
- Tempi di cattura lunghi: l'operatore deve spostarsi fisicamente dopo ogni scatto;
- Tempi di post processing più lunghi: per ottenere risultati decenti è spesso necessario lo scontornamento di ognuna delle fotografie scattate, processo che va effettuato manualmente.

Una seconda alternativa è quella di posizionare l'oggetto su una base rotante, che consenta di mantenere la fotocamera in posizione fissa, garantendo un maggiore consistenza e ripetibilità degli scatti. È inoltre possibile installare l'intero set-up all'interno di uno studio fotografico, consentendo il totale controllo delle condizioni di illuminazione.

Il costo dell'equipaggiamento necessario è leggermente più alto di quello discusso precedentemente, si stima infatti un addizionale € 500 per l'acquisto delle luci, dei diffusori, di un fondale, di un buon treppiede e di un piatto rotante.



I pro e i contro sono i seguenti:

Pro:

- Ripetibilità: è possibile catturare le stesse fotografie più volte;
- Controllo della luce: grazie all'equipaggiamento e alla disposizione degli elementi è possibile controllare in maniera totale le condizioni di illuminazione;
- Tempi di post processing brevi: il processo di fotogrammetria ignora gli elementi statici che si ripetono di fotografia in fotografia e pertanto non è necessario scontornare gli scatti;
- Prezzo accessibile: il costo dell'equipaggiamento è simile a quello della tecnica più basilare.

Contro:

- Tediosità: il processo di fotografia è estremamente ripetitivo e costringe l'operatore a riarrangiare il piatto rotante manualmente dopo ogni scatto;
- Tempi di cattura lunghi: il punto precedente comporta anche tempi di cattura simili alla prima tecnica descritta;

Una terza ed ultima tecnica è quella dello scatto simultaneo con più macchine fotografiche.

Questo metodo offre solitamente i risultati di più alta qualità grazie alla ripetibilità e alla rapidità delle operazioni, ma comporta costi estremamente elevati oltre che la realizzazione di un sistema ad hoc che limita l'utilizzo dell'equipaggiamento all'unica attività di fotogrammetria.

Si ritiene che un numero adeguato di scatti per la digitalizzazione di un oggetto di piccole o medie dimensioni sia di 96 fotografie, suddivise in 3 anelli di 32 immagini.

Per effettuare 96 scatti simultanei sono quindi necessarie altrettante fotocamere e altrettante lenti, senza dimenticare la serie di luci richiesta per offrire un'illuminazione uniforme a 360 gradi.

Il costo stimato supera i € 50'000.

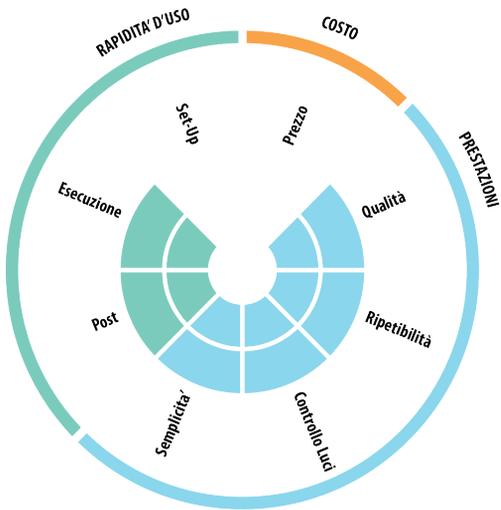
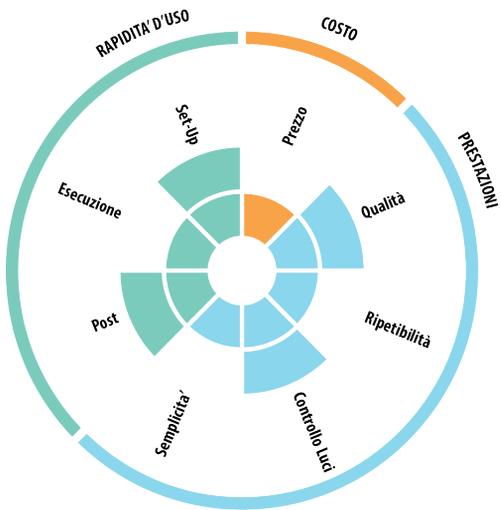
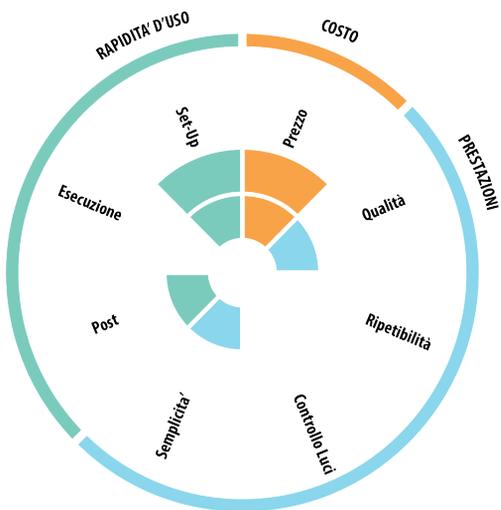


Pro:

- Tempi brevissimi di cattura: il tempo totale per lo scatto di tutte le immagini corrisponde al tempo di esposizione;
- Qualità superiore: questo metodo offre i risultati di maggiore qualità ed è la tecnica prescelta dai grandi studios;
- Massima ripetibilità: in meno di un secondo è possibile riscattare tutte le fotografie;

Contro:

- Costi elevati: il costo dell'equipaggiamento è estremamente più elevato di quello delle alternative precedentemente discusse;
- Elevati tempi di set-up: l'operatore deve tarare 96 fotocamere accertandosi che condividano le stesse impostazioni;
- Impossibilità di usare l'attrezzatura per altri scopi;



Per quanto riguarda la cattura di immagini HDR sferiche, esistono soluzioni commerciali che si suddividono in 2 principali categorie:

- Teste nodali passive;
- Teste nodali attive;

Una testa nodale è un dispositivo che consente di muovere una fotocamera facendo perno sul punto nodale, che è il punto in cui convergono i raggi luminosi ribaltando l'immagine.

Lo scopo di questi sistemi è quello di eliminare l'errore di parallasse che si forma ruotando una fotocamera su una comune testa da treppiede.

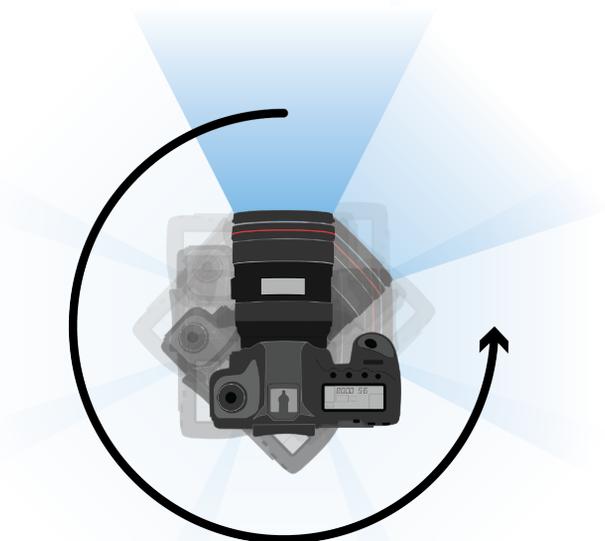


“Virtual Reality Panoramic Head”, *Manfrotto*, <https://www.manfrotto.us/virtual-reality-panoramic-head-w-multiple-sliding-plates>

Tutte le teste nodali in commercio offrono 2 gradi di libertà e il loro prezzo parte da € 150, per le varianti passive, e 10 volte superiore, € 1500, per i modelli attivi controllati elettronicamente.

La cattura di immagini sferiche utilizzando questi dispositivi garantisce risoluzioni elevatissime, poiché combina singoli scatti formando una grande immagine con proporzioni 2:1 che può anche superare il Gigapixel.

Il contro di questa tecnica è il tempo richiesto per catturare le fotografie, tempo di cui spesso non si dispone sul set cinematografico.



Esiste una soluzione per ridurre le tempistiche che consiste nel fotografare una sfera cromata, procedendo quindi a uno sviluppo in fase di post produzione che ricostruisce l'ambiente circostante utilizzando le riflessioni sulla sfera come materiale input.

Eseguendo questa tecnica, si sacrifica in maniera notevole la qualità del risultato finale, per questo motivo, le hdi catturate in questo modo vengono spesso utilizzate solamente come reference o come reflection map, in quanto la risoluzione è troppo bassa per usare le immagini come backdrop.



## **Tabelle Esigenziali**

Si pensa di riuscire a sviluppare un'unica soluzione in grado di soddisfare entrambe le esigenze della fotogrammetria e della fotografia sferica, di seguito, vengono riportate le tabelle esistenziali del progetto, realizzate con l'approccio appreso durante il corso di laurea triennale in industrial design del Politecnico di Torino:

<b>ESIGENZE</b>	<b>REQUISITI</b>
<b>FRUIBILITA'</b>	MULTIFUNZIONE: Una sola soluzione deve essere utilizzabile per entrambe le tecnologie analizzate in fase di metaprogetto.
	FOTOGRAFFIA: Il dispositivo deve poter posizionare con precisione un oggetto per acquisire il materiale necessario alla scansione.
	SCANSIONE AMBIENTALE: Si deve controllare una fotocamera in modo da catturare le immagini necessarie alla realizzazione di fotografie sferiche.
	CONTROLLO REMOTO: Si deve poter controllare le operazioni di scatto della fotocamera impiegata.
	SEMPLICITA' D'USO: Il prodotto deve semplificare entrambe le attività di fotoscansione e fotografia ambientale, alleviando il carico di lavoro del tecnico VFX.
<b>MONTAGGIO</b>	OPEN SOURCE: il progetto deve abbracciare la filosofia open.
	AUTOPRODUCIBILE: l'utente finale dev'essere in grado di realizzare il prodotto con semplicità e in tempi brevi.
	MODULARE: ogni progetto cinematografico ha particolari sfide da superare, l'oggetto deve potersi adattare alle varie esigenze.
	ADATTABILITA' A DIVERSO EQUIPAGGIAMENTO: Dev'essere possibile adattare con rapidità il sistema a diverse lenti.
<b>SICUREZZA</b>	SICUREZZA: Si devono evitare pericolosi voltaggi e correnti.
	PROTEZIONE DELL'EQUIPAGGIAMENTO: Ad ogni costo si deve scongiurare la possibilità di danneggiare i costosi dispositivi fotografici che possono essere installati.

<b>ESIGENZE</b>	<b>REQUISITI</b>
<b>EFFICIENZA</b>	QUALITA': Le immagini catturate devono permettere la realizzazione di asset di alto livello.
	VELOCITA': Il prodotto deve velocizzare il processo di acquisizione del materiale per realizzare modelli e HDRi.
	SILENZIOSITA': L'uso del dispositivo non deve disturbare l'ambiente lavorativo.
	POTENZA: Dev'essere possibile movimentare la maggior parte delle macchine fotografiche professionali.
<b>SOSTENIBILITA'</b>	DURABILITA': L'oggetto deve resistere all'ambiente del set cinematografico.
	ECONOMIA: I costi di realizzazione devono rimanere contenuti
	BASSO CONSUMO: Si deve contenere il consumo elettrico.
<b>GESTIONE</b>	TRASPORTABILITA': Il prodotto finito deve poter essere trasportato agevolmente assieme al resto dell'equipaggiamento fotografico.
	RIPARABILITA': Dev'essere possibile riparare il prodotto finito in tempi brevi e con semplicità.

## Campi di Applicazione

Il cinema non è tuttavia l'unico possibile campo di applicazione di queste tecnologie.

Per quanto riguarda la fotogrammetria, l'industria della produzione di videogame ne fa un sempre più largo utilizzo e si avvantaggia degli stessi benefici del cinema hollywoodiano.

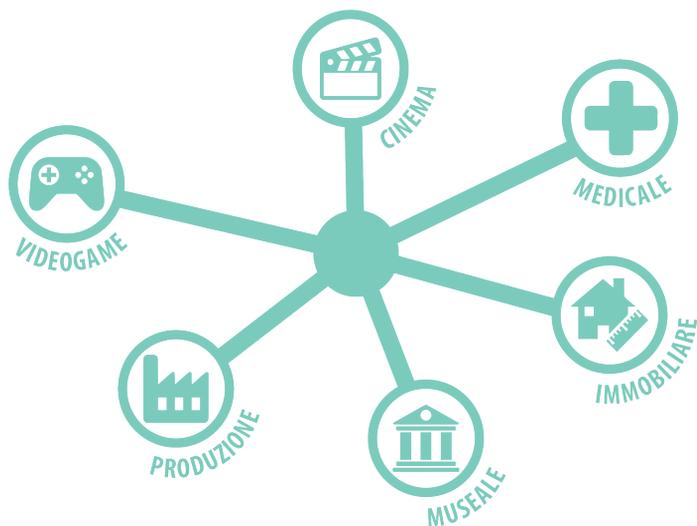
In ambito museale, la fotogrammetria è utilizzata per scagionare reperti in modo da ottenere un catalogo digitale che consenta di visionare gli oggetti a 360 gradi, con la possibilità di realizzare piattaforme digitali che ne consentano l'esplorazione da parte degli utenti.

In campo medicale, questa tecnologia sta iniziando ad essere impiegata per la creazione di protesi su misura che combacino alla perfezione le forme dei pazienti, fornendo una fedele replica dell'area interessata.

Entro certi limiti, la fotogrammetria può essere impiegata come strumento per replicare oggetti di cui non si ha il modello 3D originale, senza il bisogno di riprogettare a partire da zero.

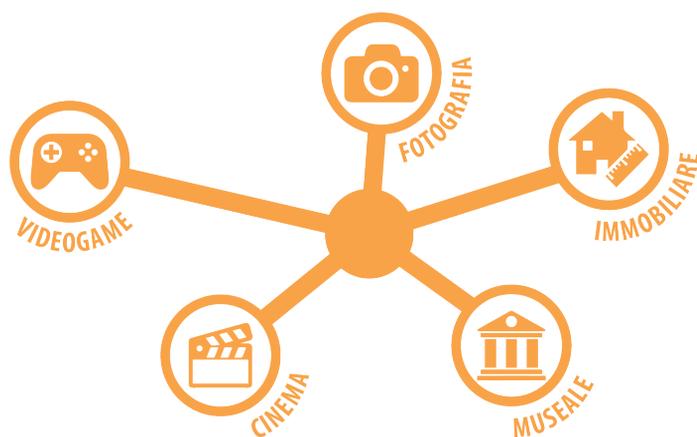
Un'altra tecnica di digitalizzazione, la fotogrammetria aerea, è ampiamente usata nel settore dell'edilizia e in architettura, tuttavia, vista la sostanziale differenza della scala, si esclude il campo d'applicazione per quanto riguarda la soluzione proposta in questo documento.

Per quanto riguarda le HDRi, anche in questo caso se ne fa un largo utilizzo in ambito museale, per le stesse ragioni discusse precedentemente.



Le tecniche utilizzate per la realizzazione di foto sferiche sono simili a quelle utilizzate dagli appassionati di fotografia paesaggistica per la realizzazione dei cosiddetti “gigapanorama”.

Nel settore immobiliare, la tecnologia di fotografia a 360 gradi viene utilizzata per fornire ai clienti una sorta di tour virtuale che gli consenta di visionare in remoto un appartamento, e simili soluzioni vengono utilizzate nel settore del turismo.



Sviluppando una soluzione in grado di svolgere la doppia funzionalità di fotografia sferica e fotogrammetria, si ha la possibilità di unire i campi di applicazione di entrambe le tecnologie in un unico, più ampio, scenario di utilizzo.



# 6. Progetto

---

## Scelta dei Componenti

Il primo requisito individuato è quello del preciso posizionamento di un oggetto, pertanto è necessario individuare la tecnologia di trasmissione del moto più idonea.

Come visto in fase di analisi delle tecnologie emergenti, sia per la fotogrammetria che per la cattura di foto sferiche è necessaria una movimento di tipo rotazionale.

Tra i dispositivi di trasmissione del moto rotatorio si considerano:

- 1 - motore DC
- 2 - motore DC con optoencoder
- 3 - motore passo-passo (stepper)

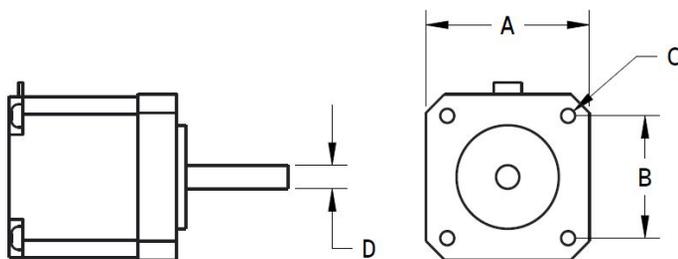
La prima alternativa è da scartare, poiché non vi è la possibilità di rilevare la posizione del rotore e pertanto risulta impossibile effettuare movimenti con precisione e ripetibilità.

La seconda alternativa prevede l'aggiunta di un encoder ottico (dispositivo che tramite l'uso di due o più fotocellule è in grado di rilevare la direzione di un movimento e l'estensione di quest'ultimo), consentendo quindi di individuare la posizione del rotore.

Anche in questo caso ci si trova costretti a scartare la tecnologia per via di un importante problematica: i motori elettrici, una volta eliminata l'alimentazione, non si fermano istantaneamente, per via dell'inerzia del rotore. Per accelerare il rallentamento è necessario implementare un circuito frenante ma, tuttavia, non si ha la precisione e la costanza richiesta dal progetto.

Rimane quindi l'ultima alternativa: l'utilizzo di un motore passo passo. I motori stepper si basano su una serie di bobine che alimentate in maniera alternata da un apposito circuito driver sono in grado di muovere in step predefiniti, garantendo un posizionamento preciso e ripetibile. Altro grande vantaggio di questo tipo di motore è la potenza di coppia che li caratterizza rispetto alle alternative menzionate pocanzi.

I motori stepper seguono uno standard di dimensionamento definito dalla National Electrical Manufacturers Association (NEMA), e vengono misurati utilizzando il sistema imperiale, nello specifico, si misura in pollici uno dei lati della base quadrata (ad esempio NEMA 23, che avrà un lato di 2,3 pollici).



SIZE	A	B	C	D (Dia)
NEMA 11	28.2	23	M2.5 Thread	5
NEMA 14	35.2	26	M3 Thread	5
NEMA 17	42.3	31	M3 Thread	5
NEMA 23	56.4	47.1	5.5 Dia	6.35
NEMA 34	86	69.6	5.5 Dia.	14
NEMA 42	110	89	8.5	19

<http://blog.inventables.com/p/stepper-motors.html>

Visto il requisito individuato di mantenere le dimensioni più compatte possibili (rendendo l'oggetto facilmente trasportabile in una comune borsa fotografica), si decide di utilizzare lo standard NEMA 17, che è anche il più diffuso e pertanto il più economico.

I motori di questa dimensione non hanno tuttavia una coppia sufficiente a movimentare una macchina fotografica professionale senza un apposito sistema di ingranaggi, e non possono pertanto essere utilizzati direttamente.

Visto il bisogno di progettare un sistema di riduzione, e considerate le dimensioni del componente, emerge la necessità di posizionare il NEMA 17 in maniera orizzontale, riducendo l'impronta verticale e di conseguenza le dimensioni finali dell'oggetto.

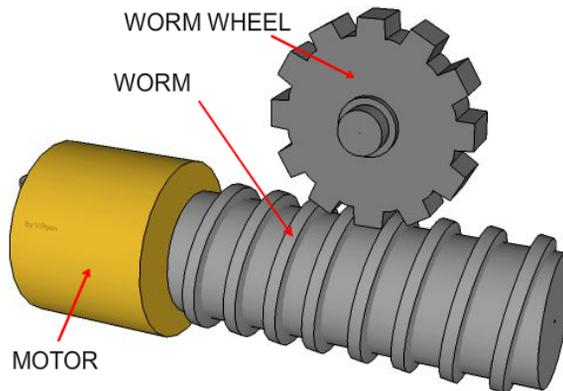
Per soddisfare il requisito di silenziosità, si prevede la necessità di un ammortizzatore che smorzi le vibrazioni imposte dal motore.

## Sistema di Riduzione

L'asse di rotazione di input e output del sistema formano un angolo di 90 gradi, è necessario quindi selezionare la trasmissione adatta a risolvere tale problema.

Per soddisfare contemporaneamente anche il requisito di autobloccaggio, che prevede l'impossibilità di ruotare oggetto o fotocamera involontariamente, la soluzione è unicamente quella di utilizzare un sistema ibrido di ingranaggi e viti senza fine.

Questo tipo di trasmissione è caratterizzata dai grandi rapporti che è in grado di formare oltre che dalla monodirezionalità del movimento, che può essere imposto solamente ruotando la vite senza fine.



V. Ryan, "Worm Gears", <http://www.technologystudent.com/gears1/worm1.htm>

Lato negativo di questo tipo di ingranaggi è la bassa efficienza, aggravata dalla texture rilasciata dal processo di stampa 3D, che può essere però compensata con la scelta di un rapporto di trasmissione sufficientemente elevato.

Per portare a coincidere l'asse di rotazione con il centro dell'oggetto, verrà quindi utilizzato una semplice coppia di ingranaggi cilindrici tale da ottenere il rapporto desiderato.

Il dimensionamento di questi componenti illustrato successivamente nella fase finale di progettazione.

## Progettazione per la Stampa 3D

La stampa a deposizione di filamento (FDM) è in grado di realizzare una varietà virtualmente illimitata di forme, tuttavia, è possibile progettare forme che ottimizzino i tempi e la qualità del risultato finale.

L'intero assieme dei componenti dev'essere progettato per essere stampato da una Pausa i3 o cloni.

Un aspetto fondamentale nel design di un oggetto pensato per la stampa 3D è la consapevolezza dei limiti e delle caratteristiche dello strumento, in particolare dal punto di vista dimensionale.

La maggior parte delle stampanti desktop disponibili sul mercato offre un'area di lavoro di circa 20x20x20cm, pertanto le dimensioni di ogni componente devono essere inferiori, nel nostro caso non si tratta di un limite particolarmente stringente, poiché il requisito di trasportabilità già imponeva un design di ridotte dimensioni.

Il diametro dell'estrusore (sul piano XY) è di 0.4mm, pertanto ogni parete e superficie dei componenti dev'essere progettata tenendo presente questa specifica e cercando di utilizzare dimensioni multiple di tale diametro, per garantire una maggiore qualità del prodotto finale.

Il movimento sull'asse Z viene effettuato attraverso un sistema di trasmissione vite-vite-madrevite con passo 8mm, questo significa che per ogni rivoluzione del motore passo passo collegato a tale asse, il piano di lavoro (o la testa nel caso di una i3) si alza o si abbassa di 8 millimetri. I motori utilizzati in una stampante desktop sono gli stessi che sono stati selezionati per la realizzazione di questo progetto, e la loro caratteristica principale è una risoluzione di 200 passi per rivoluzione, in altri termini 1,8 gradi.

Ora, questo limite può in realtà essere aggirato tramite l'utilizzo di una tecnologia chiamata microstepping.

Il microstepping consente in un'alimentazione parziale delle bobine che compongono un passo passo, al fine di ruotare il rotore di una frazione di passo, guadagnando risoluzione a discapito della coppia.

Per evitare problemi di precisione (è impossibile prevedere se la stampante che un utente utilizzerà faccia uso di microstepping o meno) è importante progettare tenendo presente la risoluzione verticale della stampante in modo da dimensionare ogni componente di conseguenza.

Su una Prusa i3, o clone, questo valore è facilmente calcolabile attraverso la seguente formula:

$$Z\_res = \text{passo\_Z} / \text{step}$$

ovvero

$$Z\_res = 8 / 200 = 0.04\text{mm}$$

Questo significa che la stampante è in grado di stampare layer di altezza 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24, 0.28, ecc

Visto il diametro dell'estrusore, si sceglie tuttavia di progettare per una risoluzione di 0.20mm, che comporta la maggiore adesione fra i layer, risultando in un risultato finale più solido.

Per quanto riguarda eventuali sottosquadri, è importante sapere che le stampanti FDM sono generalmente in grado di ottenere buoni risultati fino a 50 gradi, ma in particolari casi possono essere spinte oltre (filetti) assicurandosi che il proprio modello disponga di un sistema di raffreddamento del filamento adeguatamente potente.

Ci si impone, ai fini di progettare un oggetto che offra una piacevole esperienza di stampa, di realizzare componenti in modo che non richiedano l'utilizzo di materiale di supporto, e che siano pronti all'uso direttamente al termine del processo di stampa, senza operazioni aggiuntive.

In termini di materiale, i componenti del progetto si possono suddividere in 3 categorie:

- 1 - componenti strutturali (case, staffe, ecc);
- 2 - componenti in movimento (ingranaggi)
- 3 - smorzatori

Per quanto riguarda la prima categoria, è necessario selezionare un materiale che offra un'ottima rigidità e durabilità, si esclude pertanto il PLA, che nonostante sia noto per la sua rigidità si degrada nel tempo. L'ABS si presenta sulla carta come un materiale più idoneo, per via della maggiore resistenza e delle migliori caratteristiche meccaniche, tuttavia, i fumi generati in fase di stampa lo rendono un'alternativa poco allettante. Si considera quindi il PET, che offre caratteristiche simili a quelle dell'ABS senza i fumi tossici che ne caratterizzano la stampa.

