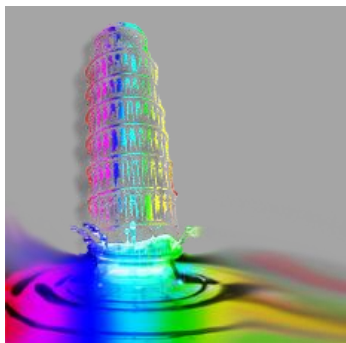




Centro E. Piaggio
bioengineering and robotics research center

Stampa 3D e biofabbricazione in ambito biomedicale



Irene Chiesa
Università di Pisa
Centro di ricerca “Enrico Piaggio”

irene.chiesa@phd.unipi.it

+ Outline

- Introduzione alla stampa 3D
- Pipeline di stampa: Definizione del modello 3D
- Modelli 3D da immagini biomedicali
- Introduzione al CAD
- Descrizione delle varie tecniche di fabbricazione
- Stampa 4D

- Slicing con cura
- Introduzione **all'ingegneria dei tessuti**

- Definizione di **biofabbricazione, bioassembly e bioprinting**
- Stampa di **materiale vivente**
- Focus sulla **stampa 3D ad estrusione**
- **Nuovi trend** nel bioprinting (in situ, scaffold funzionalmente graduati e 4D bioprinting)
- Introduzione ai bioreattori
- Clinical translation dei costrutti biostampati
- Esempi significativi in letteratura



+ Pipeline di stampa



1. Definizione dell'oggetto tridimensione che si vuole stampare
2. Tassellazione
3. Slicing del modello
4. Fabbricazione fisica del modello (fase di stampa)
5. Pulitura e post processing
6. Finitura superficiale

+ Pipeline di stampa

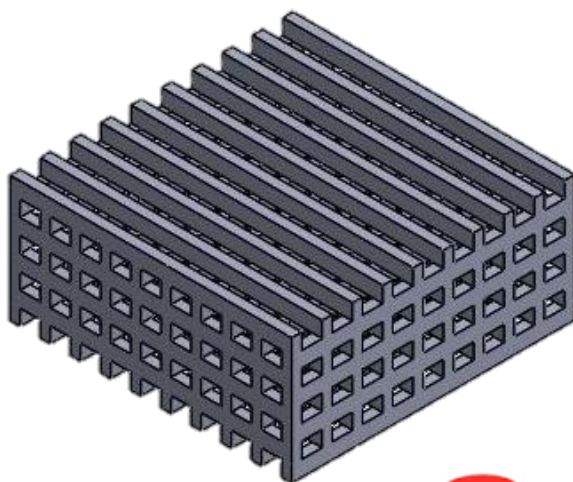


1. Definizione dell'oggetto tridimensione che si vuole stampare
2. Tassellazione
3. Slicing del modello
4. Fabbricazione fisica del modello (fase di stampa)
5. Pulitura e post processing
6. Finitura superficiale

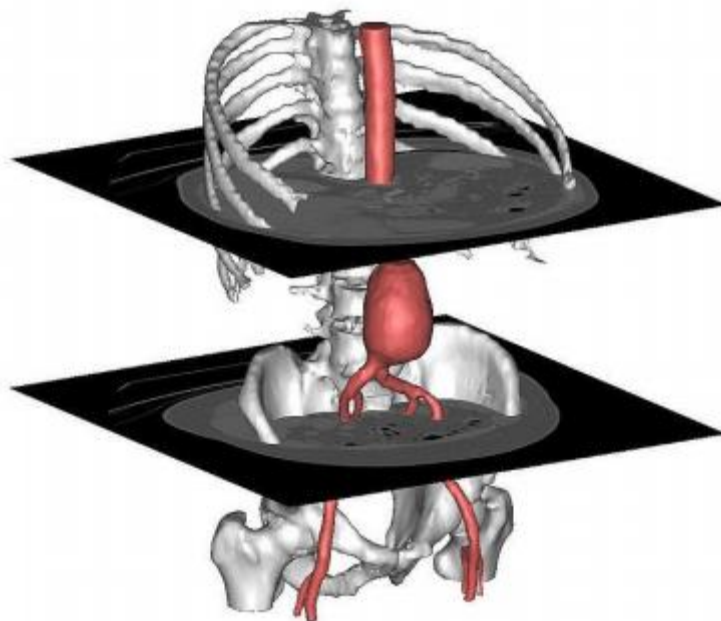
+ Pipeline di stampa

1. Definizione del modello 3D digitale dell'oggetto desiderato

Il modello può essere ottenuto attraverso **software di disegno CAD**



Il modello può essere ottenuto da **un set di immagini** (CT, risonanze magnetiche, ...)



Il modello può essere direttamente **scaricato da internet**

 AUTODESK®
FUSION 360™

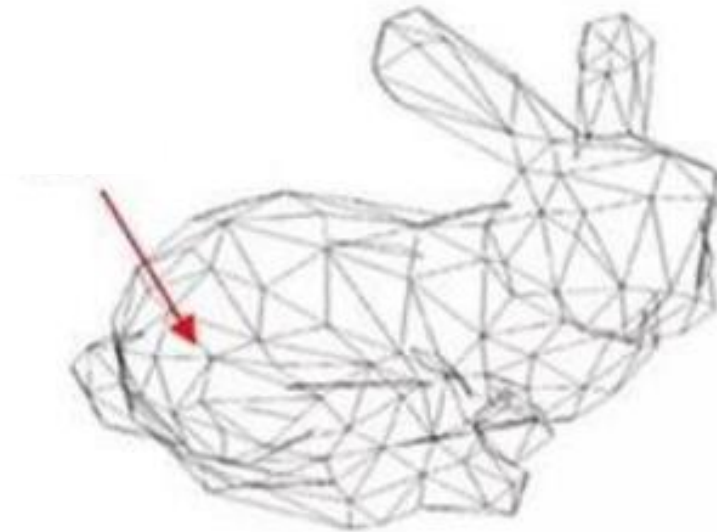
 SolidWorks

 MAKERBOT
THINGIVERSE

+ Pipeline di stampa

2. Tassellazione

- Il file 3D CAD viene trasformato in un **file .stl**.
- Nel file .stl l'oggetto 3D viene descritto dalla sua **superficie esterna** che viene rappresentata da un **insieme di triangoli e vertici** (mesh)



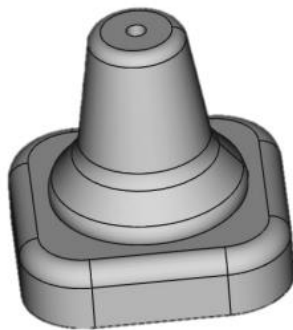
+ Pipeline di stampa



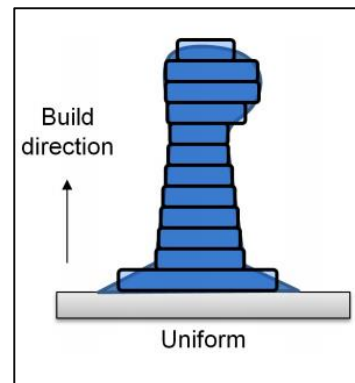
cura.

