

# Coding, robotica e making

Parte 2

## STAMPA 3D



# Parte 1

- La stampa 3D nella didattica
- Panoramica sulle tecnologie di stampa
- Materiali di stampa
- Applicazioni

# La stampa 3D nella didattica

## Utilità

- possibilità di sviluppare le capacità di visione tridimensionale
- possibilità di realizzare oggetti personalizzati
- possibilità di “inventare” nuovi oggetti

# La stampa 3D nella didattica

Alcuni esempi di applicazioni scolastiche delle stampanti 3D:

- in **chimica** permettono la stampa di modelli molecolari da toccare con mano
- in **biologia** permettono lo studio di modelli anatomici accurati
- in **tecnologia, disegno tecnico, arte** permettono la realizzazione di progetti
- in **geometria** potenziano la visualizzazione tridimensionale
- **supporti HC fisico**: pannelli per non vedenti, «facilitatori» per chi ha problemi di presa, aiuti fisioterapici

Parte 1

# Tecnologie di stampa

## **Letto di polvere** PP (Plaster-based 3D Printing)

Una testina simile a quelle a getto di inchiostro deposita uno strato di polvere e «bagna» con un legante la parte da solidificare. La polvere non trattata mantiene fermo l'oggetto e consente di effettuare stampe di parti che, una volta tolta la polvere, rimarranno vuote.

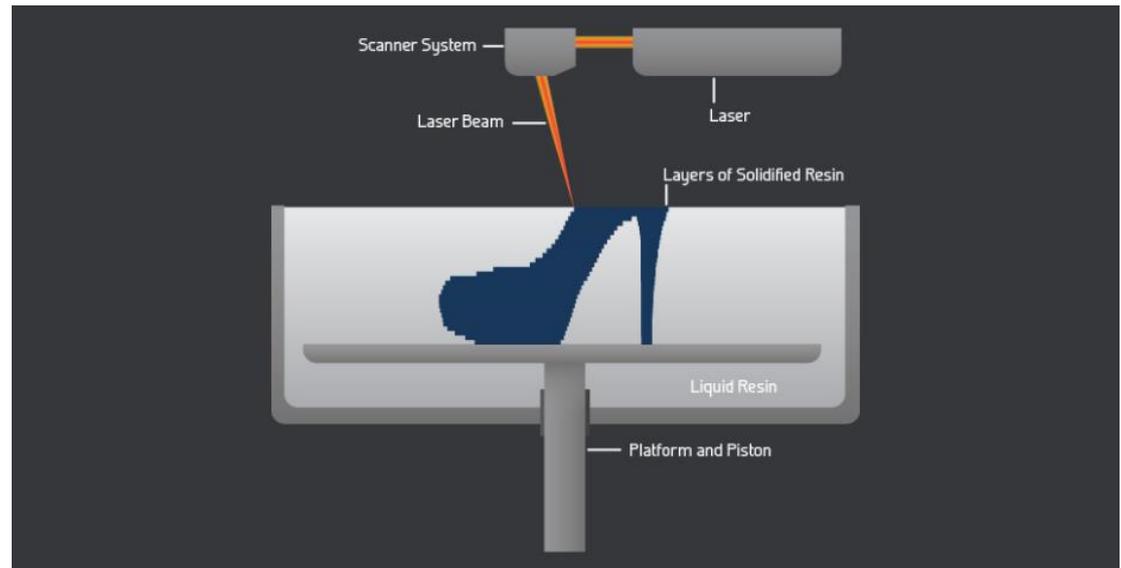


## Parte 1

# Tecnologie di stampa

## **Stereolitografia (SLA stereolithography o DLS digital light processing)**

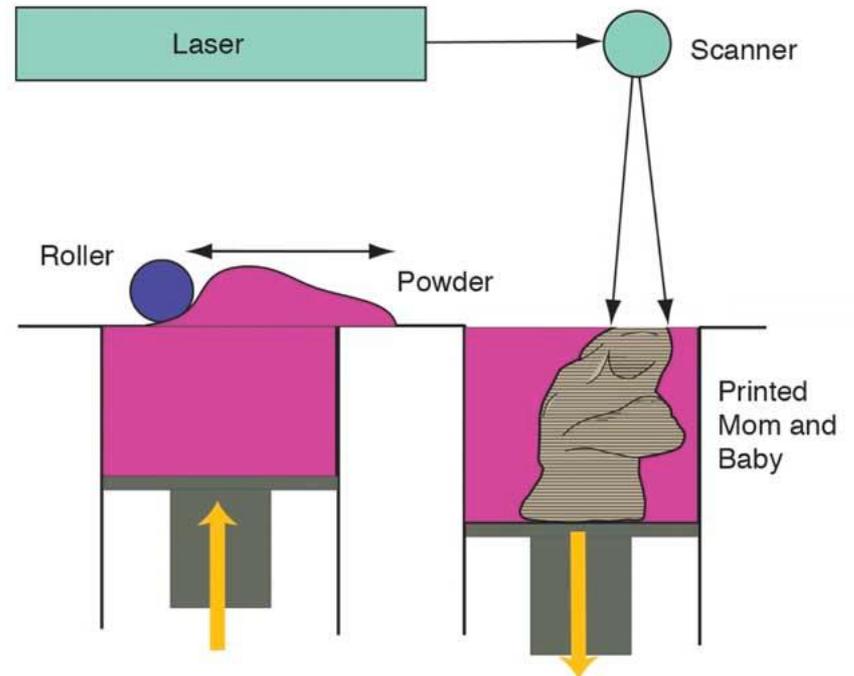
Una resina liquida, posta in un contenitore, viene illuminata da un fascio laser o da un proiettore con luce ultravioletta secondo le curve di livello in cui è suddiviso l'oggetto (ogni livello è alto circa 0,1 – 0,2 mm). La resina illuminata si indurisce. Abbassando il contenitore, l'oggetto «cresce» dentro il liquido. Molto precisa, consente di ottenere forme sofisticate e oggetti trasparenti. Il limite è dato dalle dimensioni del contenitore, dalla sensibilità della resina alla luce e dalle vibrazioni del liquido introdotte durante l'abbassamento della base d'appoggio.



# Tecnologie di stampa

## Metodi granulari

Si utilizzano miscele di polveri, contenenti resine e metalli (acciaio alluminio, titanio, cobalto) che, strato dopo strato, vengono solidificate utilizzando un fascio laser, necessario per raggiungere la temperatura di fusione piuttosto elevata. Si ottengono oggetti molto robusti. Costo delle stampanti molto elevato.



## Parte 1

# Tecnologie di stampa

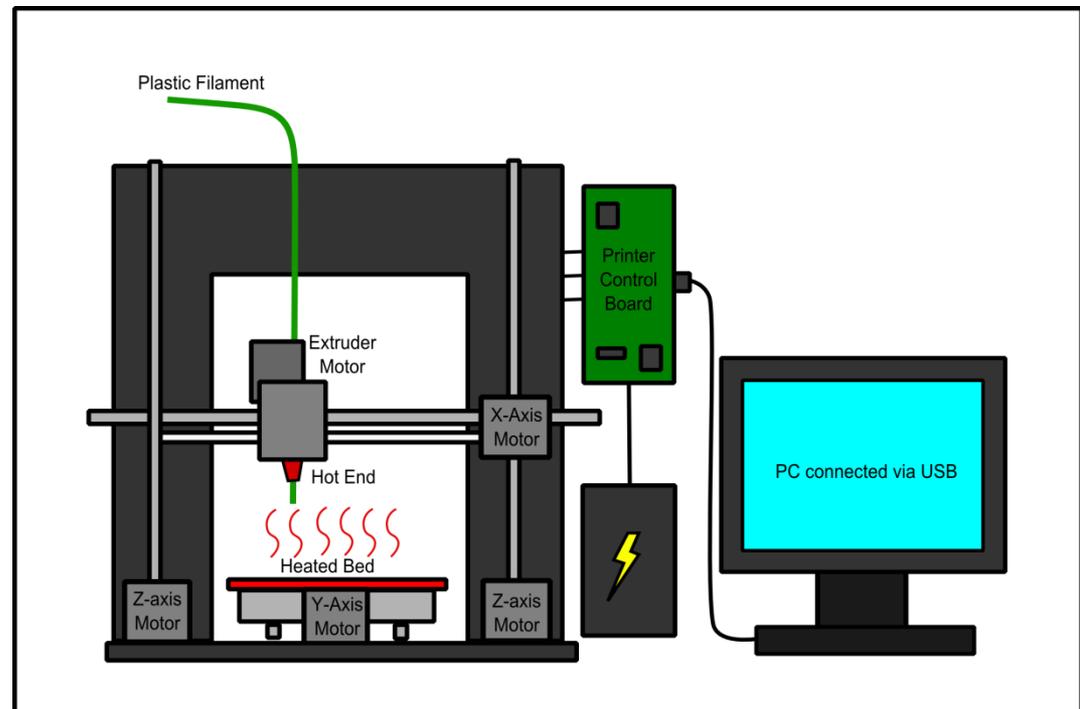
## **Metodi a fusione** (FDM - fused deposition modeling)

Si utilizzano resine plastiche con temperature di fusione tra i 190°C ed i 250°C.

Consiste nel depositare, tramite un estrusore, sottili fili (diametro 0,2 – 0,8 mm) in modo da formare strati sovrapposti (spessore 0,1 – 0,4 mm) che costituiranno l'oggetto.

I costi dei materiali sono molto contenuti (20 c€/m) e le relativamente basse

temperature hanno contribuito alla diffusione di questo metodo realizzabile con stampanti a basso costo a partire dai 400 € (2016). I materiali più utilizzati sono PLA e ABS.