Il PET-G è un materiale che, in termini di FDM, condivide la semplicità di utilizzo del tanto diffuso PLA.

In termini di rigidità non è il migliore dei filamenti a disposizione, tuttavia, la scienza dei materiali offre una soluzione che soddisfa tutti i requisiti del progetto: PET-C, ovvero PET con riempimento in carbonio, che si posiziona sulla vetta delle classifiche dei filamenti per stampa 3D per rigidità.

Per i componenti in movimento, è necessario selezionare un altro materiale, poiché il PET-C è caratterizzato da una notevole ruvidità della superficie che si traduce in un elevato attrito.

Se i requisiti sono resistenza meccanica e basso attrito, la soluzione è un'unica: Nylon.

Il nylon è un filamento relativamente recente nel mondo della stampa FDM che grazie alle sue proprietà igroscopiche garantisce una sorta di auto-lubrificazione che si presta alla perfezione per la realizzazione di ruote dentate.

La scelta è altrettanto semplice anche per gli smorzatori: esistono infatti filamenti flessibili in TPU che consentono di realizzare componenti gommosi.<sup>86</sup>

---

<sup>86</sup> "Ultimate 3D Printing Materials Guide", *Simplify3D*, <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/>

## Componenti



L'oggetto si presenta come un parallelepipedo a base quadrata, con un piatto circolare sulla parte superiore.

Sulla parte frontale è presente un pannello di controllo dove sono collocate tutte le connessioni del dispositivo, sulle pareti laterali sono presenti fori  $M_4$  per il montaggio di componenti aggiuntivi, così come sul piatto principale.

La configurazione mostrata nella figura a inizio paragrafo è predisposta per la funzionalità di fotogrammetria

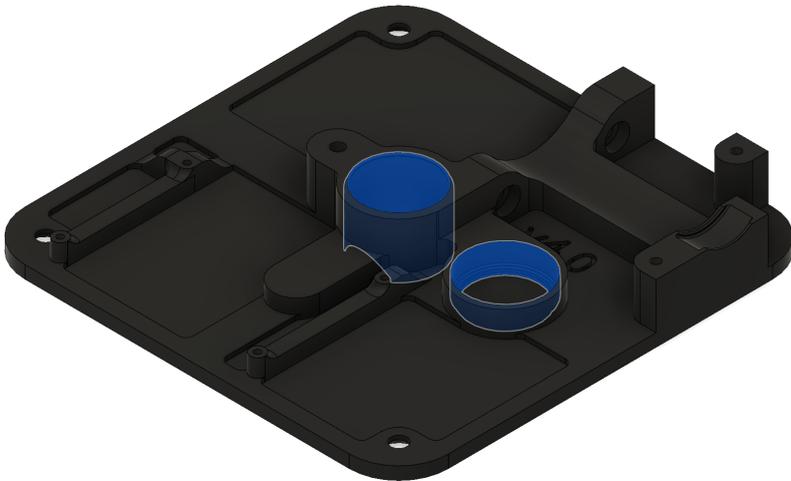
L'oggetto, nel suo complesso, è composto da 11 elementi realizzati per stampa FDM.

Ovviamente sono presenti anche componenti di altra natura, per una lista completa consultare le istruzioni di montaggio presenti nel capitolo 9.

## Base



L'intero dispositivo viene assemblato sulla *Base*, un elemento strutturale che costituisce la faccia inferiore del parallelepipedo. Su questo componente sono collocate diverse features di vitale importanza.



Bisogna prima di tutto menzionare gli alloggiamenti per i cuscinetti a sfera. Essi sono progettati con tolleranze tali da consentire un assemblaggio a incastro estremamente solido.

All'interno dei cuscinetti scorrono gli alberi di trasmissione del piatto principale e del sistema vite senza fine / ingranaggio.



Nell'immediata prossimità, è collocato lo scasso che consente il serraggio del grano posto all'interno del *Blocco*, descritto più avanti.



Su una solida parete spessa ben 9 millimetri sono collocati i punti di ancoraggio inferiori del motore passo-passo NEMA17.

Come in una macchina da corsa, il motore si comporta da elemento strutturale unendo le due metà dell'oggetto.

La scelta di utilizzare lo stepper per questo scopo deriva dalla costruzione metallica dello stesso, che offre una struttura molto più solida e stabile di quella in plastica del resto dei componenti.



In linea con il dettaglio appena scritto è presente l'alloggiamento per il cuscinetto a sfera utilizzato per l'asse del motore passo passo. L'alloggiamento presente sulla *Base* richiede l'installazione del *Bracket* per poter serrare il cuscinetto.



Posizionati in punti strategici sono presenti i fori M3 e M4 necessari per il fissaggio del componente appena citato. La collocazione di questi fori è stata studiata per conferire la massima solidità in collaborazione con il motore NEMA17. Idealmente, sarebbe stato preferibile utilizzare viti M4 in tutta la costruzione, vista la migliore presa sulla plastica diretta, tuttavia, si è stati costretti a selezionare componenti di diametro minore per limiti di spazio.



Se la parte posteriore dell'oggetto è stata dedicata all'alloggiamento dei componenti meccanici, nella sezione anteriore si colloca l'elettronica: sono infatti presenti i punti di ancoraggio della PCB.

Sulla scheda verrà installata la scheda Arduino utilizzata per controllare l'unità; l'utente dovrà collegare un cavo Mini-USB direttamente ad essa per comunicare con il dispositivo, pertanto sono stati progettati dei rinforzi su tutti gli assi per resistere alle forze impresse dal continuo inserimento e disinserimento del cavo.

I fori di montaggio della scheda elettronica sono M2.

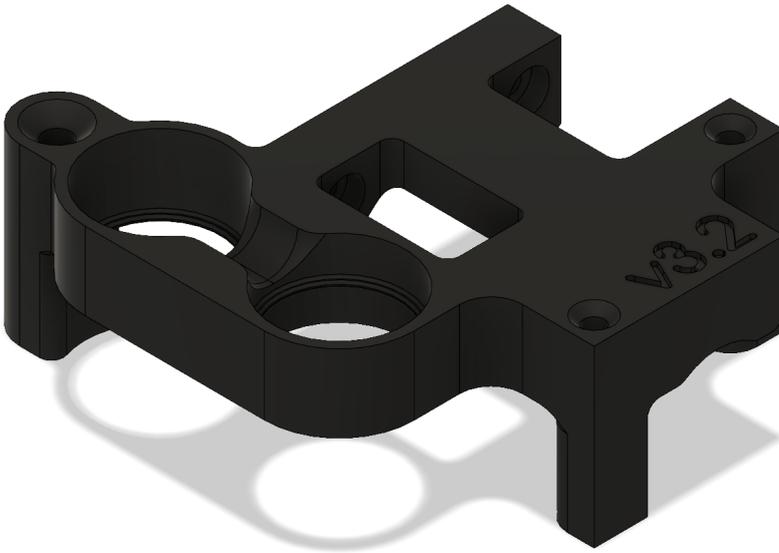


Ultimo dettaglio di questo primo componente descritto, è la marchiatura che indica la versione dell'elemento.

Progettare un oggetto con simili tolleranze e caratteristiche ha richiesto numerose iterazioni, la marchiatura risulta quindi fondamentale per identificare il design realizzato.

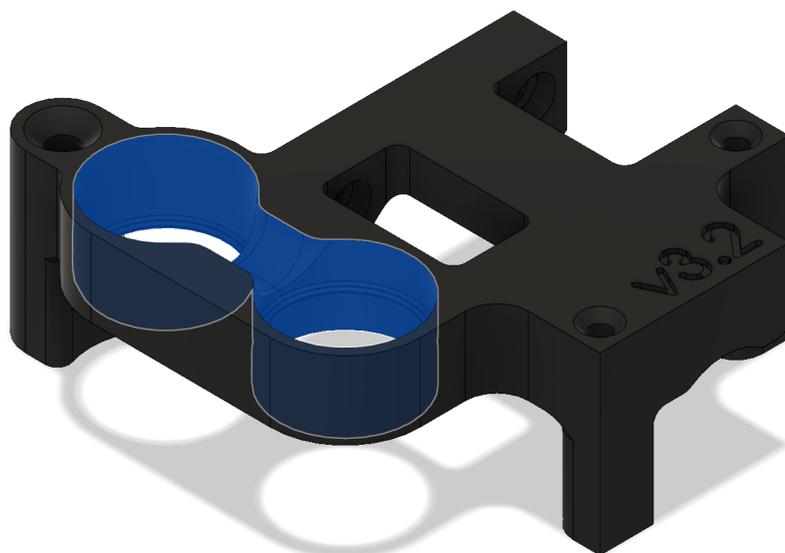
In un contesto Open dove l'utente finale può apportare modifiche al design, l'inserimento di tale dettaglio non può che essere consigliato.

## Bracket



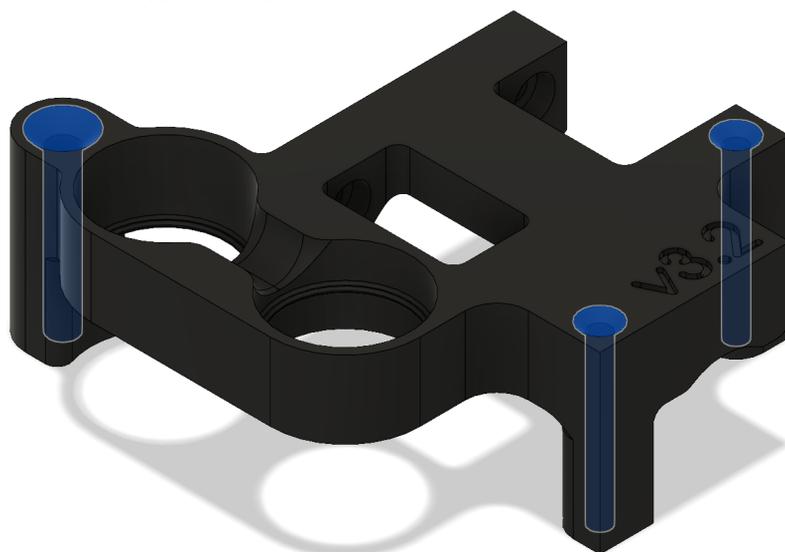
Il *Bracket* è il secondo e ultimo elemento strutturale del design, tutti gli altri componenti vengono installati attorno al solido assieme formato dalla *Base* e dal *Bracket*.

La scelta di dividere questi due elementi soddisfa il requisito di autoproducibilità e di riparabilità: è possibile sostituire questo elemento senza dover ristampare un componente di ben più grandi dimensioni, inoltre, il design del *Bracket* ne consente la realizzazione senza impiego di supporti, garantendo una piacevole esperienza di stampa.

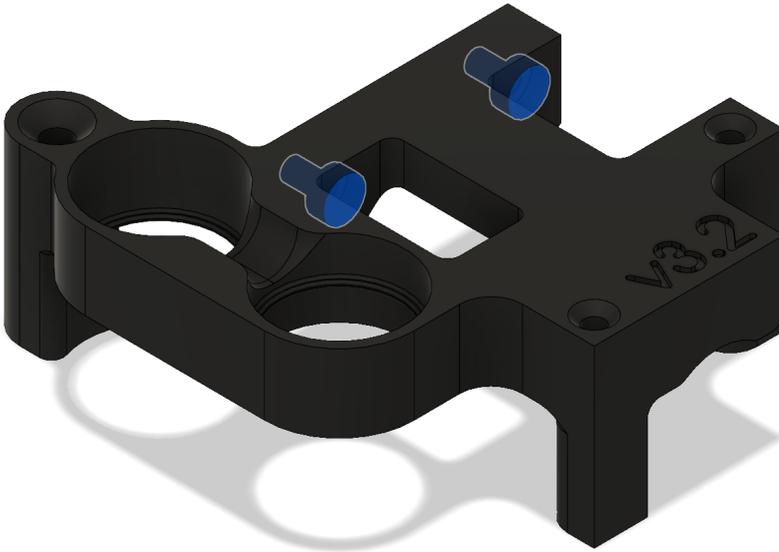


Sono subito individuabile gli alloggiamenti per i cuscinetti, che rispecchiano quelli collocati sulla *Base*.

A unirli vi è un canale necessario a consentire il passaggio degli strumenti per l'assemblaggio dell'oggetto.



I fori passanti per le viti di collegamento dei due elementi strutturali sono allineati con i rispettivi alloggiamenti nella *Base*, la testa è svasata per consentire l'installazione di un'altro elemento direttamente sopra il *Bracket*.



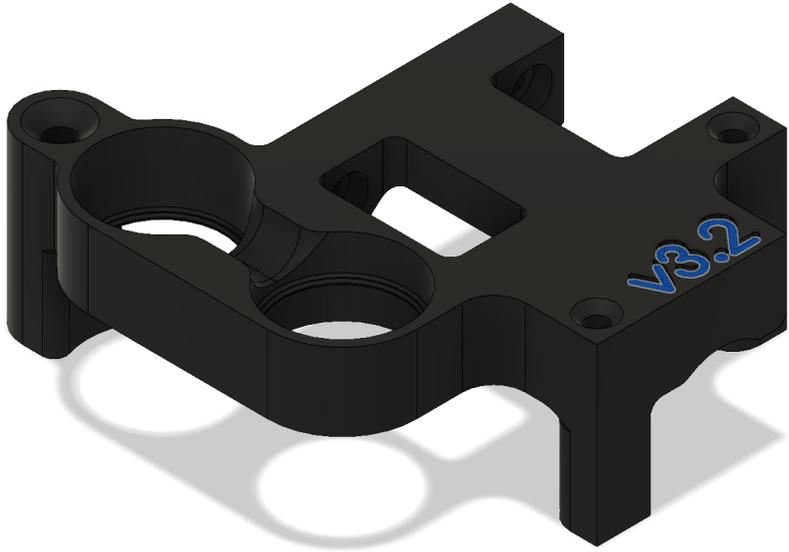
Si è proceduto quindi con il collocamento dei punti di ancoraggio superiori del motore NEMA17, che completano il sistema di fissaggio creando un elemento unico.



Le asole prossimi ai punti di ancoraggio svolgono 3 funzioni:

1. Come per lo scasso fra gli alloggiamenti dei cuscinetti, consentono il passaggio degli attrezzi di assemblaggio;
2. Alleggeriscono il componente rimuovendo importanti porzioni di materiale.

3. Irrobustiscono la stampa 3D (parzialmente cava) creando pareti verticali portanti che distribuiscono gli stress meccanici.



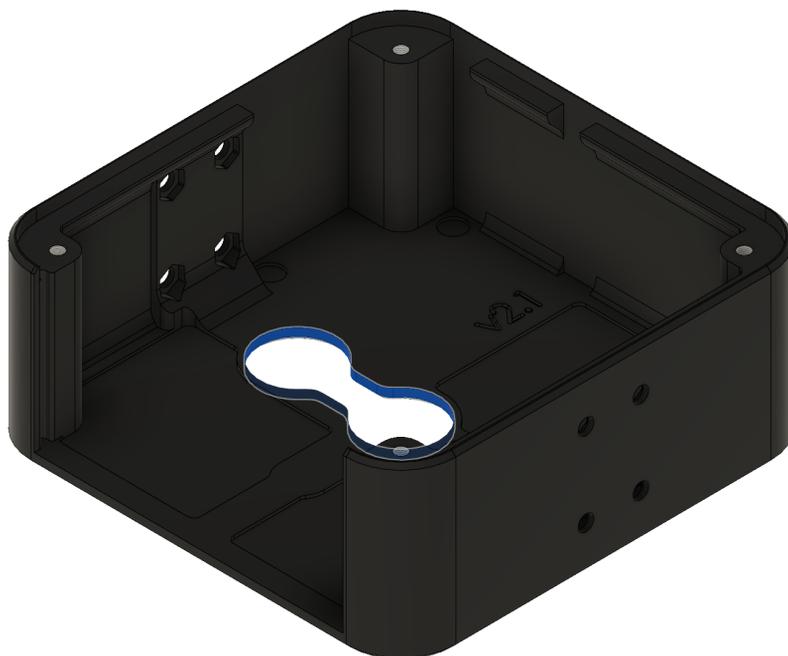
È infine visibile la marchiatura che indica la versione.  
Si può notare un diverso valore rispetto a quello dell'elemento precedente, questo perché ogni componente ha visto un processo di design dedicato. Ogni numero decimale (in questo caso il .2) indica una leggera modifica, mentre l'unità (3) indica una completa rivoluzione del design.

## Cover

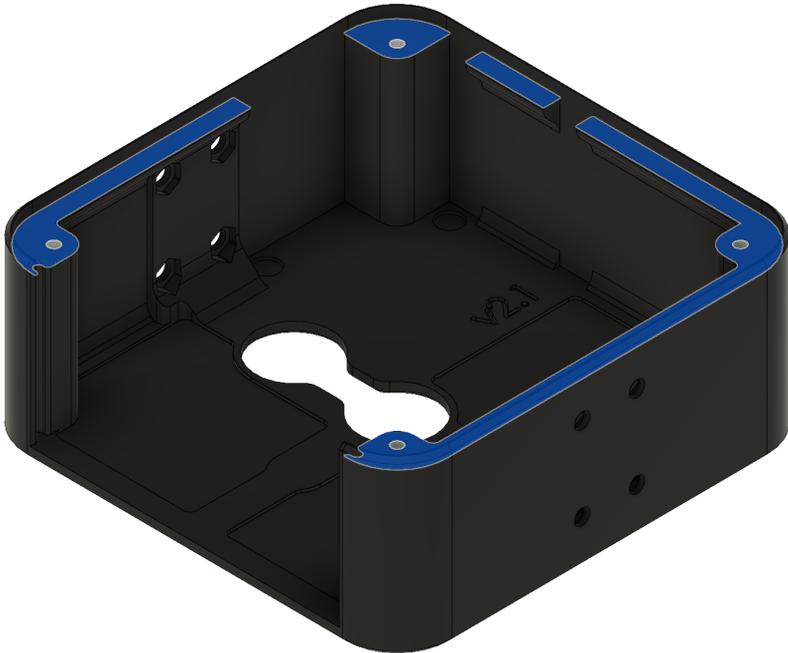


La *Cover* protegge i componenti interni e contribuisce più di ogni altro pezzo alla resa estetica del prodotto finito.

La maggior parte delle feature è collocata al suo interno, per mantenere un esterno liscio e pulito, pertanto, l'oggetto verrà rappresentato in vista dal basso da ora in avanti.



Al centro del componente è presente un'asola che combacia alla perfezione con la parte superiore del *Bracket*. Questo consente ai componenti meccanici interni di protrudere trasmettendo il moto dello stepper all'esterno dell'unità.

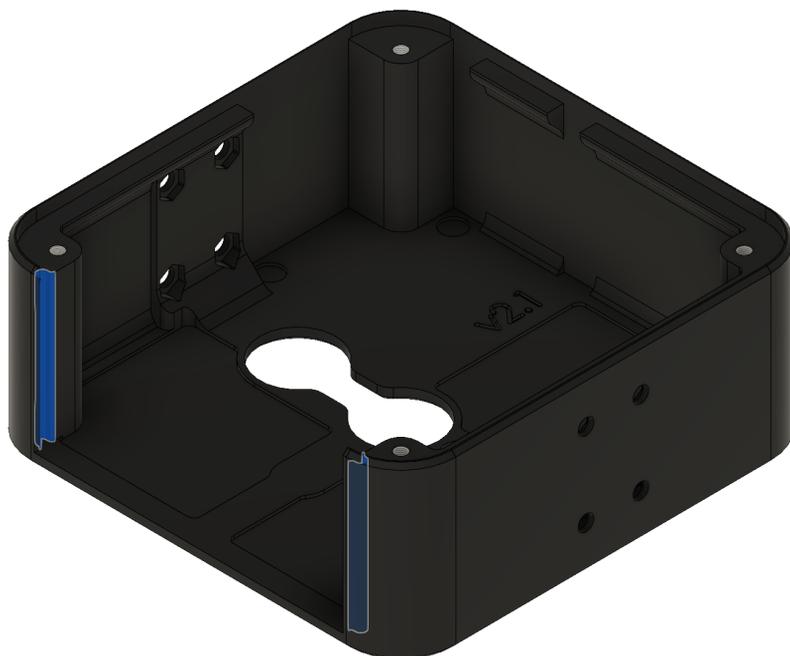


Su tutto il perimetro, è presente una superficie di contatto progettata per supportare la *Cover* una volta assemblata sulla *Base*.

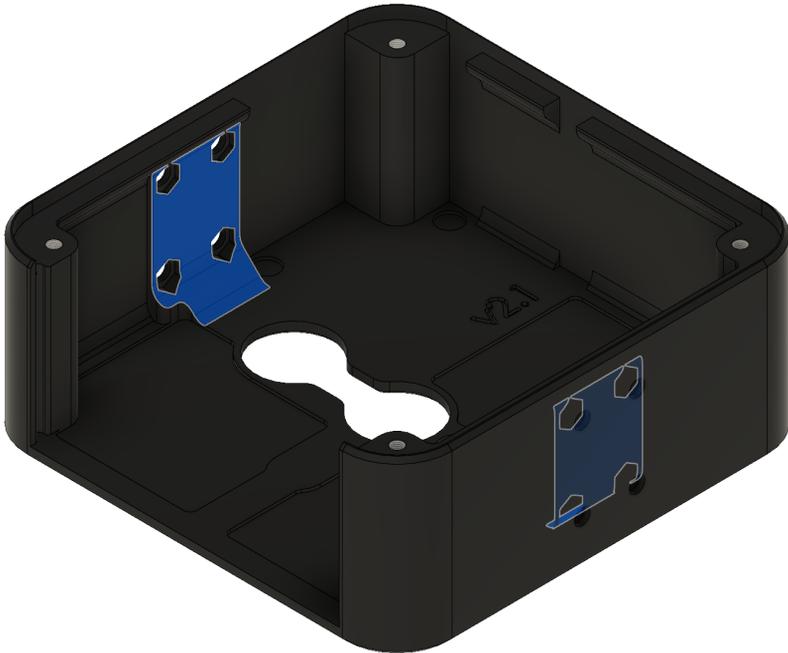
Il bordo è interrotto in alcuni punti per consentire il passaggio del *Bracket* in fase di chiusura.

Le zone circostanti i fori ciechi di montaggio M<sub>4</sub> sono stati particolarmente rinforzati.

Un piccolo labbro esterno è stato incluso per nascondere le giunture tra i componenti, offrendo un aspetto più pulito e piacevole.



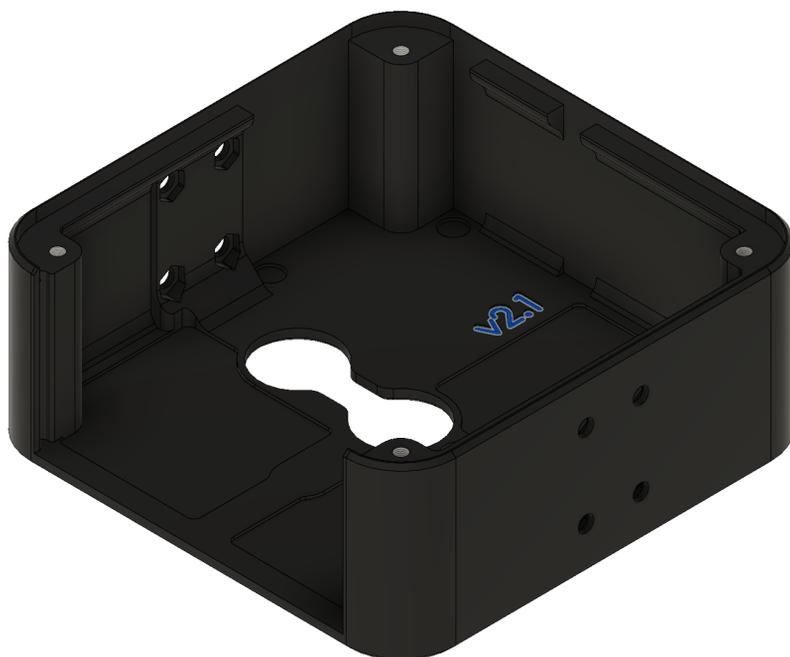
Sulla parte inferiore, è presente la sede per il *Pannello Frontale*.  
La stampa della *Cover* è uno dei processi più lunghi di tutta la realizzazione del dispositivo, separandola dal pannello frontale si permette all'utente finale di personalizzare la connettività risparmiando ore di stampa.



Sulle pareti laterali sono collocati dei robusti rinforzi con un totale di 8 alloggiamenti per dadi M<sub>4</sub>.

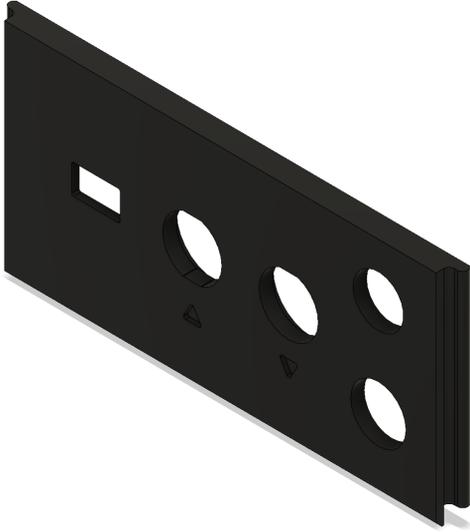
L'uso dei dadi consente un serraggio più solido e allevia il componente da notevoli stress meccanici.

