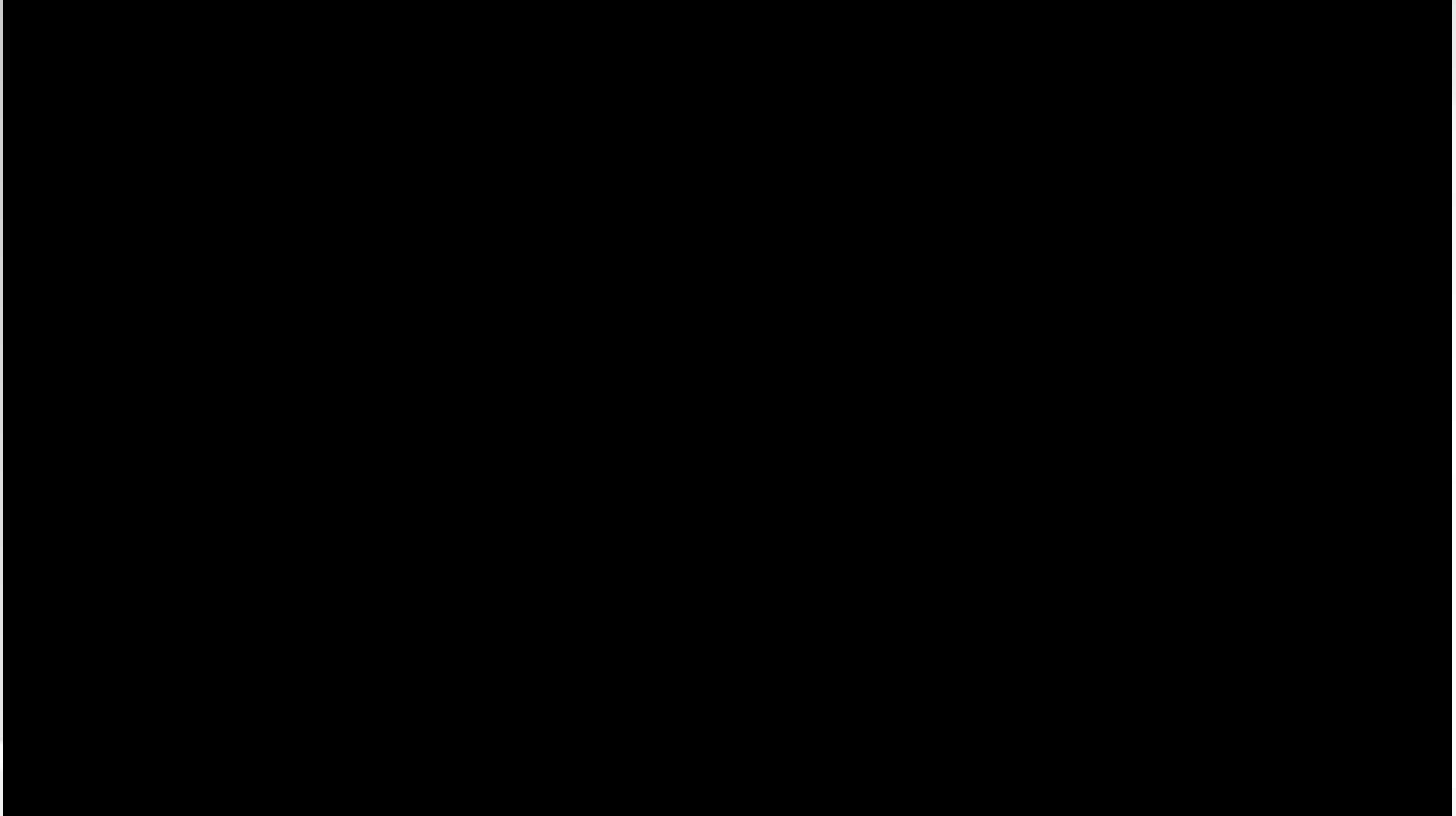


# **Introduzione all' Additive Manufacturing**

*Prof. Luca Iuliano*

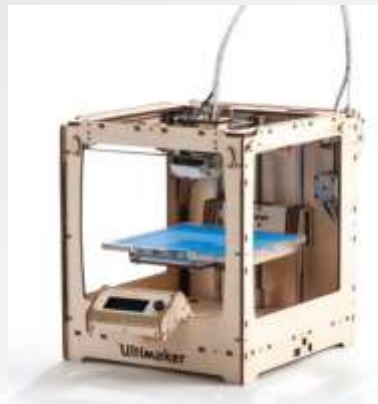
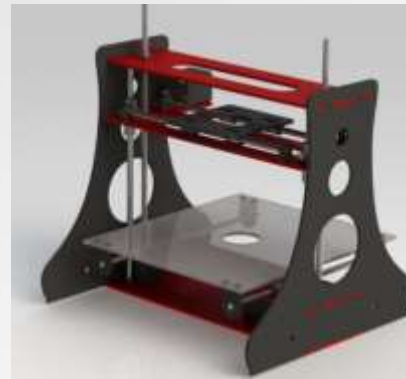
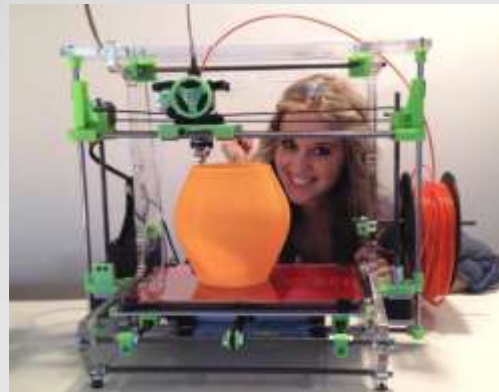
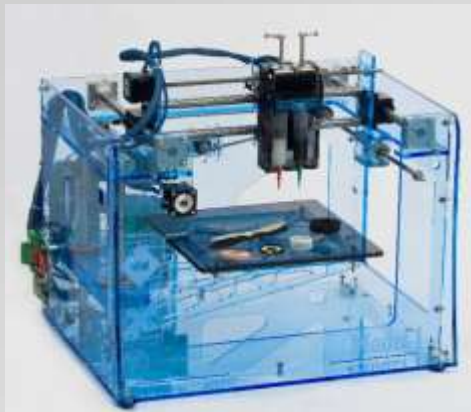


