



# **Trainers for Visually Impaired Students Introduce 3D Printing**

## ***Selvstudium Modul 3*** **Introduktion til FDM 3D Slicer Software**

Selvstudium til T4VIS-In3D-trænerkurset

Udgivet af  
T4VIS-In3D-projektkonsortium



Projektet "T4VIS-In3D" blev medfinansieret af "ERASMUS+"  
Europa-Kommissionens arbejdsprogram

*Europa-Kommissionens støtte til produktionen af denne publikation udgør ikke en godkendelse af indholdet, som kun afspejler forfatternes egne synspunkter, og Kommissionen kan ikke holdes ansvarlig for den brug, der måtte blive gjort af de deri indeholdte oplysninger.*

Dette selvstudium udgives af T4VIS-IN3D-projektkonsortiet.

## Licenser

Trainers for Visually Impaired Students Introduce 3D Printing er licenseret under [Attribution-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-SA 4.0\)](#)



## Printet:

*Juni 2021 af Berufsförderungswerk Düren gGmbH*

## T4VIS-In3D-projektkonsortiet:

**Berufsförderungswerk Düren gGmbH** (Project co-ordination)

Karl-Arnold-Str. 132-134, D52349 Düren, Germany, <http://www.bfw-dueren.de>

**Fundacion Aspaym Castilla Y Leon**

C/ Severo Ochoa 33, Las Piedras 000, 47130, Simancas Valladolid, Spain, <https://www.aspaymcyll.org/>

**Hilfsgemeinschaft der Blinden und Sehschwachen Österreichs**

Jägerstrasse 36, 1200 Wien, Austria, <https://www.hilfsgemeinschaft.at/>

**Instituttet for Blinde og Svagsynede, IBOS**

Rymarksvej 1, 2900 Hellerup, Denmark, <https://www.ibos.dk>

**Istituto Regionale Rittmeyer per i ciechi di Trieste**

Viale Miramare 119, 34136 Trieste, Italy, <http://www.istitutorittmeyer.it/>

**NRCB**

24 Landos Str., Plovdiv, 4006, P. Box 11, Bulgaria, <http://www.rehcenter.org>

## Indhold

Indhold.....	3
1 Generelt.....	4
1.1 Forskelle mellem FDM-slicers .....	5
1.2 Fælles træk ved FDM slicere.....	7
2 Drift af en FDM slicer ved hjælp af fx Cura.....	8
2.1 Indlæse objekter og rette placering .....	9
2.1.1 Funktionen Flyt .....	10
2.1.2 Funktionen Skaler .....	10
2.1.3 Funktionen Roter .....	11
2.1.4 Funktionen Spejling .....	11
2.1.5 Placering af overdimensionerede komponenter.....	12
2.1.6 Menuen Kontekst.....	12
2.2 Slicing af en komponent .....	14
2.3 Evaluering af slicing-processen.....	17
3 Liste over figurer.....	19

# 1 Generelt

Slicer software henviser til alle programmer, der gør det muligt at konvertere objektfiler til maskinspecifikke instruktioner til printeren. Slicer software genererer således den nødvendige maskinkode til specifikke printere, som indeholder alle instruktioner til flytning af ekstruderen, trykpladen samt temperaturkontrollen. Disse oplysninger genereres lag for lag for modellen. I den lagdelte visning vises modellen i udsnit. Derfor navnet på denne software.

Normalt leveres hver 3D-printer med en slicer software, der allerede er optimalt justeret til den respektive enhed af producenten.

Ikke desto mindre er det nødvendigt at lære at bruge denne software for at opnå optimale udskrivningsresultater.

På grund af den store mængde af slicer software på markedet og deres korte opdateringscyklusser vil vi hovedsageligt fokusere på funktionerne i disse softwaretyper, der er særligt relevante for oprettelsen af taktile modeller.

Generelt er der både frit tilgængelig og proprietær slicer software. I tilfælde af frit tilgængelig slicer software skal der skelnes mellem open source sliders og frit handlede slicers, som tilbydes gratis af producenter af 3D-printere. Disse slicer software understøtter producentens maskiner optimalt, men kan også tilpasses 3D-printere fra andre producenter. Den mest populære repræsentant af denne type er "Cura" af det hollandske firma Ultimaker. Dette er grunden til, at Cura vil blive præsenteret som et eksempel i det følgende.