Questi fori hanno lo scopo di consentire l'installazione di componenti aggiuntivi, soddisfacendo il requisito di modularità.



Si è infine posizionato l'ormai consueto marchio che indica la versione del design.

## Pannello Frontale

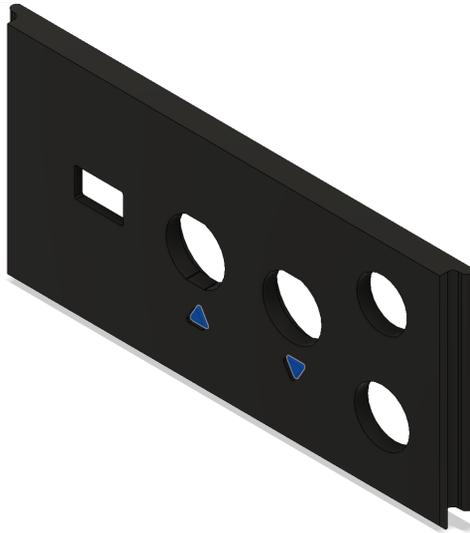


Il componente che completa il guscio esterno è il Pannello Frontale, che viene inserito per scorrimento nella Cover e che alloggia tutti i connettori necessari al device per offrire i servizi per cui è stato progettato.

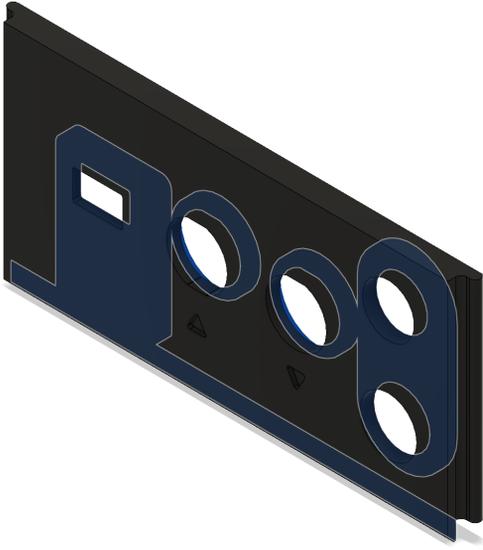


L'elemento non è altro che una semplice parete con diversi fori, ognuno appositamente progettato per consentire l'installazione di uno specifico connettore, da sinistra:

- Mini-USB: utilizzato per la comunicazione seriale con il computer di bordo, consente l'interazione utente / macchina;
- Connettore Aviazione 4 pin, Input: questo particolare plug (molto diffuso nell'industria del cinema per la sua robustezza) viene utilizzato per utilizzare il dispositivo in modalità "Slave" la ragione di ciò verrà meglio spiegata nelle pagine a venire;
- Connettore Aviazione 4 pin, Output: identico al plug appena descritto, viene usato per usare il device in modalità "Master";
- Jack 3,5mm: un comune connettore audio viene usato per collegare il *Modulo IR*, necessario al controllo remoto della fotocamera.
- DC Jack: per concludere si ha un comune plug per l'alimentazione del dispositivo. Si noti che in caso di modalità "Slave" il dispositivo viene alimentato in daisy-chain attraverso il plug 4 pin.



Per distinguere l'input dall'output sono stati realizzati due semplici pittogrammi in prossimità dei rispettivi connettori.



Per concludere, nella parete interna sono stati realizzati degli scassi in modo da ridurre lo spessore del componente laddove vengono serrati i connettori.

## Ingranaggio Vite Senza Fine



Si passa quindi alla descrizione del sistema di trasmissione, realizzato in filamento di Nylon per i motivi descritti nella sezione appositamente dedicata.

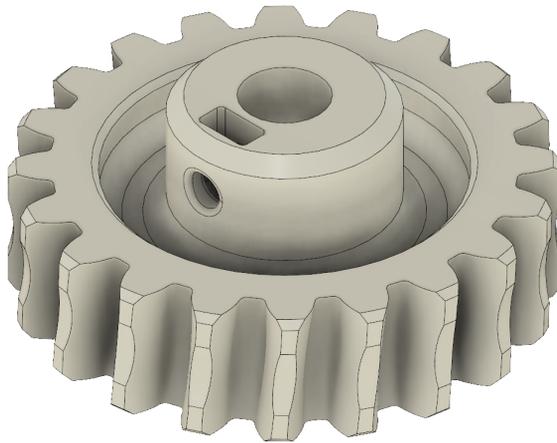
Il primo elemento è l'*Ingranaggio a Vite Senza Fine*, installato direttamente sull'albero motore.

Le due estremità presentano due fori, rispettivamente di 5 e 8 millimetri, per alloggiare l'asse del NEMA17 e una barra di supporto che ruota libera all'interno di un cuscinetto a sfera.

Su entrambe le estremità sono state realizzate delle sedi per dadi M3, consentendo l'uso di un grano a punta piatta per il bloccaggio dell'ingranaggio sui suoi assi.

Anche in questo caso, il componente è marchiato con il numero identificativo della versione.

## **Ingranaggio Elicoidale**



Il successivo componente del sistema di trasmissione è l'*Ingranaggio Elicoidale* complementare alla vite senza fine.

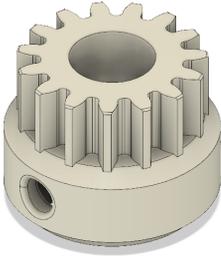
La ruota dentata conta 20 denti, generando un rapporto di trasmissione unidirezionale di 20:1.

Sono stati realizzati dei tagli di alleggerimento ed è stato impiegato lo stesso sistema di fissaggio con grano introdotto per l'*Ingranaggio Vite Senza Fine*.

Il componente presenta un collo asimmetrico progettato per garantire la centratura dell'elemento nella sua sede, oltre che per consentire il passaggio degli strumenti necessari a serrare il grano di bloccaggio.

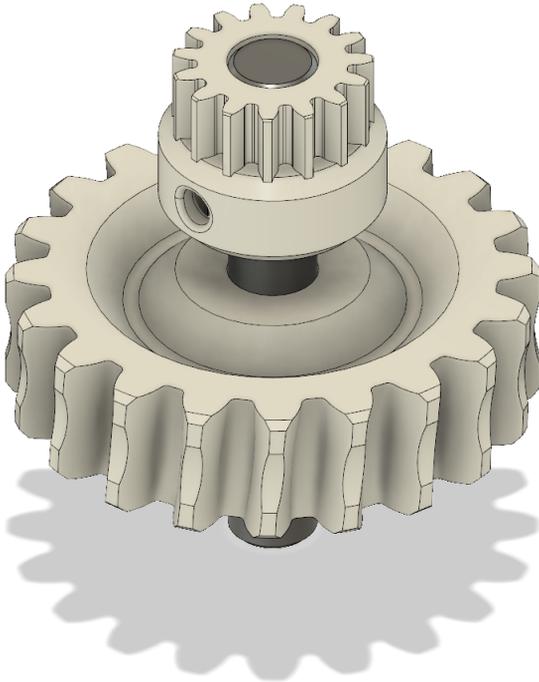
Sul collo è anche impressa la versione del design.

## Ingranaggio Cilindrico

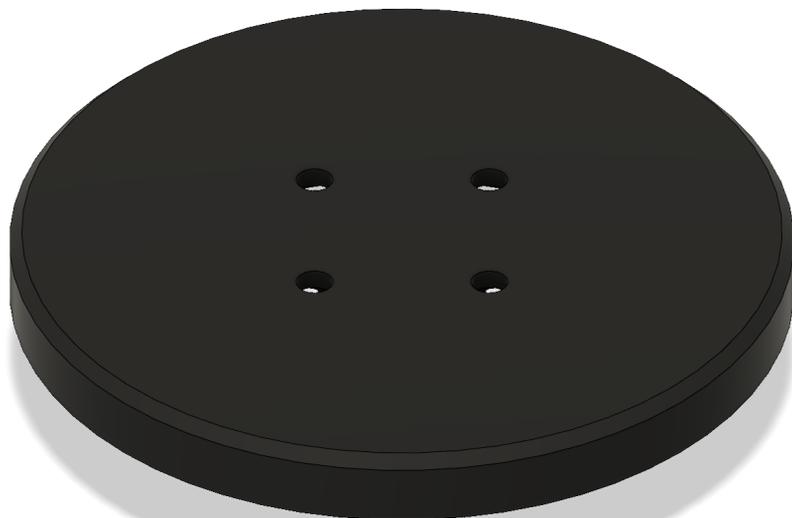


Ultimo elemento ad essere realizzato in Nylon è l'*Ingranaggio Cilindrico* a 15 denti che viene installato sullo stesso asse dell'*Ingranaggio Elicoidale*, creando un corpo unico.

Come nel caso precedente, è presente un collo liscio dove sono collocati la sede del dado e del grano M3 e il marchio identificativo.



## Piatto Rotante



L'ultimo elemento della catena di trasmissione è il *Piatto Rotante*, con ingranaggio cilindrico interno celato nella sua parte nascosta. Come per la *Cover*, viene mostrata una vista dal basso per rivelare le feature più interessanti.



Internamente vi è una ruota dentata di 72 denti, che, accoppiata con l'*Ingranaggio Cilindrico* offre un rapporto di 4,8:1.

Questa coppia di ingranaggi, rispetto al motore stepper, è già sottoposta ad un rapporto 20:1, la trasmissione finale gode quindi di un potente rapporto 96:1, che porta la coppia del motore a circa 54Nm.

Ovviamente si perde potenza per via dell'attrito tra gli ingranaggi, è quindi più corretto ipotizzare una coppia di circa 30Nm, comunque più che sufficiente a movimentare anche le più pesanti macchine fotografiche.

Disposte attorno all'asse di rotazione, sono presenti 4 sedi per dadi M4, che consentono l'installazione di accessori.

### Blocco



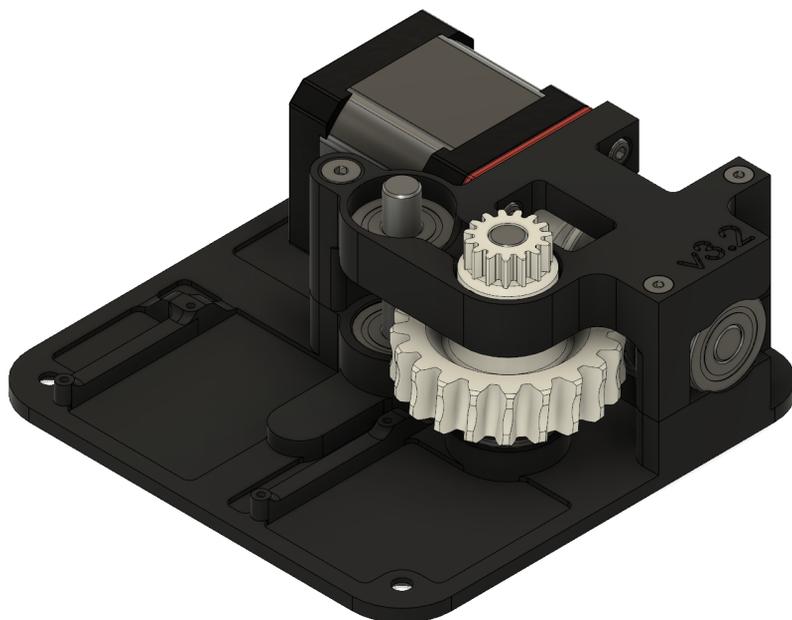
Ad assicurare la solidità del sistema, si è progettato un blocco da porre sullo stesso asse del *Piatto Rotante*, una volta bloccato serrando il grano, risulta impossibile rimuovere il *Piatto*, scongiurando la caduta dell'equipaggiamento installato su di esso.

## Pad Anti-Vibrazione



Per soddisfare il requisito di silenziosità, si è prevista l'installazione di *Pad Anti-Vibrazione* in TPU appositamente progettati.

Con questo componente si conclude l'assemblaggio di una singola unità, di seguito è presentata una vista d'assieme nella speranza di chiarire la posizione dei componenti.



## Modalità HDRI

Per abilitare la funzionalità di fotografia ambientale, è necessario unire due unità, utilizzando una serie di accessori progettati appositamente.

In aggiunta, è necessario collegare l'output dell'unità disposta orizzontalmente all'input di quella verticale, al fine di permettere la comunicazione fra i due dispositivi, che risulta nella possibilità di controllare simultaneamente due assi e due gradi di libertà.



## Adattatore ARCA SWISS



Il primo componente necessario, è un *Adattatore* allo standard per treppiedi fotografici ARCA SWISS. Questo standard è il più diffuso sul mercato e scegliendolo si rende il prodotto compatibile con una maggiore gamma di prodotti.



A consentire l'unione di questo componente con il *Piatto Rotante*, vi è una serie di 4 fori che corrisponde perfettamente a quella già presente sull'unità.



Per impedire l'involontario scivolamento della piastra, e la conseguente caduta del sistema composto da due dispositivi e una costosa fotocamera,

sono state progettate due protuberanze che si intersecano con apposite gola nella testa del treppiede, agendo da fine corsa.

## L-Bracket



Per unire due dispositivi abilitando la modalità HDRi, è necessario utilizzare l'apposito *Braccio a L*.



Il componente si interfaccia con le due unità attraverso gli appositi fori predisposti sui lati della *Cover*.

La testa delle viti utilizzata è svasata, per scomparire nel profilo dell'oggetto conferendo un migliore aspetto.



Lo scasso presente nella parte centrale del componente svolge, in maniera simile a quanto visto per il *Bracket*, la duplice funzione di irrigidire la struttura consentendo allo stesso tempo il passaggio degli strumenti necessari al serraggio delle viti. Da non dimenticare è il risparmio di materiale che comporta questa particolare scelta progettuale.

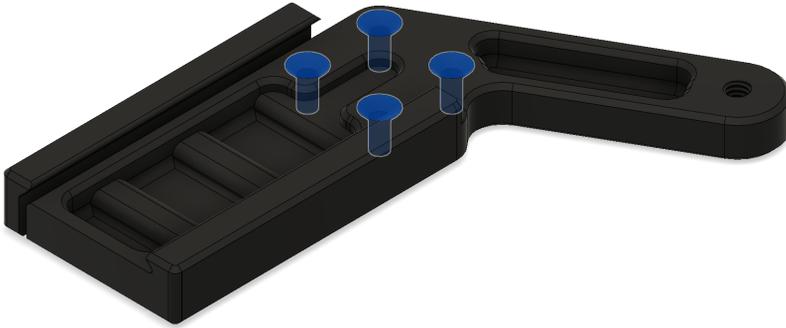


Per ridurre la torsione della staffa sotto sforzo, due intensi raccordi sono stati realizzati tra i due piani del componente.

## Camera Bracket



Per consentire l'installazione della fotocamera necessaria alla cattura delle fotografie ad alta gamma dinamica, si deve utilizzare l'appositamente progettato *Camera Bracket*, da installare sul *Piatto Rotante* dell'unità verticale.

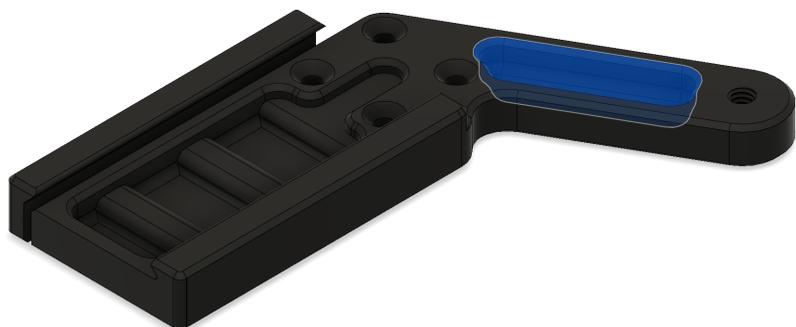


Come per l'Adattatore *ARCA SWISS*, sono presenti i fori svasati M4.

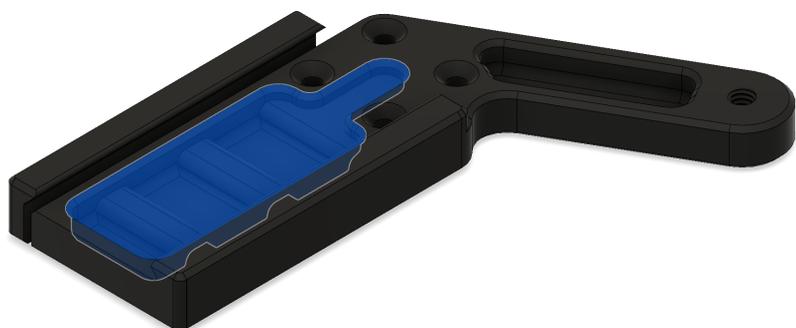


Sul braccio angolato che si estende dal centro del componente, è collocato un foro filettato da  $\frac{1}{4}$  di pollice, lo stesso usato in fotografia dalla maggior parte degli accessori.

Il foro è inteso per l'installazione di un Magic Arm (braccio snodabile comune nel mondo del cinema e della fotografia) per il corretto posizionamento del *Modulo IR* che verrà introdotto a breve.



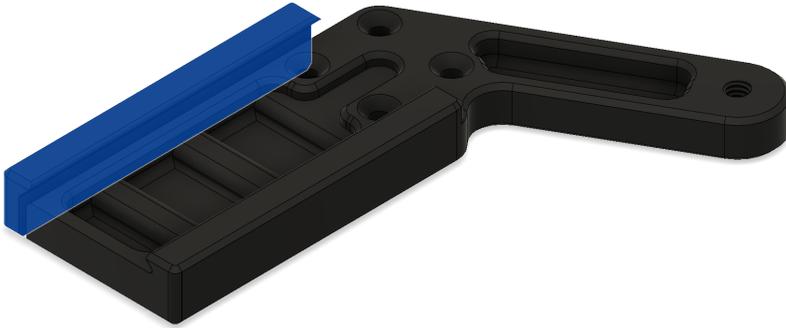
Tra il foro e la piastra di montaggio è presente un profondo scasso per rinforzare la struttura e ridurre la torsione.



Nell'altra estremità del componente è collocata una simile feature, che svolge tuttavia un ulteriore compito: alloggiare i fine corse della piastra ARCA installata sulla fotocamera.



All'interno della cavità sono presenti i rinforzi per le sedi delle viti di serraggio della morsa ARCA.



Una piastra mobile consente il bloccaggio della macchina fotografica, permettendo allo stesso tempo di calibrare il sistema per trovare il punto nodale della lente utilizzata.



## Modulo IR

Per controllare remotamente la fotocamera, si utilizza la tecnologia degli infrarossi.

Il *Modulo IR* alloggia l'apposito LED consentendo il posizionamento del punto più ideale per una buona trasmissione.



Il *Modulo* è realizzato in maniera simile al corpo del dispositivo principale, con una base sottile e una cover a guscio.

Sulla base è collocato il filetto da  $\frac{1}{4}$  di pollice necessario all'installazione su un Magic Arm.



Il coperchio (qui raffigurato dal basso) presenta due fori nella parte anteriore e posteriore, rispettivamente dedicati all'installazione del LED IR e di un connettore Jack da 3,5mm.



Come per la *Cover* un bordo interno assicura un perfetto contatto tra le due metà del *Modulo*.

## Utilizzare Arduino

Si è scelto di utilizzare un microcontrollore Atmel, per svolgere le operazioni di calcolo richieste e per gestire i componenti elettronico meccanici del dispositivo, poiché programmabile attraverso l'utilizzo di Arduino IDE.

IDE è un compilatore gratuito in grado di programmare schede elettroniche basate su microchip Atmel sviluppato in maniera open source.

La scelta di utilizzare questo software fa sì che altri possano contribuire con semplicità al miglioramento del codice, oltre che rendere più facile la modifica dello stesso per adeguarlo alle esigenze di particolari progetti o attività.

Di seguito, è presentato il codice utilizzato nella versione finale del dispositivo spiegato nel dettaglio, per ogni dubbio riguardante il linguaggio di programmazione si faccia riferimento alla guida disponibile presso <https://www.arduino.cc/reference/en/>

```
/*
 * Open_VFX project
 * An IR LED must be connected to Arduino PWM pin 3
 * A stepper driver must be connected to pins 4 (direction) and 5
 (steps)
 * Multi-purpose CNC axis v1.0
 * Designed by Emanuele Ingresso - February 2019
 */
```

Il codice apre con una sezione commentata, scritta allo scopo di identificare il firmware fornendo informazioni sull'autore

```
#include <IRremote.h>
#include <SoftwareSerial.h>

IRsend irsend;

SoftwareSerial SoftSerial(10, 11);
```

Si procede con l'inclusione di due fondamentali librerie per il funzionamento del progetto: IRremote e SoftwareSerial. La prima fornisce un arsenale di strumenti pensati per semplificare la comunicazione tramite infrarossi, che verrà utilizzata per controllare remotamente la fotocamera;

La seconda rende possibile la simulazione di una seconda porta seriale, la prima, assegnata ai pin 0 e 1 è già impegnata dalla connessione USB al terminale di comando.

La porta aggiuntiva consentirà la comunicazione fra due dispositivi per l'implementazione della funzionalità di scansione ambientale.

```
//defining pins numbers
#define STEP_PIN 4
#define DIR_PIN 5
#define COM_PIN_TX 2
#define COM_PIN_RX 9
```

Vengono dichiarati i pin impiegati nel circuito, il pin 3 non è incluso in questa sezione ma è sottinteso dalla libreria IRremote.

```
//Stepper Variables
float gearRatio = 96;
float SPR_Out = 200 * gearRatio;
float shots;
float H_shots;
float V_shots;

int dir;
```

Si procede dichiarando le variabili legate al controllo del motore passo passo.

gearRatio indica il rapporto di trasmissione, che nel caso dell'oggetto in analisi è pari a 96 (si veda la descrizione dei componenti).

SPR\_Out indica il numero di step necessari a completare una rivoluzione completa dell'asse del motore, e corrisponde a 200 moltiplicato per il rapporto.

Il resto delle variabili verrà impiegato successivamente.

```
//COM Variables
char junk = ' ';
```

Di seguito viene indicata la variabile necessaria alla pulizia dell'input della scheda.

```
//Sony RMT-DSLR2 commands
unsigned long Shutter = 0xb4b8f;
unsigned long Shutter2s = 0xecb8f;
unsigned long Movie = 0x12b8f;

unsigned long T = 0x52b8f;
unsigned long W = 0xd2b8f;
unsigned long DISP = 0x28b8f;
unsigned long Histogram = 0xd8b8f;
unsigned long Play = 0x3cb8f;
unsigned long Flag = 0x04b8f;
unsigned long Fn = 0x4cb8f;
unsigned long Print = 0x88b8f;
```

```
unsigned long Slideshow = 0xe2b8f;  
unsigned long Menu = 0x1cb8f;  
unsigned long Bin = 0xabc8f;  
  
unsigned long Left = 0x5cb8f;  
unsigned long Up = 0x7cb8f;  
unsigned long Down = 0xfcb8f;  
unsigned long Right = 0xdc8f;  
unsigned long Center = 0x9cb8f;
```

Segue una lista completa dei comandi infrarossi del protocollo Sony, ottenuti effettuando una procedura di hacking del telecomando remoto proprietario “RMT-DSLR<sub>2</sub>” della stessa casa.

Di tutti i comandi indicati, viene utilizzato solo il comando per azionare l’otturatore, tuttavia, si è pensato di includere la lista completa per consentire la facile implementazione di altre funzionalità in futuro.

Si ringrazia Ken Shirriff per la splendida analisi del protocollo di comunicazione Sony. Si rimanda al suo blog per ulteriori approfondimenti.<sup>87</sup>

```
void setup() {  
  
  Serial.begin(115200);  
  SoftSerial.begin(115200);  
  
  // Sets the two pins as Outputs  
  pinMode(STEP_PIN,OUTPUT);  
  pinMode(DIR_PIN,OUTPUT);  
  pinMode(COM_PIN_TX, OUTPUT);  
  pinMode(COM_PIN_RX, INPUT);  
  
  digitalWrite(COM_PIN_TX, LOW);  
  
  Serial.println("Multi-purpose CNC axis v1.0");  
  Serial.println("Designed by Emanuele Ingrosso - February 2019");  
  Serial.println("");  
  
  Serial.flush();  
  SoftSerial.flush();  
}
```

Segue la funzione di setup, dove vengono inizializzate le due porte di comunicazione seriale, i vari pin nelle rispettive modalità e viene prodotto un messaggio attraverso il terminale per informare l’utente della versione di firmware installata, oltre che per fornire informazioni sul creatore.

