

ORIGINAL  
PRUSA i3  
Extruder  
PRUSA  
RESEARCH



148/0° 2 58.15  
49/6° >100%  
D --- % 003:44

# 04-A1 – Materiale di formazione per workshop

Informazioni su alcune tecnologie di stampa 3D selezionate

## Erasmus+ for the immersion in 3D Printing of VET centres

Numero di progetto:  
2017-1-DE02-KA202-004159

*Concessione in Licenza secondo quanto stabilito da:*  
**Creative Commons Attribution 4.0 International License**



"Il sostegno ricevuto per la produzione della seguente guida da parte della Commissione Europea non ne rappresenta un'autorizzazione in termini di contenuto che riflette esclusivamente il punto di vista dell'autore, la Commissione non può pertanto essere ritenuta responsabile per l'uso che verrà fatto delle informazioni ivi contenute."

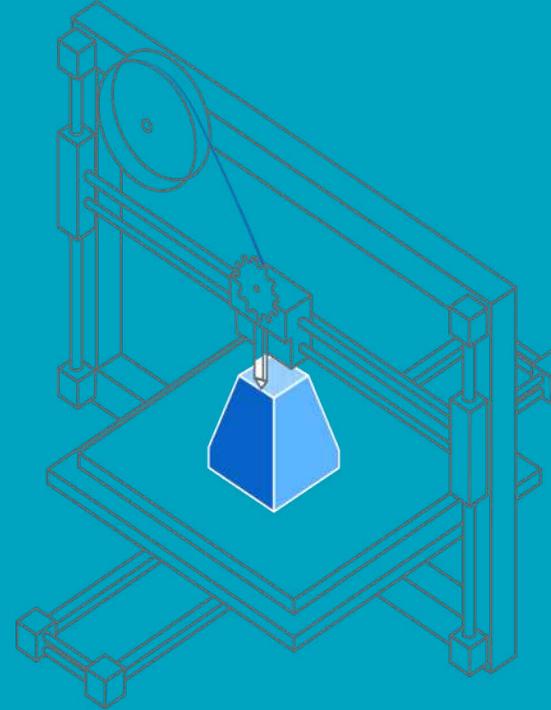


Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

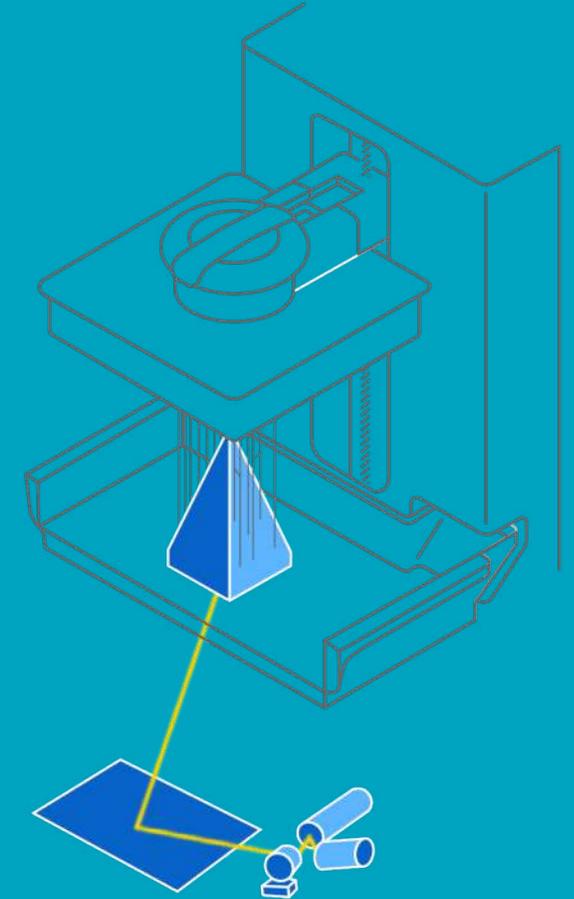
# Introduzione

Le 3 tecnologie più famose:

- Modellazione a deposizione fusa (**FDM**)
- Sinterizzazione laser selettiva (**SLS**)
- Stereolitografia (**SLA**)