Andet slicer software fra forskellige producenter omfatter f.eks.:

1. Prusa Slicer <https://github.com/prusa3d/Slic3r/releases>
2. IdeaMaker <https://www.raise3d.com/ideamaker/>

Andre frit tilgængelige FDM-slicers er f.eks.:

1. Slic3r <http://slic3r.org/>
2. Craftware <https://craftunique.com/craftware/>
3. Repetier Host <https://www.repetier.com/download-now/>

Den mest populære proprietære FDM slicer er sandsynligvis:

Simplify3D <https://www.simplify3d.com/>

FDM slicers opretter en tekstbaseret fil baseret på den G-kode, der bruges til at styre CNC-maskiner. Denne fil indeholder alle kontrolkommandoer og er relateret til 3D-

printerens enhedsparametre. En fil, der er oprettet af slicer, kan således kun bruges til den samme type printer.

I følgende afsnit vises en indledende del af en G-kodefil. Bemærk, at teksten efter semikolonet er en kommentar, der forklarer den respektive kommando.

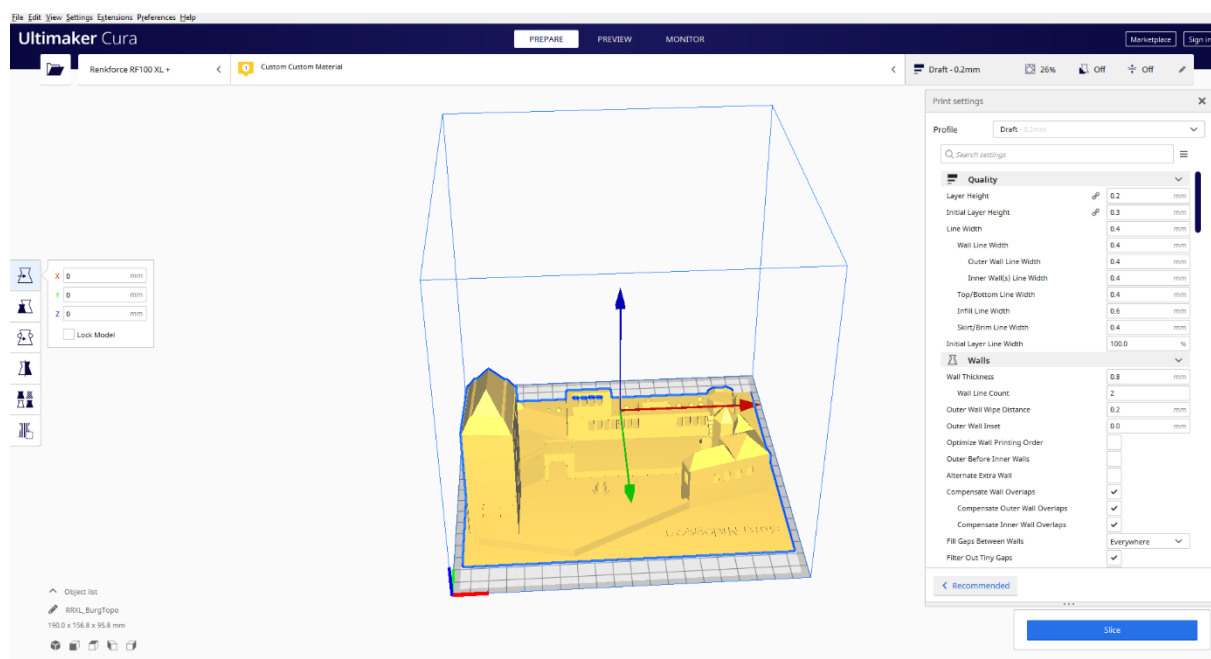
```
;Generated with Cura_SteamEngine  
4.9.1  
M104 S210  
M105  
M109 S210  
M82 ;absolute extrusion mode  
;Sliced at: Tue 15-06-2021 12:23:24  
G21 ;metric values  
G90 ;absolute positioning  
M82 ;set extruder to absolute mode  
M107 ;start with the fan off  
G1 Z5.0 F1800 ;move Z to 5mm  
G28 X0 Y0 F1800 ;move X/Y to min  
endstops  
G28 Z0 ;move Z to min endstop  
G92 E0 ;zero the extruded length
```

## 1.1 Forskelle mellem FDM-slicers

Alle slicere varierer i deres grafiske brugergrænseflade og deres håndtering. Nogle kræver også et højere niveau af brugerkendskab for at kunne bruge softwaren bedst og derved opnå optimale resultater.