## Parte 1

# Tecnologie di stampa (1)

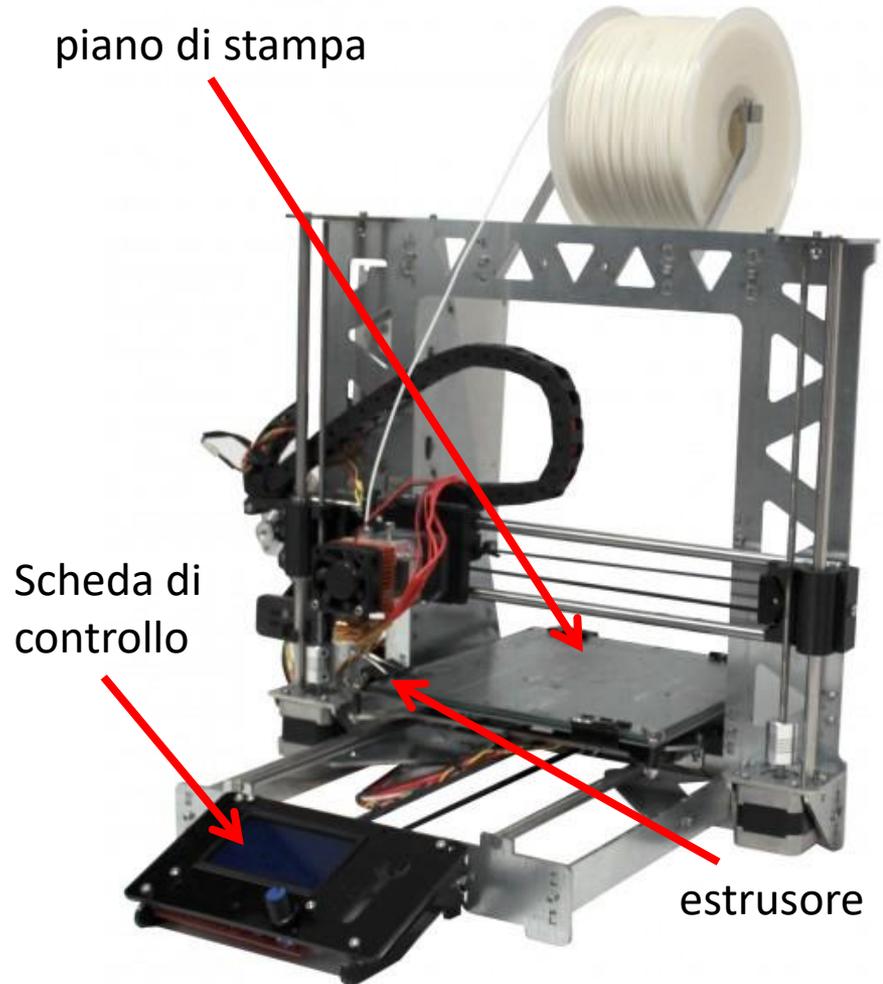
La stampante 3D per FDM

Tecniche di stampa

-**A piano mobile (x-y)**: l'estrusore si muove solo verticalmente ed il piano si sposta lungo x e y

-**A testa mobile (x-y)**: il piano si muove solo verticalmente ed l'estrusore si sposta lungo x e y

Nel primo caso si usa filo da 1,75 o 3 mm, mentre nel secondo occorre necessariamente usare filo da 1,75 mm perché il motore dell'estrusore deve essere piccolo e leggero



## Parte 1

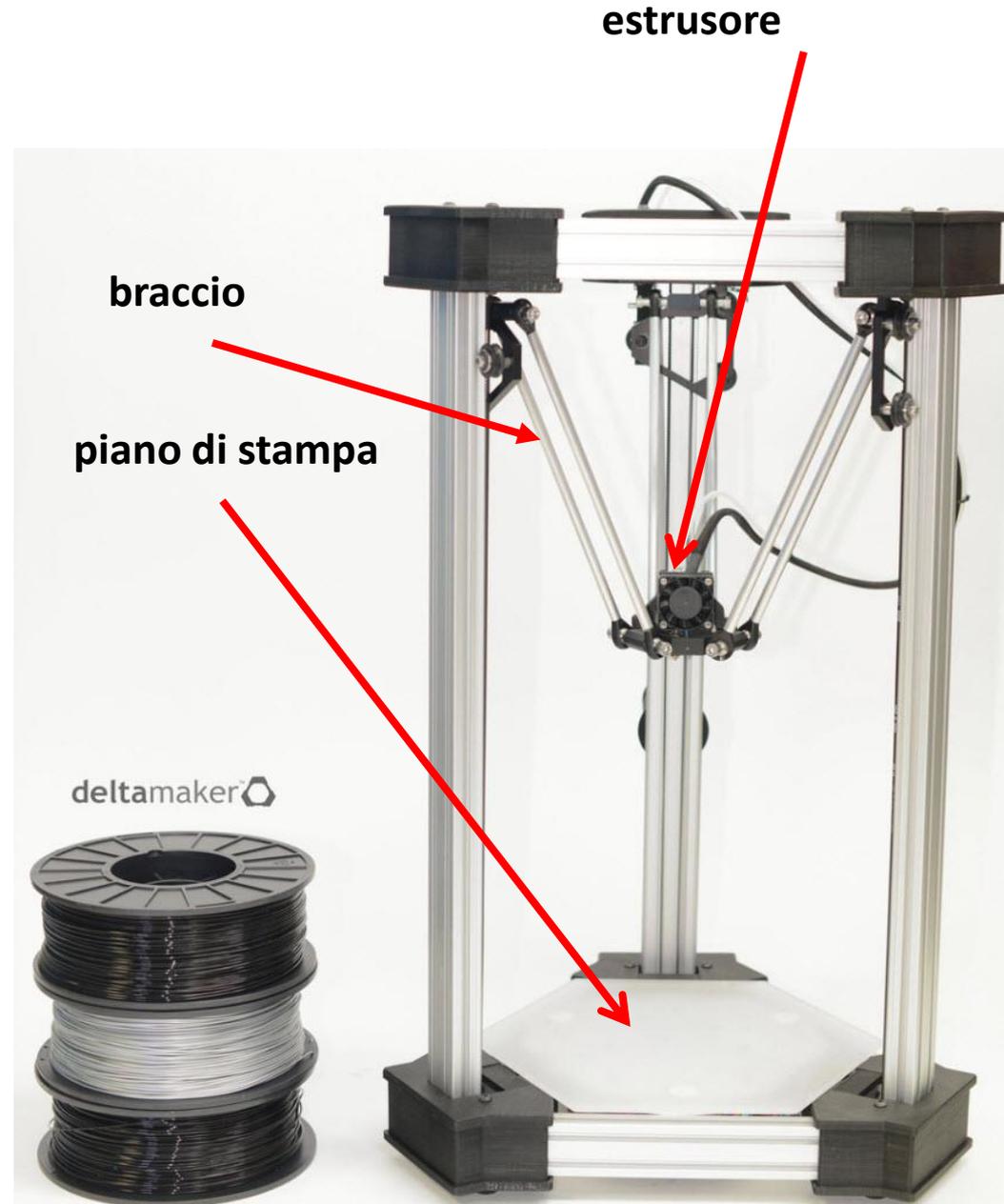
# Tecnologie di stampa

### Tecniche di stampa

-A testa mobile a tecnologia **Delta**:  
il piano è fisso e l'estrusore si muove in orizzontale con tre bracci sincronizzati ed in verticale sale con un sistema che solleva lentamente i tre bracci

Occorre necessariamente usare filo da 1,75 mm perché il motore dell'estrusore deve essere piccolo e leggero

Riesce a realizzare oggetti più alti, ma il controllo del movimento è complesso. I costi sono più elevati rispetto alle stampanti ortogonali



Parte 1

## Tecnologie di stampa (3)

Penna 3D (3D Printing pen)

Costi inferiori alle stampanti (inferiore ai € 100). Utilizza appositi spezzoni di filo. È costantemente alimentata elettricamente.

**Vantaggi:** libertà di movimento e di creatività in quanto il filamento indurisce molto rapidamente in aria e consente di «costruire nel vuoto

**Svantaggi:** richiede buona precisione nei movimenti e si possono realizzare solo oggetti con struttura filiforme



## Parte 1

# Materiali di stampa

In questo corso ci occuperemo solo dei materiali utilizzati per la stampa FDM in quanto, come visto nella parte precedente sulle tecnologie di stampa, per le altre tecnologie materiali e stampanti sono molto costosi o gli oggetti sono di dimensioni molto ridotte.

I materiali utilizzati vengono distribuiti in bobine da 1kg con due valori di diametro 1,75 mm e 3 mm. I materiali sono disponibili in vari colori. Tutti i materiali vengono lavorati durante il passaggio alla fase vetrosa.

Per conoscere la lunghezza del filo è sufficiente utilizzare la formula

$$l = \frac{4P}{\pi D^2 d}$$

$l$  = lunghezza filo in cm

$P$  = peso in g

$D$  = diametro filo in cm

$d$  = densità in g/cm<sup>3</sup>



## Parte 1

# Materiali di stampa

**PLA** (PolyLactic Acid - acido polilattico) è un termopolimero generato dalla fermentazione del mais, non è biodegradabile in condizioni naturali, ma è idrosolubile a temperature superiori a 70-80°C. Può essere estruso, stampato ad iniezione e a soffiatura; attualmente lo si usa prevalentemente per produrre contenitori di vario tipo e sacchetti di plastica. È estrudibile a temperature dai 190°C ai 230°C e non emette sostanze tossiche per l'uomo (se estruso alle giuste temperature), non necessita del piano riscaldato (anche se è consigliato), ha un indice di ritrazione del 2-3% caratteristica importante nel caso in cui si voglia stampare oggetti grandi e piuttosto lineari. A livello estetico, il PLA risulta lucente. Per quanto riguarda la solubilità, il solvente del PLA è la soda caustica.

Peso specifico: 1,24 g/cm<sup>3</sup>



# Materiali di stampa

**ABS (acrilonitrile-butadiene-stirene)** è un termopolimero molto diffuso grazie alla sua leggerezza e rigidità, ma anche perché può essere sia estruso che stampato ad iniezione. Attualmente è usato in vari ambiti (LEGO, strumenti musicali a fiato, tubi idraulici), oltre a quello della prototipazione rapida. Possiede buone proprietà meccaniche, lo si usa infatti per oggetti che devono garantire una certa rigidezza e durabilità. È poco friabile, sopporta alte temperature, ha un coefficiente di attrito basso (estrusione agevole) rispetto al PLA. Deve essere estruso a temperature superiori, da **220-250 °C** ; quando è estruso, genera delle **emissioni che possono essere dannose** per gli esseri umani, quindi occorre evitare di inalare direttamente i fumi e stampare in ambienti ben ventilati. Uno dei suoi principali difetti è la propensione a ritirarsi e deformarsi, soprattutto negli angoli, se si raffredda troppo in fretta. È obbligatorio quindi utilizzare un piatto riscaldato e ed alcuni accorgimenti in fase di stampa. Il solvente dell'ABS è l'acetone.

Peso specifico:  $1,05 \text{ g/cm}^3$



## Parte 1

# Materiali di stampa

Il **Policarbonato (PC)**: polimero termoplastico dotato di buona resistenza termica e agli urti. A differenza del Plexi-glass, con il quale è spesso confuso, può essere piegato e formato anche a freddo, senza manifestare screpolature o particolari deformazioni. La temperatura di transizione vetrosa è di 150°C ma in genere i produttori di Policarbonato in filamento consigliano temperature di estrusione superiori a 260°C. A 300°C, invece, si manifesta la fusione. Il Policarbonato si deforma molto facilmente raffreddandosi ed in maniera maggiore rispetto all'ABS ed al PLA quindi è assolutamente sconsigliata l'estrusione in assenza di un piatto riscaldato.