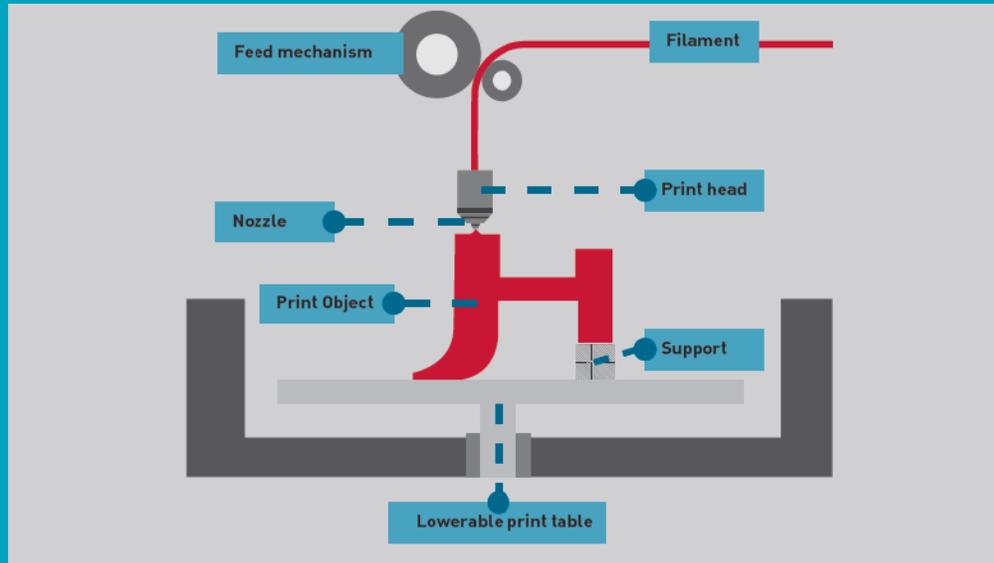
Le stampanti 3D FDM estrudono e depositano materiali termoplastici fusi su una piattaforma di costruzione per produrre parti strato per strato.



Le stampanti 3D SLA utilizzano un laser di precisione per polimerizzare la resina e produrre componenti con elevata precisione.

# Modellazione a deposizione fusa (FDM)

- FDM è la tecnologia di stampa 3D più utilizzata. Funziona estrudendo un polimero termoplastico, che è alimentato attraverso un estrusore, viene riscaldato e depositato, strato dopo strato, su una piattaforma, creando un oggetto stampato in 3D.



La stampante sposta continuamente l'estrusore, appoggiando il materiale fuso in una posizione ben precisa. Il materiale depositato si raffredda e si solidifica all'istante. Una volta che uno strato è terminato, l'estrusore passa a quello successivo, fino a quando l'oggetto è completato.

Il modello 3D deve essere "suddiviso" in strati prima di poter essere stampato.

Figura 1: Processo di stampa FDM. [1]

## Quale materiale può essere usato con la tecnologia FDM?

- **ABS** (Acrylonitrile Butadiene Styrene),
- **PLA** (acido polattico)
- **PETG** (polietilentereftalato glicole modificato)
- **TPU** (poliuretano termoplastico)
- **PA** o nylon (poliammide)
- **PEEK** (polietere etere chetone)
- **PEI** (polieterimide)



*Figura 2: Filamenti per FDM. [2]*

La tecnologia alla base di questi filamenti viene spesso definita "Fabbricazione a filamenti fusi" (FFF).

I materiali più utilizzati sono ABS e PLA.

Noltre esistono altri nuovi tipi speciali di filamenti, ad esempio: i fluorescenti al buio, i metallizzati, quelli composti da fibre di legno, quelli flessibili, ecc...

# Modellazione a deposizione fusa (FDM)

PUNTI DI FORZA	PUNTI DI DEBOLEZZA
<p>Le stampanti 3D a tecnologia FDM sono tra le meno costose.</p>	<p>Le stampe 3D non raggiungono lo stesso livello di accuratezza e qualità di altri modelli che sono invece prodotti mediante la stereolitografia.</p>
<p>La tecnologia FDM è considerata una tecnologia molto pulita, semplice da usare e adatta per qualsiasi ambiente.</p>	<p>Contrariamente alla tecnologia SLA, quella FDM presenta anche una maggiore complessità.</p>
<p>La tecnologia FDM può anche realizzare forme geometriche complesse e cavità.</p>	<p>FDM ha un processo di realizzazione generalmente più lento rispetto sia alla stereolitografia che alla sinterizzazione laser selettiva.</p>

## Sinterizzazione laser selettiva (SLS)

SLS è una tecnologia che utilizza il laser come fonte di energia per formare oggetti 3D. In questa tecnologia vi è un contenitore riempito con del materiale in polvere nel quale il laser tramite il suo fascio di luce fonde ogni strato creando la forma definita dal modello 3D digitale.