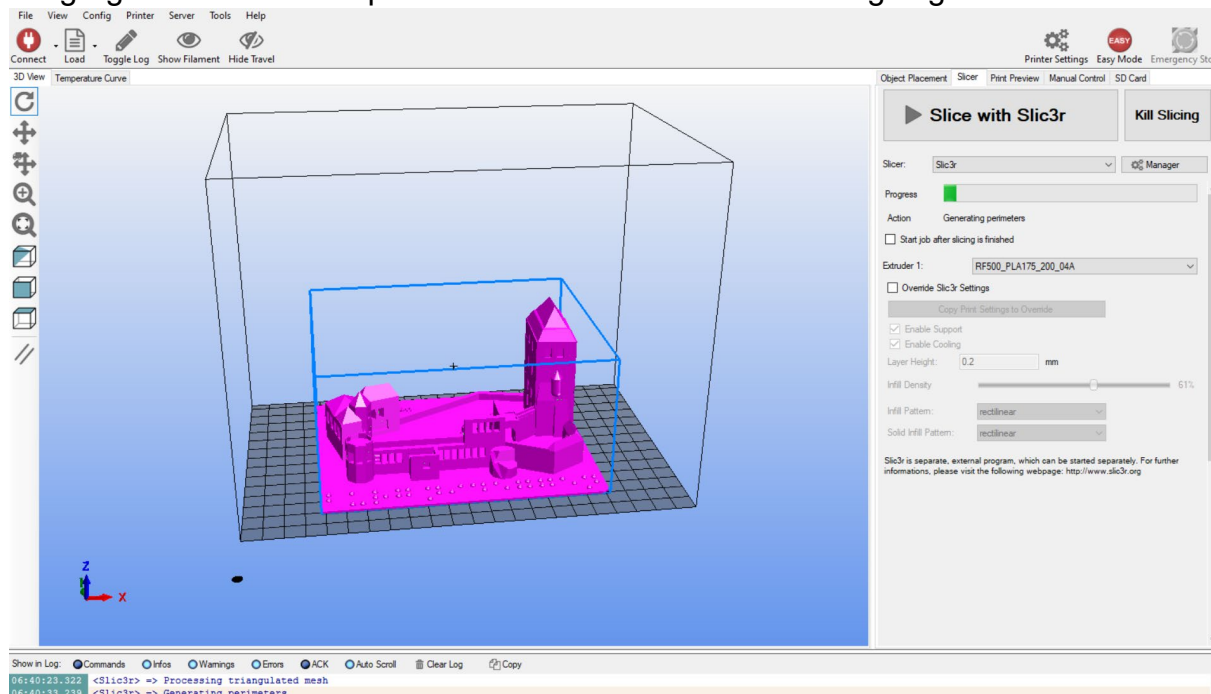
Slicere bruger ofte forskellige navne til identiske funktioner. Den afgørende faktor er imidlertid den algoritme, som oprettelsen af G-koden er baseret på. Den mest udbredte algoritme i øjeblikket er sandsynligvis Slic3r.

## Den grafiske brugerflade i Cura (version 4.9)



Figur 1 Ultimaker Cura

## Brugergrænsefladen i Repetier Host FDM Slicer til sammenligning.



Figur 2 Repetier Host

## 1.2 Fælles træk ved FDM slicere

Selvom de forskellige udsnitværktøjer har deres egen brugergrænseflade, har de normalt følgende funktioner til fælles:

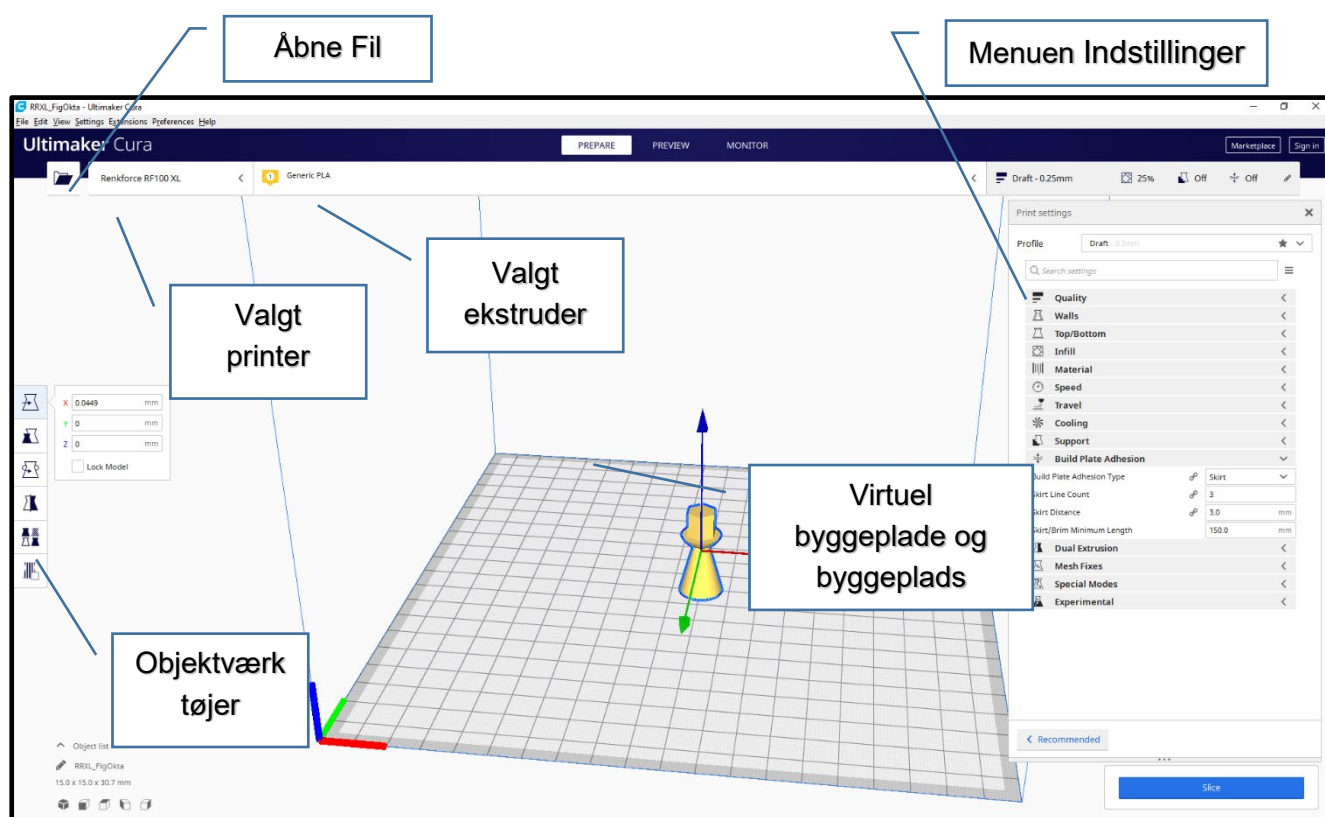
- 1 Bygning af konstruktionsrum for at se volumenmodellen og (efter slicing) lagmodellen.
- 2 Indstilling af tilstande til definition af parametre for:
  - Ekstruder og byggeplade temperatur
  - Materiale ekstrudering
  - Vægtykkelser
  - Påfyldning / indvendig tæthed (Infill)
  - Støttemateriale (Support)
  - Ekstruderingshastighed
  - Gennemstrømningshastighed af filamentet
  - Form og karakter af byggepladevedhæftning
- 3 Manipulationsindstillinger for modellen, f.eks.:
  - Flytning af modellen
  - Skalering af modellen
  - Rotere modellen
  - Duplikere modellen

Normalt arbejder kun erfarne brugere med G-koden. En oversigt over kommandoerne kan findes på: <https://duet3d.dozuki.com/Wiki/Gcode>

## 2 Drift af en FDM slicer ved hjælp af fx Cura

Da Cura er en meget brugt slicer, der leveres med 3D-printere fra mange producenter, vil vi forklare funktionerne i denne type software ved hjælp af Cura slicer som et eksempel.

Følgende billede viser den grafiske brugergrænseflade (GUI) for Ultimaker Cura FDM-sliceren og forskellige værktøjsområder til justering af printresultatet.




Figur 3 Brugergrænsefladen i Cura (version 4.9)

Visningen af bygningsområdet kan ændres ved at klikke på højre museknap og bruge rullehjulet.