## Parte 1

# Materiali di stampa

**PVA (alcol polivinilico):** è un composto chimico ottenuto per idrolisi, normalmente alcalina, degli esteri polivinilici. Si dissolve totalmente e rapidamente in acqua, anche fredda e questa proprietà lo rende particolarmente adatto come di materiale di supporto nelle stampanti a doppio estrusore. La temperatura di transizione vetrosa del PVA è attorno agli  $85^{\circ}\text{C}$  ma dipende dal grado di idrolisi del polimero. A temperature superiori ai  $200^{\circ}\text{C}$  subisce la piroscissione, decomponendosi (per una maggiore compatibilità con la simultanea stampa di altri materiali plastici, viene miscelato con altre sostanze che ne portano la temperatura di fusione intorno ai  $200^{\circ}\text{C}$ , ma occorre attenersi alle indicazioni del produttore).



## Parte 1

# Materiali di stampa

**Nylon:** con il termine nylon si indica una famiglia particolare di poliammidi alifatiche sintetiche. Molto economico e facilmente reperibile sul mercato, in vari colori. A differenza del PLA e dell'ABS, è molto meno fragile e quindi più resistente. Gode di proprietà autolubrificanti, il che lo rende particolarmente performante per stampe di ingranaggi. Tra gli aspetti negativi possiamo evidenziare il fatto che si deforma molto di più rispetto all'ABS, quindi necessita del piano riscaldato, inoltre un riempimento eccessivo potrebbe causare dei problemi poiché il nylon è un materiale estremamente fibroso. In aggiunta, bisogna assicurarsi che sia ben asciutto prima della stampa. La temperatura di estrusione si attesta attorno ai 220-250°C, anche in questo caso il consiglio è di attenersi alle specifiche segnalate dal produttore.

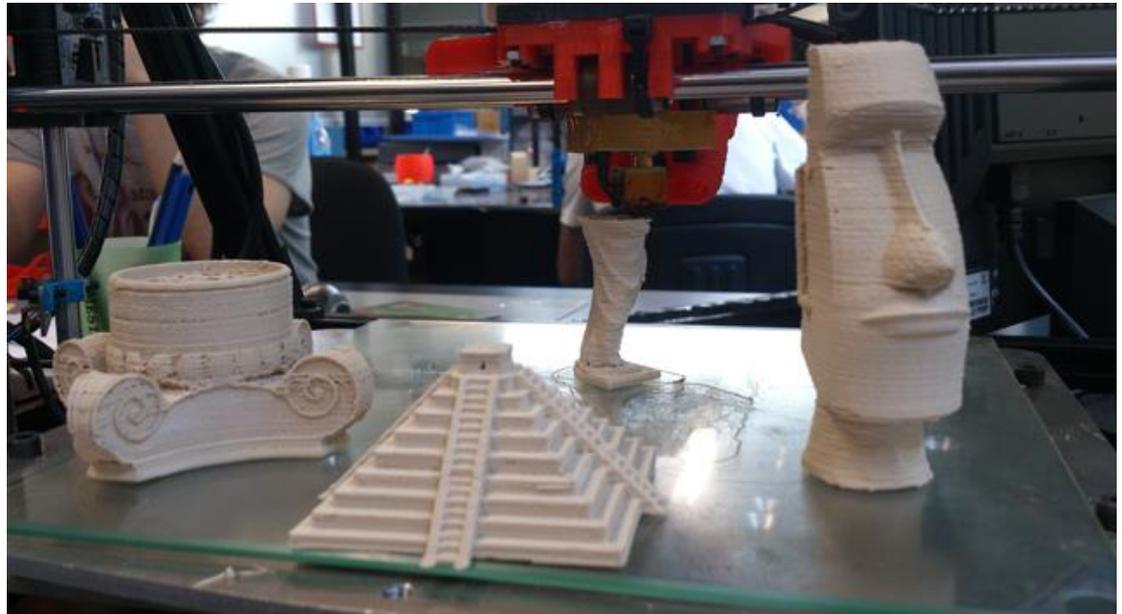
Peso specifico: 1,14 g/cm<sup>3</sup>



## Parte 1

# Materiali di stampa

**Laybrick:** é una miscela di gesso macinato e copoliestere. Gli oggetti stampati con questo materiale risultano piú simili a materiali lapidei che a materiali plastici. Questa caratteristica li rende particolarmente idonei per plastici e modelli di architettura. Si tratta di un materiale che si deforma poco, quindi non è necessaria la presenza del piatto riscaldato, la temperatura di estrusione varia da 170-210 °C e si possono ottenere superfici sia molto levigate che ruvide (dipende dalla temperatura di estrusione). Non è un materiale molto economico.



## Parte 1

# Materiali di stampa

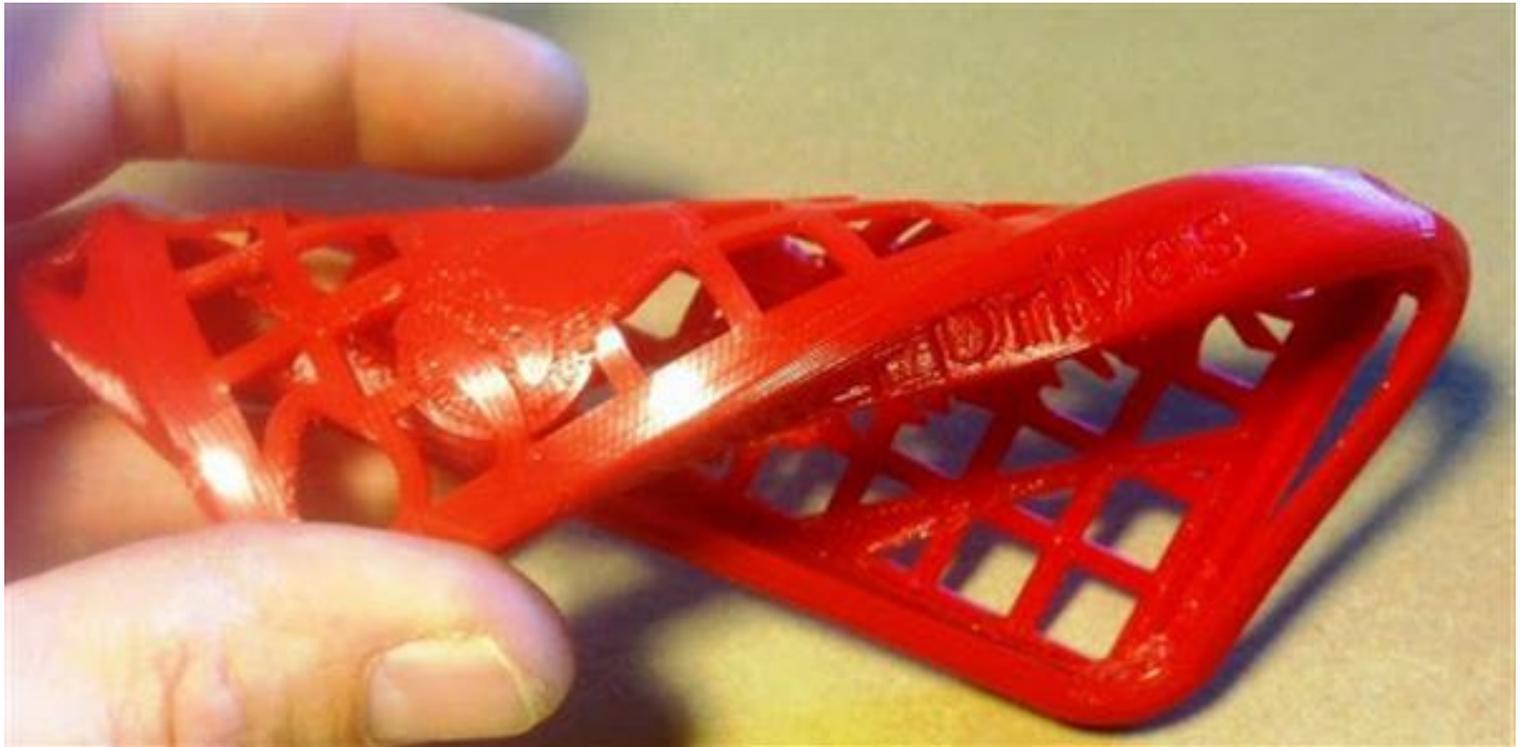
**Laywood:** è una miscela di fibre di legno e un termopolimero di caratteristiche simili al PLA e quindi a bassa deformazione; non necessita di un piano riscaldato e può essere estruso a temperature che oscillano dai 180-250 °C. L'oggetto sarà, esteticamente, simile ad un oggetto di legno ed in funzione della temperatura è possibile ottenere diverse gradazioni di marrone, anche all'interno dello stesso oggetto, in modo da ricreare le venature tipiche del legno.



## Parte 1

# Materiali di stampa

**NinjaFlex:** è un materiale «gommoso», elastico, flessibile ed estremamente resistente all'abrasione. La temperatura di estrusione consigliata dal produttore è di 210-230 °C, il piatto riscaldato non è necessario, ma in alcuni casi può essere settato a temperature relativamente basse.



## Parte 1

# Applicazioni

La diffusione delle stampanti 3D ha consentito l'abbassamento dei costi e la realizzazione di modelli con buone prestazioni a costi relativamente bassi, consentendone l'uso al di fuori dell'ambiente industriale.

Le principali caratteristiche del processo produttivo sono:

- riduzione dei tempi nel passaggio dal progetto alla realizzazione dell'oggetto

- personalizzazione dell'oggetto

- prototipazione rapida

I limiti sono:

- tipologia di materiali utilizzabili

- lentezza del processo produttivo

- caratteristiche dell'oggetto ottenuto (precisione della lavorazione, robustezza meccanica, estetica, colorazione, lavorabilità, ecc.)

## Parte 1

# Applicazioni

Il successo è stato decretato da:

- possibilità di **utilizzare strumenti di modellazione tridimensionale** disponibili da molti anni e ben conosciuti anche a livello scolastico, oltre che professionale.
- **sviluppo di software gratuito e applicazioni web** che consentono di disegnare oggetti 3D senza installazione sul proprio dispositivo (web application).
- apps per dispositivi mobili, utili in campo artistico dove prevale l'aspetto estetico sulla precisione tecnica.
- **personalizzare, provare e rifare l'oggetto** in poco tempo senza dover far realizzare l'oggetto da esperti esterni con riduzione dei tempi di progettazione.
- realizzazione di pezzi di ricambio** non facilmente reperibili perché fuori produzione o perché realizzati solo per clienti industriali e in grandi quantità.
- disponibilità in rete di migliaia di file di oggetti creati da altri utenti secondo la logica della condivisione, quindi scaricabili e modificabili (in genere licenza CC)

Un settore che negli ultimi anni ha visto una continua e rapida evoluzione è il settore medico, dove la **personalizzazione degli oggetti** (protesi, fasciature rigide, ecc) sul singolo paziente è un requisito fondamentale per il loro utilizzo. Sono in corso sperimentazioni per la creazione di tessuti cellulari stampati in 3D.