A differenza della tecnologia SLA e FDM, la sinterizzazione laser selettiva non richiede l'uso di strutture di supporto, poiché la polvere stessa funge da supporto. Una volta terminata la stampa, la polvere extra viene rimossa.

La differenza principale con la tecnologia SLA è che SLS utilizza del materiale in polvere anziché la resina liquida.

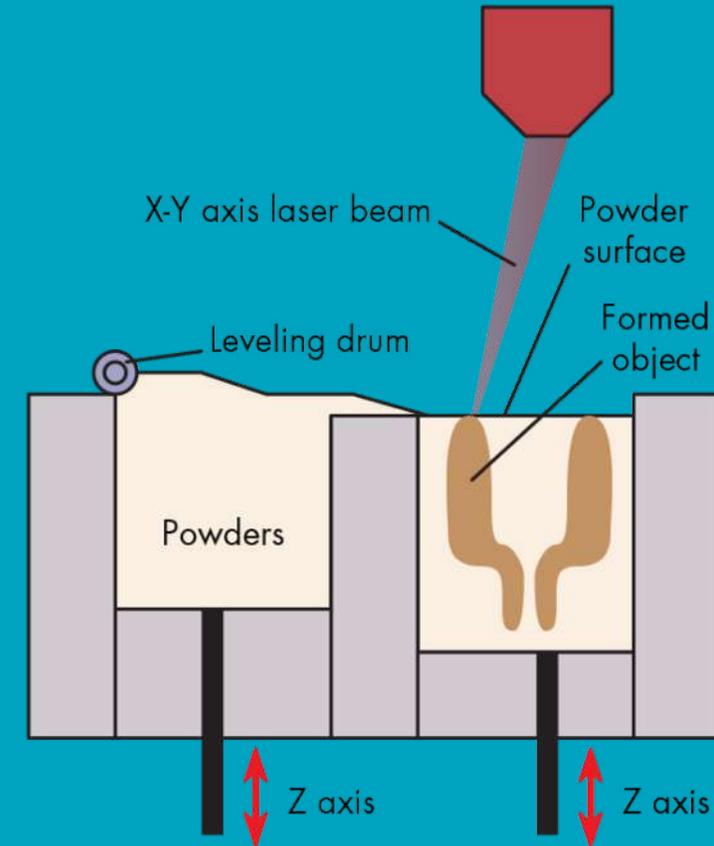


Figura 3: Tecnologia SLS. [3]

# Processo SLS

1. L'interno della stampante viene riscaldato appena sotto il punto di fusione della polvere utilizzata.
2. La stampante quindi distribuisce uno strato incredibilmente fine di questa polvere.
3. Un raggio laser riscalda le aree che devono essere sinterizzate insieme appena sopra il punto di fusione. Le parti che sono state toccate dal laser diventano fuse mentre il resto continua a rimanere in polvere libera.
4. L'asse Z si abbassa e si ripete da (2) fino al termine della parte.