Ved at flytte musemarkøren ind i konstruktionsrummets visningsområde og trykke på højre museknap kan bygningsområdet roteres. Ved at flyttemusen lodret kan konstruktionsrummet drejes opad eller nedad.







## 2.1 Indlæse objekter og rette placering

Filer i STL- og OBJ-format er velegnede til behandling med Cura for at producere 3D-modeller. Disse filer kan indlæses enten via mappesymbolet  på den øverste proceslinje eller i menuen Filer.

Cura placerer automatisk modellen i midten af konstruktionsrummet. Hvis der ikke vises en model i konstruktionsrummet efter filen er indlæst, kan dette skyldes forskellige målesystemer: Hvis der blev oprettet en model med britiske måleenheder, kan den ikke vises i Cura, da det metriske system (SI) anvendes her. Derfor er der en konflikt.

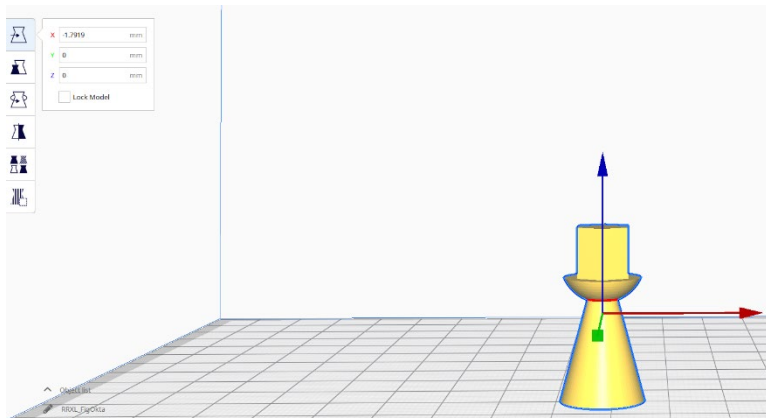
Ved at klikke på modellen med venstre museknap åbnes objektværktøjslinjen i venstre side af skærmen med følgende funktioner:

	Flyt objekt
	Skaler objekt
	Rotere objekt
	Spejl objekt
	Indstillinger for model
	Supportblokker

Desidste to muligheder er primært påkrævet af erfarne brugere.

### 2.1.1 Funktionen Flyt

Når du bruger funktionen "Flyt", åbnes et tekstinputfelt, og der vises tre pile langs akserne X (rød), Y (grøn) og Z (blå) på objektet.

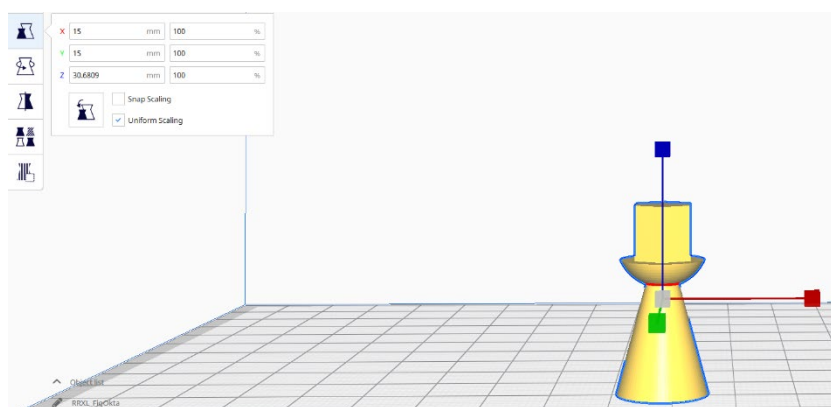


**Figur 4 Flytte funktion**

Denne funktion kan også udføres med genvejstasten "t". Flytning af objektet kan ske ved at indtaste værdierne i inputfeltet eller ved at flytte musen. For at gøre dette skal den relevante aksepil først klikkes med venstre museknap og derefter flyttes ved at flytte musen.

### 2.1.2 Funktionen Skaler

Funktionen "Skaler" gør det muligt at ændre størrelsen på modellen. Denne funktion kan også udføres via genvejstasten "s".