3. Slicing del modello

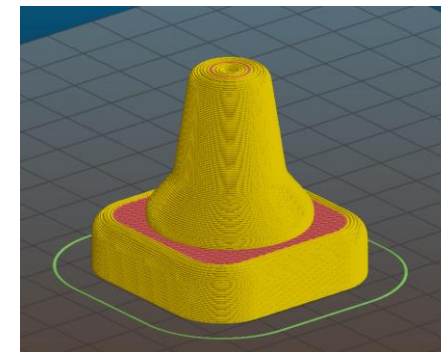
- Il modello 3D in formato .stl viene importato in un **software di slicing**.
- Qui vengono definiti dall'utente i **parametri di stampa** e in base a questi il software esegue lo slicing del modello.
- Lo slicing è un processo di “**affettamento**” dell'**oggetto 3D** in cui ogni fetta rappresenta una cross section dell'oggetto e un singolo strato di stampa.
- Il software di slicing **in uscita** fornisce un **file .gcode** con una serie di **istruzioni** comprensibile dalla stampante che permettono di fabbricare l'oggetto di interesse.



Modello CAD



Processo di slicing

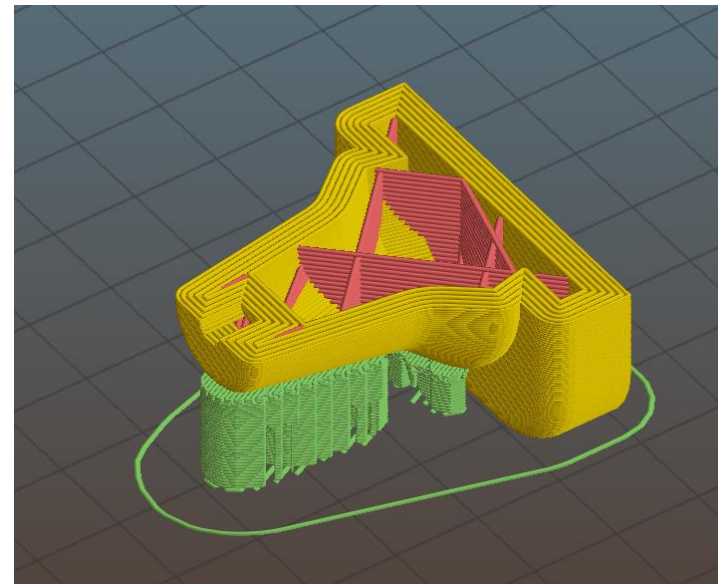
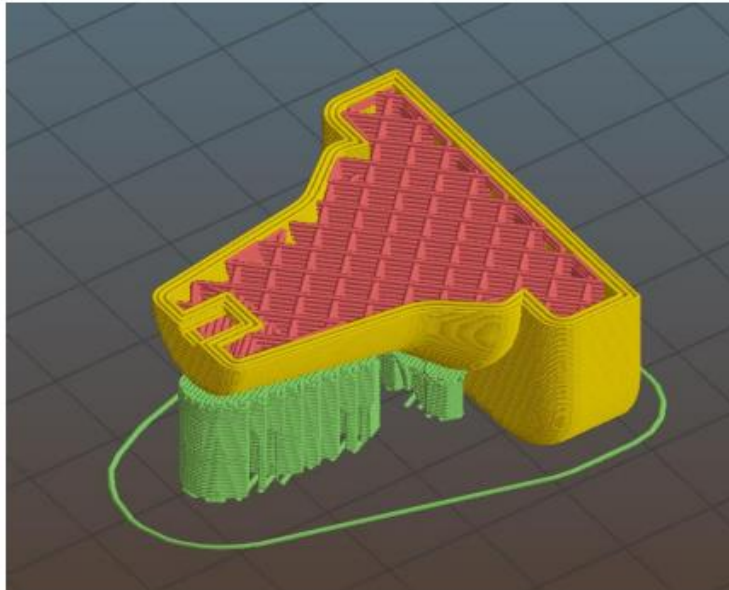


Anteprima di stampa

+ Pipeline di stampa

3. Slicing del modello - parametri di stampa:

- Dimensione dell'ugello
- Altezza dello strato
- Flusso
- Velocità di movimentazione
- Infill
- Numero di strati di top e bottom
- Numero di perimetri
- Temperatura dell'ugello



+ Pipeline di stampa

3. Slicing del modello

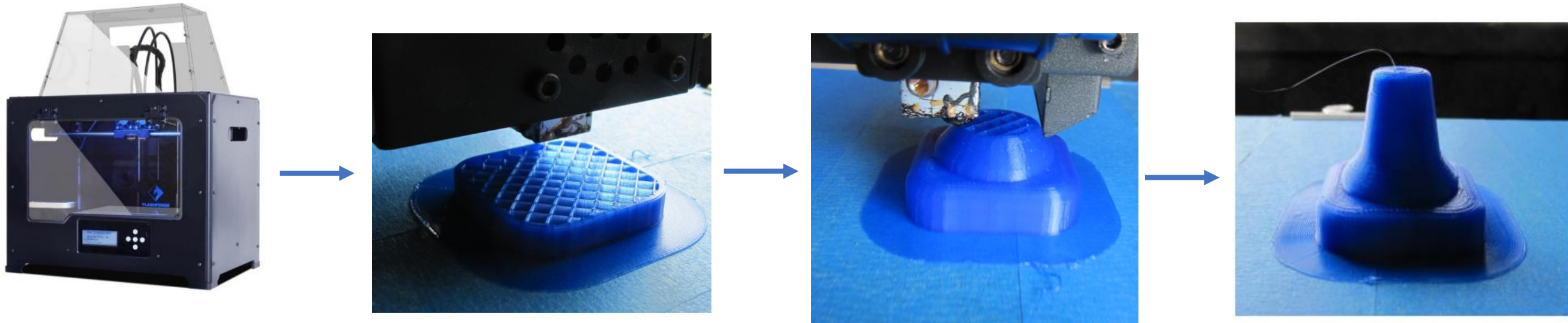
- Il programma di slicing fornisce in uscita il codice macchina in formato gcode.
- Tale codice contiene le istruzioni che vengono eseguite dalla stampante in maniera seriale per ottenere l'oggetto desiderato.

```
;Layer count: 179
;LAYER:0
M107
G0 F3600 X87.90 Y78.23 Z0.30
;TYPE:SKIRT
G1 F2400 E0.00000
G1 F1200 X88.75 Y77.39 E0.02183
G1 X89.28 Y77.04 E0.03342
G1 X90.12 Y76.69 E0.05004
G1 X90.43 Y76.63 E0.05591
G1 X91.06 Y76.37 E0.06834
...
```