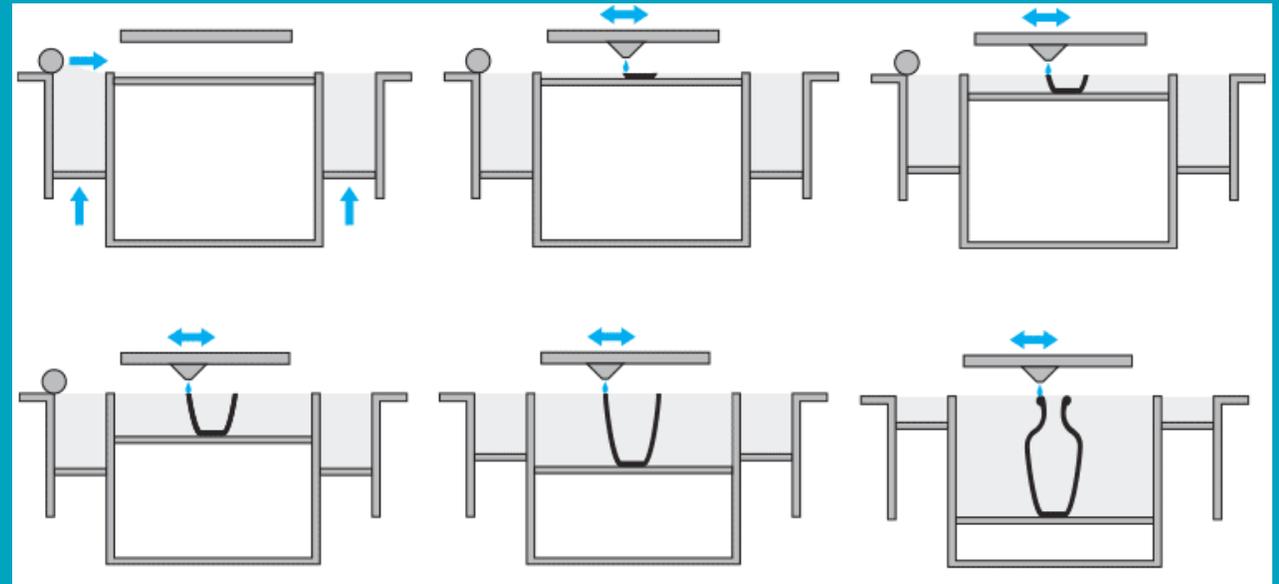


Figura 4: Processo SLS [4]

## Quali sono i materiali che possono essere usati con la tecnologia SLS?

- **Plastica:** Poliammide (PA), Polistirene (PS), Elastomeri termoplastici (TPE), etc.
- **Metalli:** Alluminio, Argento and Acciaio
- **Ceramica**
- **Vetro**

Da quando è stata sviluppata la tecnologia Selective Laser Melting (SLM) i materiali metallici non sono più usati per la tecnologia SLS. Il più usato, invece è il nylon (poliammidi).



*Figure 5: Shoe silhouette created using SLS. [5]*

# Sinterizzazione laser selettiva (SLS)

PUNTI DI FORZA	PUNTI DI DEBOLEZZA
Nessuno utilizzo di supporti.	Le stampe SLS presentano una certa porosità superficiale, pertanto è necessaria la post-elaborazione.
Riduzione del costo del materiale.	
Può gestire un'elevata complessità di geometrie ed è ad alta precisione.	
Il più veloce processo di produzione additiva per la stampa di prototipi funzionali e durevoli e parti dell'utente finale.	

# Stereolitografia (SLA)

La stereolitografia (SLA) è un processo di fotopolimerizzazione che costruisce i singoli strati di un modello attraverso un polimero liquido (resina).

Esistono due tipi di stampanti SLA:

- Stampanti SLA top-down: il laser è posizionato sopra il serbatoio della resina.
- Stampanti SLA Bottom-up: il laser viene posizionato sotto il serbatoio.

SLA produce parti isotrope completamente dense che sono a tenuta d'acqua e ermetiche, ideali per applicazioni di ingegneria e produzione in cui le proprietà dei materiali contano.