**Figur 5 Skaler funktionen**

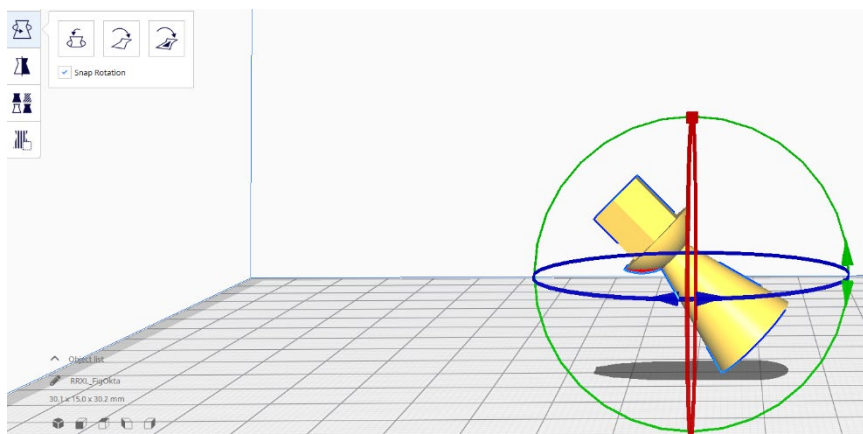
Igen er det muligt at ændre størrelsen ved hjælp af musen ved at flytte den relevante aksepil, mens du holder venstre museknap nede.

En mere præcis måde at skalere modellen på er at angive værdierne i inputfeltet. Dette kan gøres enten ved at angive procentværdien eller den absolutte størrelse. Som standard angives en symmetrisk størrelsesændring. Det betyder, at når du

angiver en procentværdi eller -størrelse, ændres de to andre værdier proportionalt. Hvis dette ikke ønskes, skal afkrydsningsfeltet "Ensartet skalering" deaktiveres.

### 2.1.3 Funktionen Roter

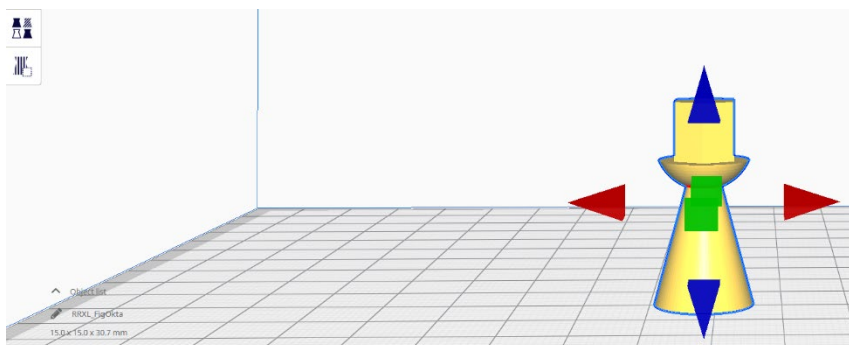
Rotationsfunktionen kan også udføres med genvejstasten "r". Denne funktion gør det muligt at rotere objektet langs alle tre akser. Denne funktion kan kun udføres ved at flytte musen langs en aksemarkør med venstre museknap trykket ned. Under rotationen vises graden af vinkel.



**Figur 6**Rotationsfunktionen

### 2.1.4 Funktionen Spejling

Denne funktion gør det muligt at spejle modeller langs en akse. Denne funktion kan også aktiveres via genvejstasten "m".