## Esempi di oggetti stampati in 3D



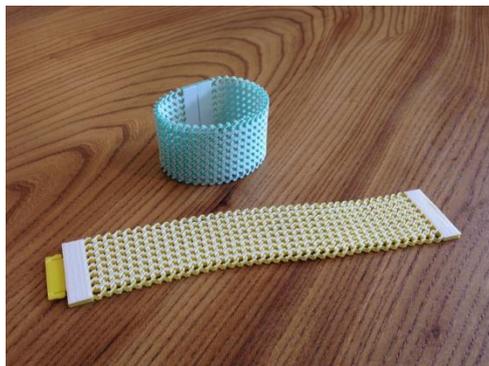
ABS trattato e non trattato



Pezzi di ricambio



Supporto chiave per disabile



braccialetto



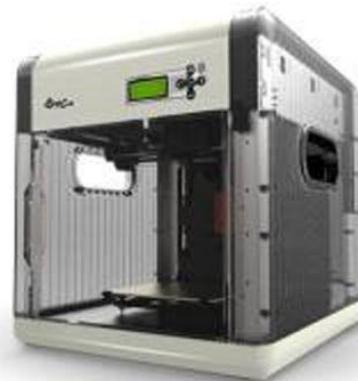
portachiavi personalizzato

## Parte 1

# Sicurezza

In ambito scolastico, in particolare, le problematiche sulla sicurezza richiedono una particolare attenzione in quanto le stampanti hanno parti ad alta temperatura e parti in movimento in presenza di minori (anche molto piccoli e istintivamente curiosi).

Si sono diffuse recentemente le cosiddette **desktop 3D printer** (stampanti 3D da tavolo) che soddisfano le richieste di sicurezza e pongono l'attenzione sull'aspetto estetico del dispositivo. Tutte le parti meccaniche sono chiuse in un involucro robusto e la zona di stampa è visibile attraverso uno sportello trasparente in vetro o plastica. Rispetto ad una stampante a struttura aperta i costi sono più elevati.



## Parte 1

# Manutenzione

La manutenzione, per quanto ridotta, è necessaria per mantenere una buona qualità di stampa. Principali attività:

- **Pulizia piano di stampa** (rimangono i residui delle precedenti stampe e dei prodotti adesivi)
- **Pulizia ugello estrusore** (tende ad otturarsi)
- **Conservazione filo di stampa** (è soggetto ad invecchiamento)
- **Smaltimento residui di lavorazione**



## Parte 2

- Panoramica sui programmi di modellazione 3D
- Risorse hardware
- Risorse software

# Parte 2

## Software di modellazione 3D

I software di modellazione 3D si possono suddividere in due categorie

- Software da installare
- Applicazioni on line

### **Software da installare**

Sono programmi che consentono di creare oggetti tridimensionali partendo da solidi di base con precisione in quanto sono nati per la realizzazione di pezzi meccanici. Le richieste di mercato hanno portato allo sviluppo di software, anche gratuiti, che consentono di applicare un «tocco artistico» agli oggetti.

Dato il loro uso professionale, molti sono programmi a pagamento con costi non trascurabili ed i tempi di apprendimento sono lunghi.

I più noti, a pagamento, sono: AutoCAD, Catia, SolidWorks, Rhinoceros, Sculptrix  
Gratuiti: Sketchup, 3D Builder, Blender, OpenSCAD, DesignSpark, 123D Design

# Parte 2

## Software di modellazione 3D

### Applicazioni web

La forte richiesta di strumenti per la modellazione 3D e la presenza sul mercato solo di prodotti costosi e complessi da utilizzare ha portato allo sviluppo di applicazioni web di CAD 3D.

Occorre collegarsi ad uno dei siti, registrarsi (a volte) e si ha accesso ad una pagina nella quale, con operazioni di «clicca e trascina» è possibile utilizzare forme solide predefinite, le cui dimensioni possono essere modificate.

In alcuni casi i siti web che raccolgono gli oggetti proposti dagli utenti mettono a disposizione strumenti di disegno di facile utilizzo.

I più noti sono: TinkerCAD, SketchUp OnShape



# Parte 2

## Risorse hardware

La possibilità di progettare e realizzare stampanti 3D a basso costo ha creato un movimento internazionale di condivisione delle esperienze e dei progetti realizzati secondo la filosofia «Open Source». Su questo filone sono nate molte aziende che hanno cominciato a produrre stampanti a basso costo rivolte ad un pubblico desideroso di utilizzare questi dispositivi, ma privo delle competenze tecniche per realizzarli.

Un risvolto positivo della proliferazione di proposte è stato il notevole abbassamento dei costi e l'ingresso sul mercato di grandi colossi industriali desiderosi di entrare in un mercato in grande espansione, ma vincolati al mantenimento di costi relativamente bassi.

I prezzi attuali (2017) per stampanti per uso didattico e amatoriale, a parità di volume di stampa e di materiali stampabili, variano dai 300€ per le stampanti più semplici ai 2000€ per le stampanti con funzionalità aggiuntive che semplificano le operazioni di messa a punto preliminari.

Analogo discorso, relativo ai prezzi, vale per i materiali, dove i prezzi si mantengono relativamente bassi e c'è una grande varietà di scelta e qualità

# Parte 2

## Risorse software

Oltre alla disponibilità in rete di innumerevoli proposte per le stampanti, la filosofia «Open source» ha portato alla condivisione dei modelli da stampare.

Chi «inventa» un oggetto ne condivide il file stampabile su questi siti ricevendo apprezzamenti, suggerimenti per il miglioramento o critiche. In questo movimento di condivisione si sono inseriti anche operatori professionali, forti della loro esperienza nel CAD 3D, che propongono modelli da stampare in modo gratuito oppure modelli più sofisticati con la richiesta di un contributo economico relativamente basso.

Un forte sviluppo ha avuto la creazione di parti di ricambio (spare part) di oggetti in plastica non facilmente reperibili se non in ambito industriale.

Alcune piattaforme di condivisione svolgono anche il ruolo di area di incontro tra persone o aziende che necessitano di oggetti personalizzati e potenziali realizzatori di tali oggetti, suggerendo congrui compensi.

Uno dei più famosi, con migliaia di oggetti proposti da migliaia di utenti, è Thingiverse

<http://www.thingiverse.com/>

The logo for Thingiverse, featuring the word "Thingiverse" in a blue, sans-serif font, centered within a light gray rectangular background.

# Parte 2

## Risorse software

Da poco tempo si sta espandendo il mercato dei negozi di stampa 3D, che svolgono un ruolo analogo a quello delle copisterie per la stampa su carta.

L'utente che non possiede una stampante 3D o necessita di una stampa di qualità rispetto a quella a sua disposizione, invia il file da stampare sul sito, un programma analizza il file ed in base alle richieste dell'utente (materiali, qualità, tempi di consegna) propone le offerte dei negozi di stampa presenti sul territorio. L'utente può così valutare le offerte senza dover effettuare ricerche di mercato o recarsi fisicamente nei vari negozi.

Uno dei più noti in Italia è 3DHub

<https://www.3dhubs.com/>



# Parte 3

## Progettare un oggetto

- Operazioni preliminari
- Criteri di disegno

## Parte 3

# Progettare un oggetto

Il progetto di un oggetto da stampare segue un percorso piuttosto complesso che però può essere riassunto nelle seguenti fasi:

- a) necessità di creare un oggetto con caratteristiche non presenti sul mercato (personalizzazioni o obsolescenza) o in quantità così ridotte da rendere l'acquisto non conveniente dal punto di vista economico;
- b) definizione delle caratteristiche (dimensioni, funzionalità, utilizzo);
- c) valutazione della fattibilità in base alla stampante disponibile (dimensioni di stampa, precisione di stampa, tipo di materiale, suddivisione in più pezzi da stampare);
- d) disegno del prototipo;
- e) stampa del prototipo e verifica delle funzionalità;
- f) modifiche migliorative al modello;
- g) stampa definitiva

# Parte 3

## Operazioni preliminari di disegno:

- 1) definire il volume limite di disegno in base alle caratteristiche della stampante (area di base ed altezza massima riducendo la base di stampa di circa 5mm per evitare di stampare sui bordi del piano di stampa, dove ci potrebbero essere problemi di aderenza)
- 2) Definire le dimensioni complessive dell'oggetto, basandosi sulle caratteristiche di oggetti già esistenti o in base alla funzionalità richiesta

Esempi:

- **supporto per cellulare:** *dimensioni e spessore del cellulare e spazio per eventuali attacchi e pulsanti (caricatore, cuffia, controllo volume, accensione/spegnimento)*
- **manopola:** *dimensioni e forma del perno su cui andrà inserito e forma per una facile presa*
- **contenitore:** *valutazione degli ingombri, dello spessore delle pareti e di eventuali fori per connettori e viti di fissaggio*
- **portachiavi:** *forma, dimensioni e robustezza della parte dove saranno inserite le chiavi*

# Parte 3

## Operazioni preliminari di disegno:

3) Definizione dei dettagli, cioè delle parti di più piccole dimensioni, in base alle dimensioni del filo estruso.