---

<sup>87</sup> Ken Shirriff, “Understanding Sony IR Remote Codes, LIRC files, and the Arduino Library”, *Ken Shirriff’s Blog*, <http://www.righto.com/2010/03/understanding-sony-ir-remote-codes-lirc.html>

Si conclude la funzione con la pulizia del buffer di comunicazione.

```
void loop() {  
  
    Serial.println("Select operating mode:");  
    Serial.println("1 for fotoscanning");  
    Serial.println("2 for environmental fotografia");  
    Serial.println("");  
  
    while (Serial.available() == 0); {  
  
        int mode = Serial.parseFloat();  
  
        while (Serial.available() > 0)  
        { junk = Serial.read() ; }  
  
    }  
}
```

Si giunge quindi alla funzione di loop principale, che inizia chiedendo all'utente di inserire un preciso comando in base alla funzione richiesta, il software procede quindi a registrare l'input per successivo uso.

```
    if (mode == 1) {  
  
        Serial.println("Enter number of desired shots, Press ENTER");  
  
        while (Serial.available() == 0); { //waiting for serial input  
  
            unsigned long startMillis = millis ();  
  
            shots = Serial.parseFloat();  
  
        }  
    }
```

Selezionando la modalità 1 (fotogrammetria) all'utente viene avanzato un secondo quesito, che chiede l'ammontare di scatti desiderati.

Una volta ricevuto l'input, si avvia una funzione di misurazione del tempo per scopi di debug.

```
        float F_steps = round(SCR_Out / shots); //calculating number  
of steps per shot  
        int steps = (int) F_steps; //conversion of float into int  
        float angle = 360 / shots; //calculating angle in between  
shot  
  
        Serial.print(shots, 0); Serial.println(" desired shots");  
        Serial.println("");  
  
        while (Serial.available() > 0)  
        { junk = Serial.read() ; }  
    }
```

Si procede quindi con il calcolo del numero di scatti che il macchinario deve catturare, per farlo, si divide l'ammontare di step necessari a completare una rivoluzione per il numero di immagini desiderate.

Si calcola quindi l'angolo corrispondente per motivi di debug.

```
        if (shots == 1) {  
            RMT_Shutter();  
        }
```

```
}
```

Se l'utente desidera un solo scatto, il macchinario non ruoterà il piano principale risparmiando tempo e risorse.

```
    else {
        Serial.print("Plate will turn "); Serial.print(angle, 1);
Serial.println(" degrees each time");
        Serial.print("Stepper will move "); Serial.print(steps);
Serial.println(" steps each time");
        Serial.println("");

        int roundup;
        int progress = SPR_Out;
        int instruction;

        for (int y = 1; y <= shots; y++) {
            if (y == shots) {
                instruction = roundup;
            }
            else {
                instruction = steps;
            }

            Serial.print("SHOT "); Serial.print(y); Serial.print("
OUT OF "); Serial.print(shots, 0);
            Serial.println("
-----");
            Serial.println("");

            RMT_Shutter();

            int movement = STP_Movement(0, instruction);

            roundup = progress - movement;
            progress = roundup;
        }
    }
}
```

Il sistema provvede a comunicare il movimento che sta per avvenire, per scopi di debug.

Tramite l'utilizzo di una funzione for, si ripete per ogni scatto desiderato la funzione di rotazione del piatto dell'angolo necessario per quindi inviare alla macchina fotografica il comando di razionamento dell'otturatore.

L'utente viene informato del progresso e il sistema si assicura di tornare al punto zero al termine del ciclo di lavoro.

La funzione di scatto viene evocata in modo da rendere più ordinato il codice, il suo funzionamento verrà discusso più avanti.

```
unsigned long endMillis = millis ();
float elapsedMillis = endMillis - startMillis;
```

```

        float elapsedTime = elapsedMillis / 1000;

        Serial.print("OPERATION COMPLETED! Total time was ");
Serial.print(elapsedTime, 2); Serial.println(" seconds");
        Serial.println("");

Serial.println("-----");
Serial.println("");
    }
}

```

La funzione di fotogrammetria si conclude comunicando il successo dell'operazione e registrando il tempo impiegato.

```

    else if (mode == 2) {

        Serial.println("Enter focal length, Press ENTER");

        while (Serial.available() == 0); { //waiting for serial input

            int focal = Serial.parseFloat();

            while (Serial.available() > 0) // .parseFloat() can leave
non-numeric characters
            { junk = Serial.read() ; } // clear the keyboard buffer

            Serial.print("Focal length is "); Serial.print(focal);
Serial.println("mm");
            Serial.println("");

            Serial.println("Enter overlap percentage, Press ENTER");

            while (Serial.available() == 0); { //waiting for serial input

                int overlap = Serial.parseFloat();

                while (Serial.available() > 0) // .parseFloat() can leave
non-numeric characters
                { junk = Serial.read() ; } // clear the keyboard
buffer

                Serial.print("Overlap is "); Serial.print(overlap);
Serial.println("%");
                Serial.println("");
            }
        }
    }
}

```

Selezionando la seconda funzionalità, ovvero lo scatto di fotografie a 360 gradi, il sistema chiede l'inserimento di due variabili: la lunghezza focale della lente installata sulla macchina fotografica e il quantitativo di sovrapposizione degli scatti richiesto.

Ogni software di elaborazione immagini ha i suoi requisiti per quanto riguarda quest'ultimo valore, per questo motivo si lascia all'utente la libertà della scelta.

```

float H_FOV = 2 * atan (15.6 / (2 * focal)) * (180 / 3.14);

```

```
        Serial.print("Horizontal FOV is "); Serial.print(H_FOV);
Serial.println("degrees");
        Serial.println("");

        float H_shots_F = 360 / (H_FOV - (H_FOV * overlap / 100)) +
1;
        H_shots = (int) H_shots_F;

        float H_F_steps = round(SPR_Out / H_shots); //calculating
number of steps per shot
        int H_steps = (int) H_F_steps; //conversion of float into
int
        float H_angle = 360 / H_shots; //calculating angle in
between shot

        float V_FOV = 2 * atan (23.5 / (2 * focal)) * (180 / 3.14);

        Serial.print("Vertical FOV is "); Serial.print(V_FOV);
Serial.println("degrees");
        Serial.println("");

        float V_shots_F = (360 / (V_FOV - (V_FOV * overlap / 100)))
/ 2 + 1;
        V_shots = (int) V_shots_F;

        Serial.print(H_shots, 0); Serial.print(" horizontal shots,
");
        Serial.print(V_shots, 0); Serial.println(" vertical
shots");
        Serial.println("");

        float V_F_steps = round(SPR_Out / V_shots /2);
        int V_steps = (int) V_F_steps;
```

Una volta ottenute le variabili, il sistema provvede a calcolare il campo visivo della lente installata, su entrambi i piani verticale e orizzontale. Il calcolo consente all'utente di cambiare sul campo l'ottica utilizzata con rapidità senza doversi preoccupare dell'aspetto tecnico.

La formula calcola l'angolo in gradi, e provvede a ricavare il numero di scatti da effettuare in entrambe le direzioni per coprire l'intera sfera.<sup>88</sup>

Se orizzontalmente viene considerato l'angolo giro completo, verticalmente si considerano solamente 180 gradi, per un'operazione di scatto più lineare e ordinata.

```
        float V_F_start = (V_steps * (V_shots -1
)) / 2;
        int V_start = (int) V_F_start;
```

---

<sup>88</sup> Dan Carr, "How To Calculate Field Of View In Photography", *Shuttermuse*, 2016, <https://shuttermuse.com/calculate-field-of-view-camera-lens/>



A set concluso, si procede riportando la fotocamera al punto di partenza dell'asse X, l'asse Z viene portato in posizione per il set successivo e si comunica il completamento della porzione di processo all'utente.

La scheda principale attende quindi un feedback dall'unità secondaria prima di procedere con la successiva serie di scatti.

A operazione conclusa, la macchina fotografica viene riportata al punto di partenza: perfettamente livellata.

```
else if (mode == 3) {
```

Il comando `SoftSerial.println("3");` più volte visionate in questa seconda modalità serve ad attivare la modalità "slave" nell'unità secondaria. Questa modalità viene nascosta all'utente per evitare confusione e un non necessario disordine nei menù di utilizzo.

```
    int instruction;
    int greenlight;

    while (Serial.available() == 0); {
        dir = Serial.parseFloat();

        while (Serial.available() > 0) // .parseFloat() can leave
non-numeric characters
        { junk = Serial.read() ; }
    }

    while (Serial.available() == 0); {
        instruction = Serial.parseFloat();

        while (Serial.available() > 0) // .parseFloat() can leave
non-numeric characters
        { junk = Serial.read() ; }
    }

    while (Serial.available() == 0); {
        greenlight = Serial.parseFloat();

        while (Serial.available() > 0) // .parseFloat() can leave
non-numeric characters
        { junk = Serial.read() ; }
    }
```

Questa terza ed ultima funzione attende l'input da parte della scheda principale delle informazioni di direzione e passi da compiere con il motore passo passo, oltre che alla conferma della necessità di scattare.

```
    if (greenlight == 1) {
        RMT_Shutter();
```

```

        delay(800);
    }

    STP_Movement(dir, instruction);

    digitalWrite(COM_PIN_TX, HIGH);
    delay (10);
    digitalWrite(COM_PIN_TX, LOW);
}
}
}

```

Una volta ottenute le informazioni, viene richiamata la funzione di movimento del motore seguita dal comando di scatto. Si conclude con l'invio di un segnale di feedback al primo dispositivo, per procedere con le successive operazioni. La funzione STP\_movement verrà descritta a breve.

Con questo ultimo passaggio, si conclude il loop e l'utente viene riportato all'iniziale selezione della modalità.

```

//Shutter command
void RMT_Shutter() {

    Serial.println("Sending Shutter command");
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
        irsend.sendSony(Shutter, 20);
        delay(40);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("");
    Serial.println("Shutter command sent");
    Serial.println("");

    delay(380);

    Serial.println("SHUTTER RELEASED!");
    Serial.println("");
}

```

La funzione di scatto invia il corrispettivo comando infrarosso a 20bit per tre volte consecutive, a distanza di 40 millisecondi l'una dall'altra come da specifiche Sony.

È importante segnalare la scelta del protocollo Sony è dettata semplicemente dal fatto che la macchina utilizzata per lo sviluppo del progetto è prodotta dal suddetto marchio. Un interessante sviluppo futuro potrebbe essere l'implementazione di altri linguaggi di comunicazione per aumentare la compatibilità del sistema. La libreria IRremote già include le istruzioni necessarie per simulare tutti i protocolli più rilevanti.

L'utente viene informato del progresso durante le operazioni di scatto per scopi di debug.

```
//Stepper Instructions
int STP_Movement(int DIR, int STEPS) {

    float lowFreq = 600;
    float highFreq = 1200;
    float highSpeed = 1000000 / highFreq;
    float angle = 6.28318 / 200; // ( 2 * Pi ) / SPR to convert angle
to radians
    float accel = 0.0005;
    ;
    float c0 = lowFreq * sqrt( 2 * angle / accel ) * 0.67703;
    float d = c0; //First step has lowest defined speed
    float lastDelay = d;

    int rampSteps = 1;

    bool acceleration = true;
    bool deceleration = false;
```

Per quanto riguarda la funzione di movimentazione del motore, si dichiarano in input le istruzioni di direzione e spostamento. Si procede quindi con la definizione della velocità minima e massima usate in fase di accelerazione e decelerazione dello stepper. Questa operazione è necessaria a garantire la longevità del sistema oltre che fornire una maggiore potenza.

Si definisce l'intensità dell'accelerazione e si procede quindi al calcolo della frequenza di partenza, la formula utilizzata per il calcolo dei delay che verranno impiegati a seguire è estrapolata direttamente dal data sheet del driver utilizzato.<sup>89</sup>

```
Serial.print("Stepper is moving @ "); Serial.print(highFreq);
Serial.println("Hz");

digitalWrite(DIR_PIN, DIR);

for(int x = 1; x <= STEPS; x++) {

    if (x != 1) {
        d = lastDelay - (2 * lastDelay) / (4 * x + 1);
        if (d > highSpeed && x > STEPS / 2) {
            acceleration = false;
        }
        if (d > highSpeed && acceleration == true) {
            rampSteps++;
        }
    }
}
```

---

<sup>89</sup> "A4988 Stepper Motor Driver Carrier", *Pololu*, <https://www.pololu.com/product/1182>

```

    }
    else if (x <= STEPS - rampSteps && deceleration == false) {
        acceleration = false;
        d = highSpeed;
    }
    else {
        deceleration = true;
        d = (lastDelay*(4*(rampSteps+1)+1))/(4*(rampSteps+1)-1);
        rampSteps--;
    }
}

lastDelay = d;

```

Si procede con il calcolo delle rampe di accelerazione e decelerazione.

```

    digitalWrite(STEP_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(d / 2);
    digitalWrite(STEP_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(d / 2);
}

Serial.print("Stepper has moved "); Serial.print(STEPS);
Serial.println(" steps");
Serial.println("");

return STEPS;
}

```

Per concludere la funzione, si aziona il motore stepper e si comunica il successo dell'operazione; il movimento compiuto viene registrato a sistema per l'uso nel loop principale.

```

//Communication between boards
void COM(int rot, int command) {
    SoftSerial.println("3");
    SoftSerial.println(rot);
    SoftSerial.println(command);

    while (digitalRead(COM_PIN_RX) == LOW) {
    }

    delay(50);
}

```

Infine, si definisce la definizione COM() vista precedentemente, che consiste semplicemente nella serializzazione del processo di invio di istruzioni da una scheda all'altra.

Di seguito è presentato il diagramma del circuito elettronico progettato per il dispositivo.

Sia il codice che il circuito possono sicuramente beneficiare del contributo di esperti per l'ottimizzazione.

## 7. Strategia di Mercato

---

Una volta conclusa la progettazione e la prototipazione, si è deciso di ipotizzare una possibile strategia di mercato per far sì che un simile progetto possa diventare realtà.

Un progetto Open Source si basa sulla condivisione, come più volte menzionato in questo documento, ma, come ogni altro progetto, dev'essere finanziato per giustificare il tempo, l'impegno e le competenze delle persone coinvolte.

Fortunatamente, esistono esempi di simili iniziative da cui trarre ispirazione.

Al fine di sviluppare un ipotetico piano economico, si è scelto di imitare il caso di Prusa Research: la compagnia tecnologica open source numero 1 in Europa Centrale per tasso di crescita nei passati 4 anni secondo Deloitte.

### L'esempio di Prusa

Prusa Research viene fondata come start-up individuale nel 2012 da Josef Prusa, maker e inventore oggi tra i più famosi nomi dell'industria del mondo dei makers.

L'azienda, oggi decisamente più grande che ai suoi inizi, si occupa dello sviluppo, della realizzazione, della commercializzazione e del supporto di alcune tra le migliori stampanti FDM disponibili sul mercato.

La passione del titolare nasce durante l'arco degli studi presso l'Università di Economia di Praga, nel 2009, quando la stampa 3D era considerata quasi come un giocattolo.

Prusa comprese il reale potenziale della tecnologia e si unì al progetto RepRap, con il quale sviluppò la prima stampante.



Josep Prusa, *Forbes*

L'azienda, che agli inizi contava solamente Josef stesso come personale, conta oggi più di 300 dipendenti con un volume di vendita di oltre 6000 stampanti ogni mese.

Oggi, il design open source della Prusa modello i3 è tra i più famosi e diffusi del mondo, ma nonostante la concorrenza di decine di aziende in grado di offrire un prodotto simile a prezzi decisamente inferiori (del resto la tecnologia alla base delle stampanti i3 è open) Prusa Research mantiene un notevole successo economico.<sup>90</sup>

Tra le ragioni di un tale risultato vi è un importante fattore: Prusa fa parte di una ristretta selezione di compagnie che contribuiscono effettivamente allo sviluppo della tecnologia della stampa a deposizione di filamento, introducendo in maniera costante aggiornamenti firmware, nuovi dispositivi e nuove tecniche, posizionandosi ai vertici del mercato: Prusa Research è l'azienda che le più piccole realtà che offrono cloni a prezzi inferiori tentano di imitare, Prusa Research è l'originale.

A giustificare un maggiore markup per i prodotti, vi è la consapevolezza del cliente di contribuire al progetto, ovvero si comprende che il maggiore prezzo è dovuto ai maggiori costi di ricerca e sviluppo che l'azienda deve sostenere, e che grazie al denaro investito in una stampante Prusa si partecipa allo sviluppo di nuove tecnologie per il prodotto stesso, anche dopo il suo acquisto.

Infine, attraverso la produzione e la distribuzione di firmware, stampanti e addirittura filamento, Prusa Research crea un ecosistema controllato che garantisce un'elevata consistenza tra i risultati ottenuti dalle stampe dei clienti e quelli ottenuti nel laboratorio di R&S, offrendo quindi lo stesso standard di qualità.

Riassumendo, da questo esempio si estrapolano i seguenti principi:

- la continua innovazione e ricerca sono alla base del successo economico, pertanto, il progetto sviluppato in queste pagine dev'essere il primo di una lunga serie di invenzioni pensate per il mondo di effetti speciali, affermandosi in un mercato attualmente poco affollato;
- assicurandosi di comunicare nella maniera corretta i valori del progetto, è possibile utilizzare un mark up più elevato che in altri contesti

---

<sup>90</sup> Prusa Research by Josef Prusa, <https://www.prusa3d.it>

- controllare l'intero sistema consente di garantire un'elevata qualità, che si traduce in un'elevazione del prestigio associato al marchio

## Crowdfunding

Si ipotizza quindi l'avvalersi di una campagna crowdfunding per l'avvio del progetto.

Il crowdfunding è un ottimo metodo per "testare" l'effettiva domanda in anticipo, si basa infatti su quello che è in sintesi un sistema di prevendite, che consente di ricevere i fondi necessari alla realizzazione di un'idea prima ancora di disporre del prodotto finito pronto alla vendita.

Logicamente, minore sarà la cifra richiesta durante una campagna di crowdfunding maggiori saranno le probabilità di successo.

Si ipotizza una campagna Kickstarter (piattaforma più celebre nel campo) sufficiente a fornire i fondi necessari all'acquisto dei macchinari richiesti per una migliore progettazione e produzione, oltre che al quantitativo necessario per consentire alla start-up di sopravvivere per il primo anno di attività.

In termini pratici, segue una tabella dell'equipaggiamento necessario a portare il progetto a uno stadio pronto alla produzione seriale, la somma finale viene considerata come cifra ideale da porre come obiettivo per la campagna di crowdfunding:

	Spesa	Motivazione
<b>Quota Societaria SLRS</b>	1 €	La costituzione di una Società a Responsabilità Limitata Semplice comporterebbe un costo iniziale minimo, oltre che notevoli agevolazioni fiscali se comparata ad una regolare SRL
<b>Costi gestionali (1 anno)</b>	6.800 €	Stimati per le spese amministrative di gestione per il primo anno di attività
<b>Mini-Tornio</b>	500 €	Semplificherebbe notevolmente la produzione di minuteria, in particolare gli assi

	<b>Spesa</b>	<b>Motivazione</b>
<b>Stazione Testing</b>	1.500 €	Una postazione opportunamente allestita, con oscilloscopio, generatore di frequenza e multimetro consentirebbe uno sviluppo più professionale dell'elettronica di bordo.
<b>Stazione Saldatura</b>	900 €	Banco attrezzato per facilitare l'assemblaggio dei componenti elettronici
<b>Stampanti MK3+ (x5)</b>	3.500 €	L'acquisto di 5 stampanti consentirebbe un aumento della produzione notevole.
<b>Stampante SLS</b>	12.500 €	Una stampante SLS renderebbe infine possibile la produzione di componenti con una maggiore precisione. Sarebbe particolarmente utile per gli ingranaggi.
<b>25.701 €</b>		

È necessario quindi ipotizzare una strategia di approvvigionamento dei fondi a lungo termine, per nutrire l'iniziativa una volta terminato il denaro raccolto tramite la campagna di crowdfunding.

A tal proposito, si considera l'utilizzo di un sistema a sottoscrizione che garantisca un'entrata mensile in aggiunta alle vendite del prodotto, nello specifico si pensa di utilizzare Patreon.

Patreon è una piattaforma che consente agli utenti di ricevere somme di denaro per supportare la loro attività su base mensile o su ogni post o video rilasciato.

Per i mecenati, il sito permette di partecipare alla realizzazione di ciò in cui credono, supportando i creatori di contenuti e le iniziative che più preferiscono.

Con il denaro ricevuto tramite questo metodo sarebbe possibile finanziare le attività di ricerca e sviluppo con l'intento di continuare ad innovare nel campo dei VFX Open Source.

È necessario offrire un qualcosa in cambio ai supporter, nello specifico è possibile sin da subito utilizzare il dispositivo progettato per produrre modelli digitali open e HDRI pronte per l'uso in un contesto professionale.

Gli asset verrebbero rilasciati in maniera gratuita nella speranza di ricevere un adeguato riconoscimento da parte di coloro che ne usufruiranno.

# 8. Conclusioni

---

## Test su Campo

Per validare l'efficacia del progetto, si è collaborato con il Museo Lombroso di Torino per la digitalizzazione di un artefatto.

L'antica statuetta, alta circa 40 centimetri, presenta una costruzione in legno d'ebano, con una superficie segnata dal tempo ricca di dettagli.

Per l'occasione si è approfittato del design modulare del piano rotante, progettando e realizzando un apposito piatto in MDF del diametro di 30 centimetri, al fine di poter supportare l'artefatto in tutta sicurezza. Il componente aggiuntivo, è stato fissato all'elemento rotante tramite gli appositi fori M4 disposti attorno all'asse di rotazione.

Per garantire un'illuminazione uniforme, si sono disposti dei fogli di carta bianca sul nuovo piano, in modo da riflettere la luce dello studio senza influenzare sui toni dell'oggetto.

Per quanto riguarda l'illuminazione, il Museo ha concesso l'utilizzo dell'attrezzatura fotografica che includeva quattro luci da studio, fondale bianco, soft box e un comodo tavolo bianco.

Una volta regolate le luci per ottenere l'illuminazione più uniforme possibile si è proceduto con le operazioni di cattura.

Sono state scattate 3 serie di 32 fotografie, per un totale di 96 scatti, realizzati con la Sony A6300 utilizzata durante tutte le fasi di progettazione.

L'intera operazione è stata completata in soli 108 secondi, dalle cinque alle dieci volte più rapidamente che con il tradizionale metodo manuale.







Le immagini sono state quindi elaborate al computer e utilizzate per generare un modello ad altissimo livello di dettaglio, compreso di texture ottenute direttamente dalle fotografie scattate.

Sin dalle prime fasi di allineamento delle immagini, si è notato un maggiore livello di accuratezza rispetto alle tecniche manuali, per via della costanza con cui l'oggetto viene ruotato, offrendo un pattern facilmente riconoscibile agli algoritmi di analisi usati dal software.

Il software ha rilevato oltre 100'000 punti di controllo solamente nella prima fase di allineamento, seguito da una nuvola di punti di ben 38'000'000 di elementi, che ha generato un modello da 8'000'000 di poligoni ad altissima fedeltà.

Per l'uso in contesti di animazione, sarebbe necessaria una retopologizzazione dell'asset al fine di ridurre il conteggio di poligoni, tuttavia, nel caso del test su campo non si è effettuata questa operazione.

L'asset generato è stato quindi utilizzato per la realizzazione del render presentato nella pagina precedente.

La verifica della funzionalità di scansione ambientale (effettuata con un ottica da 18mm su sensore APS-C) ha dato risultati altrettanto promettenti, con tempi di cattura sotto i due minuti, anche in questo caso ben inferiori alle tempistiche dei metodi tradizionali.

## Prestazioni e Benchmarking

I costi di realizzazione di una singola unità (comprensivi dei consumi della stampante 3D impiegata per la produzione) sono stati registrati nella tabella che segue.

Componente	Costo	Quantità	TOTALE
Base	2,45 €	1	2,45 €
Staffa	1,02 €	1	1,02 €
Coperchio	4,29 €	1	4,29 €
Pannello frontale	0,74 €	1	0,74 €
Ingranaggio a vite	1,92 €	1	1,92 €
Ingranaggio complementare	2,10 €	1	2,10 €
Ingranaggio cilindrico	0,46 €	1	0,46 €
Piatto	1,39 €	1	1,39 €
Fermo	0,07 €	1	0,07 €
NEMA 17	15,88 €	1	15,88 €
Elettronica	8,10 €	1	8,10 €
Connettori Aviazione	1,83 €	2	3,66 €
Jack 3,5mm	0,99 €	1	0,99 €
Jack DC	0,99 €	1	0,99 €
Asse 25mm	0,05 €	1	0,05 €
Asse 50mm	0,10 €	2	0,20 €
Dadi M3	0,03 €	6	0,18 €
Grani M3	0,03 €	6	0,18 €
Viti M4	0,05 €	5	0,25 €
Viti M3	0,05 €	2	0,10 €
Cuscinetti 8mm	0,85 €	5	4,25 €

**49,27 €**

Con un costo complessivo inferiore a 50€, la soluzione presentata si rivela estremamente competitiva in un mercato dominato da cifre a due o tre zeri, consentendo un ampio margine di guadagno.

Si è riuscito a unire i vantaggi di un sistema automatizzato, con l'economicità e la portabilità di un sistema manuale, il benchmarking che ne risulta racconta una storia molto promettente.



Si riprende quindi la tabella esistenziale sviluppata in fase di metaprogetto per completarla con le specifiche progettate ad hoc per soddisfare i requisiti individuati.