# *LA FANTASIA E LE ILLUSIONI*



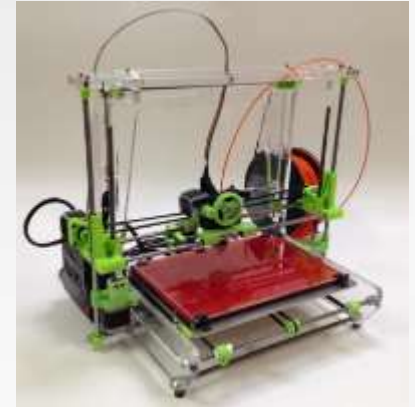
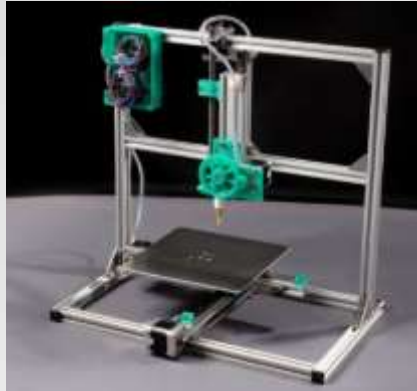
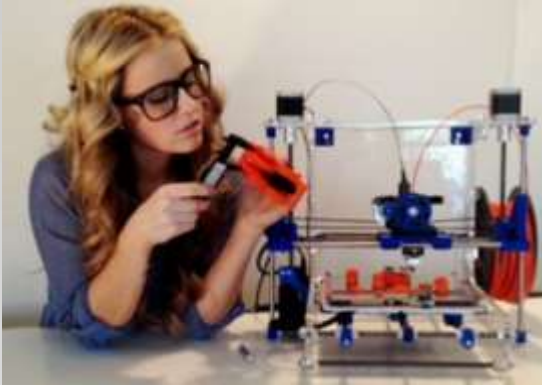
# LA FANTASIA E LE ILLUSIONI

«Trappole Low-Cost» con prestazioni mediocri in termini di tolleranze, rugosità e prestazioni meccaniche;



Investimento anche inferiore a € 1.000,00 con l'illusione di produrre elementi funzionali;

# LA FANTASIA E LE ILLUSIONI



In caso di uso domestico:

- *che realizza il CAD 3D ?;*
- *Sicurezza di utilizzo ?*
- *Materiale sicuro a contatto con minori ?*

# *Fabbricazione Additiva / Additive Manufacturing*



# *Fabbricazione Additiva / Additive Manufacturing*



# *Fabbricazione Additiva / Additive Manufacturing*





## Fabbricazione Additiva / Additive Manufacturing



## LA REALTA'

Sistemi industriali con volumi di lavoro fino al metro cubo, in grado di funzionare in modalità senza presidio e di assicurare adeguate prestazioni in termini di tolleranze dimensionali, rugosità superficiali e caratteristiche meccaniche;

*Materiali definitivi*

*Listini adeguati alle prestazioni*

# Evoluzione dell'Additive Manufacturing

1984 – Brevetto US No 4.575.330 per SLA

1987 – La *Prototipazione Rapida* è una realtà commerciale

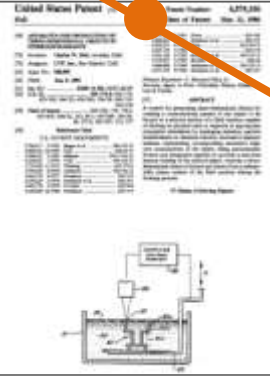
1990 – *Rapid Casting*: anime per fonderia in sabbia prodotte con tecnologia additiva

1995 – *Rapid Tooling*: inserti per stampi prodotti con tecnologia additiva

2000 – *Additive Manufacturing*: componenti finali prodotti con tecnologia additiva

2011 – 49.000 machine installate  
(in totale dal 1984)

2014 – 543 machine per  
metallo (+55% in un anno)



# Aerospace



Courtesy of Morris Technologies Inc.



# Medical and Dental



*Image courtesy of  
ARCAM AB*



*Image courtesy of EOS GmbH*





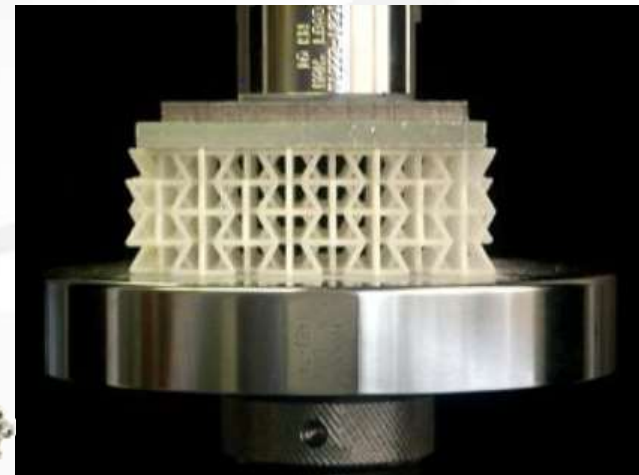
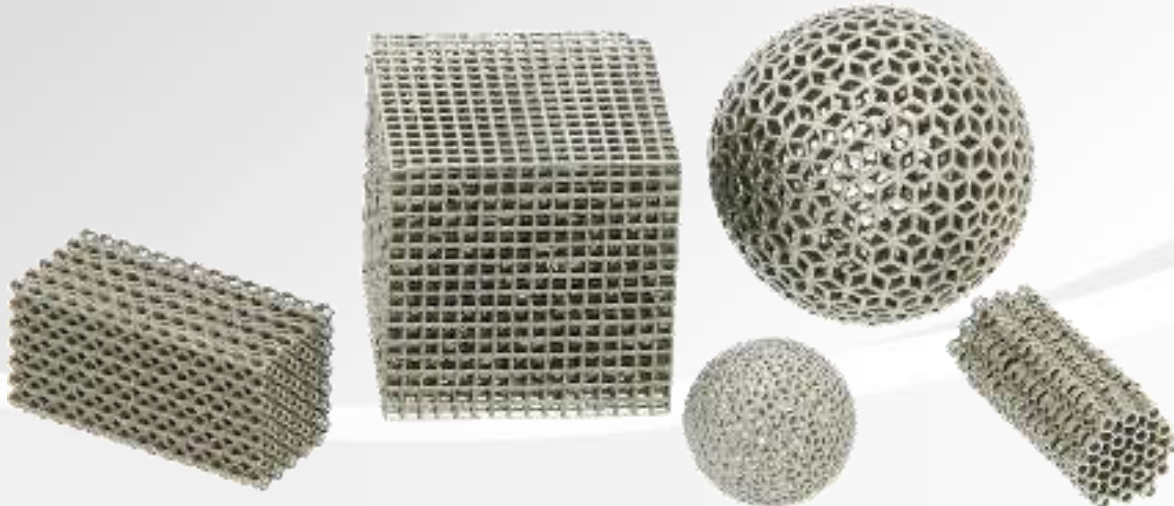
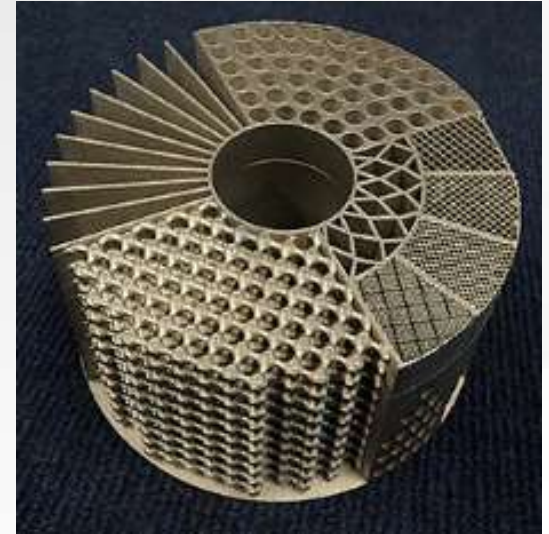
# Automotive