Esempi:

*- un dettaglio con dimensioni x-y inferiori ad 1mm difficilmente sarà stampato in modo corretto con un filo estruso da 0,5mm in quanto corrisponderebbe a solo 2 passaggi dell'estrusore*

*-lo spessore in direzione Z non deve essere inferiore ad 1 – 1,5 mm per evitare facili rotture anche solo in fase di distacco dal piano di stampa*

4) Lavorare in scala 1:1 in quanto ogni successivo scalamiento modifica le dimensioni anche di particolari che potrebbero diventare non stampabili a causa delle dimensioni ridotte o allungare i tempi di stampa a causa delle dimensioni eccessive

# Parte 3

## Criteri di disegno

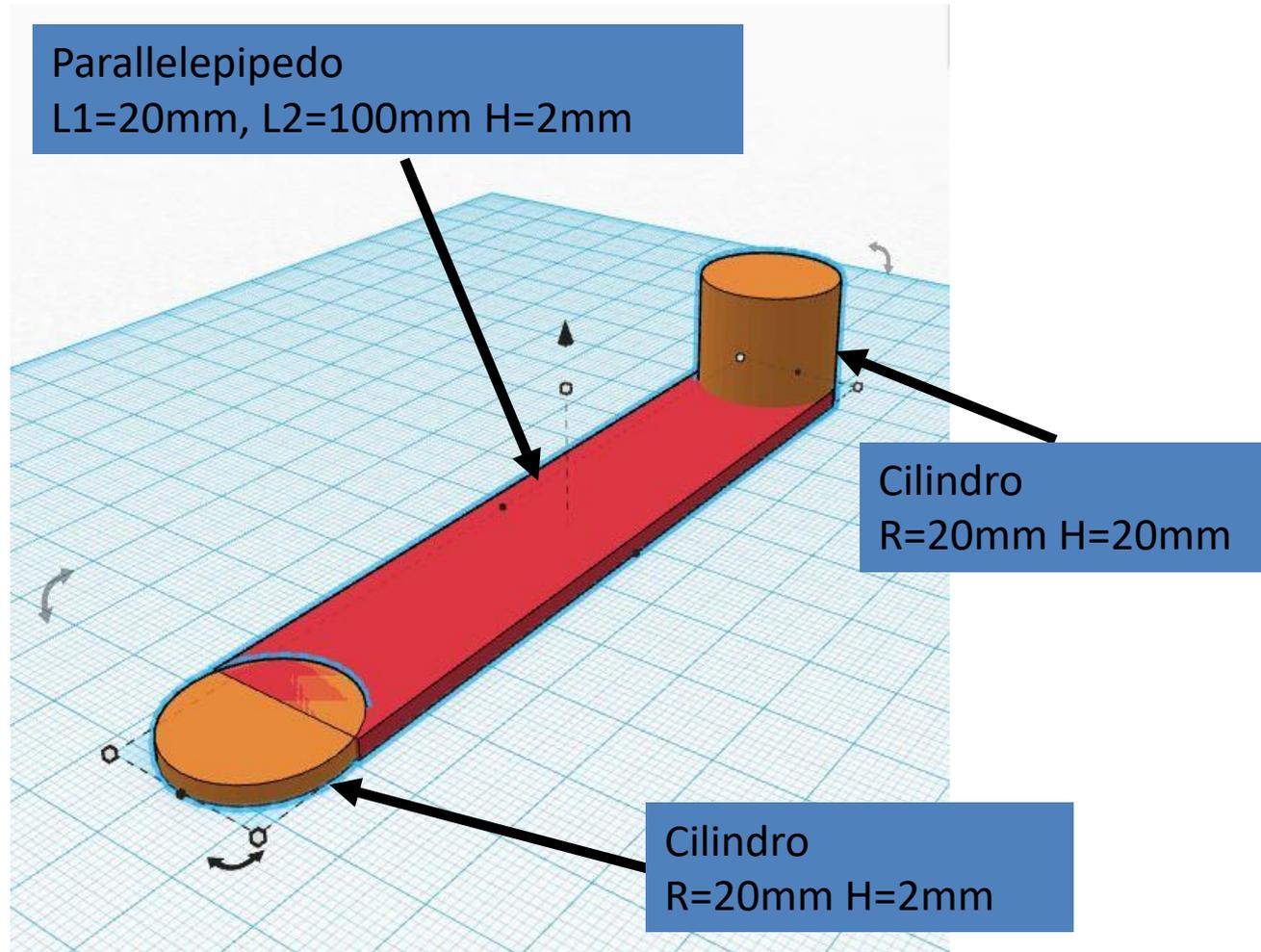
Dopo aver definito le caratteristiche generali dell'oggetto, occorre immaginare come realizzarlo. In genere si parte da solidi fondamentali (parallelepipedi, cilindri, cono, ecc) e si procede con operazioni di somma, sottrazione, variazione di dimensioni per ottenere l'oggetto desiderato. Nel caso l'oggetto debba essere unito ad un oggetto esistente è utile disegnare grossolanamente (mock-up) prima l'oggetto da «contenere» e costruire attorno ad esso l'involucro. *Si consiglia l'uso di un calibro.*

L'oggetto può essere inizialmente pensato come pezzo unico, ma dopo averlo disegnato nei dettagli occorre pensare al processo di produzione che nella maggior parte dei casi è FDM (fused deposition modeling).

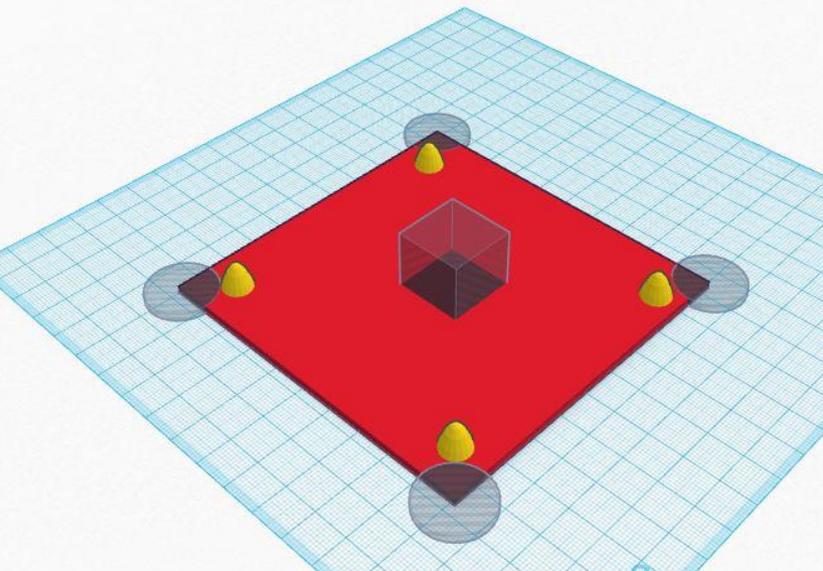
Ciò impedisce di realizzare zone con spazi vuoti sotto di esse perché mancherebbe la base di appoggio.

Le soluzioni possibili sono:

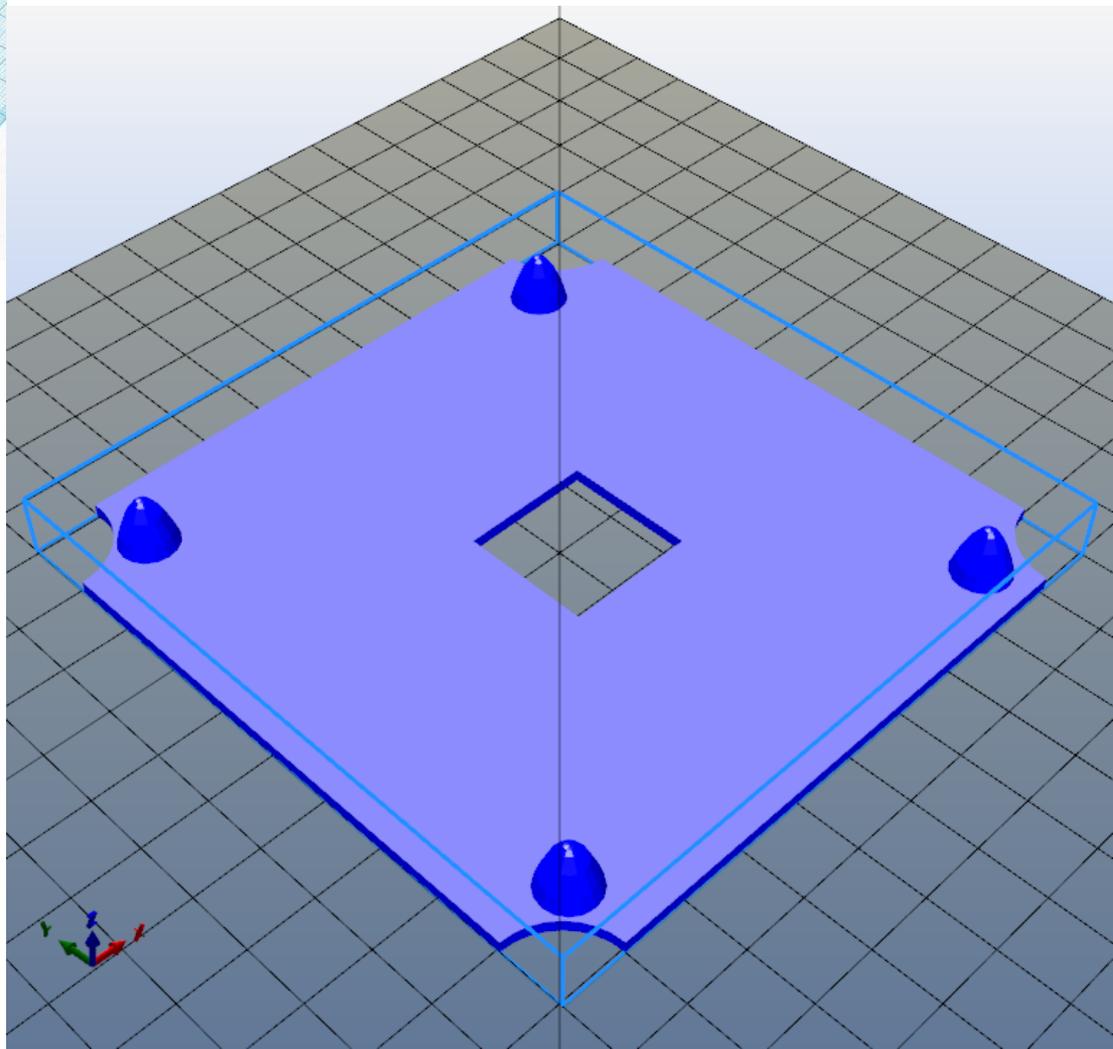
- a) rotazione
- b) taglio del pezzo
- c) utilizzo di supporti