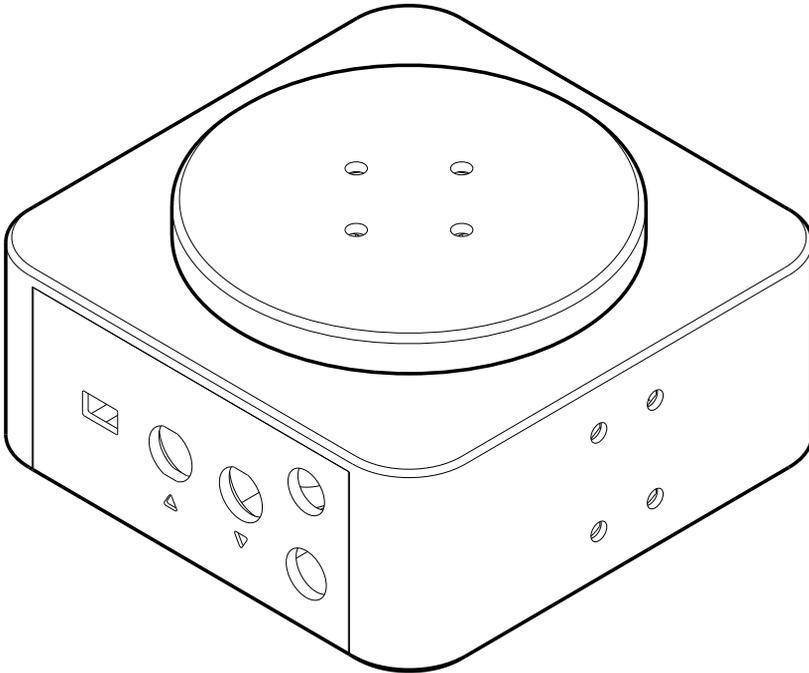
<b>ESIGENZE</b>	<b>REQUISITI</b>	<b>PRESTAZIONI</b>
<b>EFFICIENZA</b>	QUALITA'	Oltre 100'000 punti di controllo in fase di allineamento
	VELOCITA'	Dalle 5 alle 10 volte più veloce di un sistema manuale
	SILENZIOSITA'	Pad anti-vibrazioni in TPU
	POTENZA	Rapporto di 96:1 per una potenza teorica finale di 30Nm
<b>SOSTENIBILITA'</b>	DURABILITA'	PET-G con carbonio per i componenti strutturali, Nylon per gli ingranaggi
	ECONOMIA	Costo complessivo inferiore a 50€
	BASSO CONSUMO	Picco massimo di 24W con consumo medio di soli 6W
<b>GESTIONE</b>	TRASPORTABILITA'	Ingombro totale 12x12x5
	RIPARABILITA'	Componenti separati per ridurre i tempi di stampa in caso di riparazione
	MULTIFUNZIONE	L'utente può scegliere tra 2 modalità di utilizzo
	FOTOGRAMMETRIA	Il piatto può rotare con una precisione di 0,018 gradi

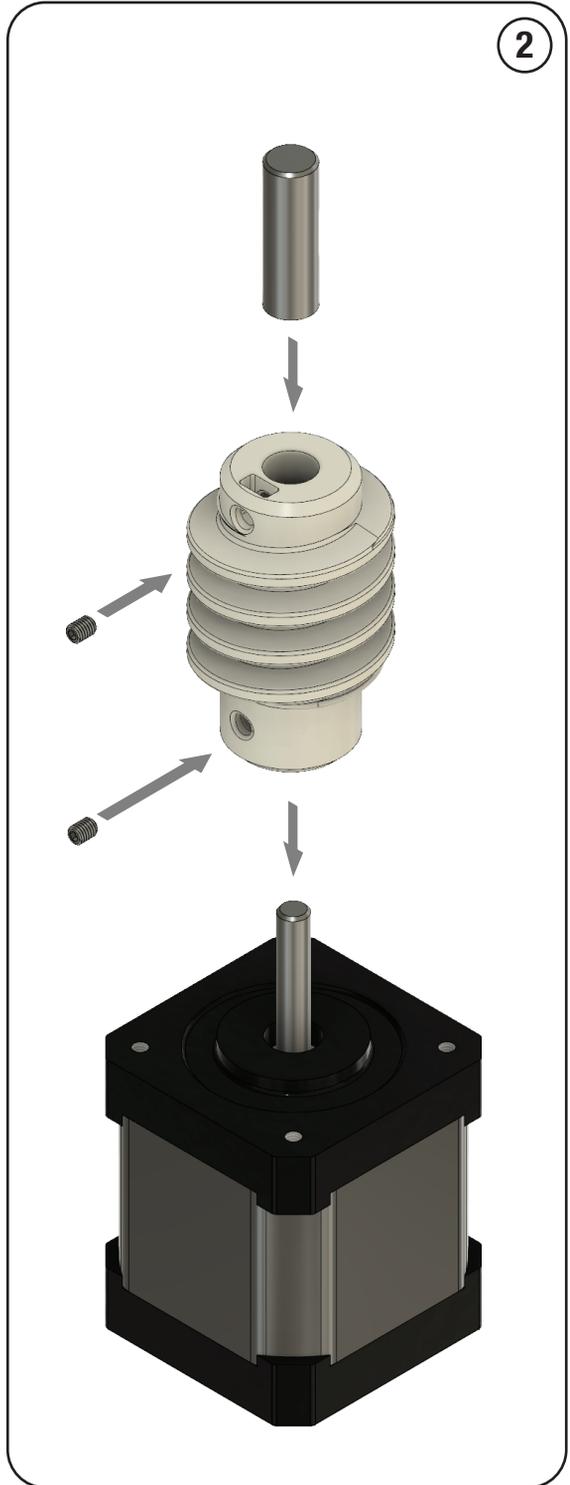
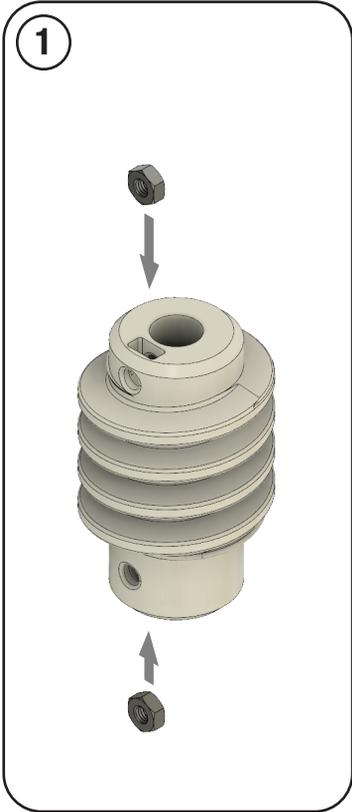
<b>ESIGENZE</b>	<b>REQUISITI</b>	<b>PRESTAZIONI</b>
<b>FRUIBILITA'</b>	SCANSIONE AMBIENTALE	Utilizzando due unità si ottiene un controllo completo a due assi
	CONTROLLO REMOTO	Unità IR opzionale per gestire la fotocamera
	SEMPLICITA' D'USO	Firmware con calcolo automatico dell'angolo di rotazione
<b>MONTAGGIO</b>	OPEN SOURCE	Modellazione parametrica e Arduino
	AUTOPRODUCIBILE	Progettato interamente per la stampa FDM
	MODULARE	Fori M4 su più superfici e possibilità di cambiare il rapporto
	ADATTABILITA' A DIVERSO EQUIPAGGIAMENTO	Calcolo del FOV con inclusione del fattore sovrapposizione
<b>SICUREZZA</b>	SICUREZZA	Sistema a basso voltaggio (12V)
	PROTEZIONE DELL' EQUIPAGGIAMENTO	Sistema autobloccante vite senza fine + ingranaggio

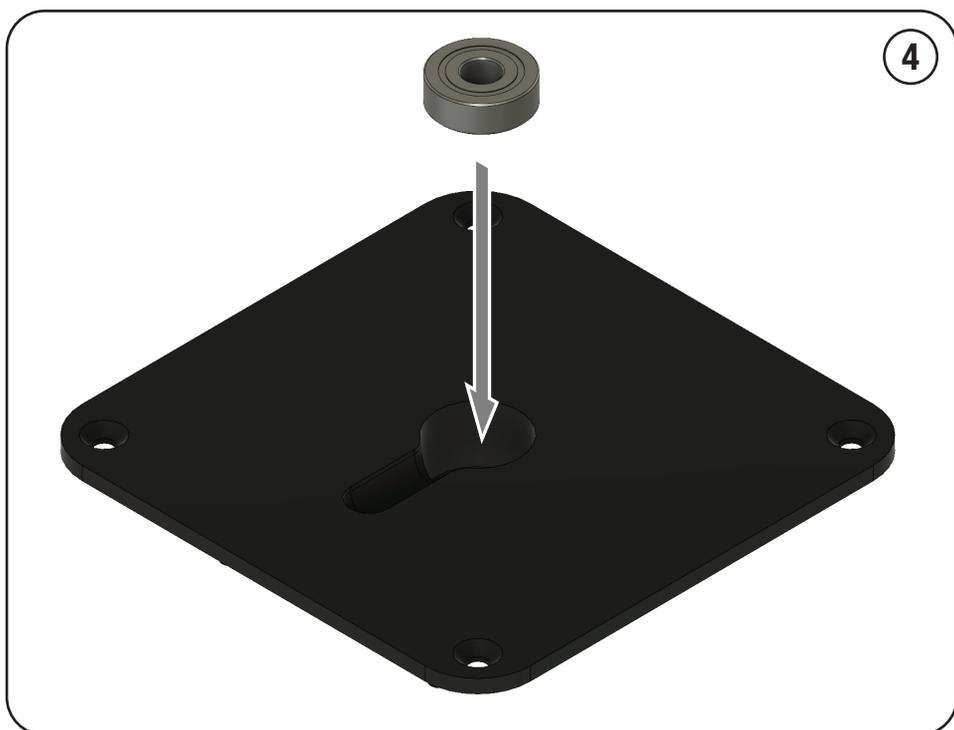
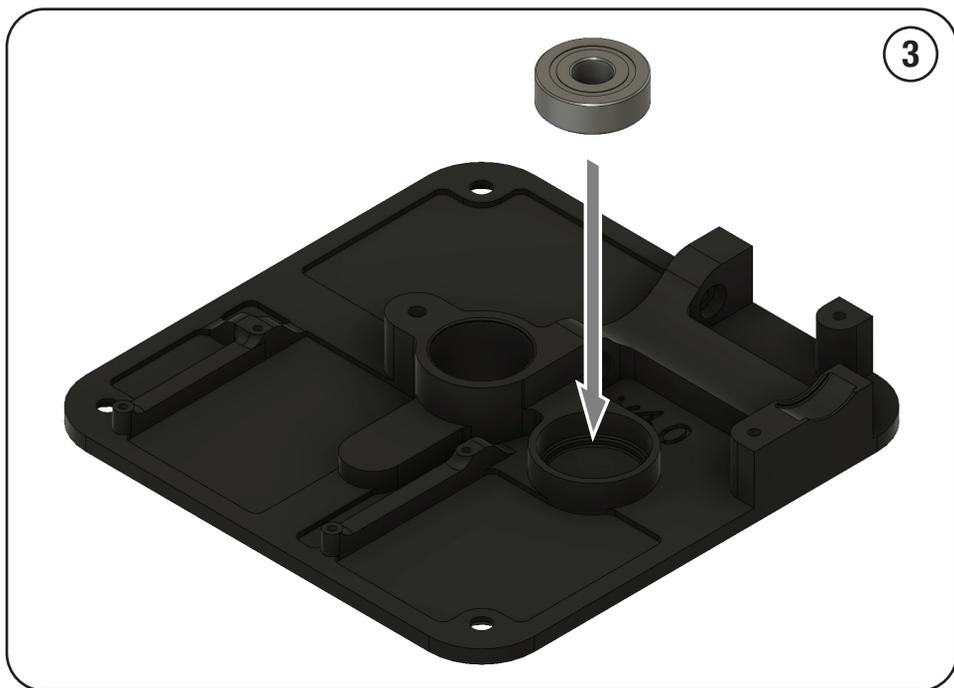
# 9. Documentazione

---

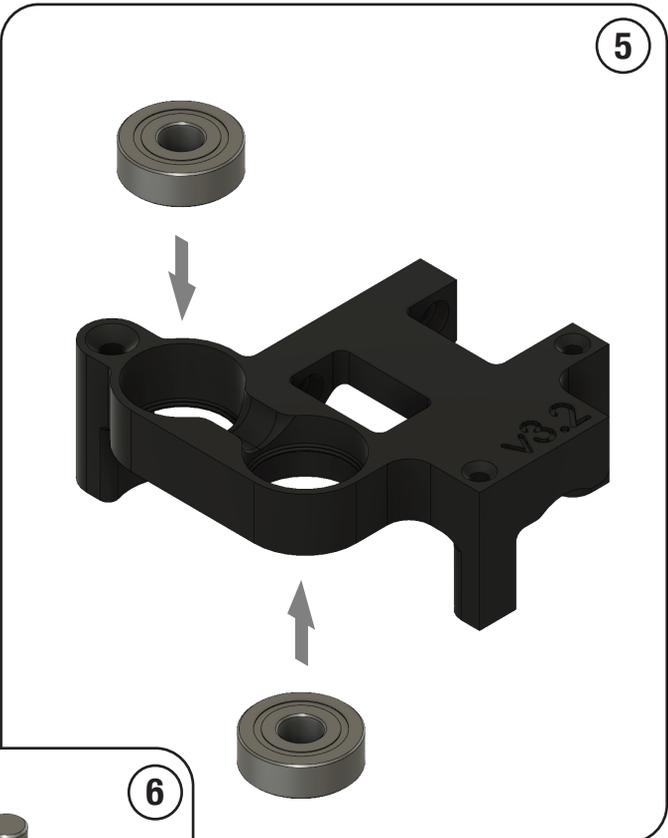
## Tutorial di Assemblaggio & Viste Tecniche