# Jewelry

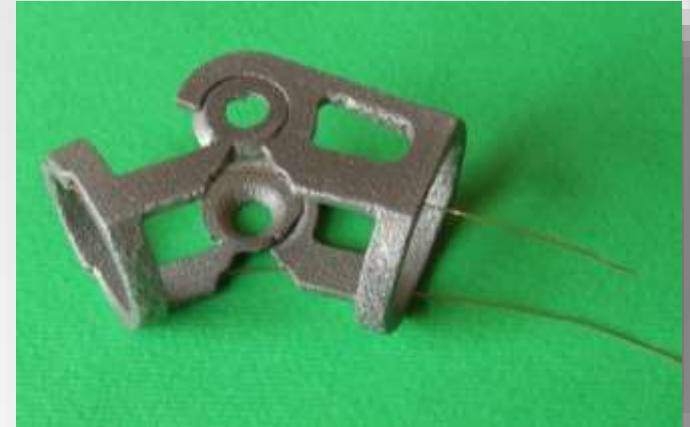


# Lattice Structures and Filters





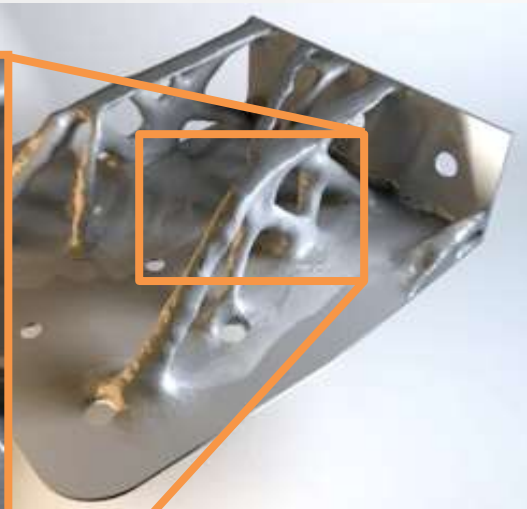
# Living Hinges and Assemblies



# Design from biological structures



*Aerospace Bracket*

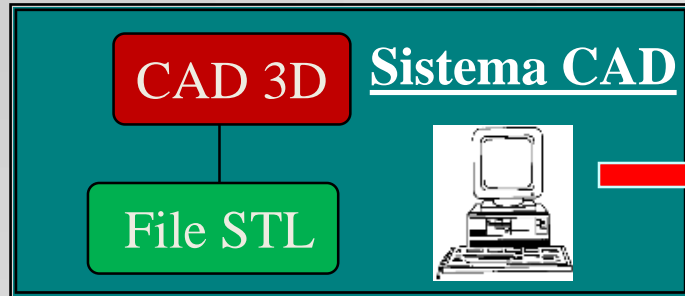


**48% Weight  
reduction**

# **PREREQUISITO**

**L'adozione delle tecniche di fabbricazione additiva è subordinata alla disponibilità del modello matematico del componente realizzato su di un sistema CAD tridimensionale.**

# IL CICLO DELLA FA



Orientamento  
Generazione supporti

Software  
Macchina FA

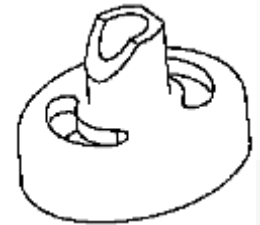
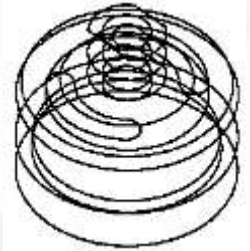
Esecuzione Slicing



Costruzione sezioni Macchina FA

Rimozione supporti  
Pulizia  
Finitura

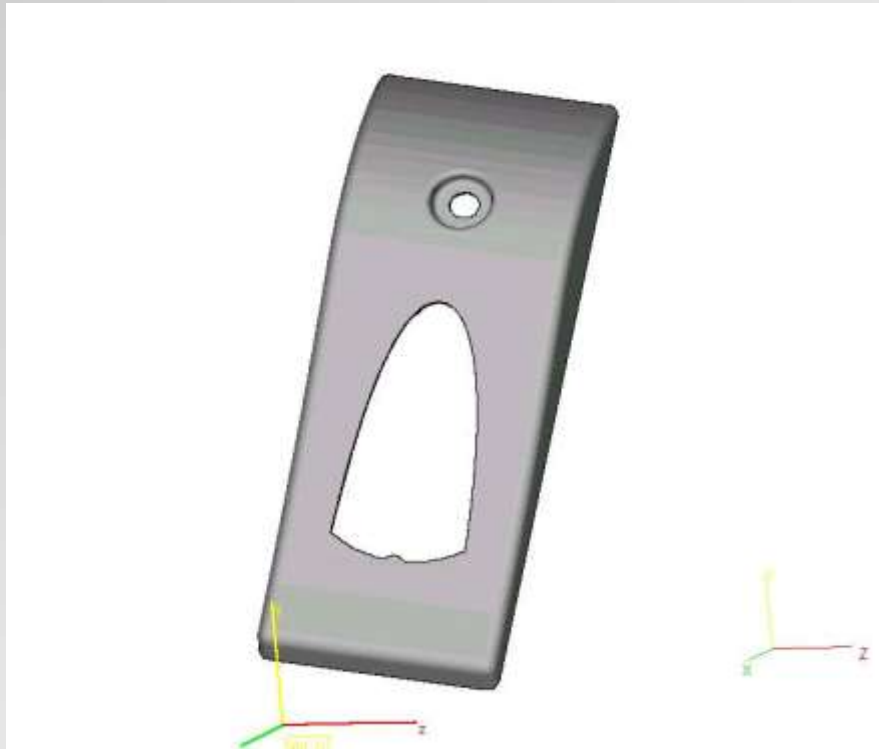
Operazioni  
manuali



# **IL FORMATO .STL**

- 1. Lo standard universale nella Fabbricazione Additiva per i modelli matematici e' il formato STL (Standard Triangulation Language)**
- 2. Si converte il modello CAD di tipo solido (3D) in un modello tipo "Shell" in cui la superficie esterna è approssimata attraverso triangoli di diverse dimensioni (a seconda della risoluzione richiesta) in modo da seguire il profilo del modello**
- 3. L'utilizzo di questo formato pone tuttora molti problemi, ma, grazie anche alla diffusione di numerosi software correttivi, rimane attualmente il formato più affidabile e diffuso nell'ambito della FA**