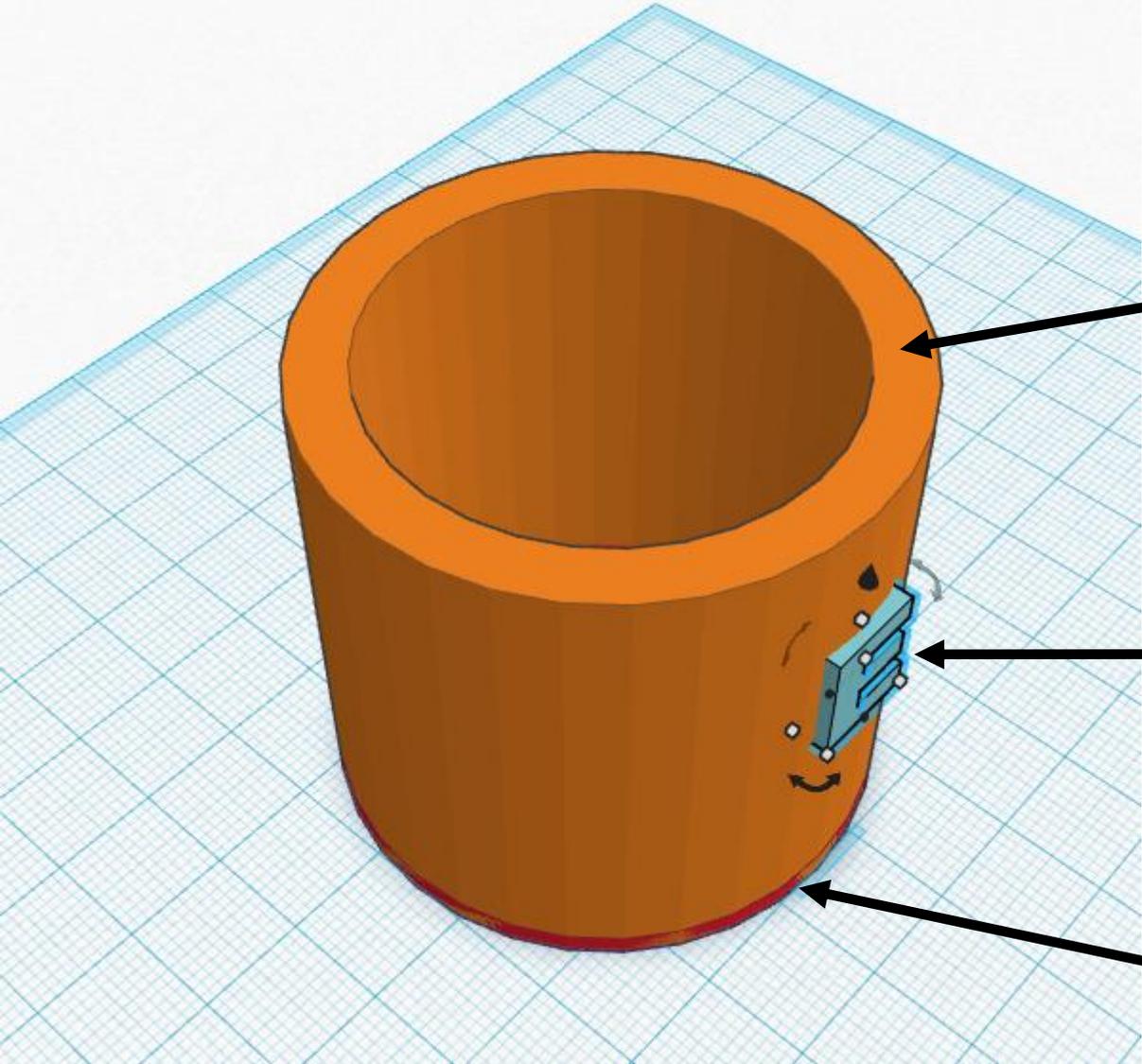


Esempio di costruzione di una lamella con spessore 2mm con estremi arrotondati (per il cilindro più lontano non è ancora stata modificata l'altezza)



- Creazione di fori e contorni arrotondati per sottrazione
- Creazione di sporgenze





Cilindro cavo  
D=50mm  
H=50mm

Lettera tridimensionale  
per personalizzazione

Cilindro pieno  
D=50mm H=2mm

# Parte 3

## Preparare l'oggetto per la stampa

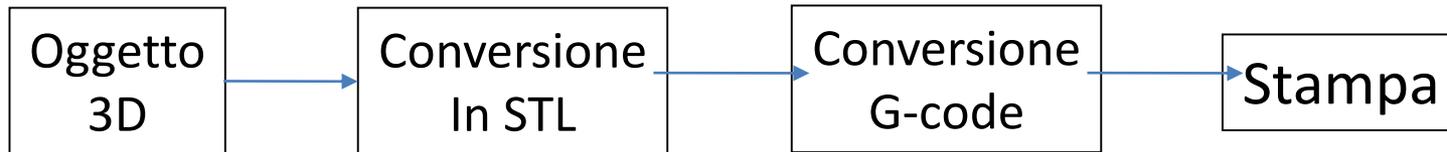
- Software di slicing (stratificazione)
- Gestione di stampa
- Impostazioni di stampa

## Parte 3

# Dall'oggetto alla stampa

Dopo aver disegnato l'oggetto occorre convertire il file di disegno in un file che possa essere importato dal programma di gestione della stampante che deve comandare i movimenti di stampa.

Le fasi di generazione di un oggetto possono essere schematizzate nel seguente modo



**STL:** formato di stampa

**G-code:** comandi e controlli per motori ed estrusori

# Parte 3

## Software di conversione

Esistono numerosi programmi di conversione in formato STL, molti gratuiti

Le ultime versioni dei CAD professionali, tenendo conto della diffusione della stampa 3D, hanno inserito tra le opzioni di salvataggio il formato STL.

Le operazioni che ancora richiedono programmi specifici sono quelle relative alla conversione da STL a G-code, in quanto entrano in gioco i parametri della stampante, oltre alla necessità di specificare altri parametri di stampa.

I programmi più usati sono:

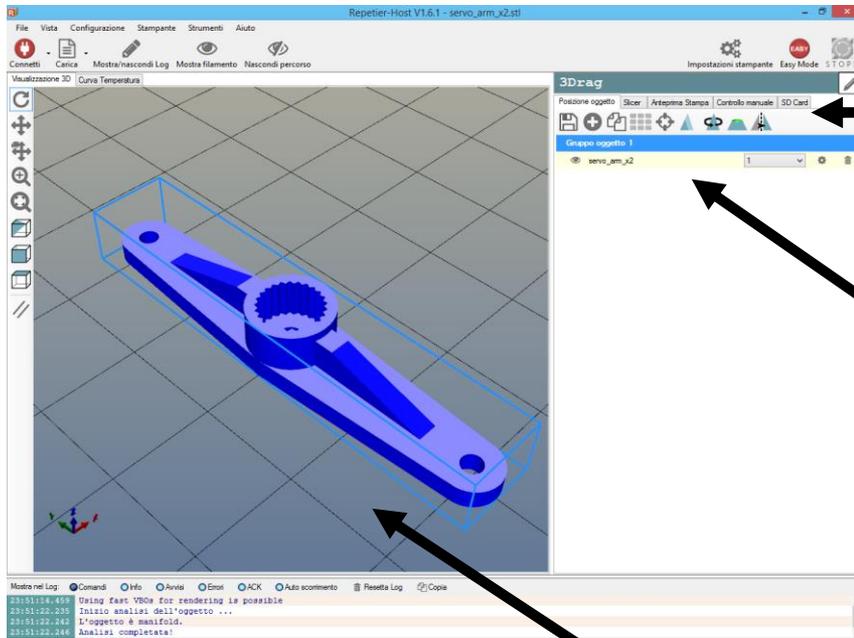
- Repetier Host
- Slicer (o Slicer Engine)
- Cura (o Cura Engine)

Il primo programma ha un'interfaccia per la gestione della stampante molto semplice ed intuitivo e integra i programmi di calcolo (denominati **engine**) degli altri due programmi che, essendo nati solo per la conversione, hanno un'interfaccia per la gestione stampante meno intuitiva, ma consentono semplici operazioni di modifica dei file STL (taglio, scalamento, ecc)

# Parte 3

## Software di conversione

Tutti i programmi prevedono l'importazione del file STL, la visualizzazione in 3D sul piano di stampa



Area operazioni

Area oggetti

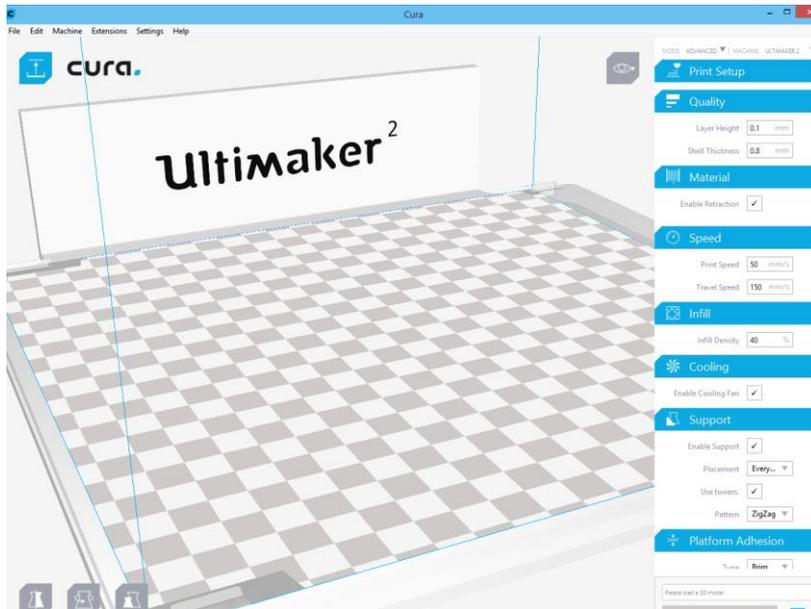
Finestra di Repetier Host

Area di visualizzazione 3D

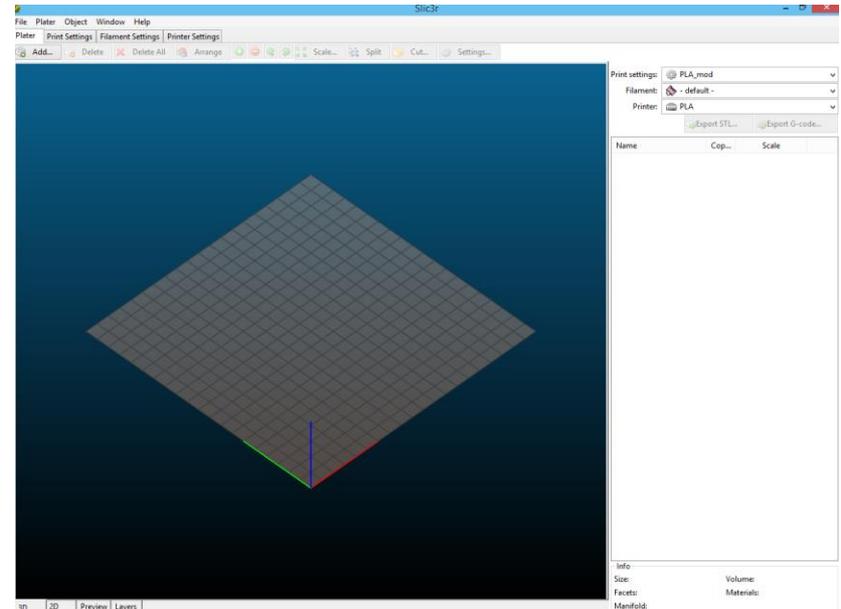
# Parte 3

## Software di conversione

Tutti questi programmi sono caratterizzati da una zona grafica in cui è possibile vedere l'oggetto da stampare ed una zona dove è possibile visualizzare i parametri di stampa o effettuare delle operazioni