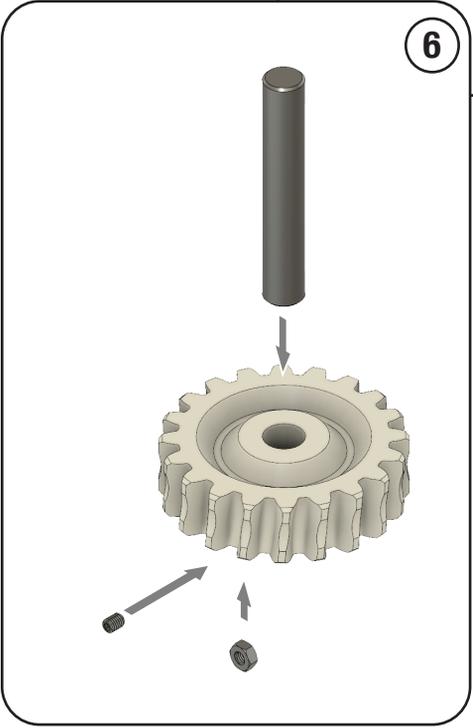




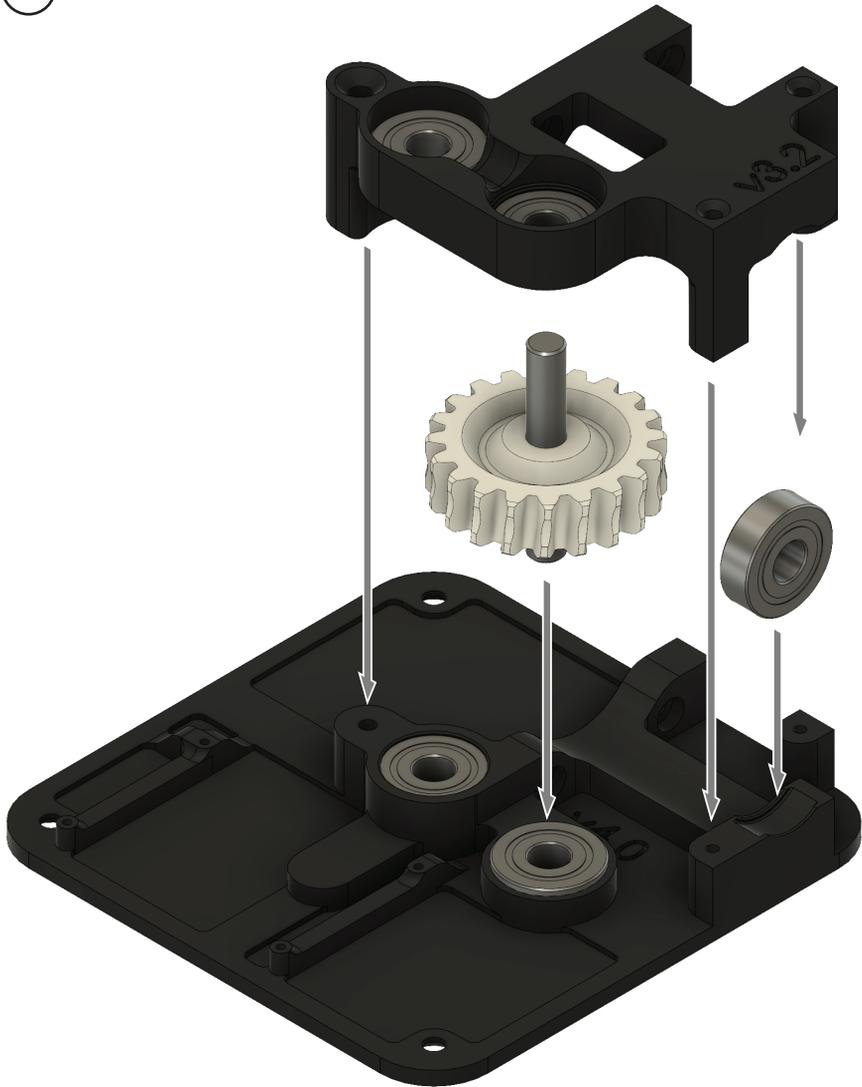
5



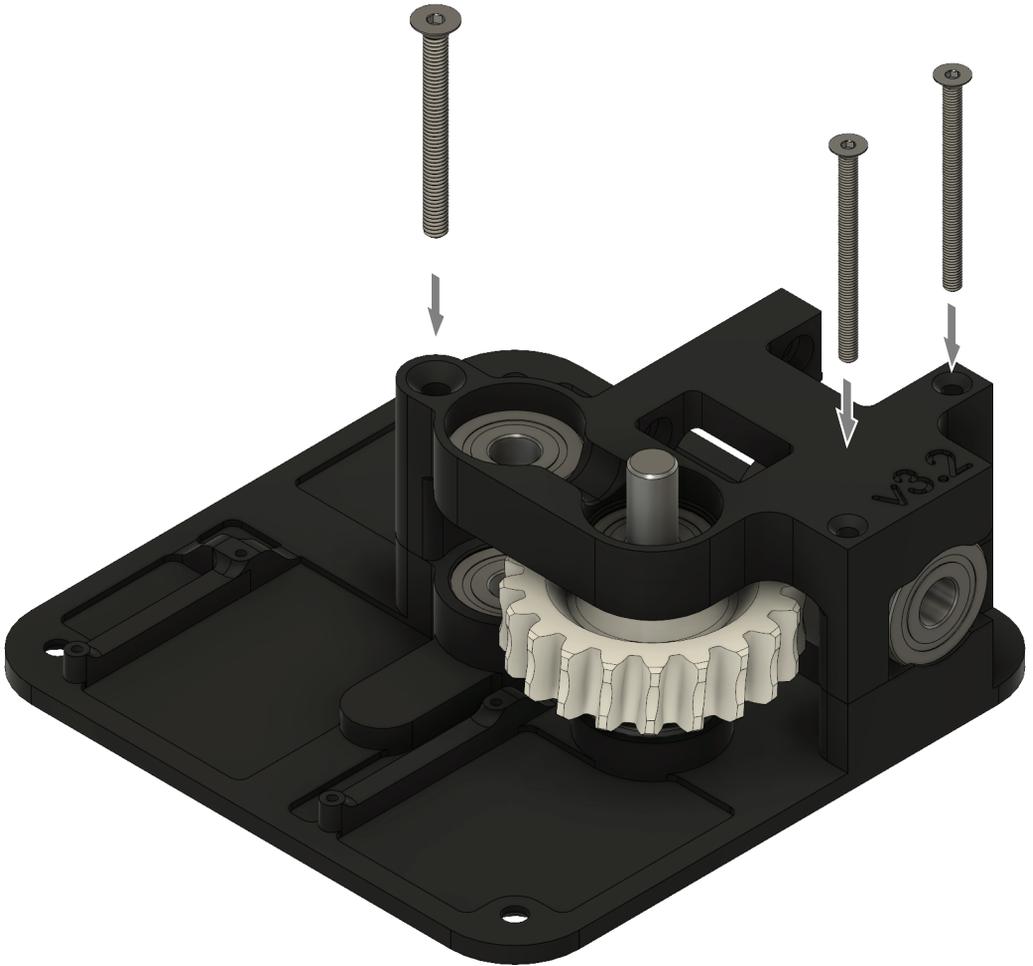
6

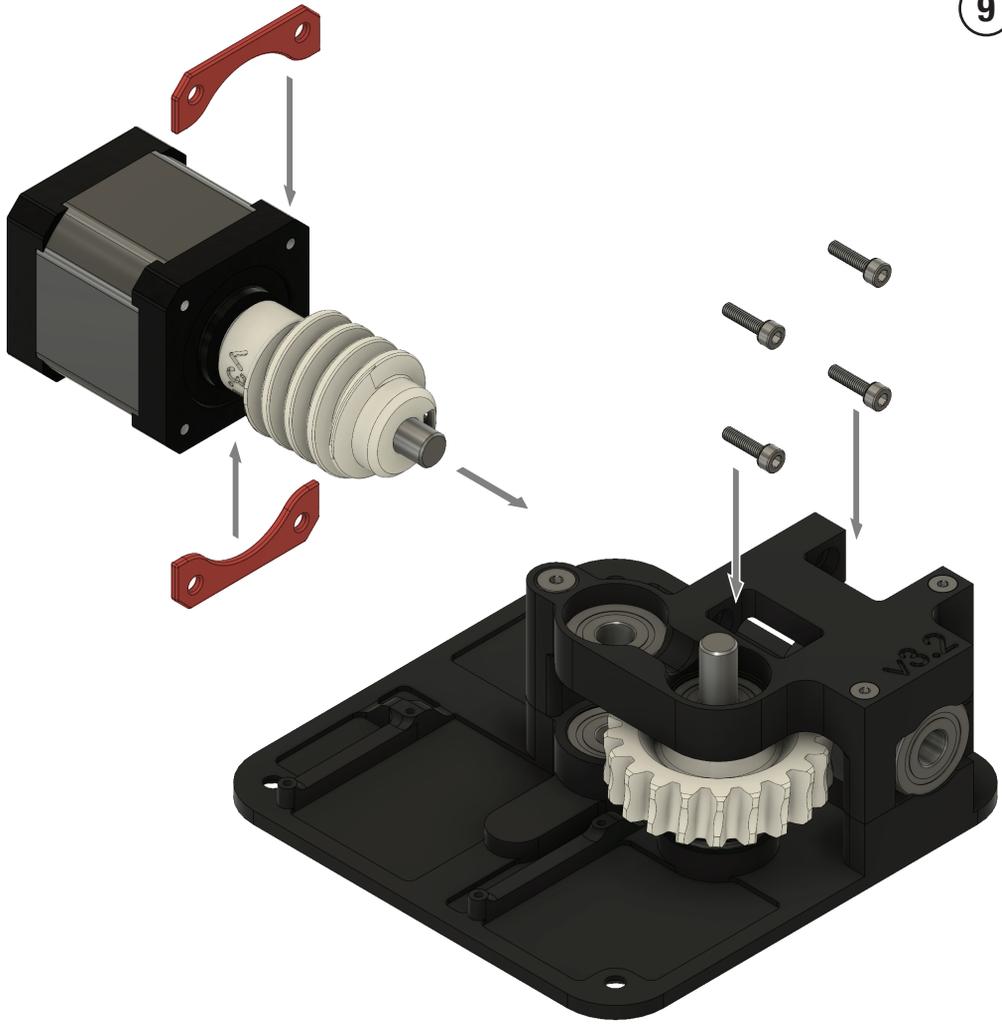


7

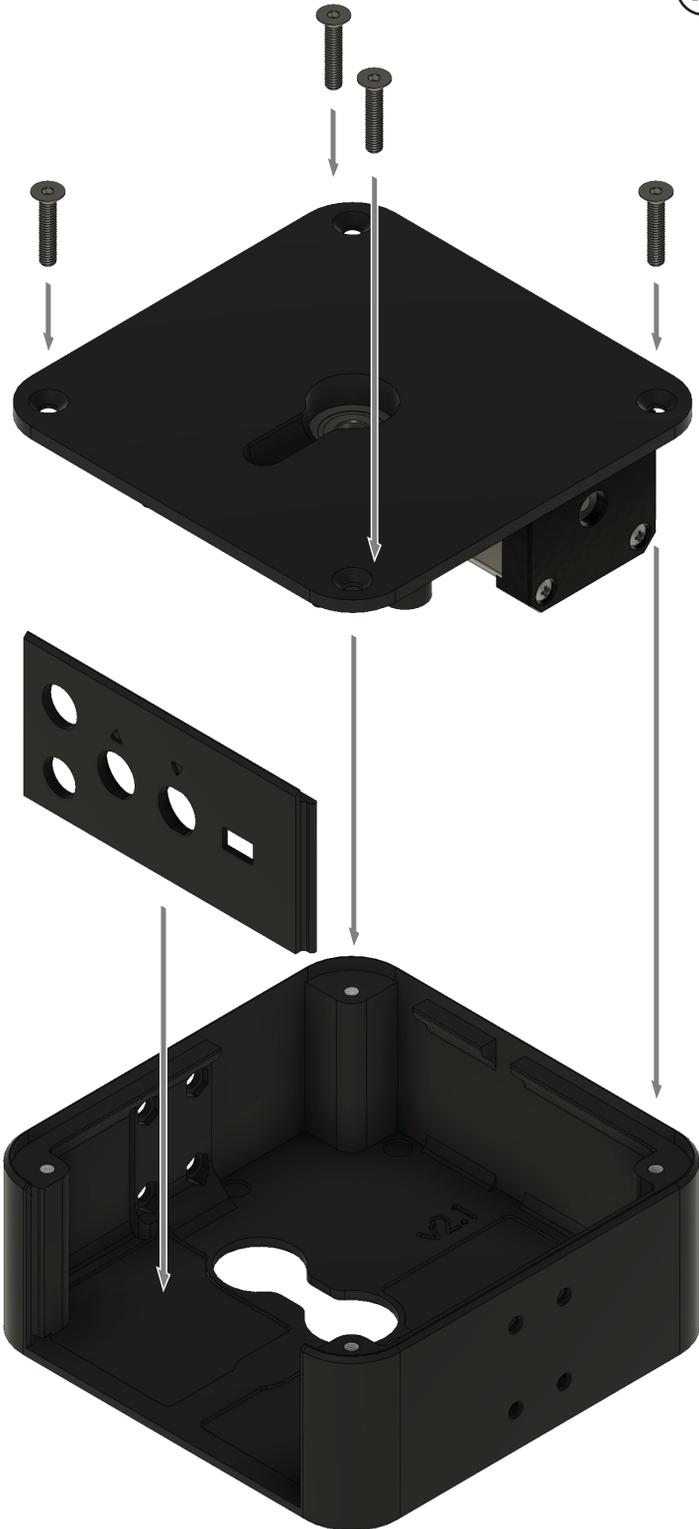


8

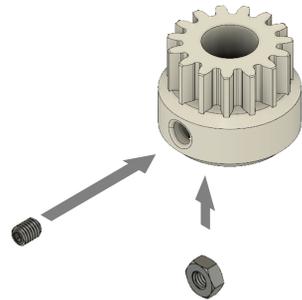




10

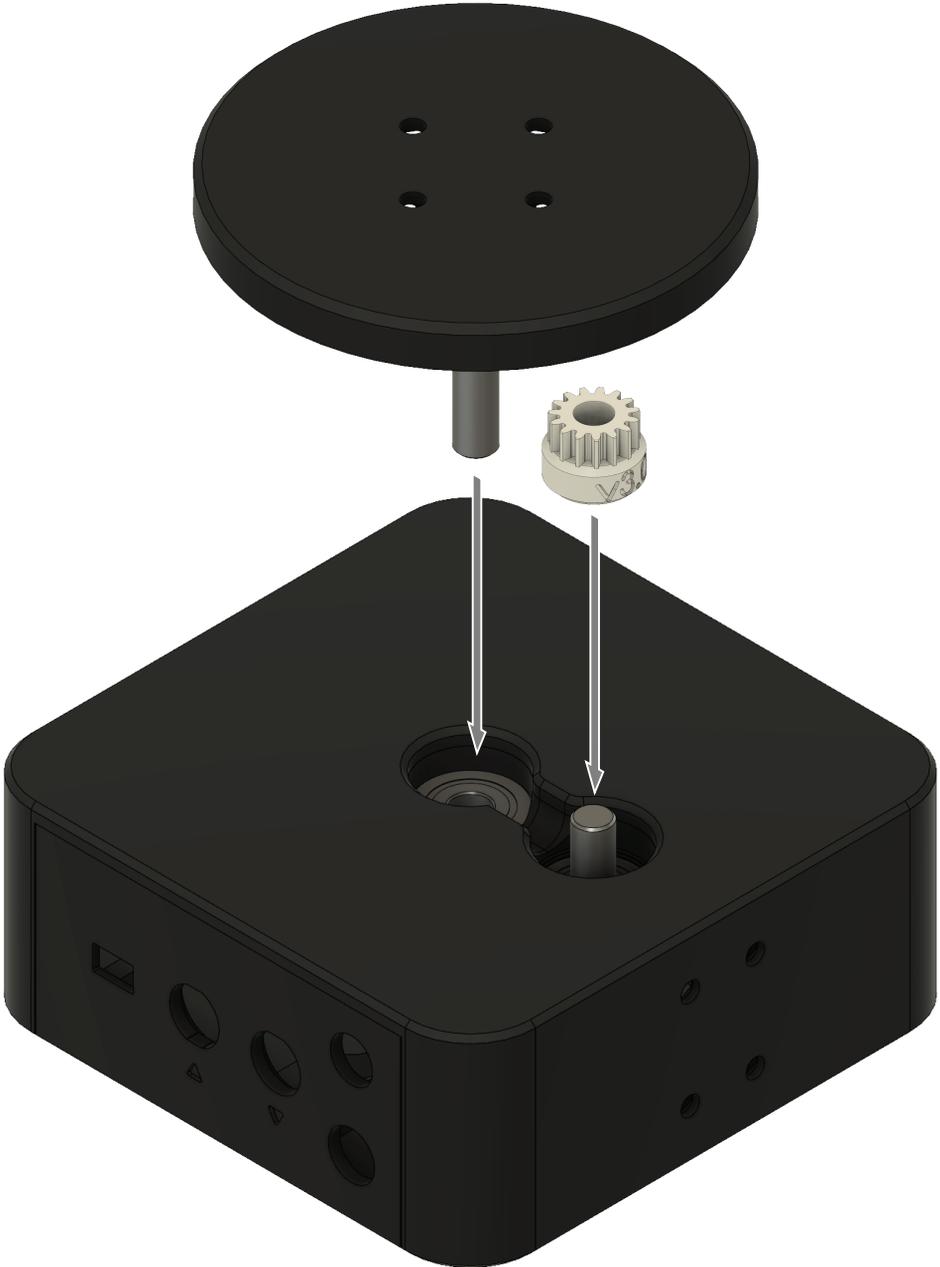


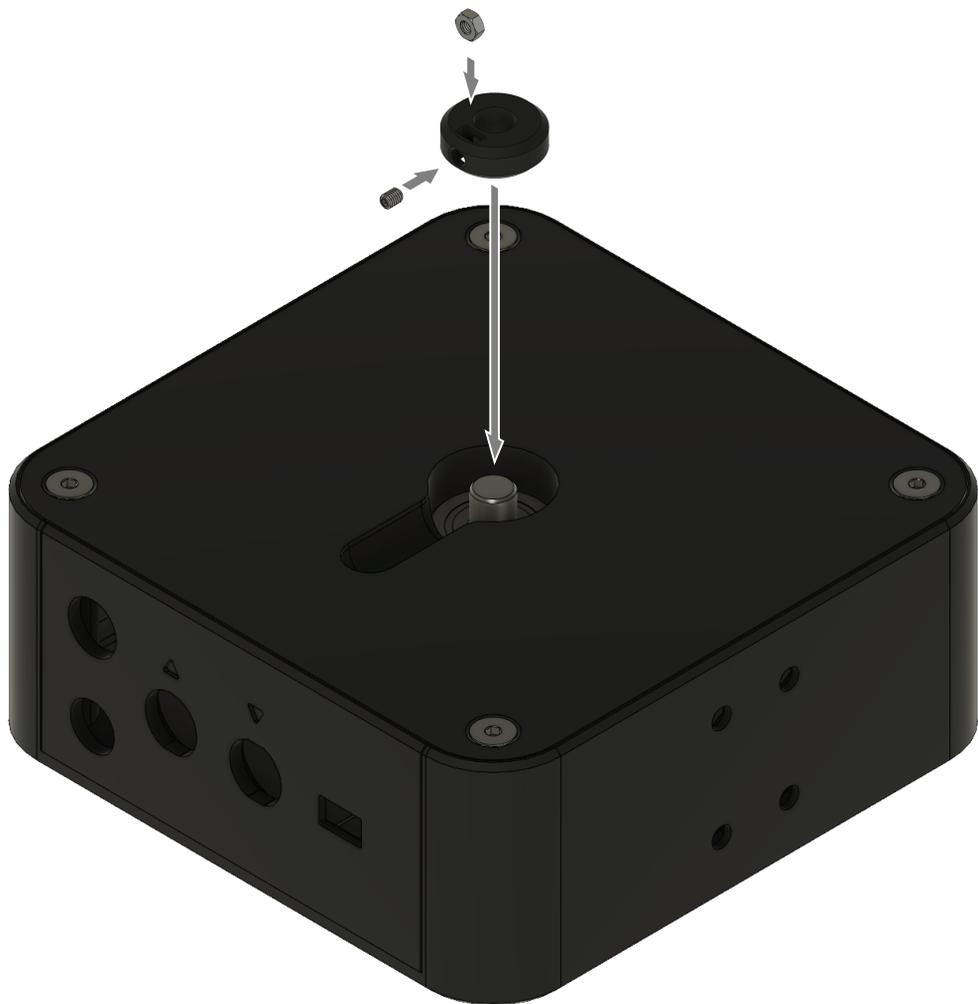
12

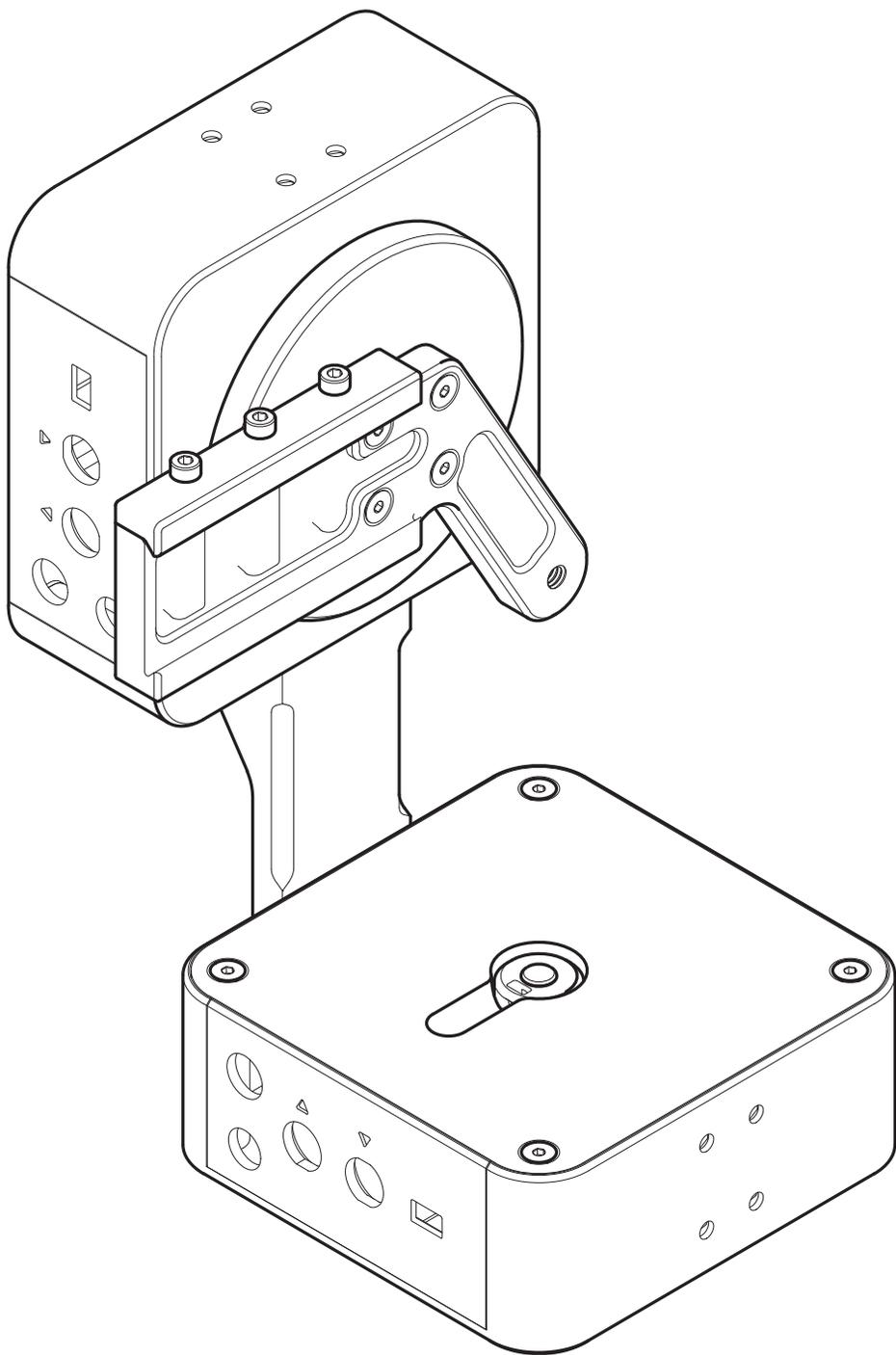


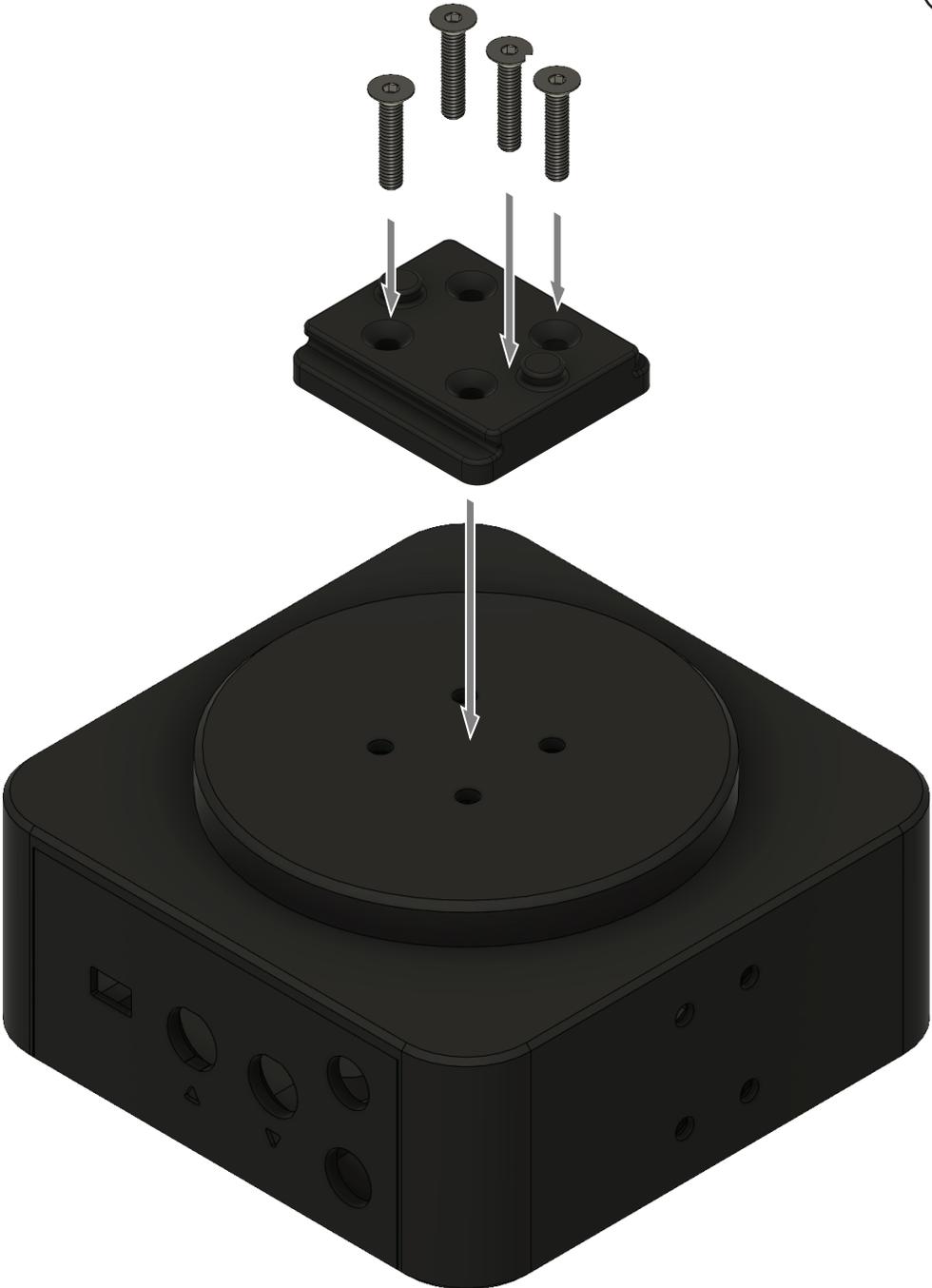
11







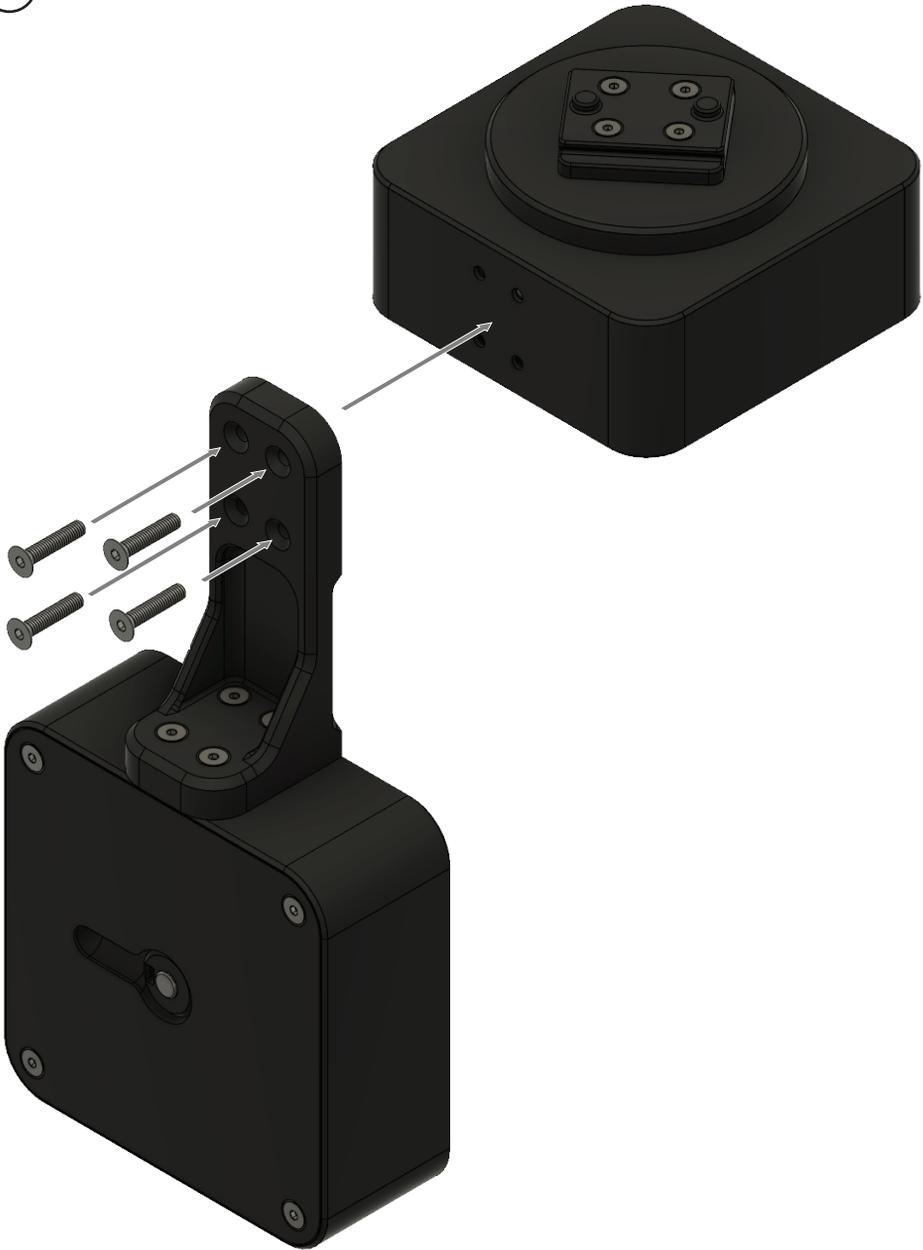


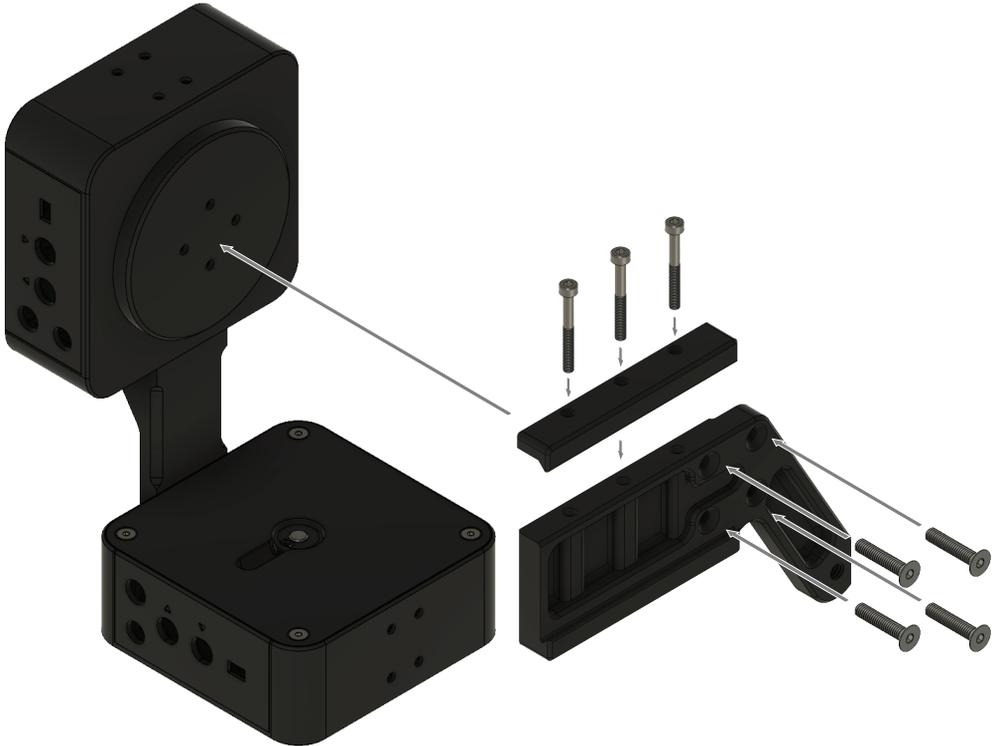


16

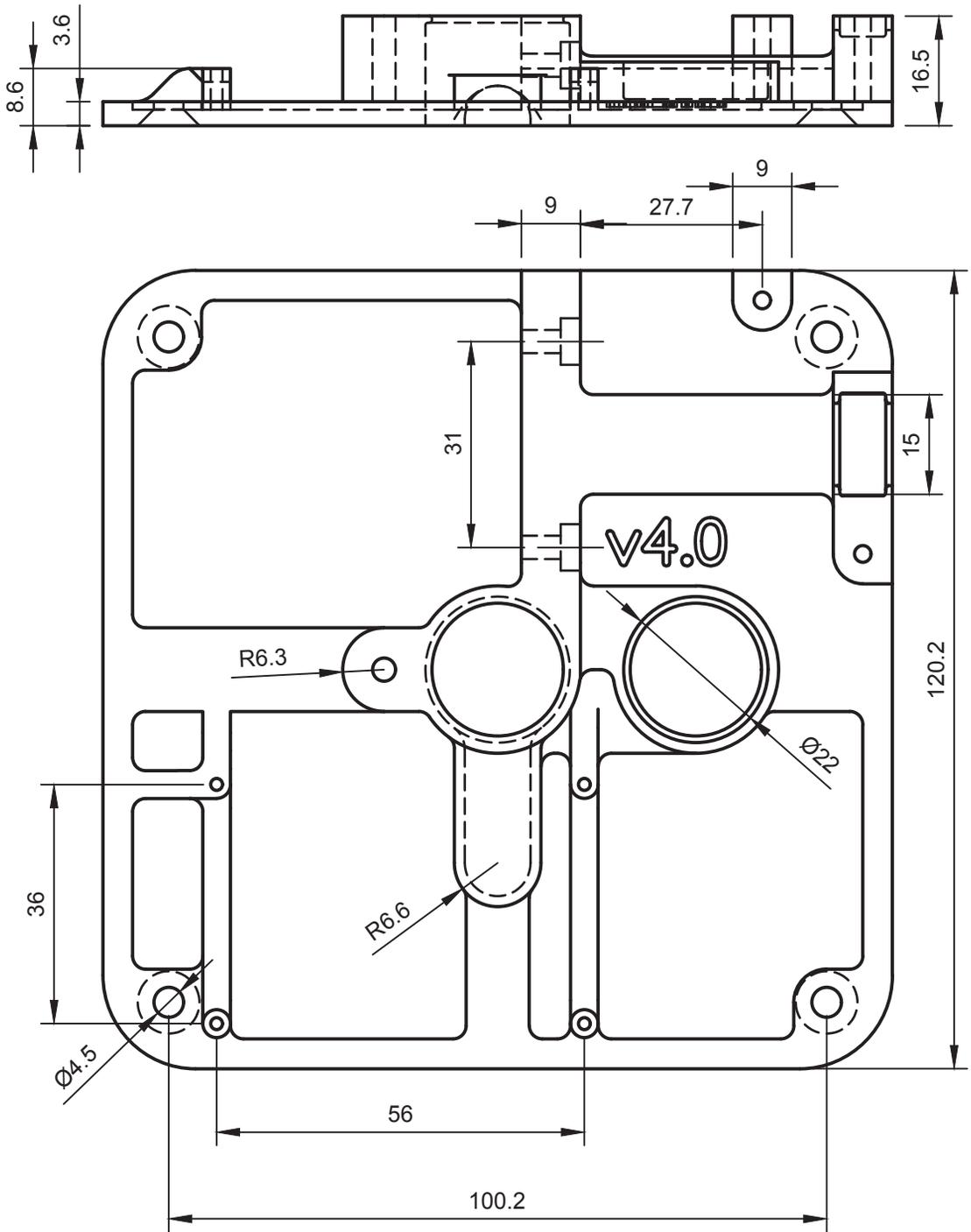


17

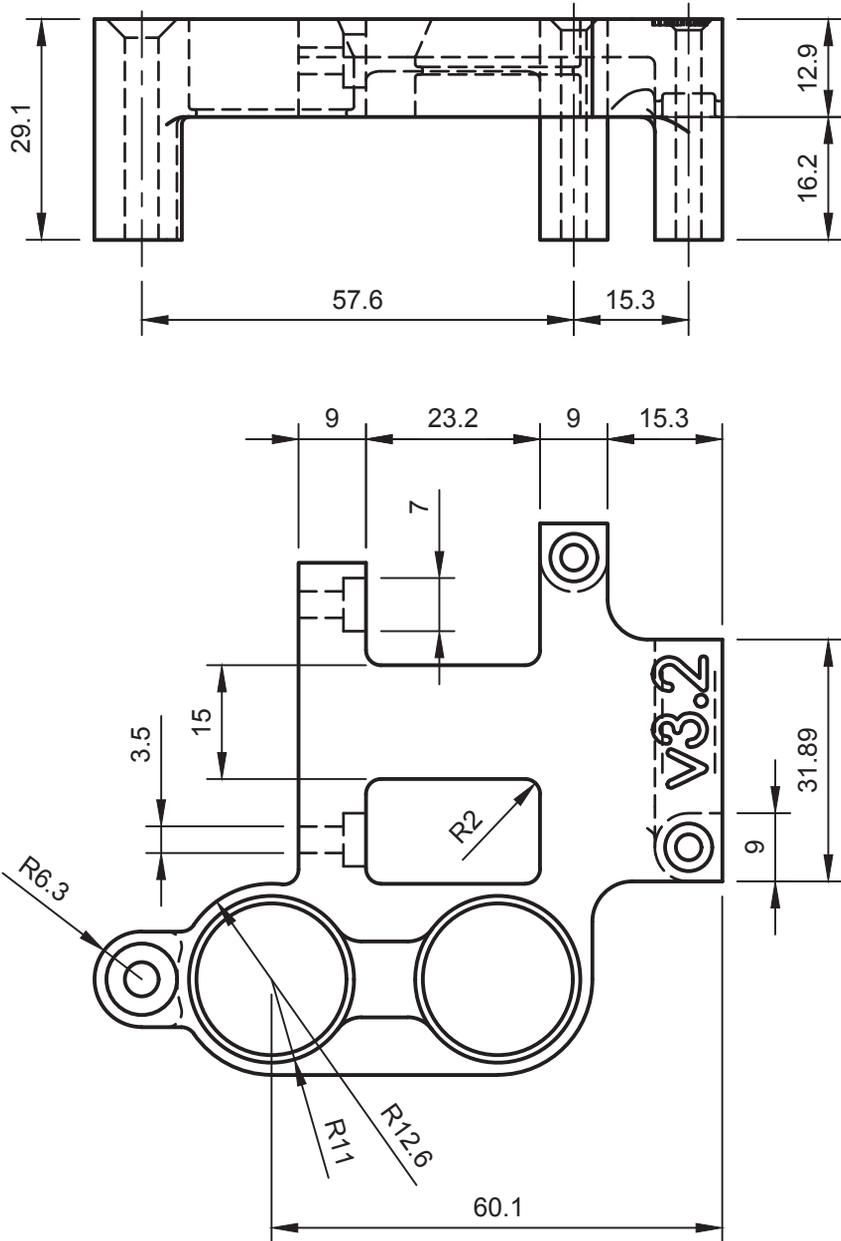