# **IL FORMATO .STL: Facetting**



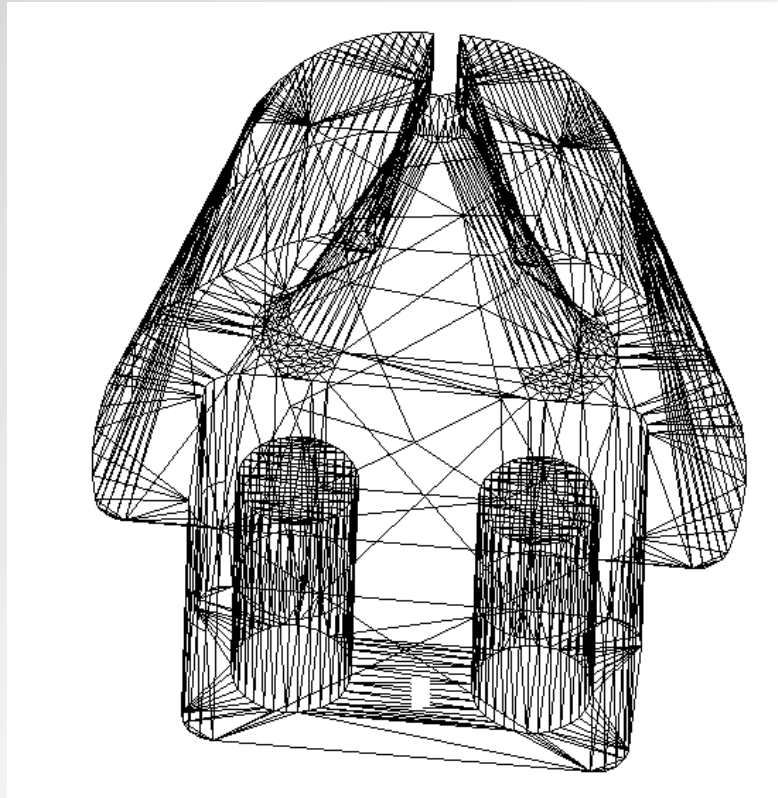
**Modello CAD 3D**



**Modello a triangoli**



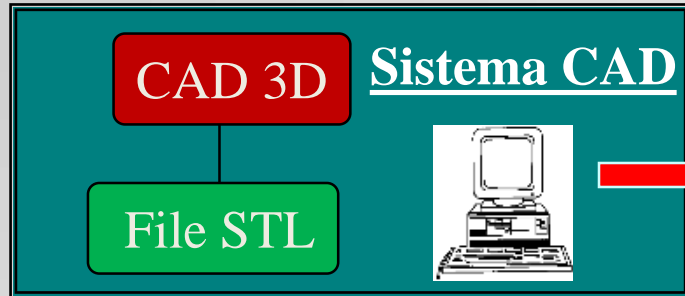
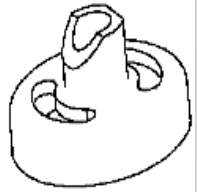
# **IL FORMATO .STL**