+ Pipeline di stampa



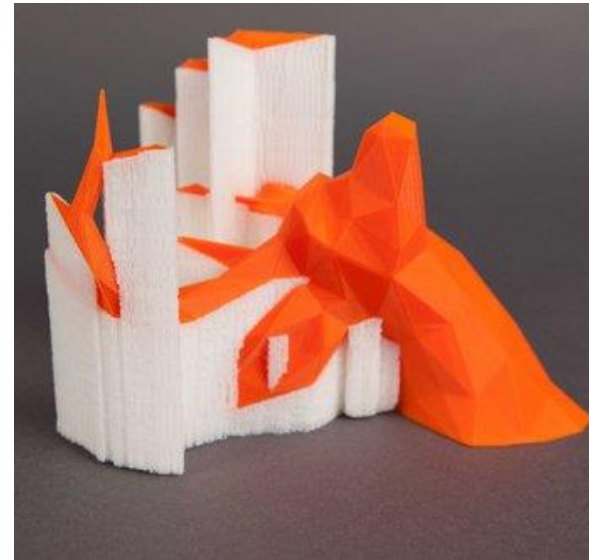
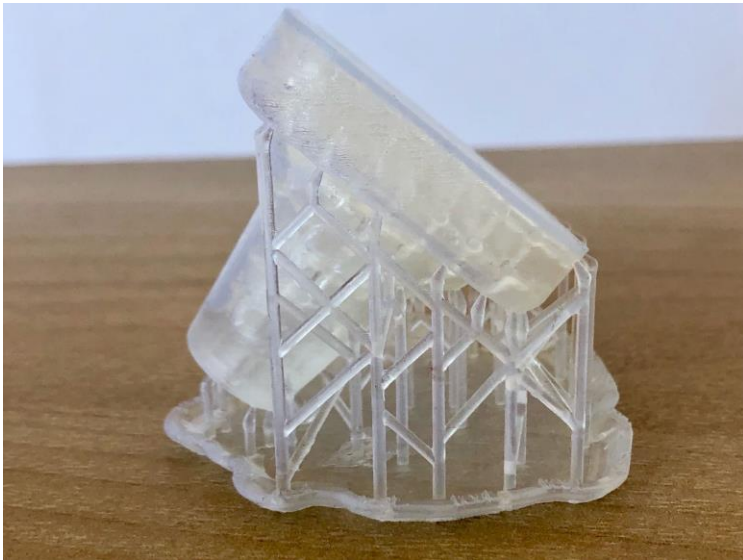
4. Fabbricazione fisica dell'oggetto



+ Pipeline di stampa

5. Pulitura e post processing

- Rimozione dei supporti (fisica o chimica)
- Post curing (es: stereolitografia o binder jetting)



+ Pipeline di stampa

6. Finitura superficiale

Data la **fabbricazione strato per strato** e la **discretizzazione dell'oggetto** che si vuole fabbricare lungo l'asse z si produce un **effetto a gradino**. Ciò comporta un aspetto finale non liscio → può essere necessaria una finitura superficiale successive alla stampa



0.35 mm Layer Height



0.35 mm Layer Height with
Vapor Bath Treatment

+ Pipeline di stampa

1. Definizione dell'oggetto tridimensione che si vuole stampare
2. Tassellazione
- 3. Slicing del modello**
4. Fabbricazione fisica del modello (fase di stampa)
5. Pulitura e post processing
6. Finitura superficiale



+ Slicing con il software CURA



cura.

+ Slicing con il software CURA



- All
- Images
- Videos
- News
- Books
- More
- Settings
- Tools

About 140,000,000 results (0.44 seconds)

ultimaker.com › software › ultimaker-cura ▼

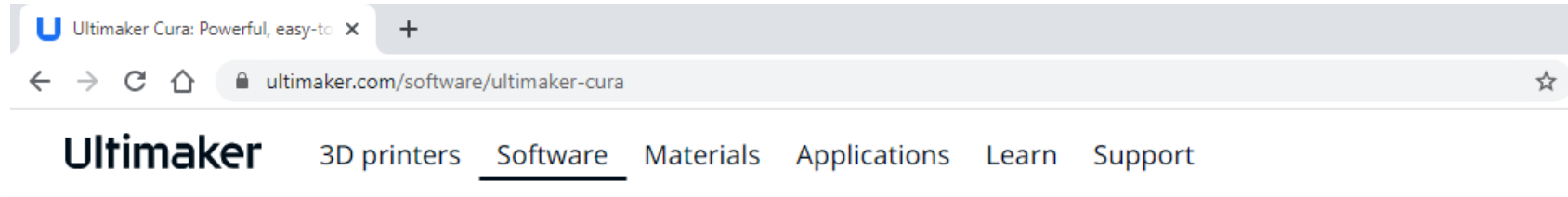
→ Powerful, easy-to-use 3D printing software - Ultimaker Cura

Prepare prints with a few clicks, integrate with CAD software for an easier workflow, or dive into custom settings for in-depth control. Ultimaker **Cura** 4.5. **Download** ...

[Introducing Ultimaker Cura 4.5](#) · [Ultimaker firmware](#) · [Ultimaker Connect](#) · [Ultimaker](#)

+ Slicing con il software CURA

VERSIONE 4.5



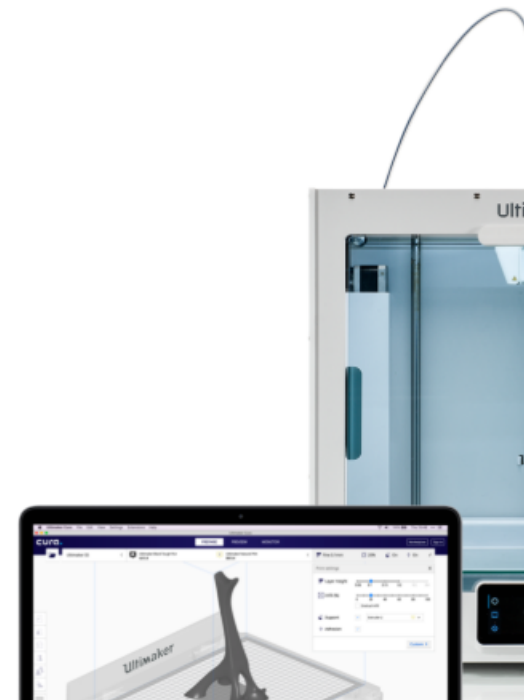
Ultimaker Cura

Trusted by millions of users, Ultimaker Cura is the world's most popular 3D printing software. Prepare prints with a few clicks, integrate with CAD software for an easier workflow, or dive into custom settings for in-depth control.

 Ultimaker Cura 4.5



[Download for free](#)



Slicing con il software CURA

Choose your operating system

You're almost ready to start 3D printing with Ultimaker Cura. Just let us know which operating system you are using.



Ultimaker Cura
4.5
Windows, 64 bit



Ultimaker Cura
4.5
MacOS, 64 bit




Ultimaker Cura
4.5
Linux, 64 bit

[Download now](#)


Slicing con il software CURA

Choose your operating system

You're almost ready to start 3D printing with Ultimaker Cura. Just let us know which operating system you are using.