# BASE (scala 1 : 1)

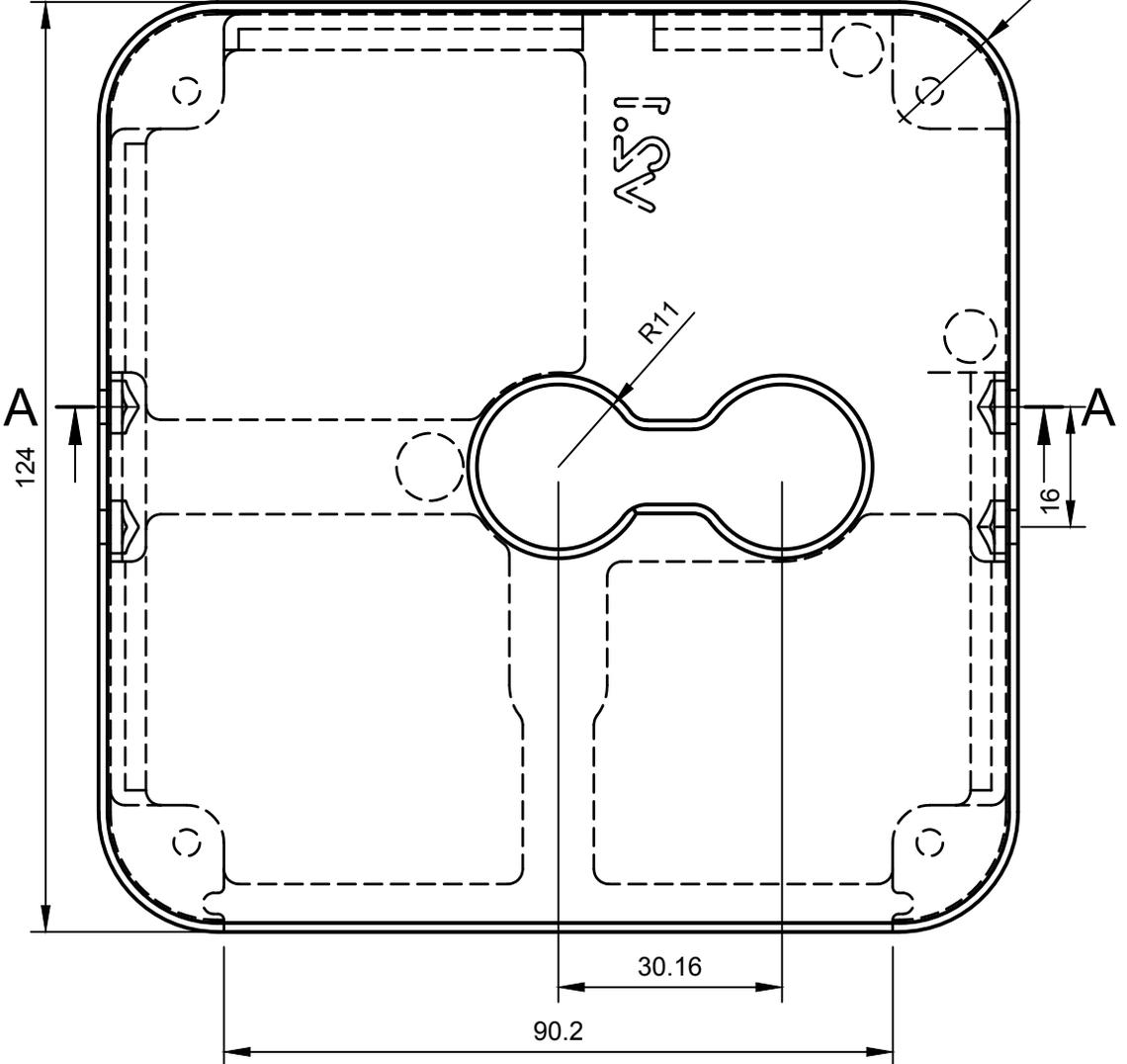
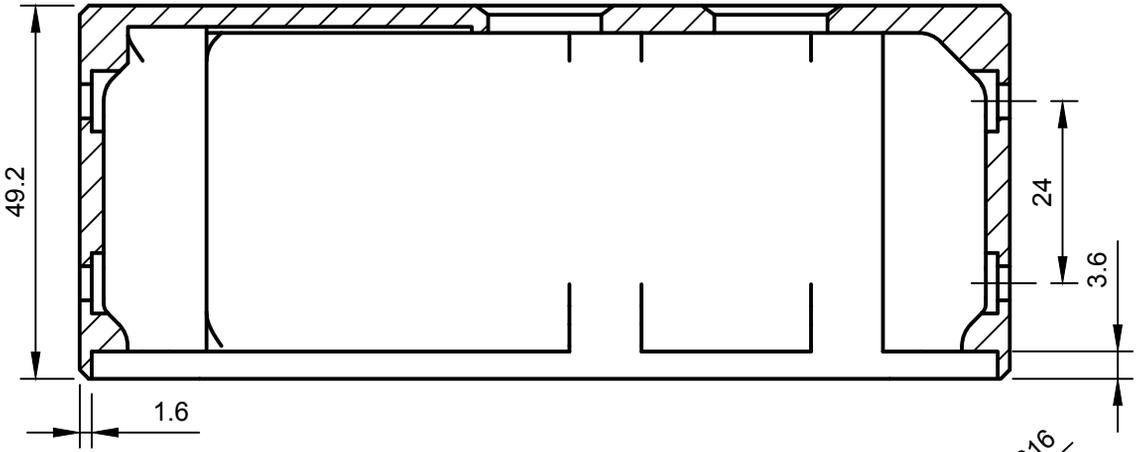


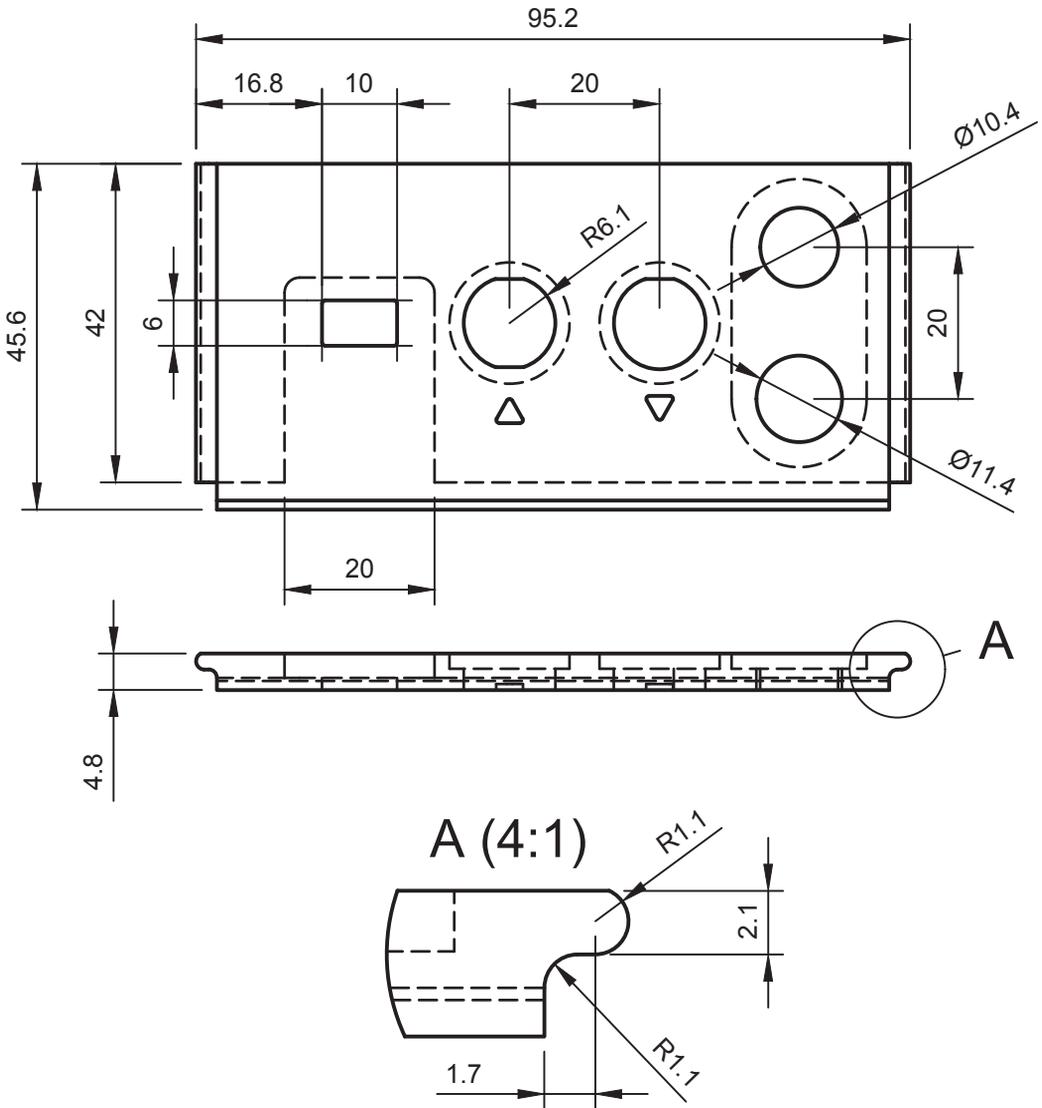
# BRACKET (scala 1 : 1)



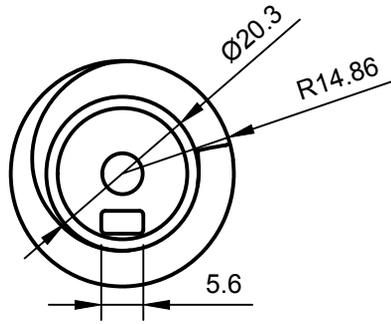
# COVER (scala 1 : 1)

A - A ( 1:1 )

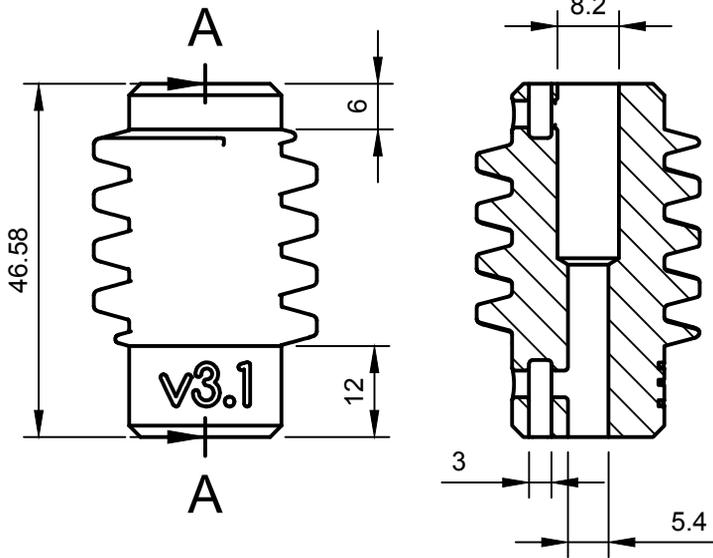




**FRONT PANEL (scala 1 : 1)**



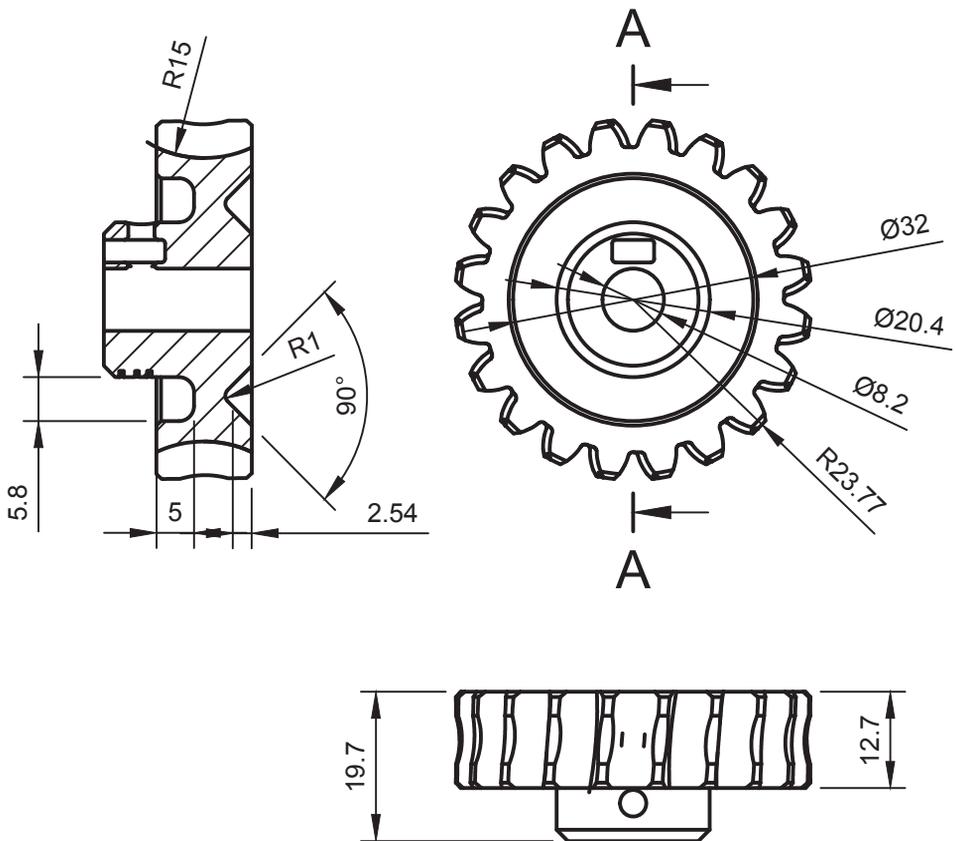
A-A (1:1)



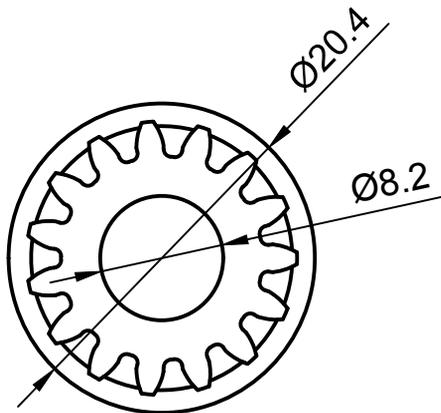
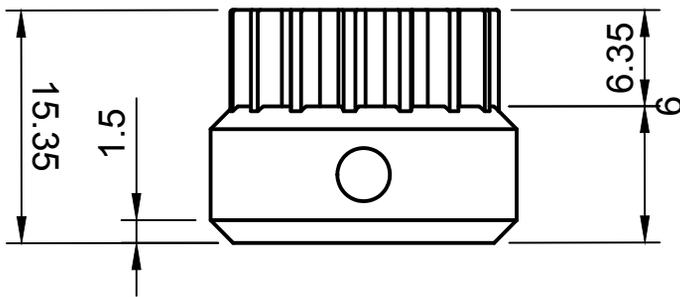
**WORM (scala 1 : 1)**

# WORM GEAR (scala 1 : 1)

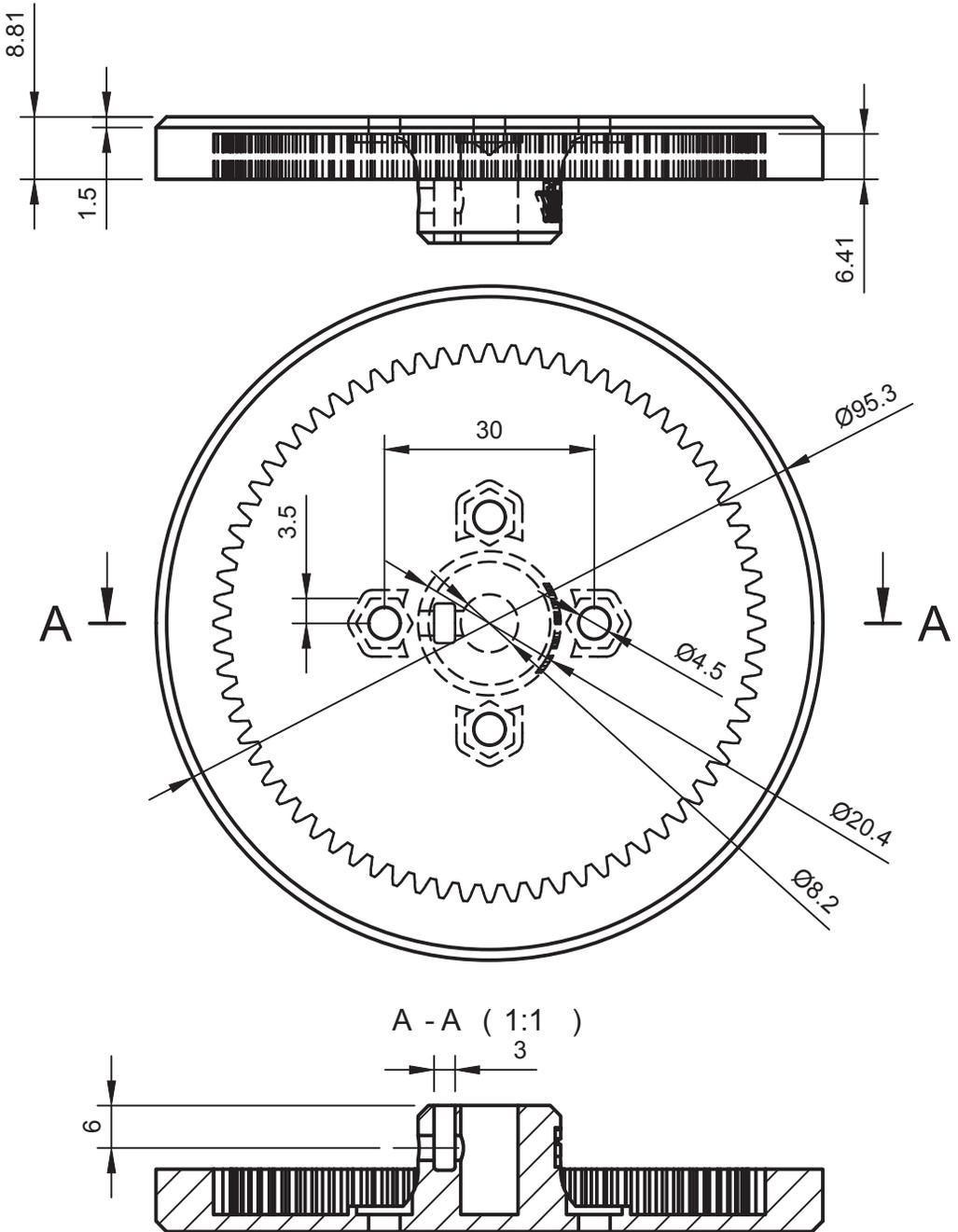
A - A ( 1:1 )



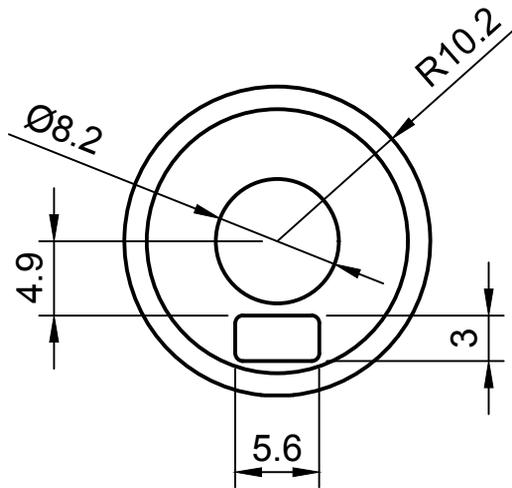
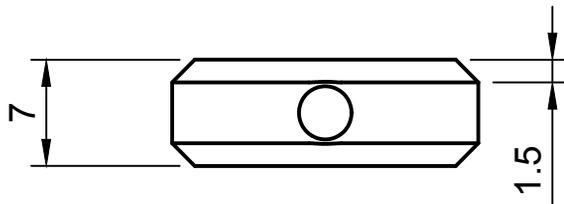
# SPUR GEAR (scala 2 : 1)