**Triangolarizzazione delle superfici esterna e interna di un guidafile per macchina tessile per generare il file STL**



# IL CICLO DELLA FA



Orientamento  
Generazione supporti

Software  
Macchina FA

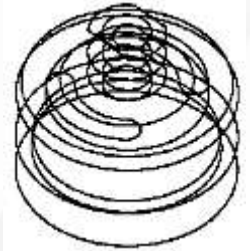
Esecuzione Slicing



Costruzione sezioni Macchina FA

Rimozione supporti  
Pulizia  
Finitura

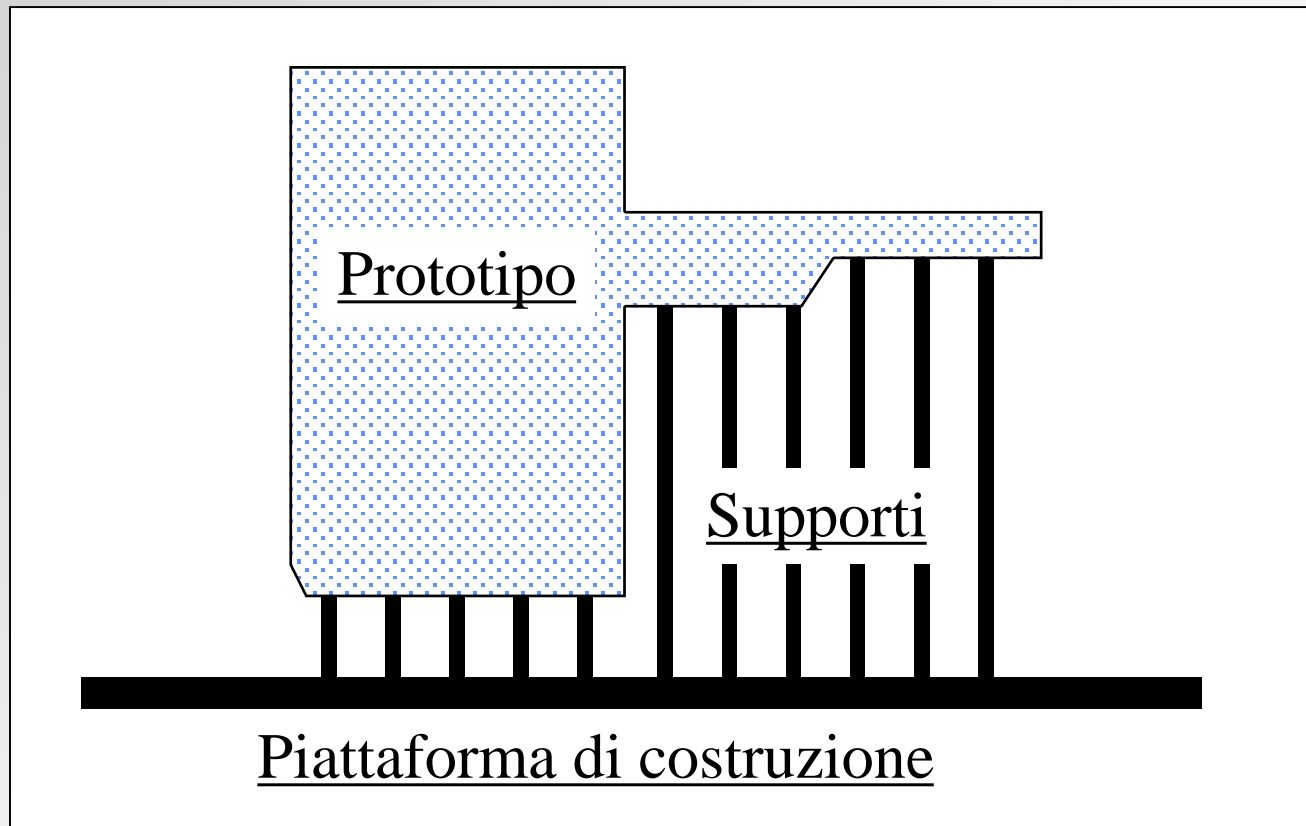
Operazioni  
manuali



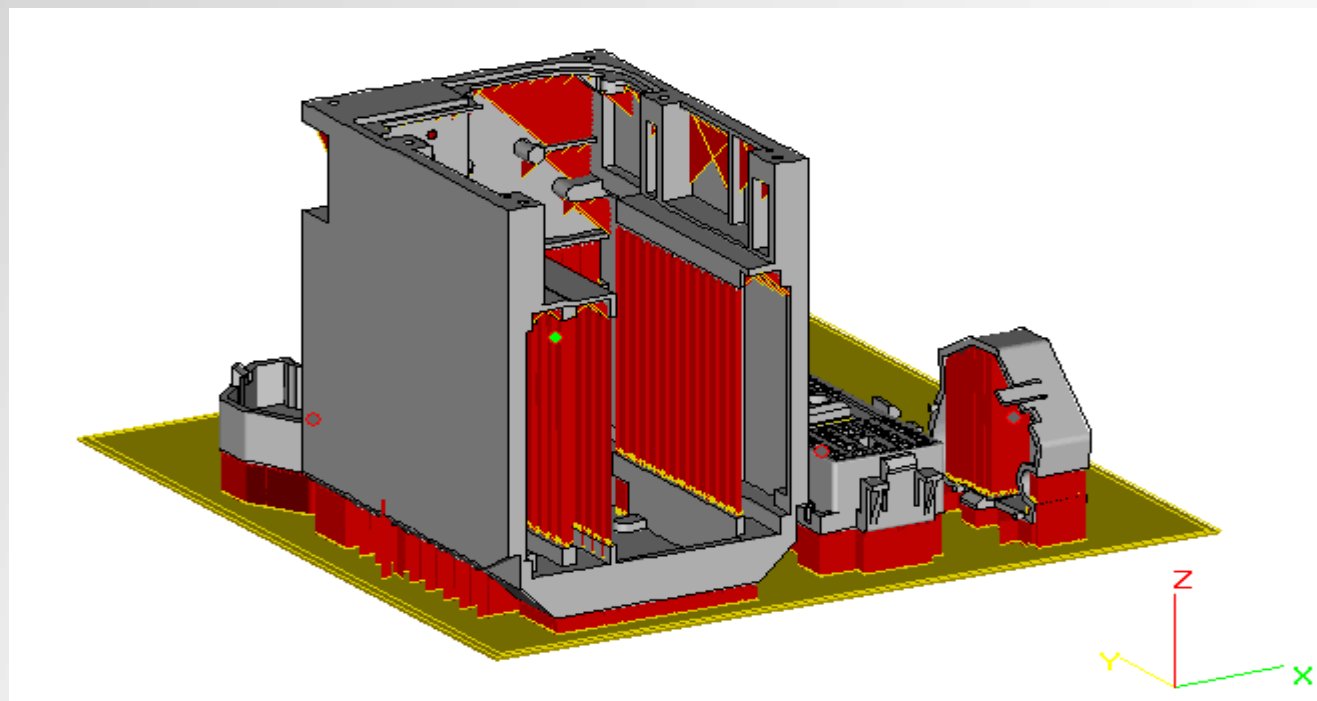
## **I SUPPORTI: SCOPI**

- **Ancorare il modello in costruzione all'area di lavoro, permettendone comunque la successiva rimozione**
- **Supportare le parti sporgenti**