Ultimaker Cura
4.5
Windows, 64 bit



Ultimaker Cura
4.5
MacOS, 64 bit

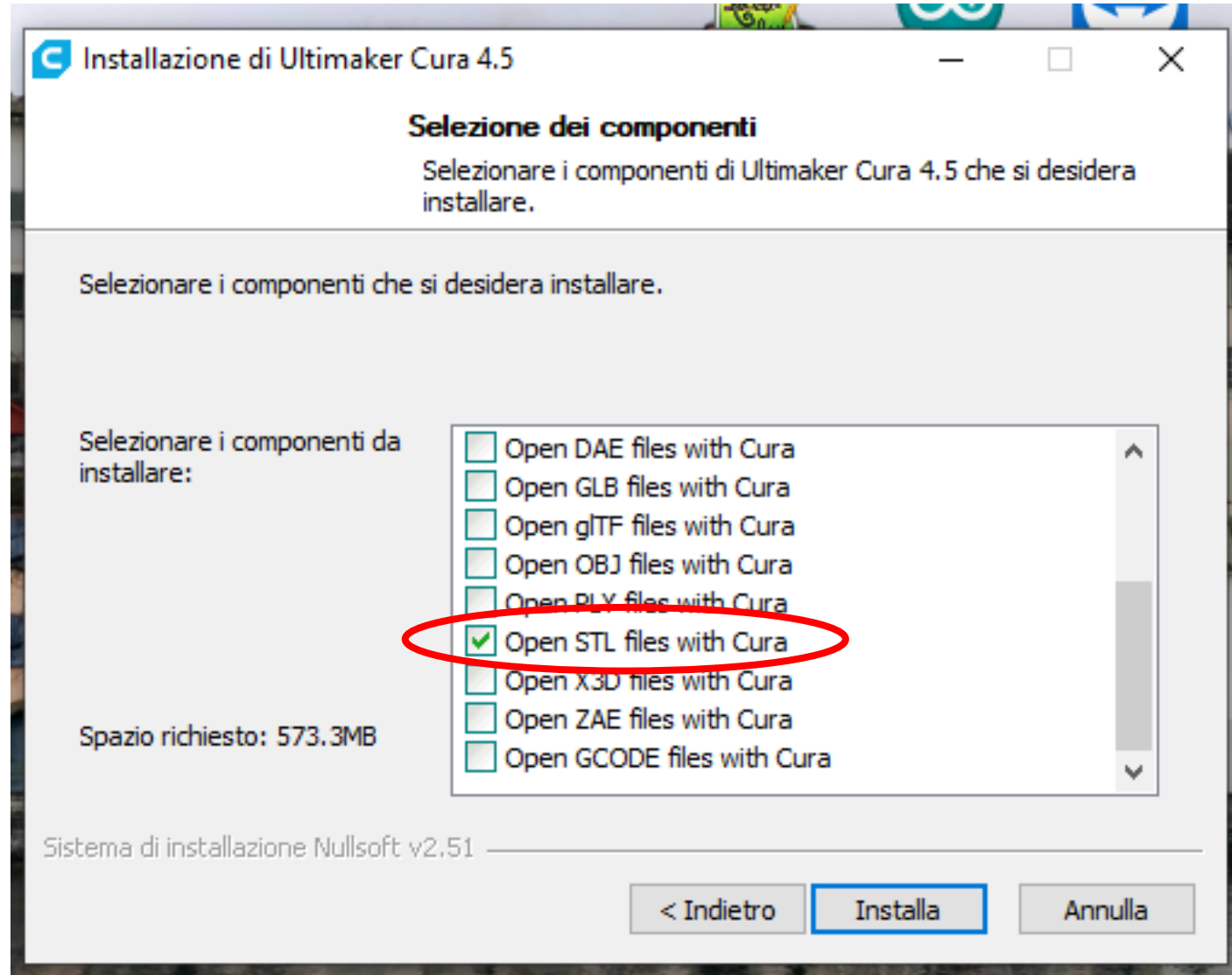


Ultimaker Cura
4.5
Linux, 64 bit

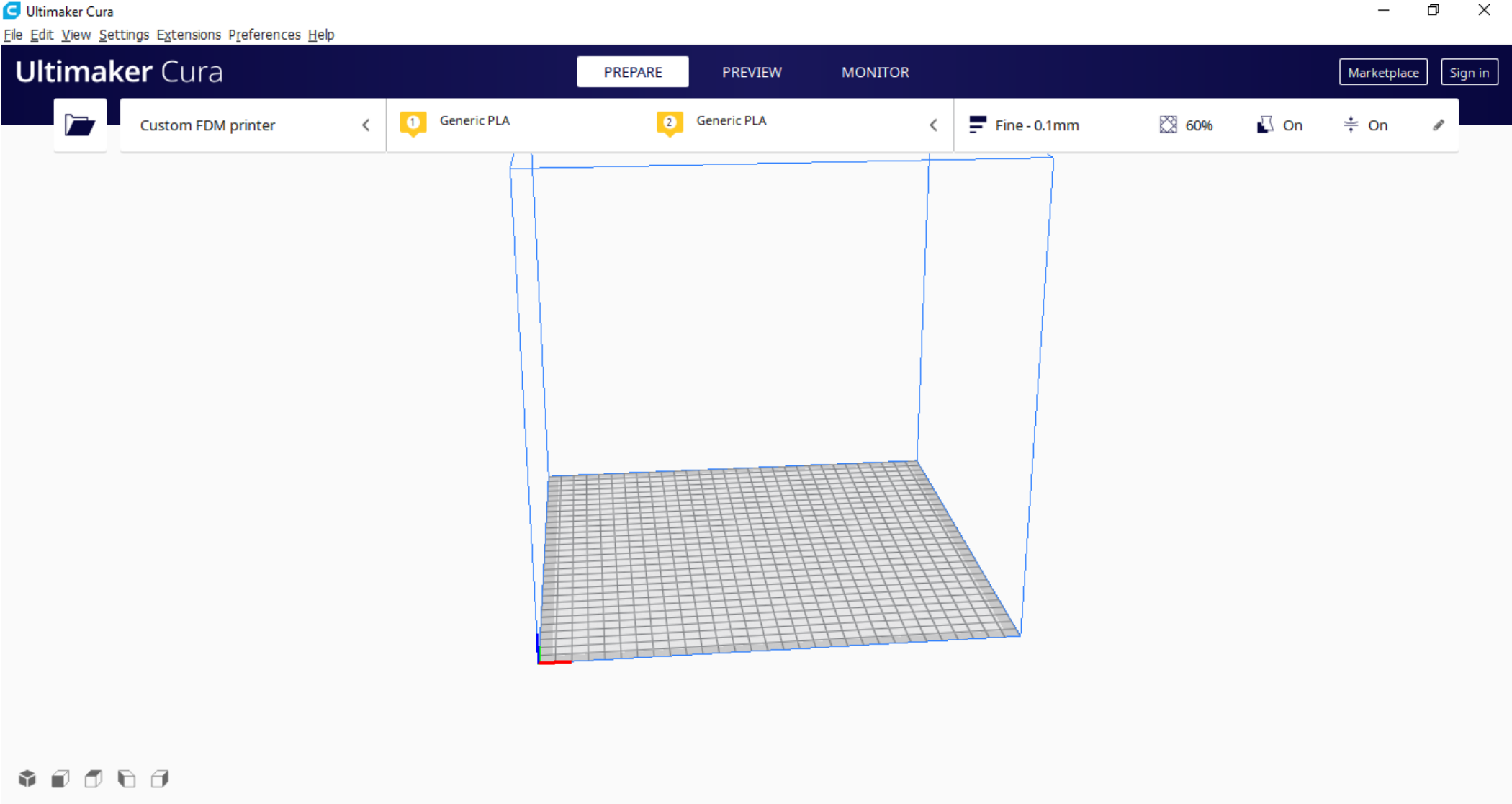


[Download now](#)