Finestra di Cura



Finestra di Slic3r

# Parte 3

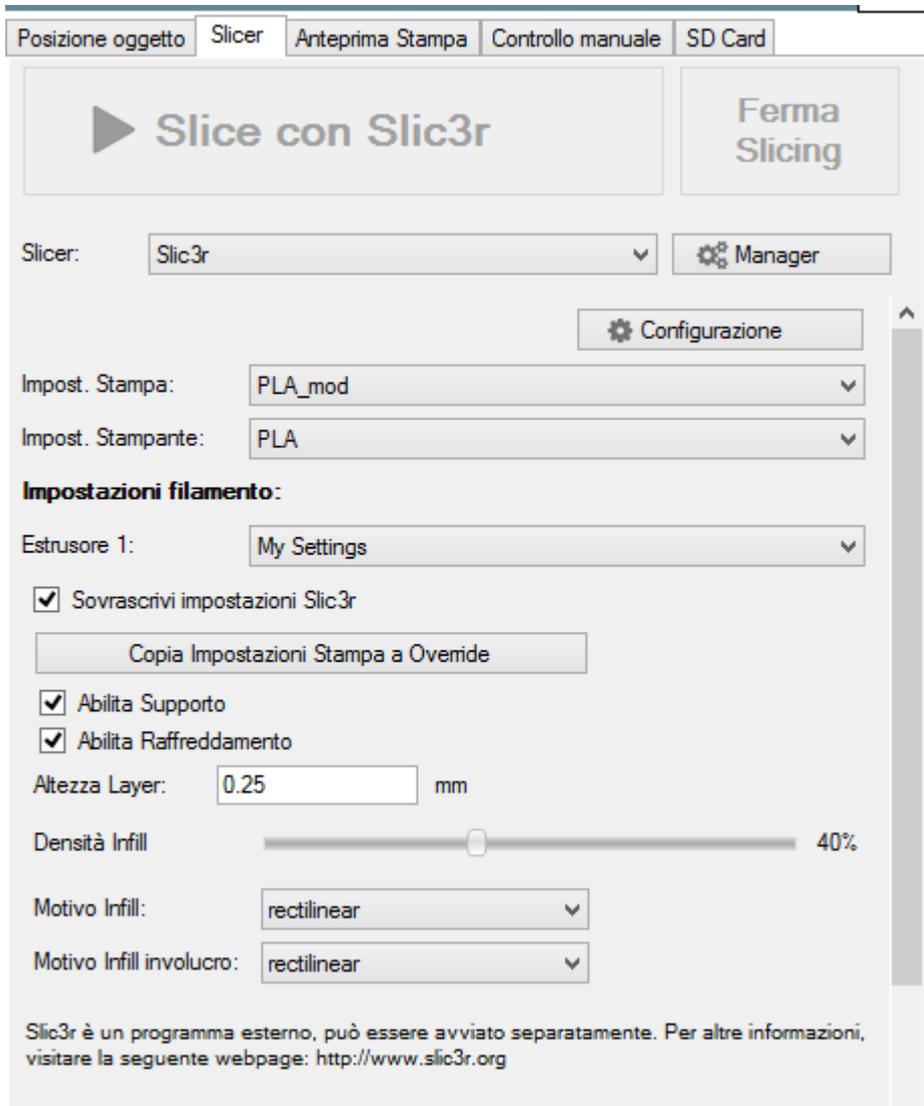
## Confronto tra software

**Repetier Host** consente di integrare le funzioni di conversione utilizzando i moduli di calcolo (engine) presenti nei programmi Cura e Slic3r, mantenendo un'interfaccia grafica che consente di interagire facilmente con la stampante, anche durante la stampa.

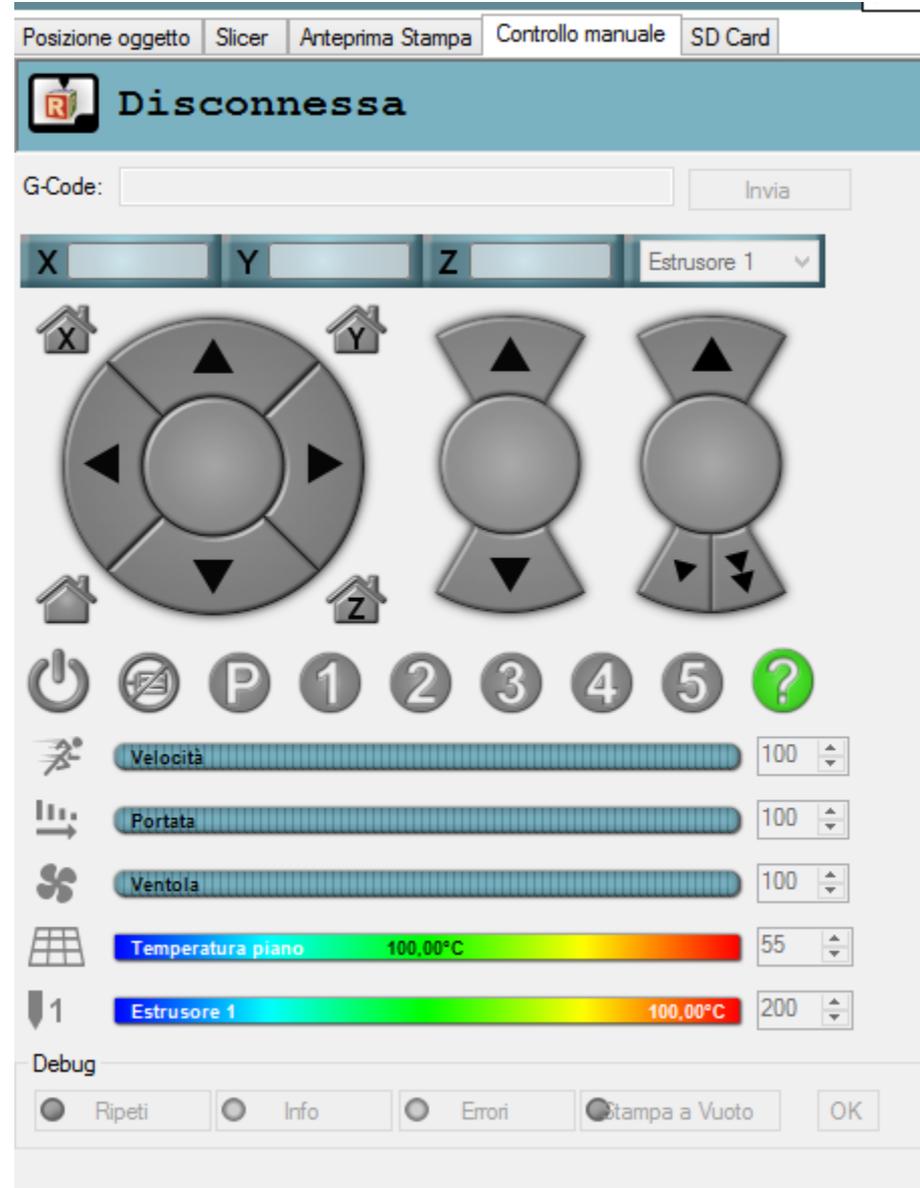
Le operazioni che non riesce a gestire in modo efficiente sono quelle relative a file STL composti da più parti separate e che occorre separare in fase di stampa (operazione di *splitting*), oppure operazioni in cui occorre stampare solo una parte, tagliando il pezzo (operazioni di *cutting*).

Il modo in cui i programmi di conversione convertono il file STL sono differenti ed in base alle caratteristiche del pezzo da stampare possono presentare differenze nei tempi di stampa a causa del modo diverso di impostare le velocità dei motori e dell'estrusore.

Esempio: rispetto a Slic3r, Cura impone velocità più elevate e maggiore quantità di materiale estruso, con conseguente riduzione (fino al 30%) dei tempi di stampa, ma la maggiore velocità porta a risultati più scadenti quando sono presenti dettagli di piccole dimensioni.



Repetier Host  
Pannello di configurazione con Slic3r



Repetier Host  
Pannello di controllo della stampante

# Parte 3

## Parametri di configurazione

I programmi di conversione da STL a G-code consentono di gestire molteplici parametri, ma quelli più importanti sono:

**Altezza strato:** indica la risoluzione verticale in fase di realizzazione; un valore elevato riduce la qualità della stampa (si vedono i vari strati), ma velocizza la stampa

**Riempimento dell'oggetto:** i tratti pieni dell'oggetto da stampare possono essere realizzati con una percentuale più bassa di materiale rispetto al riempimento completo (100%) e con forme di riempimento diverse. Con percentuali basse i tempi di stampa si riducono, si utilizza meno materiale, ma l'oggetto è meno robusto. Le più usate sono

-*Lineare*: tratti di linea affiancati che cambiano direzione ad ogni strato in modo da creare un riempimento a strati incrociati

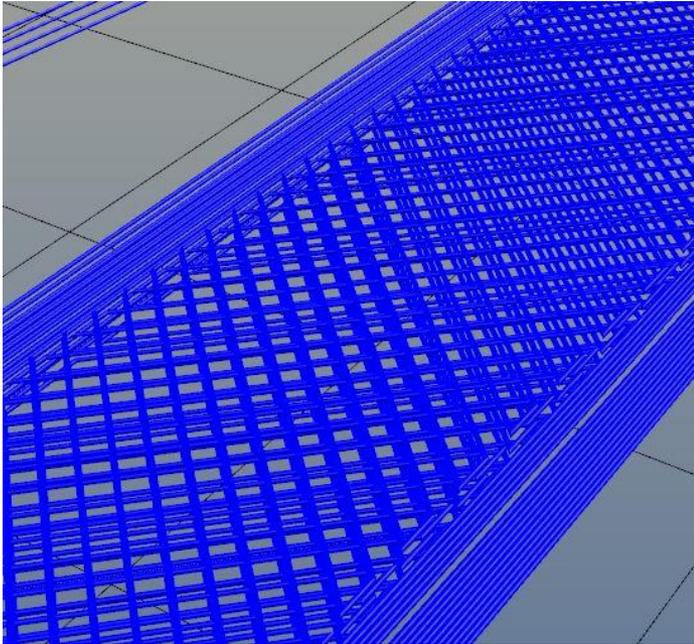
-*Nido d'ape* (honeycomb): esagoni affiancati allineati lungo una direzione che cambia ad ogni strato.