# *I SUPPORTI*



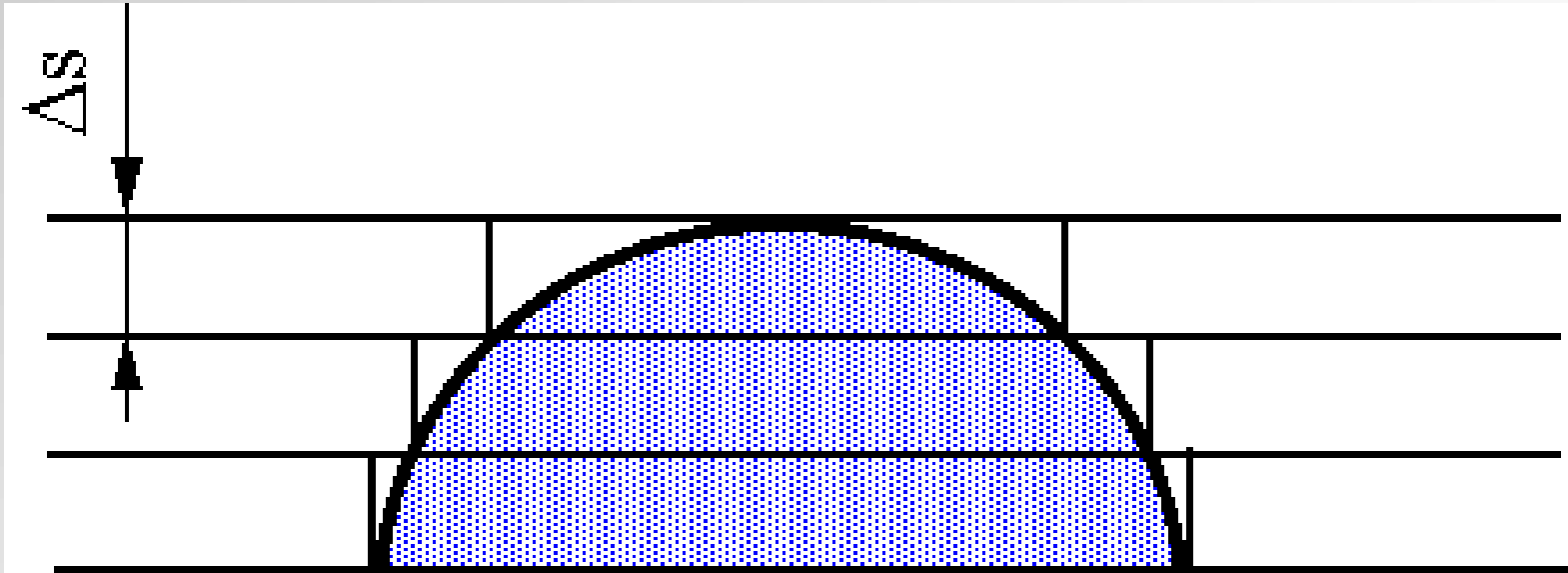
# *I SUPPORTI: UN ESEMPIO*



# **SLICING: Staircase**

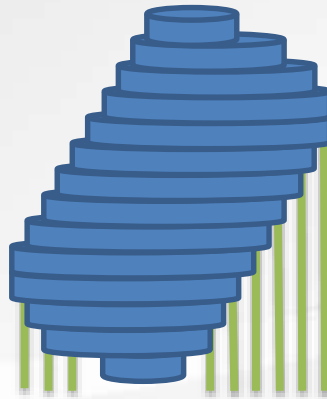
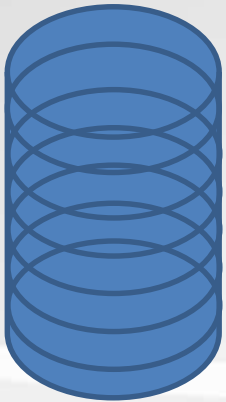
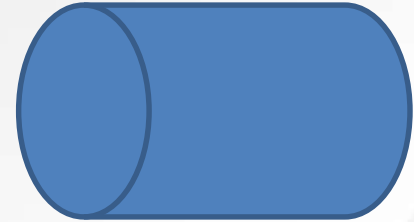
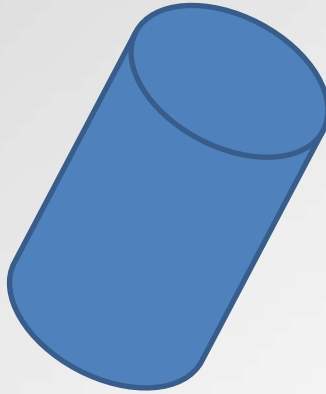
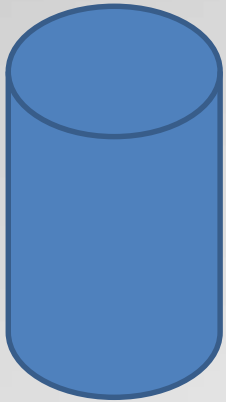
- Intersezione del modello in formato .STL con piani paralleli aventi normale parallela all'asse  $z$  e distanti di una quantità  $\Delta Z$
- I dati relativi alle sezioni ottenute sono quelli direttamente utilizzati dalla macchina di FA.

# *SLICING*

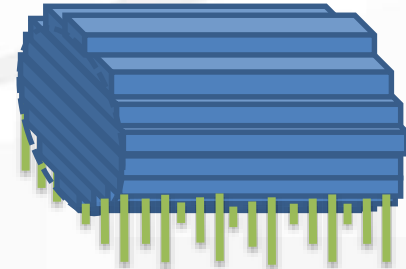


**Esecuzione dello slicing per la definizione delle sezioni di costruzione**

## Part Orientation - Slicing



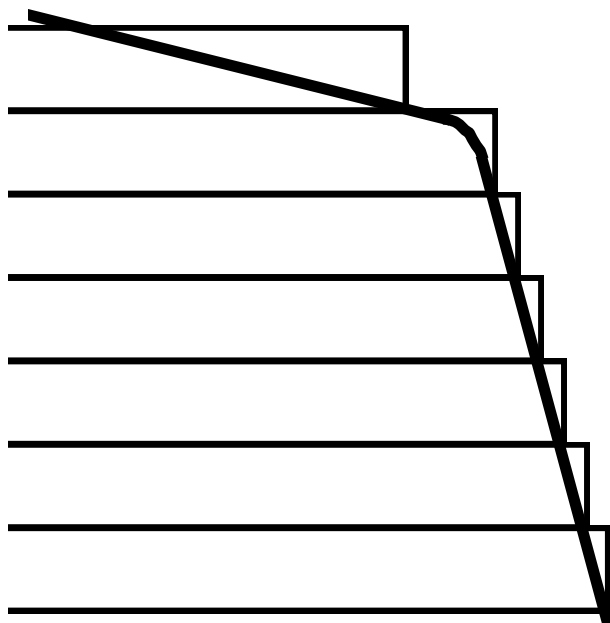
Stair-stepping



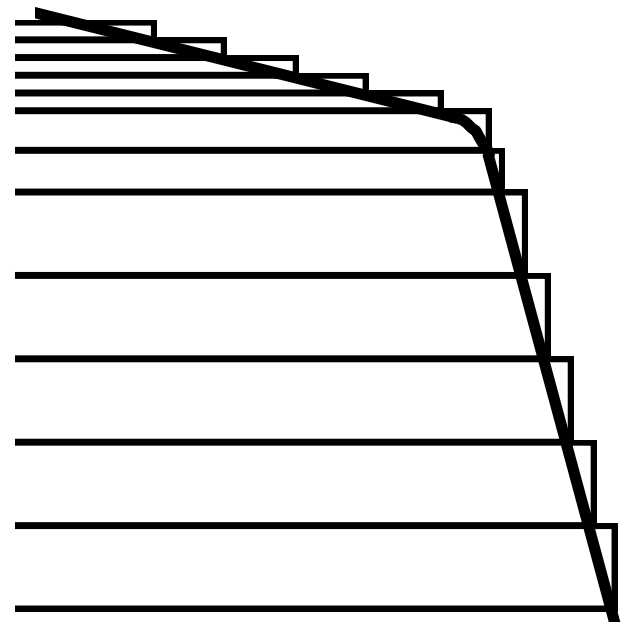
supports



# *SLICING*

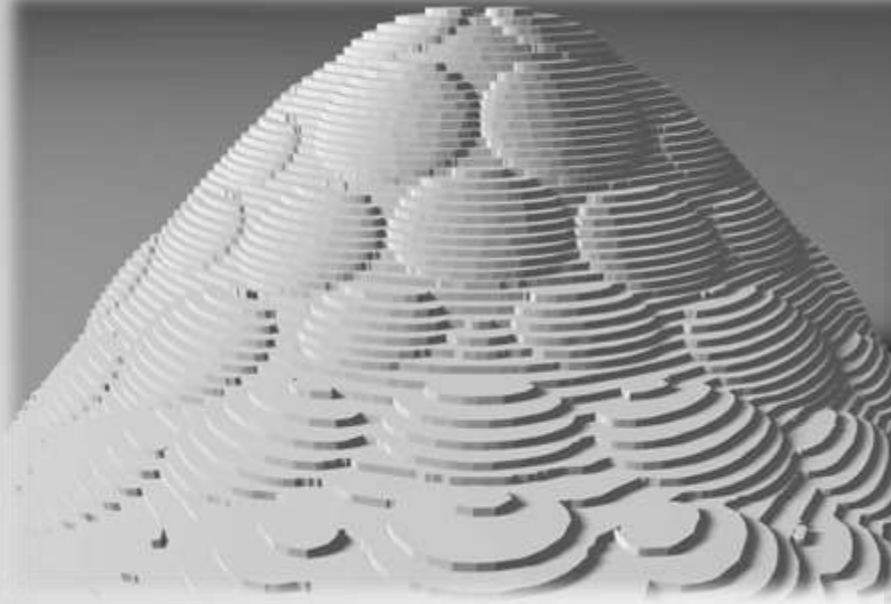


**Costante**



**Adattativo**

# Slicing - Examples



# Post-processing

- Draining and rinsing
- Support removal
- Post-curing and heat-treating
- Surface finishing

**AM is reproducible and reliable only under equal well controlled standardized conditions**



# Finishing

- Permanent surface coloring
- Painting
- Plating
- Vacuum Metallization
- Blasting
- Polishing



# I vantaggi della Fabbricazione Additiva

## PROCESSO

- Una sola macchina, forma illimitate
- Assenza di attrezzature
- Assenza di dispositivi di bloccaggio
- Sottosquadri ammessi
- Un solo step produttivo
- Minimo intervento dell'operatore
- Tempi e costi legati solo alle dimensioni e non alla complessità geometrica