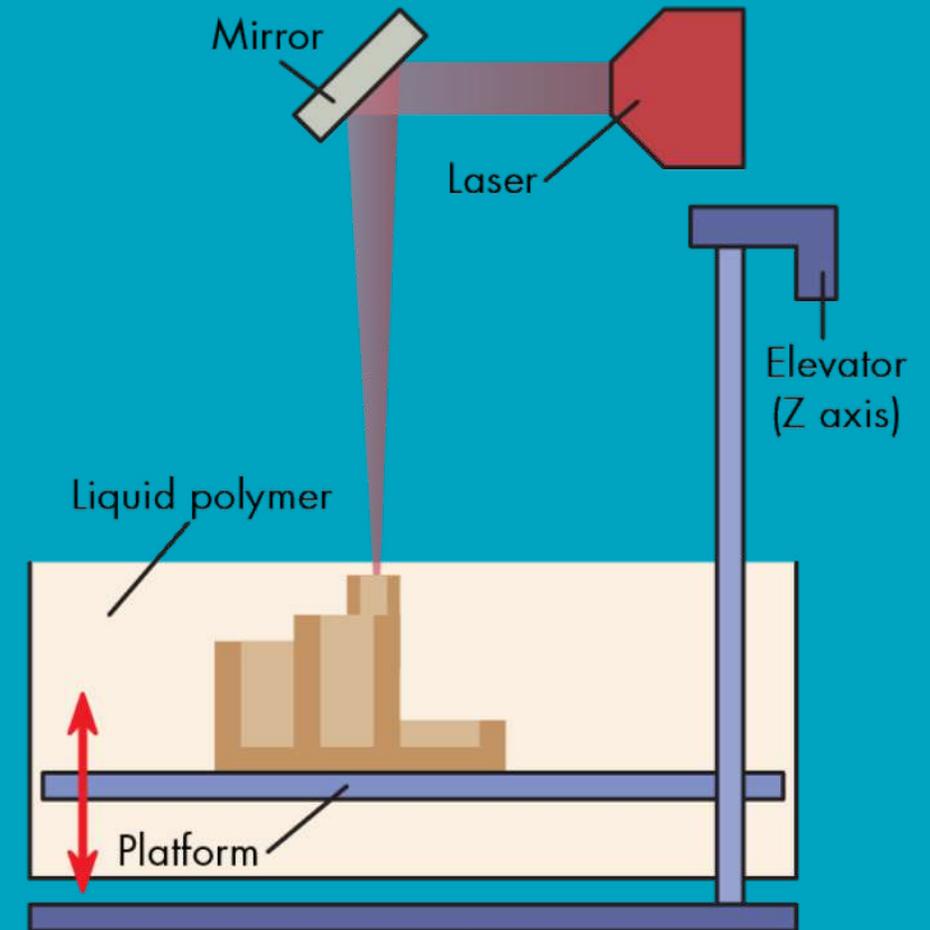
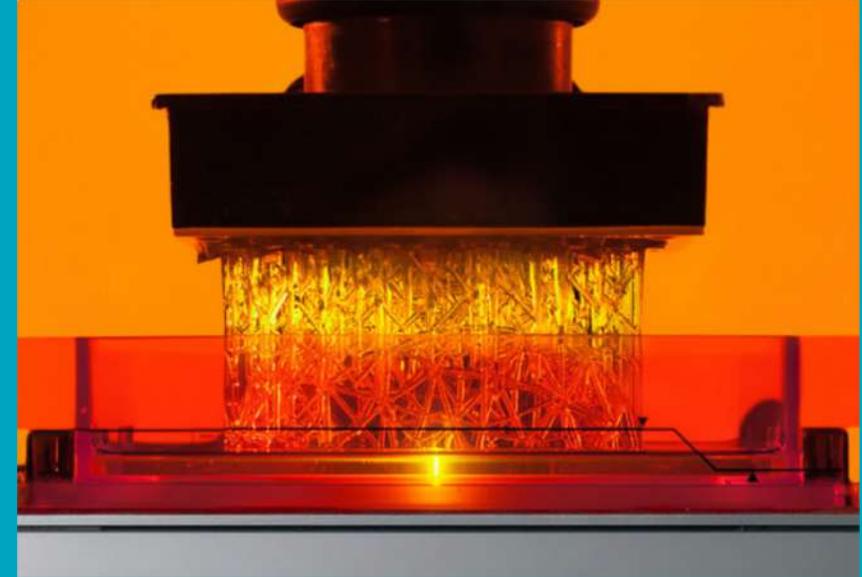


Figura 6: Tecnologia SLS. [3]

## Il processo SLA

1. Il piatto è posto a uno strato di distanza dalla superficie della resina.
2. Il laser UV crea uno strato polimerizzando selettivamente la forma definita dal modello 3D.
3. Al termine di uno strato, la piattaforma si sposta e viene formato lo strato successivo.
4. Al termine della stampa, la parte deve essere sciacquata con alcool isopropilico (IPA) e alcuni materiali richiedono un processo di post-indurimento.