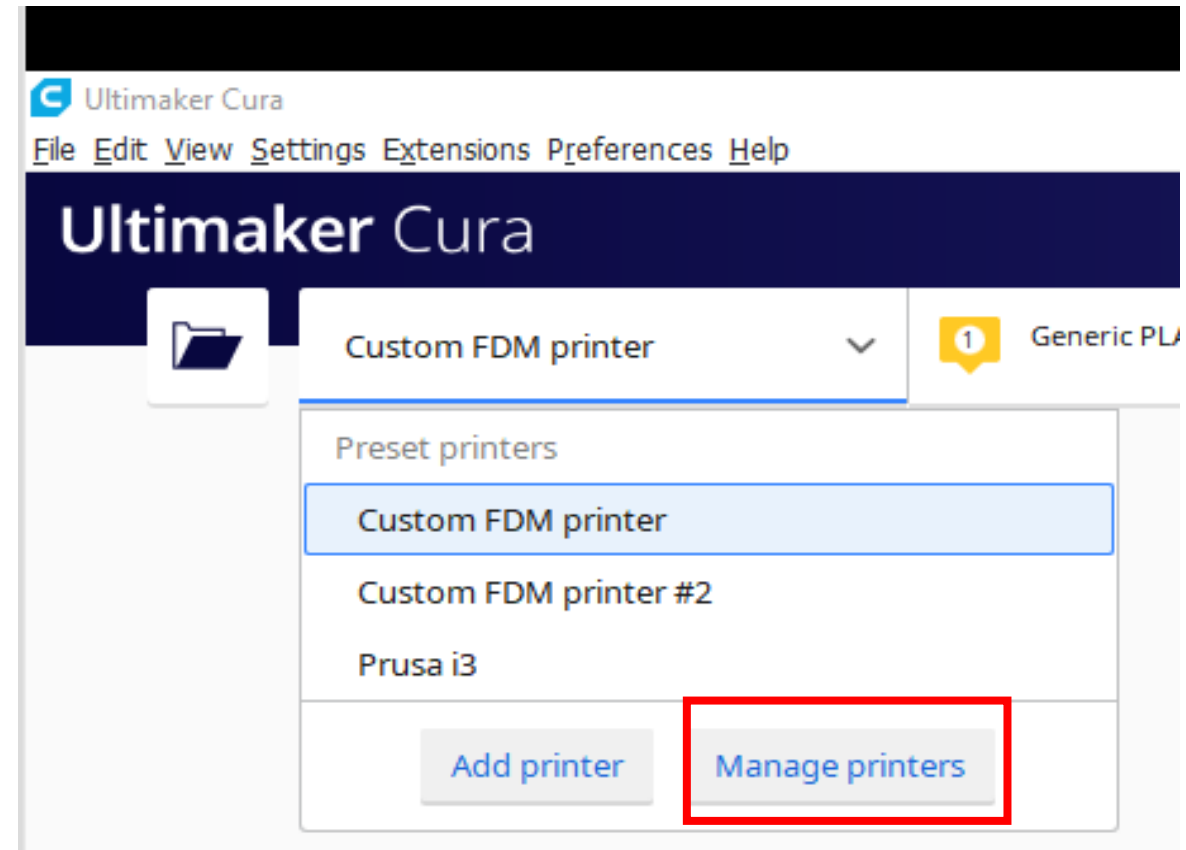
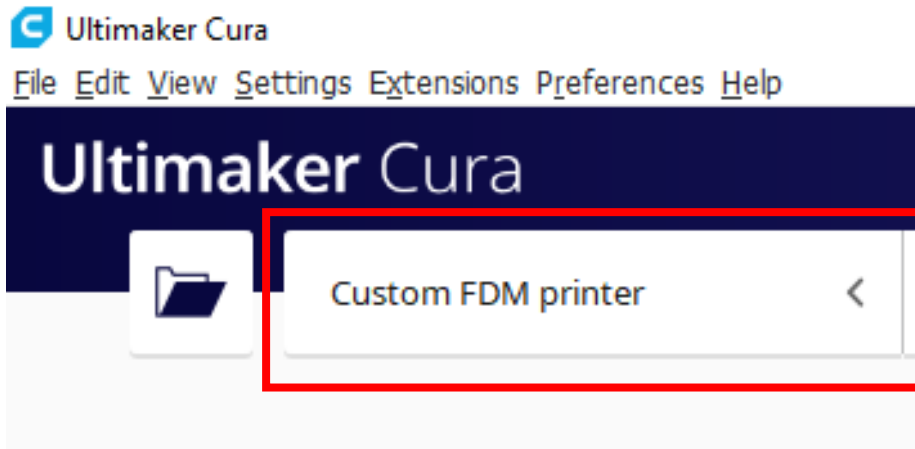
+ Slicing con il software CURA