Esistono altri tipi di riempimento anche molto complessi che però aumentano notevolmente i tempi di stampa

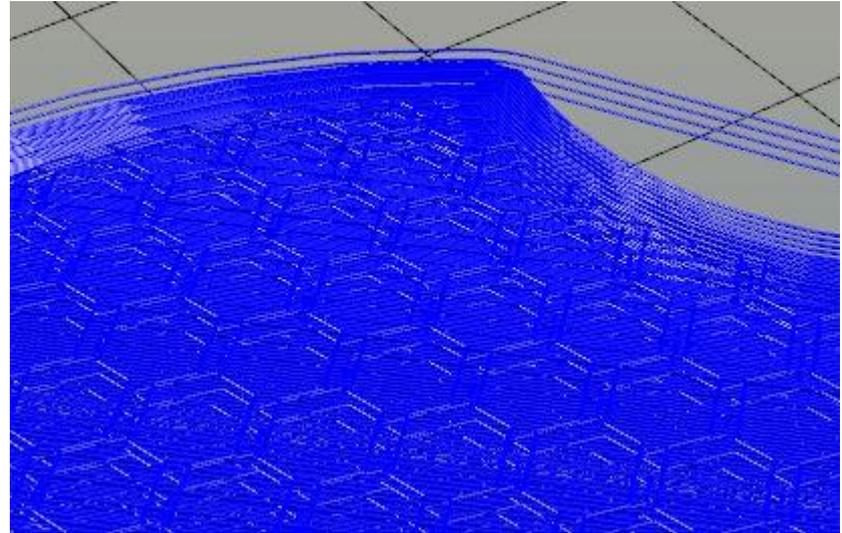
**Spessore guscio:** indica quanti millimetri sarà spessa la parete esterna dell'oggetto che avrà un riempimento del 100%. I valori predefiniti sono di 2-3 mm in orizzontale e il numero di strati per le parti superiore dei gusci (in genere 3-4)

# Parte 3

## Esempi di riempimento



Riempimento 40% lineare



Riempimento 40% a nido d'ape

# Parte 3

## Elementi di supporto alla stampa

Oltre alle impostazioni relative a come eseguire la stampa, occorre valutare le caratteristiche di alcuni elementi aggiuntivi che consentono di ottenere stampe migliori  
I paramenti sono:

- **Skirt**

- **Brim**

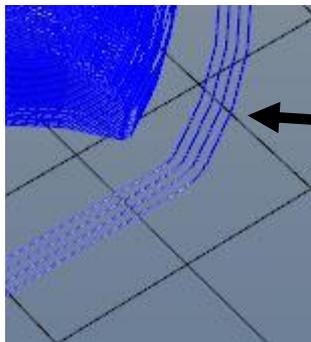
- **Raft**

# Parte 3

## Skirt

Consiste nel far iniziare la stampa col disegno di un perimetro esterno attorno agli oggetti da stampare. In genere vengono stampati 3-4 perimetri. La stampa di queste linee ha i seguenti scopi:

- a) Consentire di scartare le prime parti del filamento che durante la fase di riscaldamento sono state sottoposte a temperature elevate per alcuni minuti, perdendo alcune delle qualità del materiale
- b) Consente di garantire l'inizio della stampa con un flusso regolare
- c) Osservando la deposizione del filamento si può capire se il piano di stampa è perfettamente parallelo al piano di lavoro dell'estrusore e se il primo strato viene depositato in modo corretto



Skirt con 4 perimetri

È possibile scegliere quanti perimetri stampare prima di iniziare la vera stampa e la distanza dall'oggetto

# Parte 3

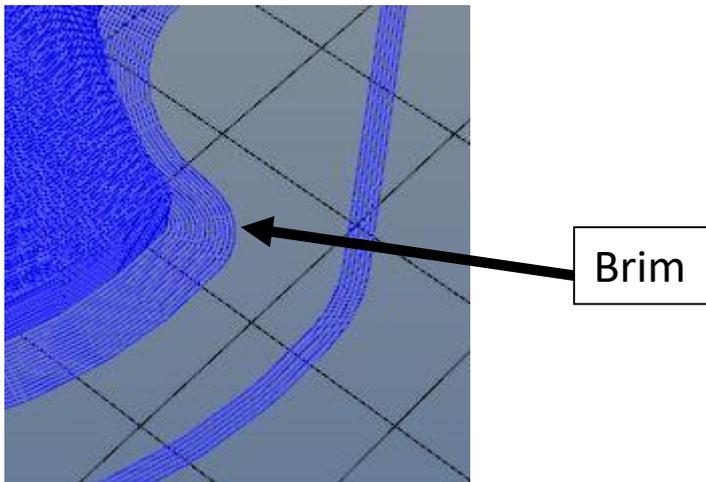
## Brim

Si deve utilizzare quando i materiali di stampa sono soggetti a ritrazione per raffreddamento (vedi lezione 1) come l'ABS, il policarbonato ed i materiali flessibili, oppure quando lo spessore dell'oggetto e la sue dimensioni sono ridotte (es: un triangolo spesso 3mm rischia di staccarsi dagli spigoli)

Consiste nel realizzare uno strato di materiale che contorna il perimetro di base dell'oggetto, consentendone una migliore aderenza e l'impossibilità di ritrarsi durante il raffreddamento

È possibile scegliere quanti perimetri stampare.

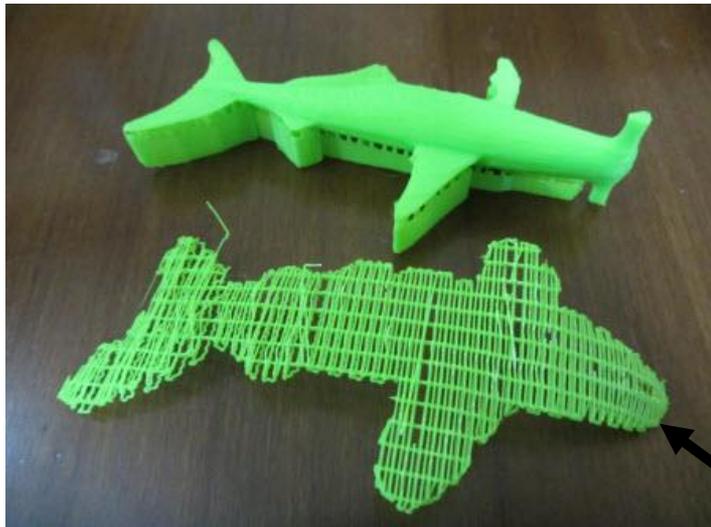
Terminata la stampa tale materiale in eccesso si elimina facilmente dato che è costituito da un solo strato.



# Parte 3

## Raft

Si deve utilizzare quando la base d'appoggio del pezzo da stampare non è piana o è molto piccola col rischio concreto che il pezzo si distacchi dal piano di stampa durante la stampa stessa. Consiste nel creare un «cuscino» di materiale costituito da alcuni strati depositati **sotto** l'oggetto



Raft

È possibile scegliere lo spessore dello strato e l'estensione al di fuori del perimetro di base dell'oggetto (sostituisce il brim)

Terminata la stampa tale materiale in eccesso si elimina facilmente dato che è costituito da pochi strati ed è poco aderente meccanicamente all'oggetto stesso.

# Parte 3

## Supporto

In alcuni casi l'oggetto da realizzare presenta delle zone sotto le quali non vi è nulla , in quanto sporgono dal corpo principale dell'oggetto o formano «ponti».

Le soluzioni possibili sono:

a)Tagliare l'oggetto in modo che le sporgenze ed i ponti scompaiano : i pezzi saranno incollati dopo la stampa

b)Aggiungere degli elementi di supporto

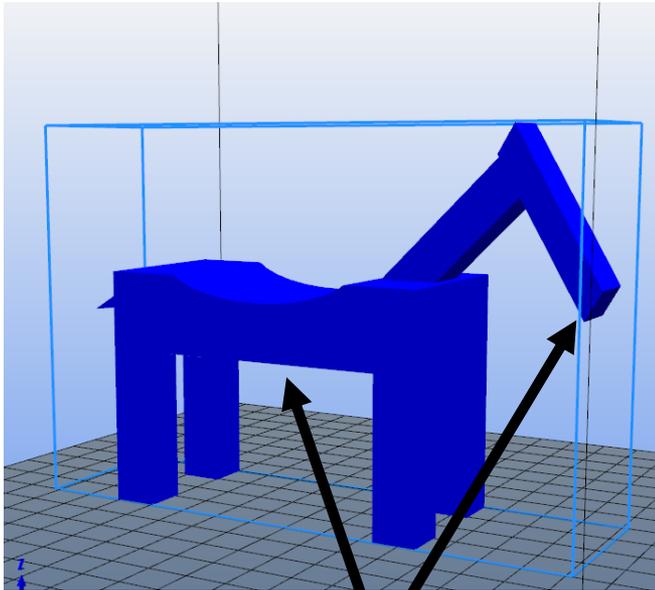
La prima soluzione richiede un attento studio dell'oggetto, ma non sempre è attuabile perché l'assemblaggio potrebbe rendere l'oggetto esteticamente poco gradevole o poco robusto.

La seconda soluzione costringe ad utilizzare del materiale di scarto con allungamento notevole del tempo di stampa, inoltre le zone d'appoggio sono di qualità visiva più scadente in quanto la rugosità è maggiore

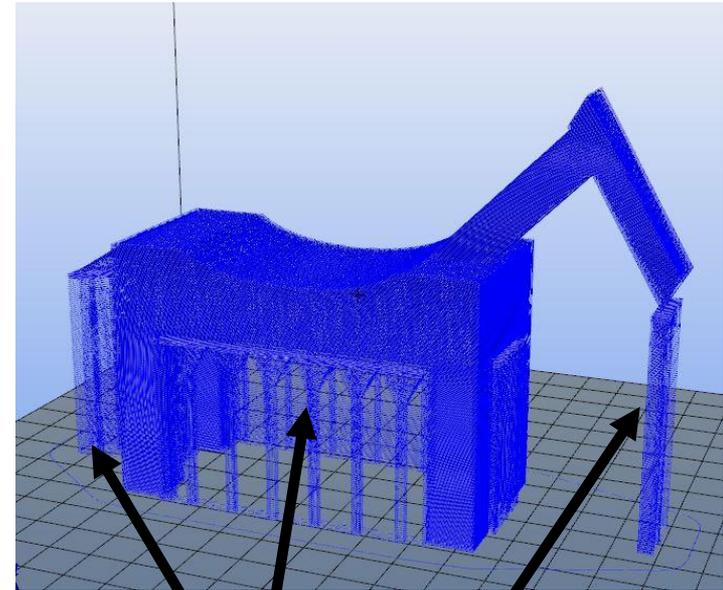
Nelle impostazioni di stampa è possibile definire la consistenza del supporto

# Parte 3

## Supporto



Zone che necessitano di supporto



supporti