*Figura 7: Il processo di polimerizzazione della stampante 3D SLA [6]*

## Quali materiali possono essere usati con la tecnologia SLA?

Esiste un'ampia varietà di materiali SLA che vengono forniti come resine liquide:

- Resina standard
- Resina trasparente: per parti trasparenti
- Resina calcinabile: utilizzata per stampi
- Resina grigia (Prime Grey): finitura molto liscia
- Resina dentale: per impianti
- Resina per alte temperature: resistente fino a 238 °C



Figura 8: Le stampanti 3D SLA offrono materiali diversi per applicazioni di ingegneria e produzione. [2]

# Stereolitografia (SLA)

PUNTI DI FORZA	PUNTI DI DEBOLEZZA
Alta risoluzione delle parti stampate in 3D	I materiali polimerici possono essere molto costosi
Permette di stampare degli oggetti con una geometria complessa	Le resine liquide sono generalmente irritanti e tossiche
Tempo di stampa ragionevole	Le stampe in genere richiedono pulizia e la post-elaborazione risulta necessaria.
	È necessario inserire dei supporti.

## Il flusso di lavoro per la stampa 3D SLA è costituito da 3 passaggi:

1. **Progettazione:** richiede un software CAD o i dati di scansione 3D per progettare un modello ed esportarlo in un formato di file stampabile 3D (STL o OBJ). Le stampanti 3D richiedono quindi il software per specificare le impostazioni di stampa e suddividere il modello digitale in strati per la stampa.
2. **Stampa 3D:** Possono essere necessari da pochi minuti a giorni, a seconda delle dimensioni del modello, della tecnologia utilizzata e delle impostazioni di qualità specificate.
3. **Post- produzione:** A seconda della tecnologia utilizzata, potrebbero essere necessari alcuni lavori di post-elaborazione, come la rimozione di strutture di supporto o la verniciatura delle parti.

# Tipi di materiali per varie tecnologie 3D

Technology	AM process	Typical materials	Advantages	Disadvantages
<b>Stereolithography</b>	Vat polymerization	Liquid photopolymer, composites	Complex geometries; detailed parts; smooth finish	Post-curing required; requires support structures
<b>Digital light processing</b>	Vat polymerization	Liquid photopolymer	Allows concurrent production; complex shapes and sizes; high precision	Limited product thickness; limited range of materials
<b>Multi-jet modeling (MJM)</b>	Material jetting	Photopolymers, wax	Good accuracy and surface finish; may use multiple materials (also with color); hands-free removal of support material	Range of wax-like materials is limited; relatively slow build process
<b>Fused deposition modeling</b>	Material extrusion	Thermoplastics	Strong parts; complex geometries	Poorer surface finish and slower build times than SLA
<b>Electron beam melting</b>	Powder bed fusion	Titanium powder, cobalt chrome	Speed; less distortion of parts; less material wastage	Needs finishing; difficult to clean the machine; caution required when dealing with X-rays
<b>Selective laser sintering</b>	Powder bed fusion	Paper, plastic, metal, glass, ceramic, composites	Requires no support structures; high heat and chemical resistant; high speed	Accuracy limited to powder particle size; rough surface finish
<b>Selective heat sintering</b>	Powder bed fusion	Thermoplastic powder	Lower cost than SLS; complex geometries; no support structures required; quick turnaround	New technology with limited track record
<b>Direct metal laser sintering</b>	Powder bed fusion	Stainless steel, cobalt chrome, nickel alloy	Dense components; intricate geometries	Needs finishing; not suitable for large parts
<b>Powder bed and inkjet head printing</b>	Binder jetting	Ceramic powders, metal laminates, acrylic, sand, composites	Full-color models; inexpensive; fast to build	Limited accuracy; poor surface finish
<b>Plaster-based 3D printing</b>	Binder jetting	Bonded plaster, plaster composites	Lower price; enables color printing; high speed; excess powder can be reused	Limited choice of materials; fragile parts
<b>Laminated object manufacturing</b>	Sheet lamination	Paper, plastic, metal laminates, ceramics, composites	Relatively less expensive; no toxic materials; quick to make big parts	Less accurate; non-homogenous parts