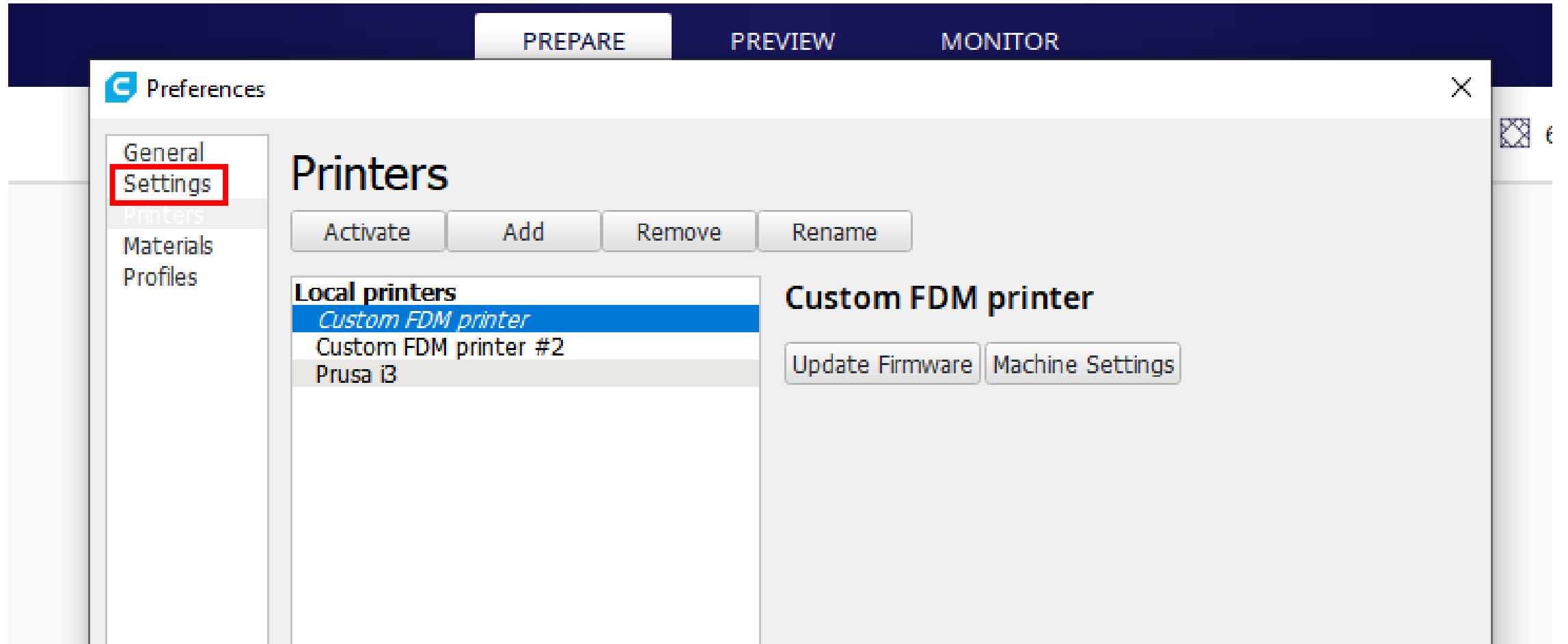
+ Slicing con il software CURA



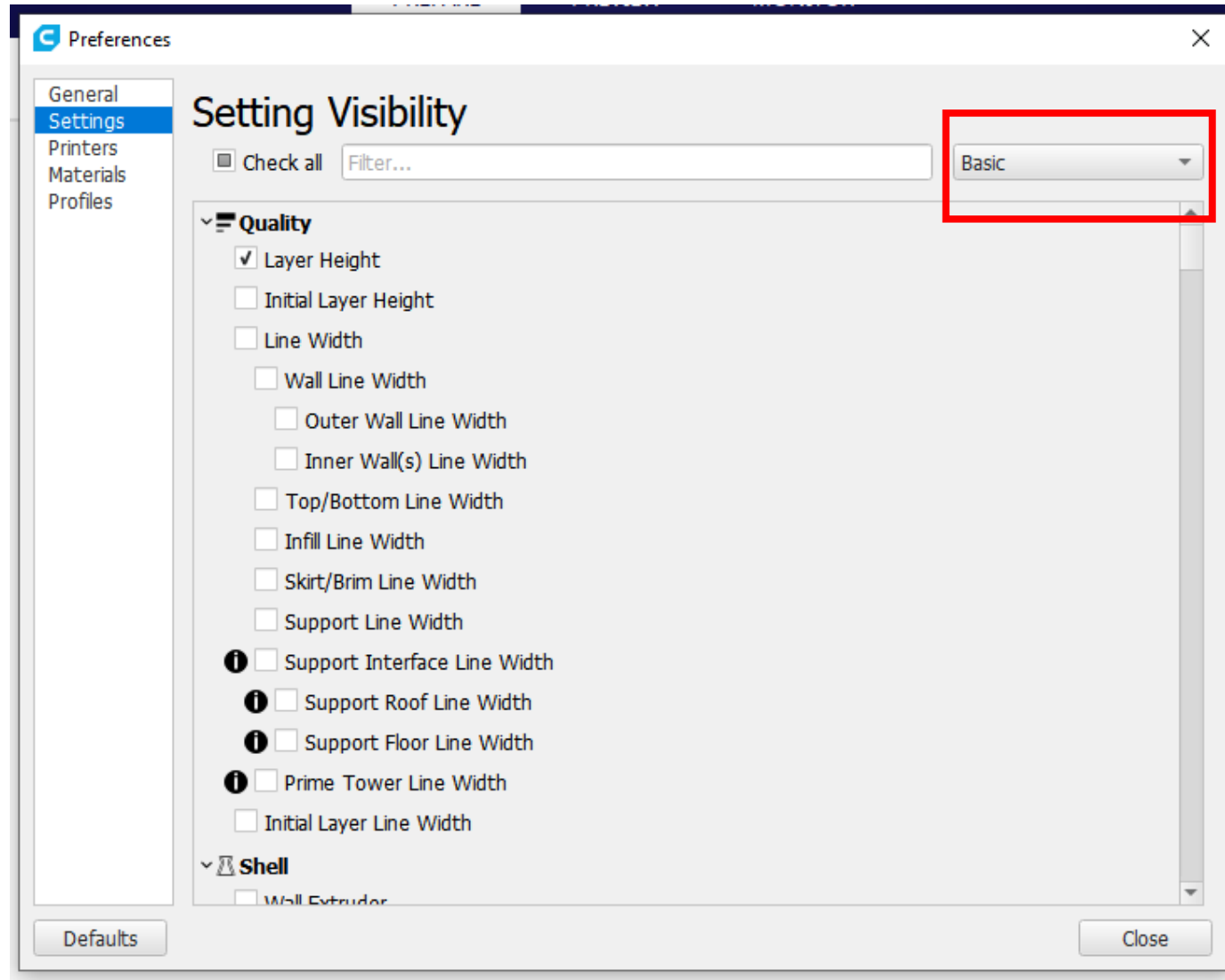
+ Slicing con CURA: impostare i parametri su modalità esperto