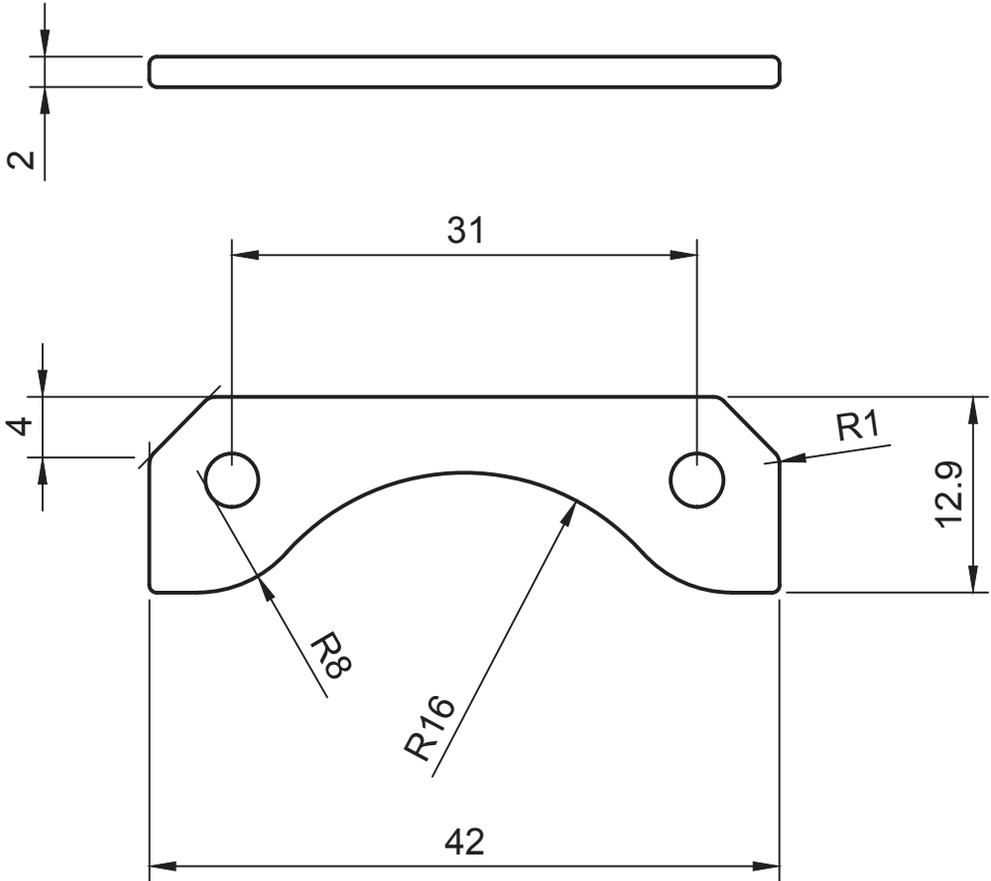


# DISK (scala 1 : 1)

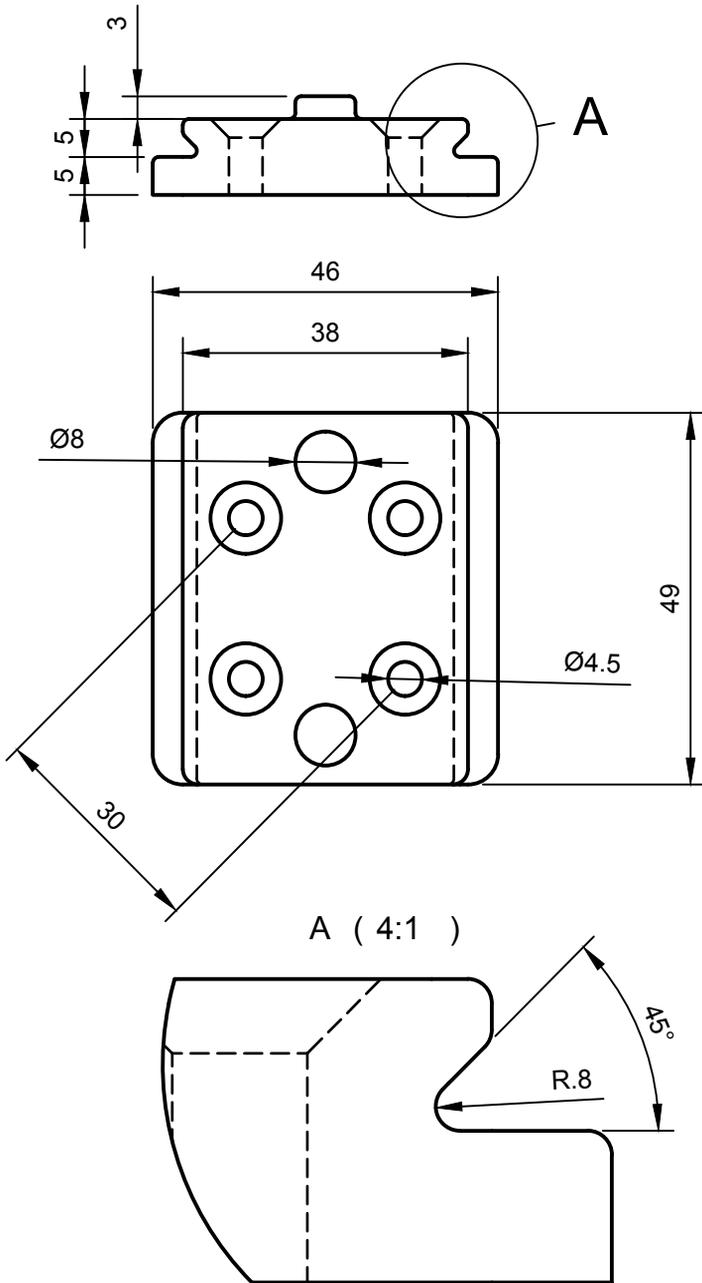


# LOCK (scala 2 : 1)

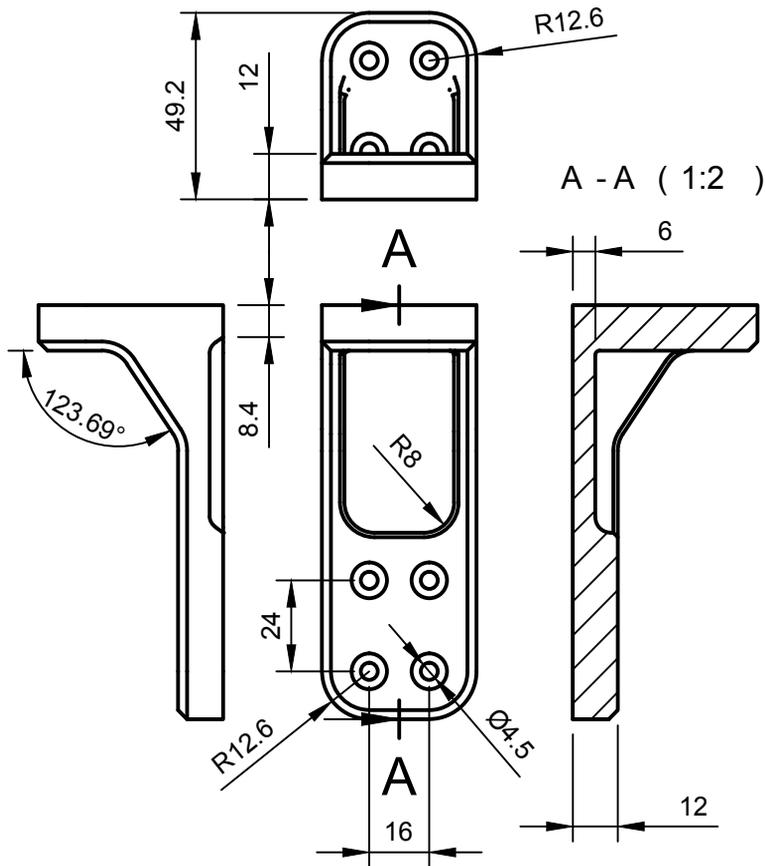




**DAMPENER (scala 2 : 1)**

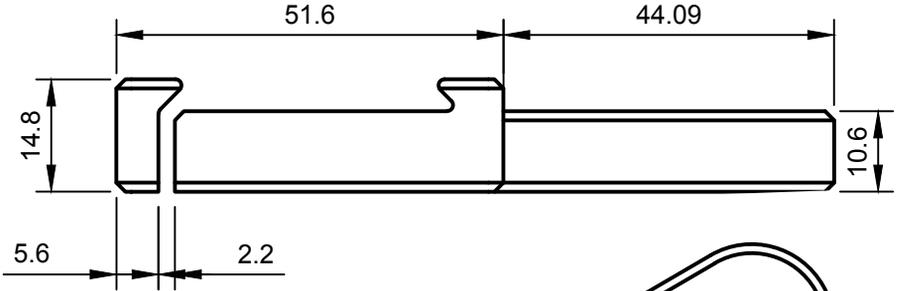


**ARCA SWISS ADAPTOR PLATE (scala 1 : 1)**

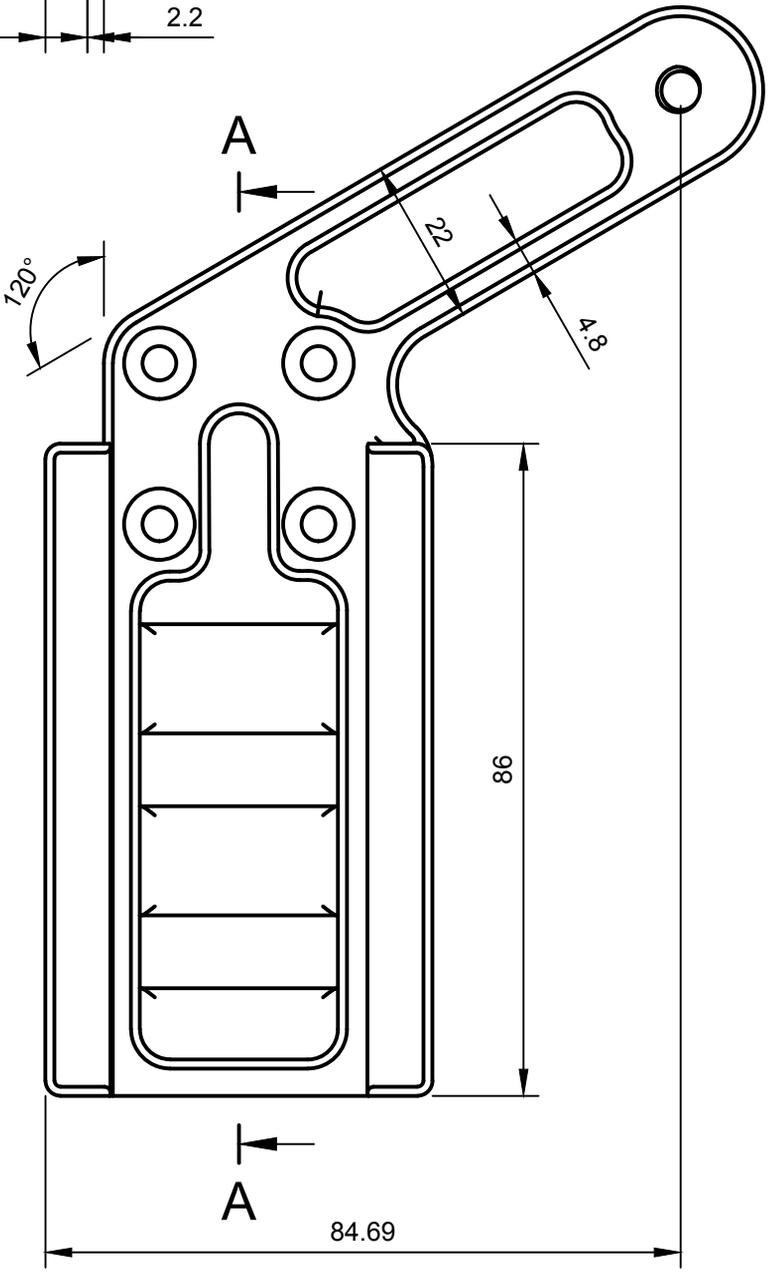
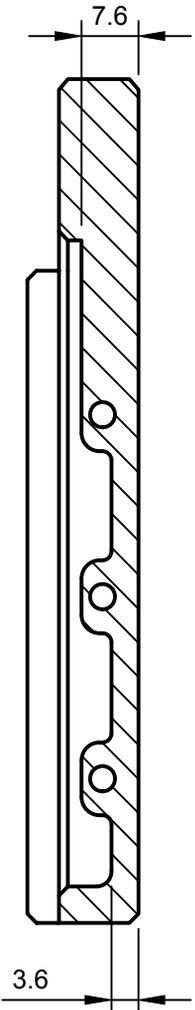


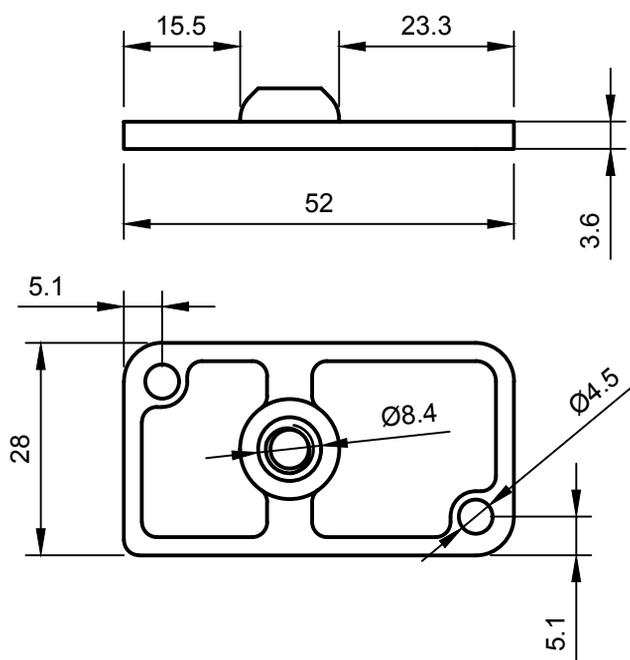
**L Bracket (scala 1 : 2)**

# CAMERA BRACKET (scala 1 : 1)



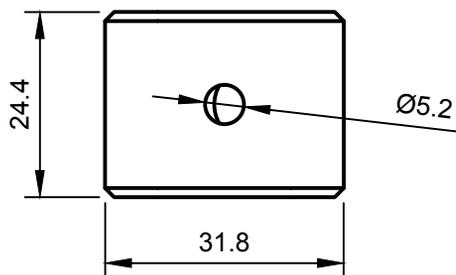
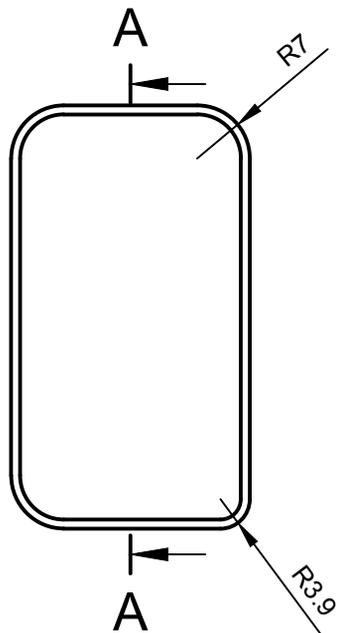
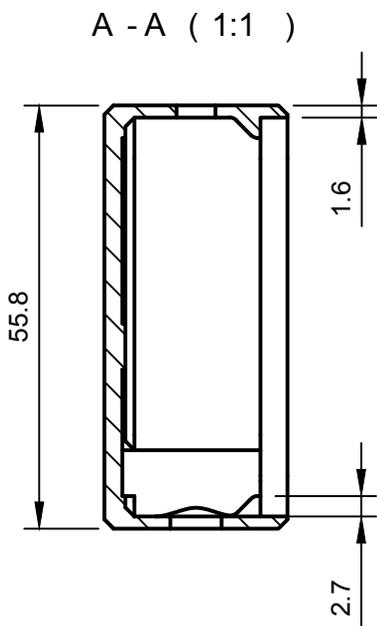
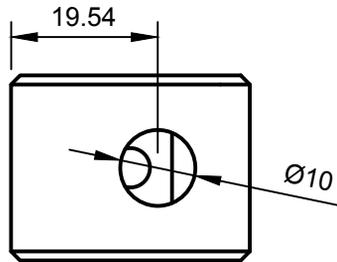
## A - A ( 1:1 )





**IR MODULE - BASE (scala 1 : 1)**

# IR MODULE - COVER (scala 1 : 1)





# 10. Fonti

---

## Bibliografia

Nicholas B. Zeman, *Essential Skills in Character Rigging*, ed. A. K. Peters, (CRC Press, 2015)

Luigi Bistagnino, Flaviano Celaschi, Claudio Germak, *L'uomo al Centro del Progetto*, ed. Claudio Germak (Umberto Allemandi & C.)

Renee Dunlop, *Production Pipeline Fundamentals for Film and Games*, ed. Renee Dunlop (Focal Press, 2015)

Visual Effects Society, *The VES Handbook of Visual Effects*, ed. Jeffrey A. Hokun, Susan Zwerman (Focal Press, 2015)

Nicola Farinacci, Umberto Falstaf Gnocchi, Aniello Vitiello, *Dotline - Open Design a Supporto dei Non Vedenti*, tesi di laurea magistrale in Design Sistemico, Dipartimento di Architettura, Politecnico di Torino, 2017

## Sitografia

“Persistence of vision: how does animation work?”, *Future Learn*, <https://www.futurelearn.com/courses/explore-animation/o/steps/12222>

“Phi phenomenon”, *New World Encyclopedia*, 2015, [http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Phi\\_phenomenon](http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Phi_phenomenon)

The Editors of Encyclopaedia Britannica, “Lumière brothers”, *Encyclopaedia Britannica*, <https://www.britannica.com/biography/Lumiere-brothers>

“History of Film”, *International Student*, <https://www.internationalstudent.com/study-film/history-of-film/>

“Introduction to History of Cinema”, *Starico*, <https://stari.co/history-film/introduction-history-cinema>

David A. Cook, Robert Sklar, “History of the motion picture”, *Encyclopaedia Britannica*, <https://www.britannica.com/art/history-of-the-motion-picture>

National Science and Media Museum, “A very short history of cinema”, *Science Media Museum*, <https://blog.scienceandmediamuseum.org.uk/very-short-history-of-cinema/>

Emily Thompson, “A Very Short History of the Transition from Silent to Sound Movies”, *Wonderstruck*, 2011, [https://www.wonderstruckthebook.com/essay\\_silent-to-sound.htm](https://www.wonderstruckthebook.com/essay_silent-to-sound.htm)

Christopher McKittrick, “How Movies Went From Black and White to Color”, *ToughtCo.*, 2019, <https://www.thoughtco.com/how-movies-went-from-black-white-to-color-4153390>

National Science and Media Museum, “A very short history of cinema”, *Science Media Museum*, <https://blog.scienceandmediamuseum.org.uk/very-short-history-of-cinema/>

“New Hollywood”, *Wikipedia*, [https://en.wikipedia.org/wiki/New\\_Hollywood](https://en.wikipedia.org/wiki/New_Hollywood)  
<https://www.imdb.com>

“Film History of the 1970s”, *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/70sintro.html>

“Film History of the 1980s”, *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/80sintro.html>

“Film History of the 1990s”, *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/90sintro3.html>

“Film History of the 2000s”, *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/2000sintro.html>

“Film History of the 2000s: part 2”, *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/2000sintro2.html>

“Film History of the 2010s”, *Filmsite*, <https://www.filmsite.org/2010sintro.html>

“Consumer Price Index”, *Bureau of Labor Statistics*, <https://www.bls.gov/cpi/>

HollywoodEndingMovie, “LIFE AFTER PI (Official)”, *Youtube*, 2014, <https://www.youtube.com/watch?v=gIcB9u-9mVE>

Matt Vasiliauskas, “Production Scheduling Explained: How to Make a Scene Breakdown”, *StudioBinder*, 2018, <https://www.studiobinder.com/blog/online-scene-breakdown-production-scheduling/>

*Film Inquiry*, <https://www.filminquiry.com/stages-hierarchy-film-production-infographic/>

Andrew Whitehurst, “The Visual Effects Pipeline”, *andrew-whitehurst.net*, <http://www.andrew-whitehurst.net/pipeline.html>

Arnon Shorr, “How to Produce a Movie - The Pre Production Process Explained”, *StudioBinder*, 2016, <https://www.studiobinder.com/blog/the-complete-pre-production-process/>

Jack Picone, “9 Stages of Pre-Production”, *New York Film Academy*, 2017, <https://www.nyfa.edu/student-resources/9-stages-of-pre-production/>

Michelle Cassel, “A Step-by-Step Guide to Pre-Production for Film and Video”, *Pond5*, 2016, <https://blog.pond5.com/4839-a-step-by-step-guide-to-pre-production-for-film-and-video/>

Jourdan Aldredge, “The Shreditor’s Guide to Film and Video Pre-Production”, *Premium Beat*, 2017, <https://www.premiumbeat.com/blog/shreditor-guide-video-pre-production/>

Full Sail University, “Filmmaking from Beginning to End: Preproduction to Production”, *Youtube*, 2017, [https://www.youtube.com/watch?v=oj\\_Blr8IErI](https://www.youtube.com/watch?v=oj_Blr8IErI)

“Production”, *Media College*, <https://www.mediacollege.com/glossary/p/production.html>

Adorama, “Cine Lens”, *Adorama Learning Center*, 2017, <https://www.adorama.com/alc/what-is-a-cine-lens-and-how-is-it-different-from-a-photo-lens>

Bart, “How to Create Your Own HDR Environment Maps”, *Blender Nation*, 2016, <https://www.blendernation.com/2016/04/06/create-hdr-environment-maps/>

“One Light To Final Grade”, *Finalcolor*, 2006, <http://www.finalcolor.com/one-light-to-final-grade/>

*Academy Software Foundation*, <https://www.aswf.io>

Mike Seymour, “Open Source Academy Software Foundation”, *FXGuide*, 2018, <https://www.fxguide.com/featured/open-source-academy-software-foundation/>

“Ultimate 3D Printing Materials Guide”, *Simplify3D*, <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/>

Ken Shirriff, “Understanding Sony IR Remote Codes, LIRC files, and the Arduino Library”, *Ken Shirriff’s Blog*, <http://www.righto.com/2010/03/understanding-sony-ir-remote-codes-lirc.html>

Dan Carr, “How To Calculate Field Of View In Photography”, *Shuttermuse*, 2016, <https://shuttermuse.com/calculate-field-of-view-camera-lens/>

“A4988 Stepper Motor Driver Carrier”, *Pololu*, <https://www.pololu.com/product/1182>

*Prusa Research by Josef Prusa*, <https://www.prusa3d.it>

## **Altre Fonti**

Glen McIntosh, “From Puppets to Pixels: Bringing The Dinosaurs of Fallen Kingdom To Life”, *View 2018*, Torino

David Vickery, “Jurassic World: Fallen Kingdom”, *View 2018*, Torino

Danielle Feinberg, “Coco: Bringing Life to the Land of the Dead”, *View 2018*, Torino

Hans Zimmer, “Step Into My Music”, *View 2018*, Torino

Rob Bredow, “Creatively Driven - The VFX for Solo: A Star Wars Story”, *View 2018*, Torino

Troy Saliba, Aharon Bourland, “The VFX of Venom”, *View 2018*, Torino

Paul Debevec, “Photoreal Digital Humans and The Promise of VR”, *View 2018*, Torino

Glen McIntosh, “From Puppets to Pixels: Bringing The Dinosaurs of Fallen Kingdom To Life”, *View 2018*, Torino

Matt Aitken, “Avengers: Infinity War”, *View 2018*, Torino

Prof. Juri Stanossek, Heiko Burkardsmaier, “Virtual Production with NCAM for the Creation of Large Digital Environments”, *View 2018*, Torino

Dan Glass, “Deadpool 2”, *View 2018*, Torino

Don Greenberg, "VIRTUAL REALITY: Light, Color & the Human Visual System", *View 2018*, Torino

Geoffrey Baumann, "The Visual Effect and Collaboration Behind Black Panther", *View 2018*, Torino

Marino Guarnieri, "Post Production in 2D Animation", *View 2018*, Torino

Daniel Shutt, "Acquiring and Lighting for Visual Effects", *View 2018*, Torino

Andrew Brassington, "Producing for VFX: Breaking Down a Script and Preparing a VFX Bid", *View 2018*, Torino

Dennis Muren, "Visual Effects, Defining That Critical Elusive and Final 5%", *View 2018*, Torino



---

# Ringraziamenti

---

Ringrazio di cuore i miei relatori: Riccardo Gagliarducci e Fabrizio Valpreda, per l'interminabile pazienza, per l'aiuto e i preziosi consigli che hanno reso possibile questo progetto; i loro corsi mi hanno permesso di scoprire la grande passione per il mondo della computer grafica e per la tecnologia.

Ringrazio Cristina Cilli e il Museo Lombroso di Torino, che mi hanno consentito con grande gentilezza e disponibilità di validare i risultati degli studi attraverso una prova sul campo.

Ringrazio i compagni di viaggio, che con me hanno condiviso le fatiche e le gioie dello studio universitario.

Ringrazio Giulia, per il supporto, l'amore e la complicità che mi hanno dato la forza per completare questo documento.

Ringrazio mia nonna, per le coccole e i vizi.

Infine, il grazie più grande va ai miei genitori, che da sempre mi supportano incondizionatamente e che si sono presi cura di me in questi mesi di intenso lavoro.

Le parole non bastano ad esprimere la mia riconoscenza per i sacrifici compiuti.

A loro dedico questo mio lavoro.