# Matrici di tecnologie e materiali

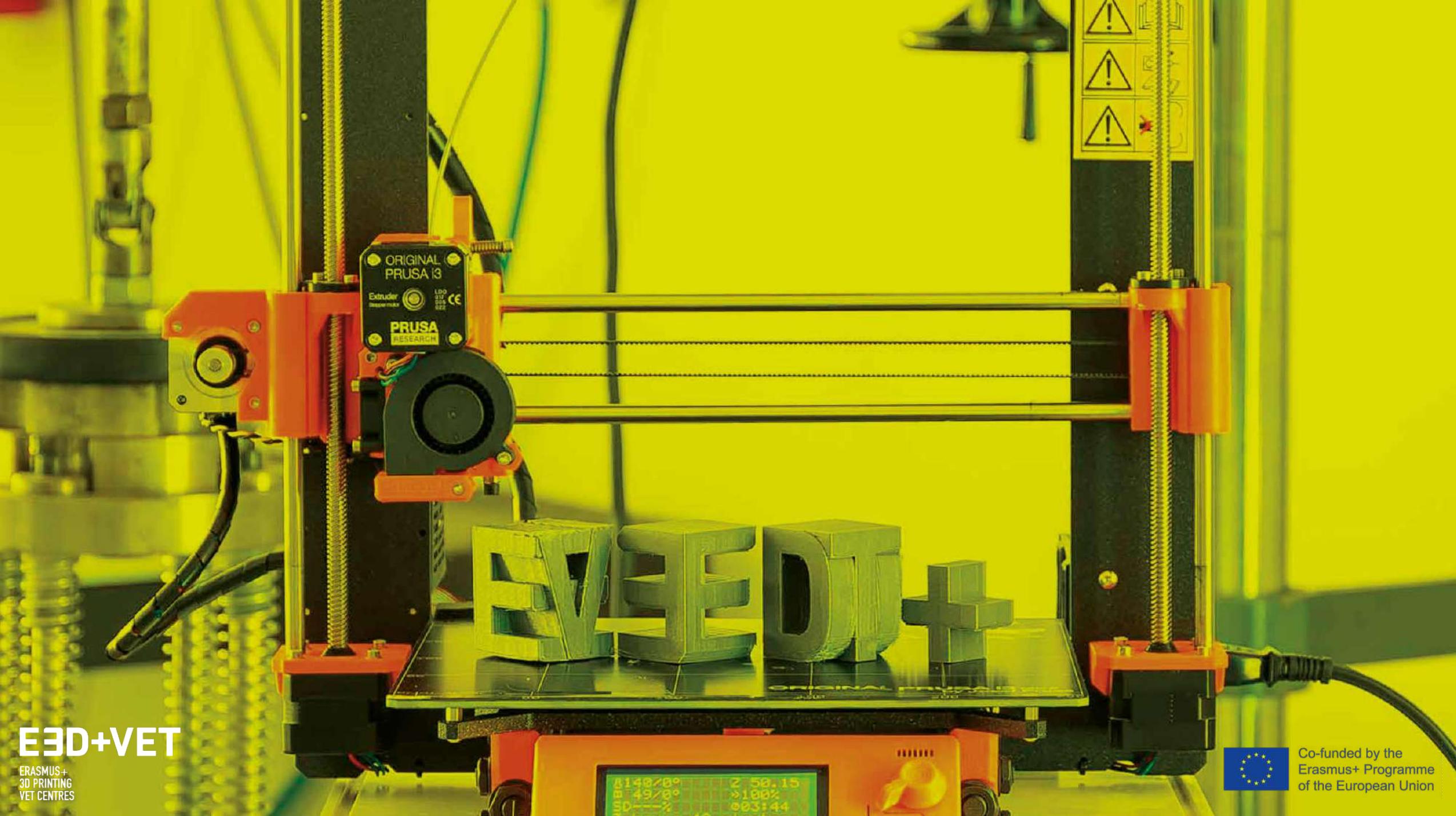
Technology	Polymers	Metals	Ceramics	Composites
Stereolithography	●			●
Digital light processing	●			
Multi-jet modeling (MJM)	●			●
Fused deposition modeling	●			
Electron beam melting		●		
Selective laser sintering	●	●	●	●
Selective heat sintering	●			
Direct metal laser sintering		●		
Powder bed and inkjet head printing <sup>13</sup>	●	●	●	●
Plaster-based 3D printing			●	●
Laminated object manufacturing <sup>14</sup>	●	●	●	●
Ultrasonic consolidation		●		
Laser metal deposition		●		●