+ Slicing con CURA: impostare i parametri su modalità esperto

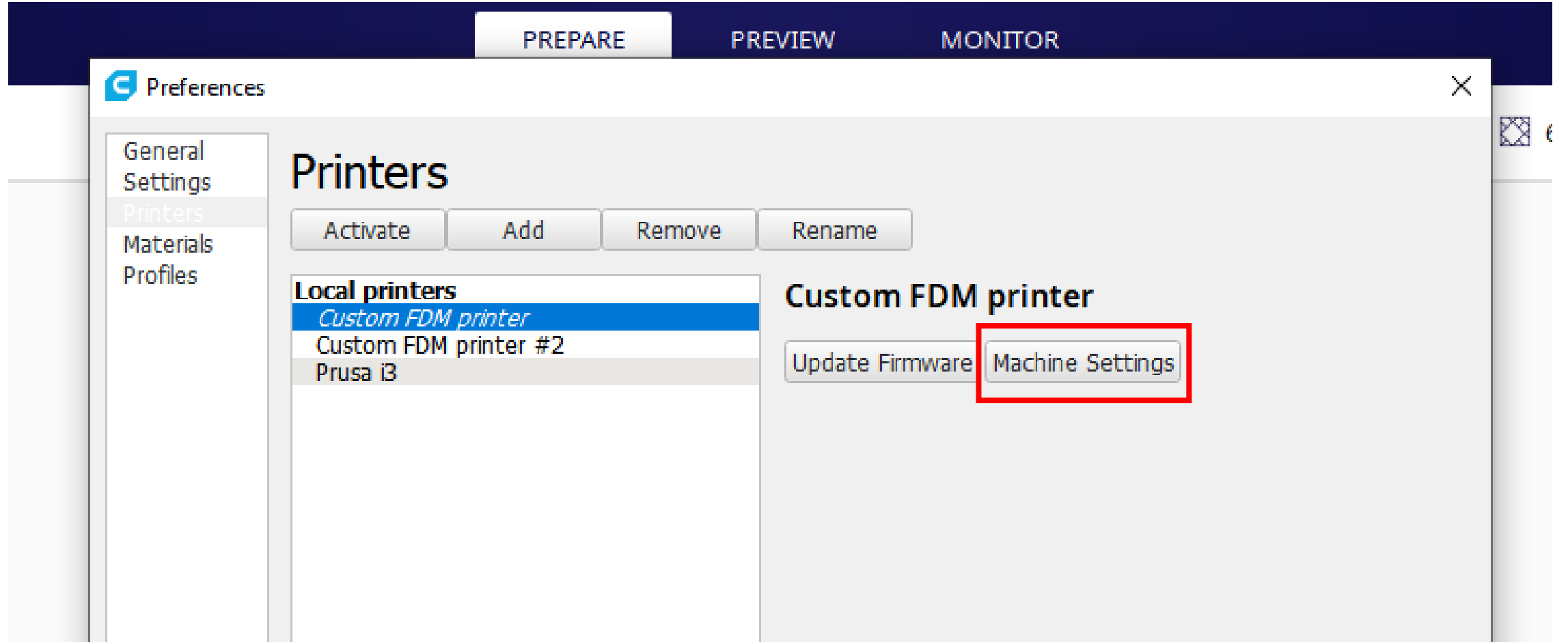


+ Slicing con CURA: impostare i parametri su modalità esperto

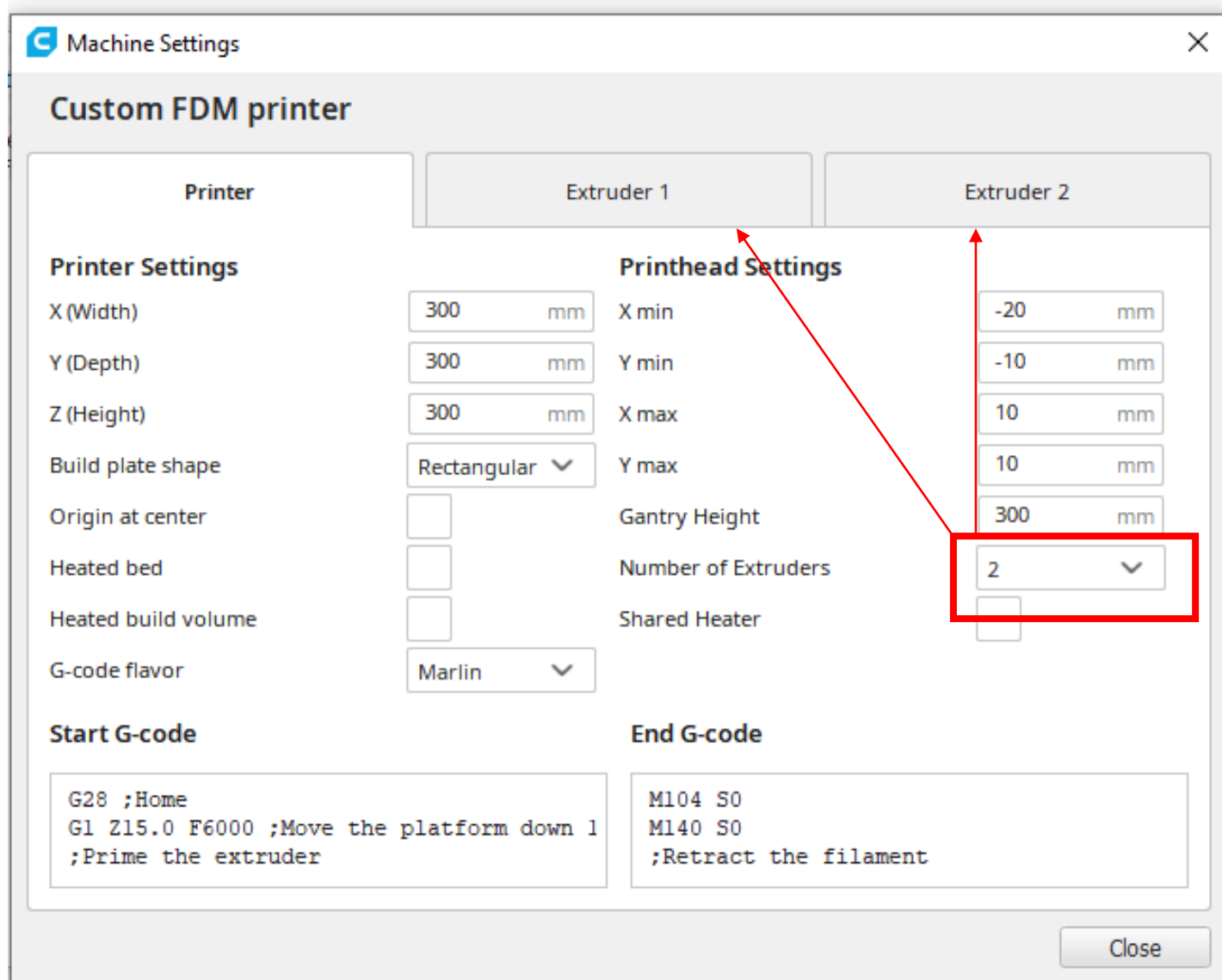


→ **Expert**

+Slicing con CURA: impostare le caratteristiche della stampante



+Slicing con CURA: impostare le caratteristiche della stampante



+Slicing con CURA: caricare un file



Ultimaker Cura

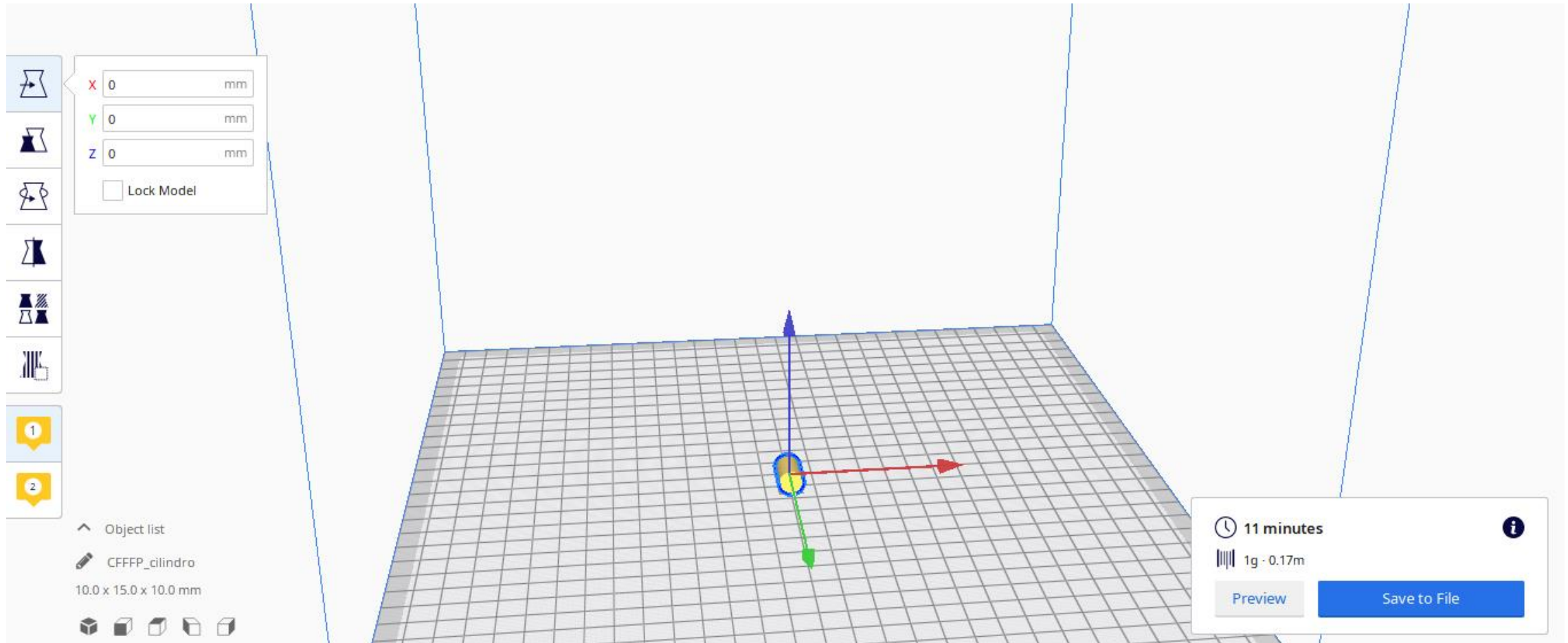
File Edit View Settings Extensions Pre

Ultimaker Cura



Custom FDM pri

+Slicing con CURA: caricare un file



+Slicing con CURA: settare i parametri di stampa

The screenshot shows the Cura software interface. At the top, there are tabs for 'PREPARE', 'PREVIEW', and 'MONITOR'. A red box highlights the top navigation bar, which includes the profile name 'Fine - 0.1mm', a 20% zoom level, and several icons. Below this, the 'Print settings' dialog box is open, showing the 'Quality' section expanded. The 'Quality' section contains the following settings:

Setting	Value	Unit
Layer Height	0.1	mm
Initial Layer Height	0.3	mm
Line Width	0.4	mm
Wall Line Width	0.4	mm
Outer Wall Line Width	0.4	mm
Inner Wall(s) Line Width	0.4	mm
Top/Bottom Line Width	0.4	mm
Infill Line Width	0.4	mm
Skirt/Brim Line Width	0.4	mm

At the bottom of the dialog, there are buttons for 'Recommended', 'Preview', and 'Save to File'. The background shows a 3D model of a cylinder on a grid.

+Slicing con CURA: settare i parametri di stampa

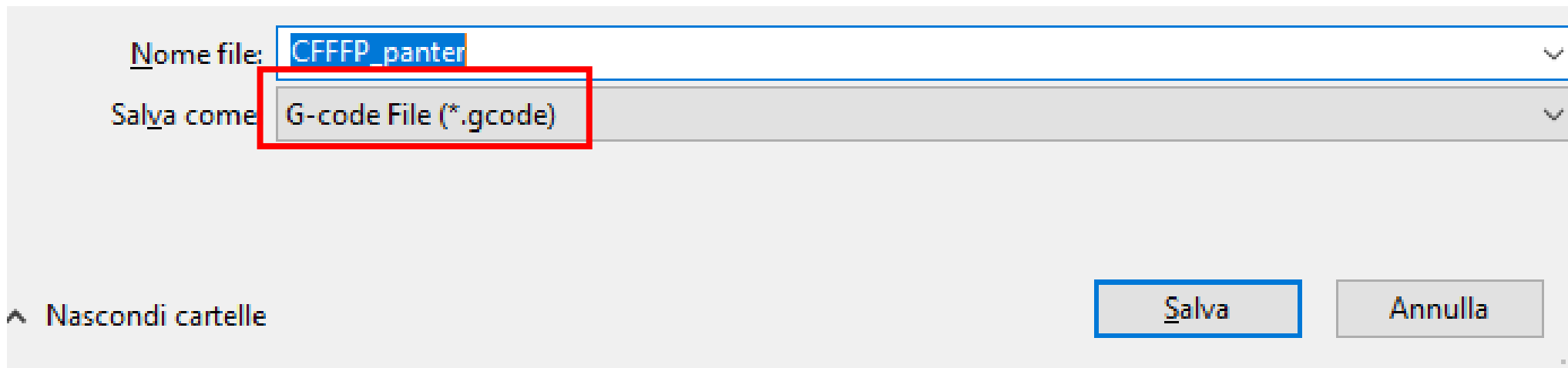
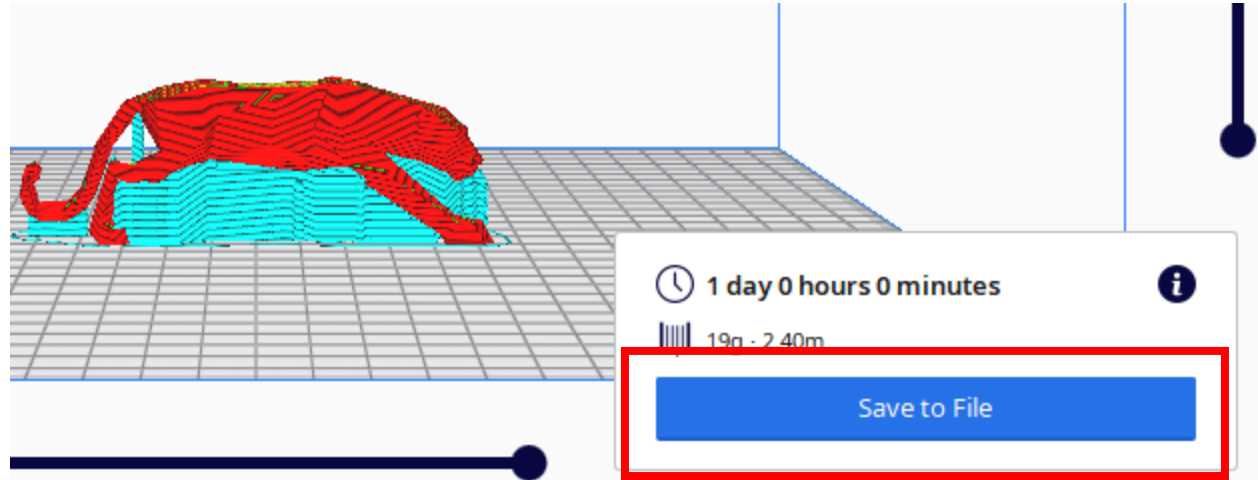


- **Altezza dello strato** (*layer height*): aumentando l'altezza dello strato si diminuisce il numero di strati e il tempo di stampa
- **Dimensione della linea** (*line width*): generalmente uguale al diametro interno dell'ago
- **Dimensione del perimetro** (*wall thickness & wall line count*): indica il numero di linee che compongono il perimetro dell'oggetto in ogni strato
- **Dimensione dello strato di top e bottom** (*top/bottom thickness & top/bottom layers*): il numero di strati utilizzati come base e copertura dell'oggetto. Questi strati sono caratterizzati da una infill al 100%
- **Riempimento** (*infill density & infill pattern*): densità e tipologia del riempimento della parte interna dell'oggetto

+Slicing con CURA: settare i parametri di stampa

- **Temperatura di stampa** (*printing temperature*): temperatura dell'ugello di stampa
- **Flusso** (*flow*): quantità di materiale che viene estrusa al minuto
- **Velocità di stampa** (*print speed*): velocità di movimentazione della testina
- **Retroazione** (*retraction*): abilitandola il materiale viene richiamato indietro quando la testina esegue i movimenti in cui non deposita materiale
- **Generazione supporti** (*generate support*)
- **Sistemi di adesione al piatto di stampa** (*build plate adhesion*)
 - Raft
 - Skirt
 - Brim

+ Slicing con CURA: esportare il gcode





Centro E. Piaggio
bioengineering and robotics research center

Thanks for your attention!

Questions?

Irene Chiesa

irene.chiesa@phd.unipi.it

**Biofabrication group
University of Pisa**

- Prof. Giovanni Vozi, Ph.D
- Carmelo De Maria, Ph.D
- Aurora De Acutis, Ph.D
- Gabriele Maria Fortunato, M.Sc
- Amedeo Franco Bonati, M.Sc
- Simone Micalizzi, M.Sc
- Francesca Montemurro, Ph.D
- Anna Lapomarda, M.Sc
- Francesco Biagini, M.Sc
- Irene Chiesa, M.Sc



@BioFabUNIPi



www.centropiaggio.unipi.it/research/biofabrication.html