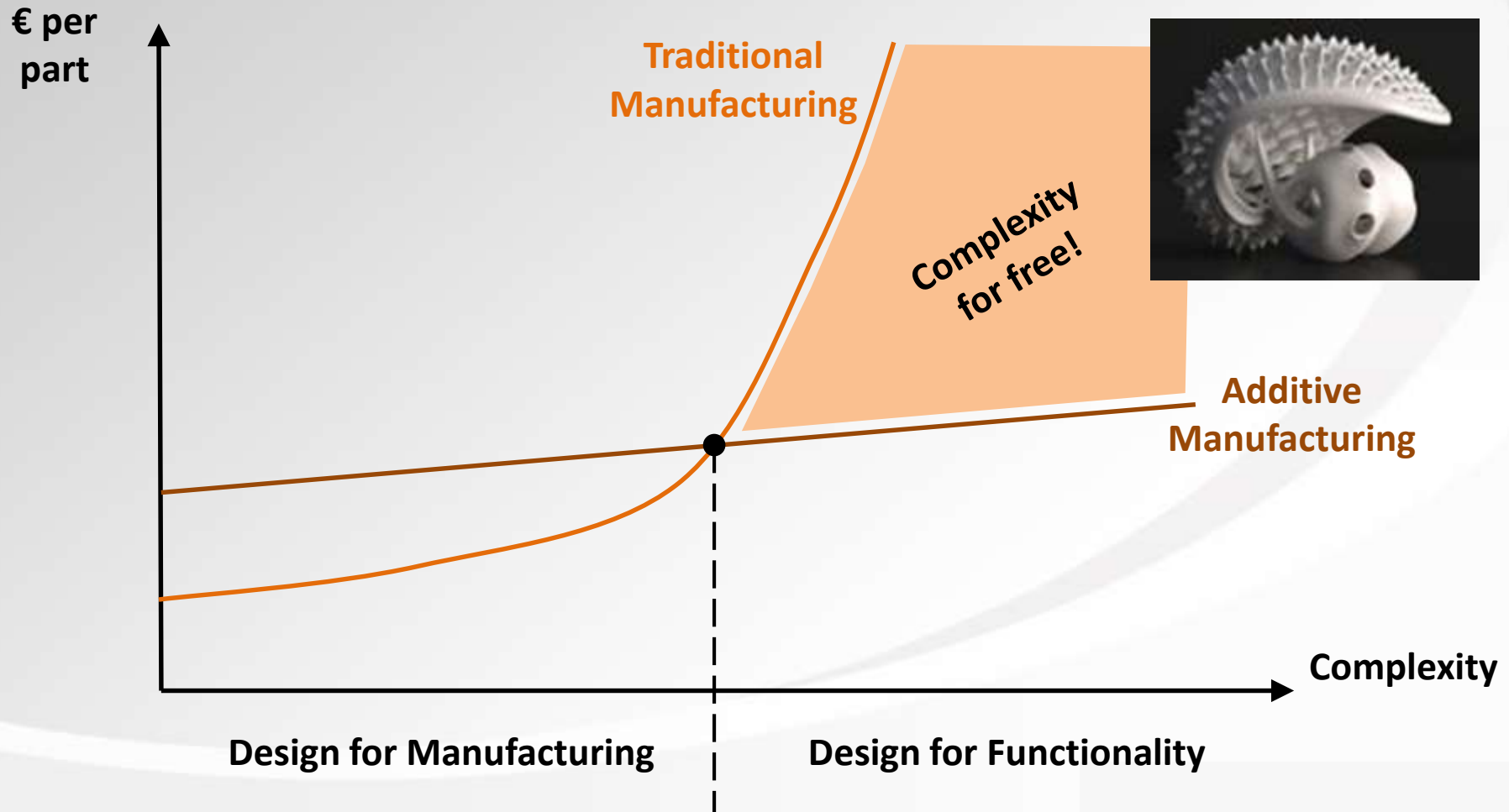


## PRODOTTO

- Libertà di progettazione
- Strutture leggere  
(*forme cave complesse*)
- Parti integrate
- Design ergonomico
- Personalizzazione



# Costi in funzione della complessità geometrica



# Gli svantaggi della Fabbricazione Additiva

## PROCESSO

- Volumi di lavoro limitati
- Dimensioni dei pezzi limitate dalle dimensioni della macchina
- Velocità di costruzione limitate
- Ogni macchina può lavorare con un numero limitato di materiali



## PRODOTTO

- Necessità di strutture di supporto
- Finitura superficiale scarsa
- Numero limitato di materiali commerciali
- Costo dei materiali