## Confronto di tecnologie 3DP

TECHNOLOGIES	Process	Materials used	Complexity	Speed	Max Part Size (cm)	Accuracy	Surface Finish	Strengths	Weaknesses	Pricing	Application Area	Application Examples
Fused Deposition Modeling (FDM)	Layers of melted plastic	ABS Filaments, Polycarbonate, Resin, Nylon	●●●●	Fair	30x30x50	Fair	Fair	Durable; ideal for conceptual models	Low resolution	€€	Aerospace, automotive, industrial, medical	Wind turbines, aircraft components
Selective Laser Sintering (SLS)	Plastic powder melted by laser	Paper, plastic, metal, glass, ceramic, composites	●●●	Fast	34x34x60	Good	Fair	Resistant, durable, flexible	Needs post-processing	€€	Automotive, consumer products, aerospace	Small production batches and prototypes
Stereolithography (SLA)	Polymerization scanned by UV laser	Liquid photopolymer, composites	●●●	Fast	30x30x50	Very good	Very good	High res; complex geometries	Only photopolymer materials	€€€	Aerospace, automotive, consumer goods	Medical models of anatomic human parts
Photopolymer Jetting (POLYJET)	Inkjet method with liquid photopolymers	Metals, plastic, wax	●●●	Fast	39x31x19	Very good	Good	More materials at the same time	Only photopolymer materials; not durable	€€€	Medical devices, multimaterial prototypes	Medical stethoscopes
Selective Laser Melting (SLM)	Metal powder melted by laser	Metals: copper, aluminium, tungsten etc.	●●	Fair	28x28x36	Fair	Fair	Manufactures high density parts	Price; needs post-processing	€€	Dental products, mechanical components	Lightweight components for aircraft
Electron Beam Melting (EBM)	Melted powder selected by electron beam	Metals: cobalt, chrome, nickel	●●●	Fast	20x20x20	Fair	Poor	Less thermal stress	Limited set of metals	€€€	Dental, medical implants, automotive	Bone tissue medical models
Electron Binder Jetting (BJ)	Powder distributed by jetting machine	Ceramic, metals, plastic, sand, composite	●	Fast	40x20x10	Fair	Fair	No support structure; multicolour prints	Fragile with limited mechanical properties	€	Architecture, mechanical structures	Pots and general home furniture
Continuous Fibre Fabrication (CFF)	Double nozzle laying/melting method	Plastic, carbon composites, nylon	●●●●	Fair	32x43x16	Fair	Fair	Robust parts, no post-process needed	Limited fibre placement	€€€	Aerospace	Lightweight components
Material Jetting (MJ)	Inkjet method with wax materials	Wax	●●	Slow	30x18x20	Very good	Good	High resolution	Limited wax-like materials; requires support structure	€€	Prototypes for form, fit testing; Casting patterns	Lost Wax Casting in Jewellery and Medical fields

## Fonti

- [1] I. Materialise: The most important 3D Printing Technologies & Materials You Need to Know. 2017. Source: <https://i.materialise.com/blog/3d-printing-technologies-and-materials/>
- [2] Formlabs White Paper FDM vs. SLA. 2019. Source: <https://3d.formlabs.com/rs/060-UIG-504/images/FDM%20vs%20SLA.pdf>
- [3] What's the Difference Between Stereolithography and Selective Laser Sintering?. 2015. Source: <http://www.machinedesign.com/3d-printing/what-s-difference-between-stereolithography-and-selective-laser-sintering>
- [4] How Does Powder-Based 3D Printing Work?. 2016. Source: <https://imaterialise.helpjuice.com/design-printing/powder-based-3d-printing>
- [5] 3.5 Rapid prototyping – Selective laser sintering (SLS). 2015. Source: <http://ibdesigntech.com/3-5-rapid-prototyping-selective-laser-sintering-sls-5/>
- [6] Formlabs White Paper: 3D Printing with Desktop Stereolithography. 2015.



ORIGINAL  
PRUSA i3  
Extruder  
PRUSA  
RESEARCH

EVEDT+

148/0° 2 58.15  
49/6° 100%  
D---% 003:44

**E3D+VET**

ERASMUS+  
3D PRINTING  
VET CENTRES

 Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union