# Quali materiali?

## Organic



## Ceramic



## Polymeric

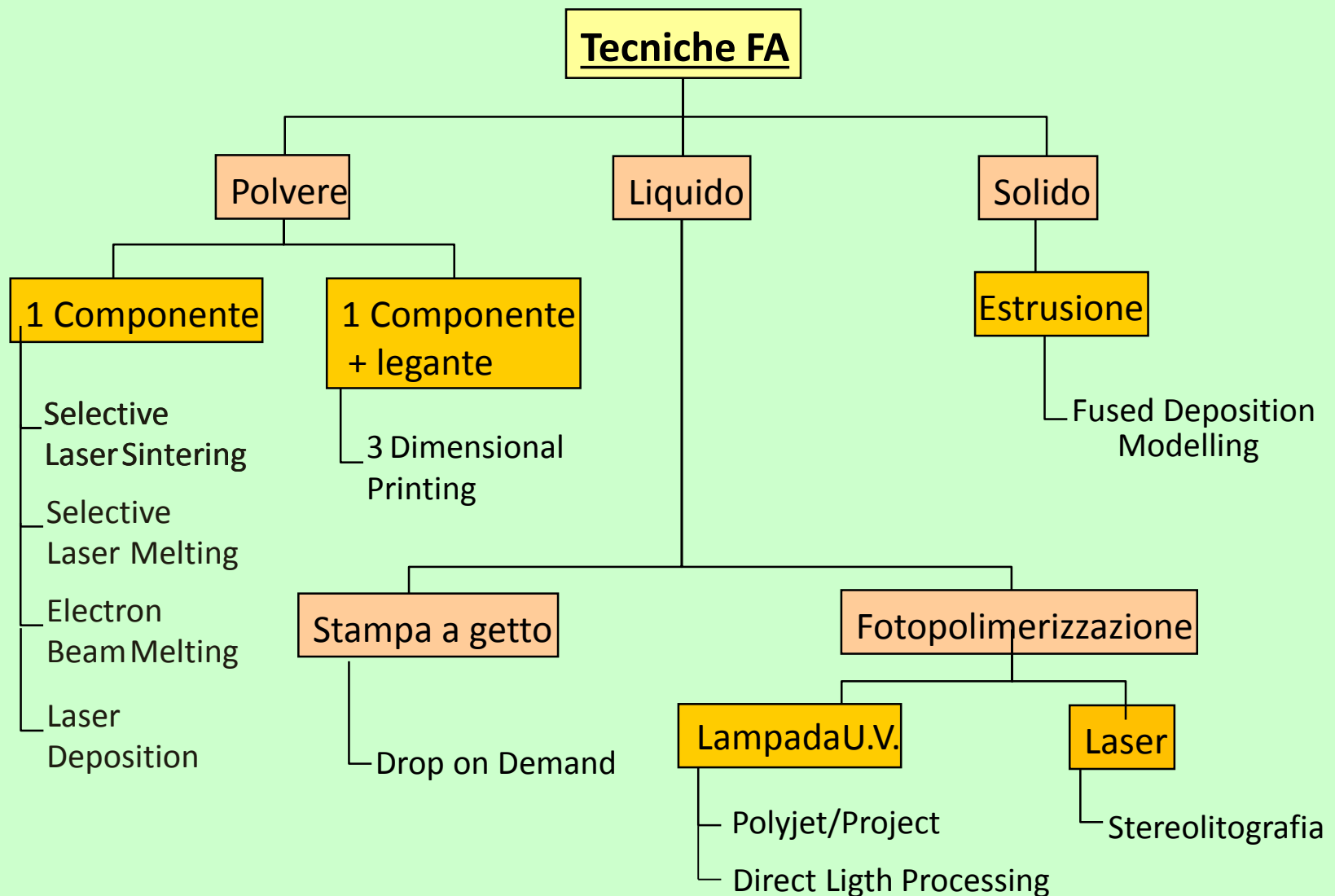


## Metallic



Organic materials	Ceramic materials	Polymeric materials	Metallic materials
Waxes	Alumina	ABS	Aluminium
Tissue / cells	Mullite	Polyamide (nylon)	Tool Steel
	Zirconia	Filled PA	Titanium
	Silicon Carbide	PEEK	Inconel
	Beta-Tri calcium Phosphate	Thermosetting epoxies	Cobalt Chrome
	Ceramic (nano) loaded epoxies		Copper
	Silica (sand)	PMMA	Stainless steel
	Plaster	Polycarbonate	Gold / platinum
	Graphite	Polyphenylsulfone	Hastelloy
		ULTEM	
		Aluminium loaded polyamide	

# CLASSIFICAZIONE DELLE TECNICHE DI AM



# **FABBRICAZIONE ADDITIVA**

**La Fabbricazione Additiva è stata concepita nella metà degli anni '80 per ridurre i tempi per la realizzazione dei prototipi e per molti anni ha assunto il nome di «Prototipazione Rapida»**

**La realizzazione dei prototipi è ancora oggi l'applicazione principale della fabbricazione additiva**

# **I PROTOTIPI**

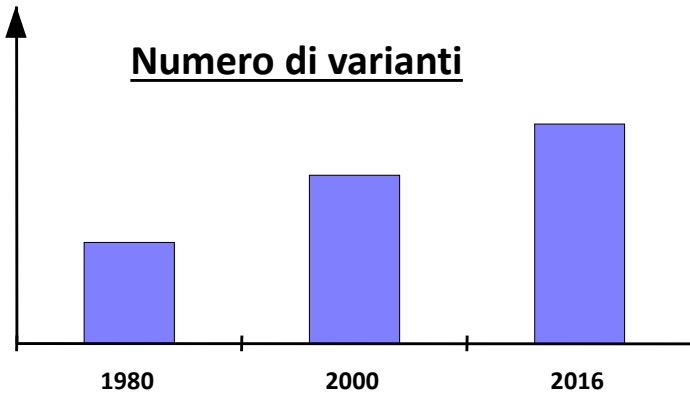
**Durante la fase di sviluppo di un prodotto vengono realizzate le seguenti tipologie di prototipi:**

- **concettuali**
- **funzionali**
- **tecnici**
- **Preserie**

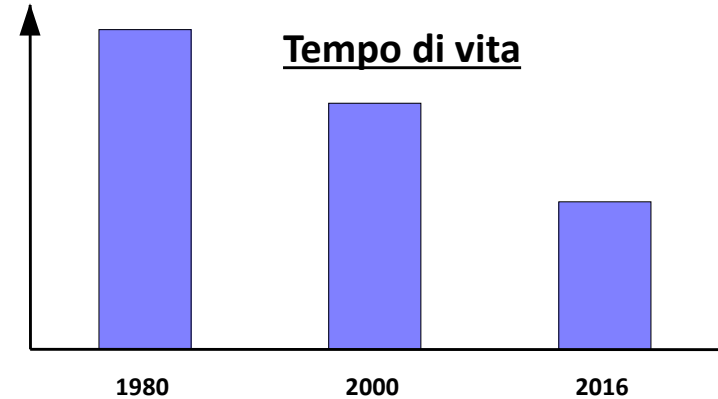
**Gli obiettivi di ciascuno sono ovviamente differenti così come il materiale impiegato per la costruzione e la tecnologia di fabbricazione .**

# **LA MOTIVAZIONE ECONOMICA**

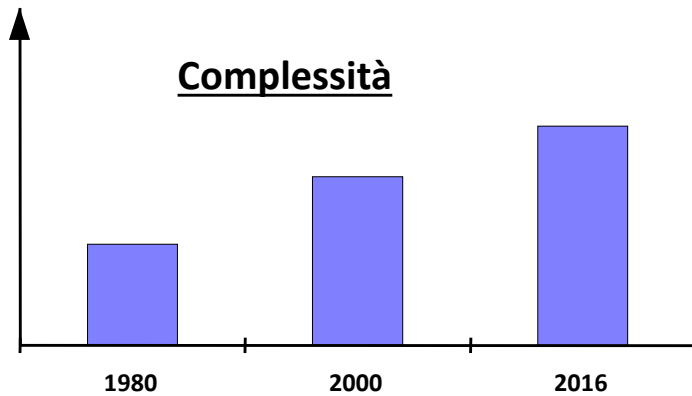
Numero di varianti



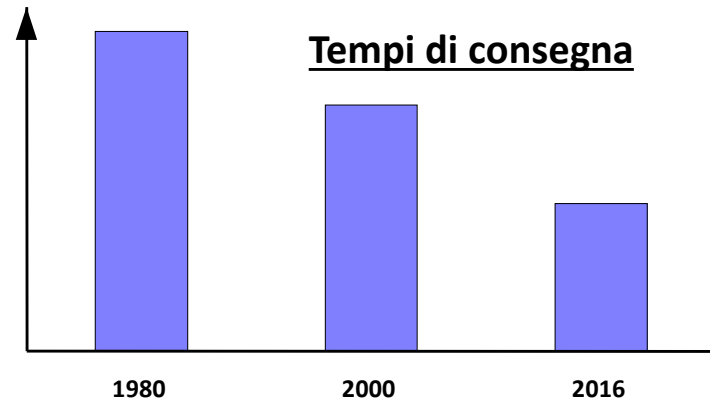
Tempo di vita



Complessità



Tempi di consegna



## **LA MOTIVAZIONE ECONOMICA**