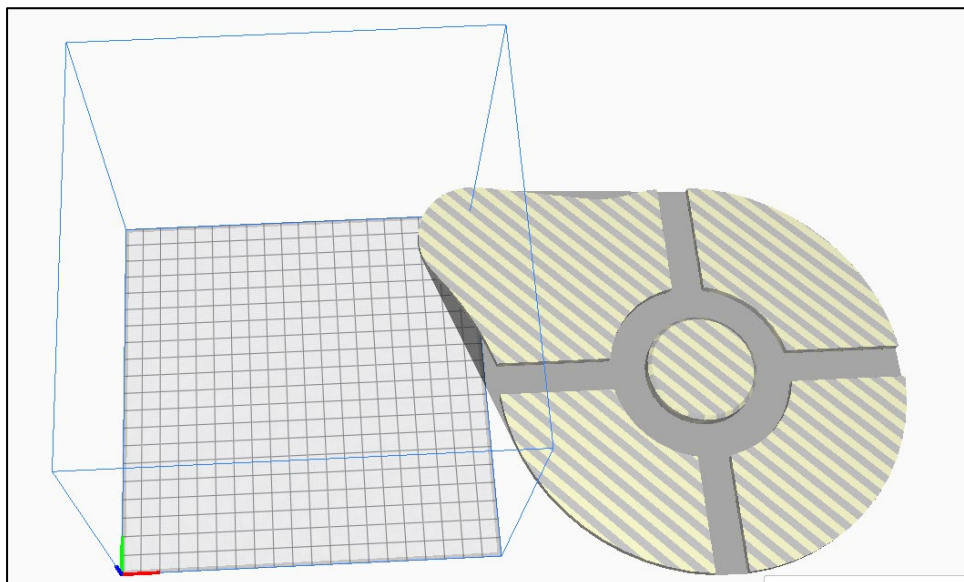
**Figur 7**Spejlfunktionen

Spejlingsprocessen kan udføres i én retning ved at klikke på venstre museknap på den relevante aksepil.

Denne funktion er især interessant at skabe spejlede modstykker af modeller. Det er for eksempel meget nemt at fremstille et højre bakspejl til venstre side.

### 2.1.5 Placering af overdimensionerede komponenter

Så snart komponenter er indlæst, der er større end konstruktionsområdet, er de placeret uden for det. De har også en grov skygge.



**Figur 8** Placering af overdimensionerede komponenter

For at kunne behandle disse komponenter skal de først skaleres ned med scale-funktionen og derefter flyttes med funktionen Flyt. Så snart modellen er blevet ændret til den korrekte størrelse og position, skifter udklækningen til en konstant gul farve.

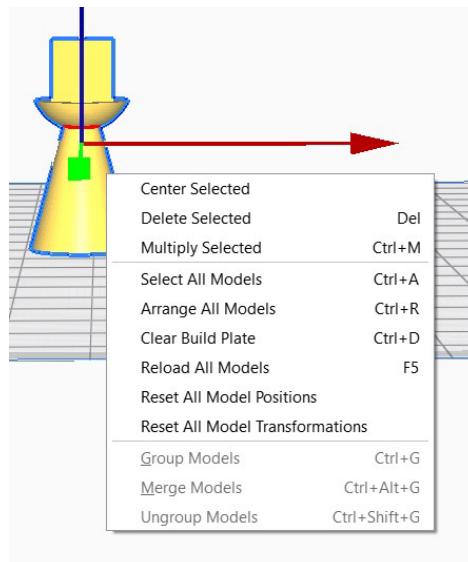
### 2.1.6 Menuen Kontekst

Kontekstmenuen er tilgængelig, så snart der er klikket på modellen med højre museknap. Kontekstmenuen tillader følgende indstillinger og funktioner (fra top til bund):

1. Centrering af komponenten på byggeplatformen. Denne funktion er også velegnet til optimal placering af nedskalerede modeller.
2. Slet den valgte model.
3. Dupliker den valgte model.
4. Svælger alle modeller.
5. Enrrange modellerne på bygningen platform. Dette giver mulighed for at arrangere så mange komponenter som muligt.
6. Delete alle modeller fra byggeplatformen.
7. Reload alle modeller
8. Position alle modeller på den tidligere position
9. Reset alle modelændringer til den oprindelige tilstand
10. Grupper modeller (til dette formål skal de pågældende modeller vælges, f.eks. via "Vælg alle modeller")

11. Sammenkæd modeller. Her forsøger Cura at arrangere modellerne oven på hinanden.

12. Ungrouping grouped selection



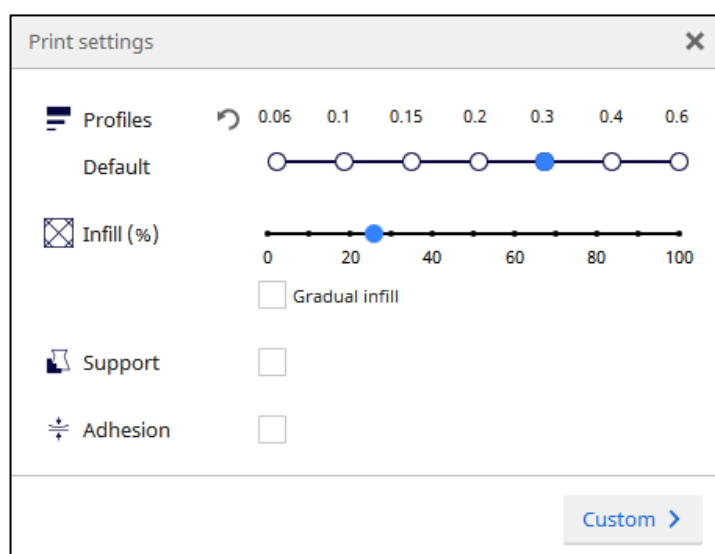
**Figur 9** Kontekstmenuen

## 2.2 Slicing af en komponent

Hvis du vil slice en model, skal du bruge de følgende indstillinger:

1. Laghøjde
2. Infill-tæthed
3. Dysens temperatur og om nødvendigt byggepladens temperatur
4. Nødvendig støttestruktur
5. Vedhæftning til byggepladen

Hvis du vil foretage disse indstillinger i Cura, skal du bruge printindstillingerne i øverste højre vindue.



Figur 10 Standardopsætning

Hvis dette vindue ikke er synligt, skal et af ikonerne i øverste højre side af skærmen aktiveres.



Da indstillingsindstillingerne i standardtilstanden (Figur 10) er meget begrænsede, skal du aktivere knappen "Brugerdefineret" for at få vist alle indstillingsområder.

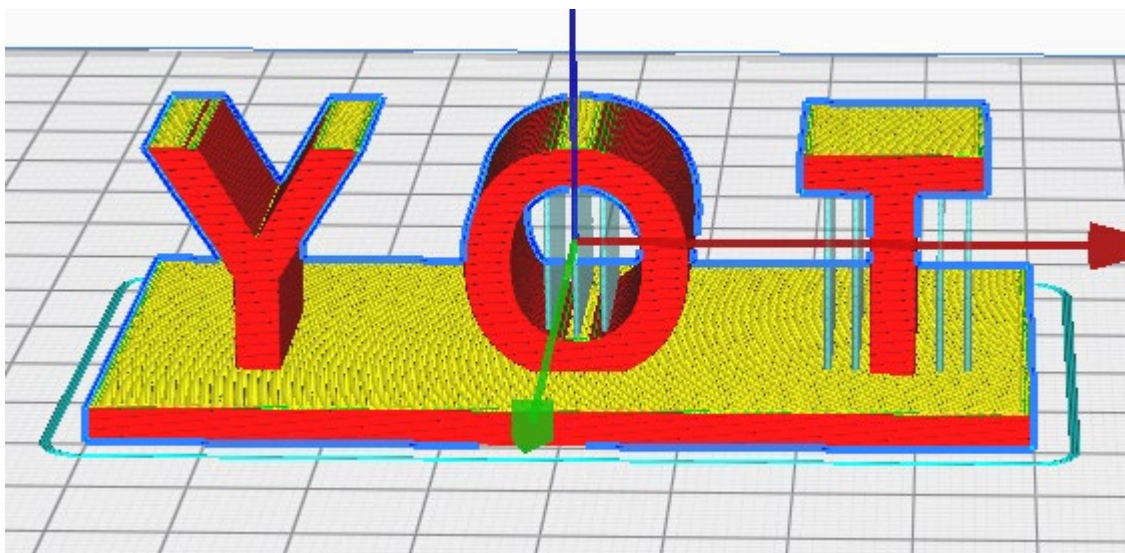
Vælg først funktionerne "Laghøjde" og "Lagbredde" i menuen.

1. Layer højde. Her vælger du en højde, der er mindre end dysestørrelsen (normalt 0,4 mm). Jo mere præcis og fin modelkvaliteten skal være, jo lavere er laghøjden. Husk dog, at printprocessen tager tilsvarende længere tid. Sørg for at angive værdier, som printeren er i stand til at arbejde med. Som regel er den laveste højde 0,05 mm. Ved brailleprint skal laghøjden være mindst 0,25



mm, ellers vil toppen af prikkerne være for skarp. Stregbredden påvirker overfladens glathed. Jo glattere det skal være, jo mindre bredde. Også her sætter 3D-printerens enhedsparametre grænser for mulige valg. I princippet kan lagbredden dog ikke være mindre end laghøjden.

2. Modellens infill er som standard indstillet til 15 %. Med store overflader og trykkræfter, der påvirker dem, kan dette være for lavt. En indstilling på mellem 25% og 40% er i de fleste tilfælde tilstrækkelig til at opnå en stabil påfyldning til taktile modeller. De korrekte tryktemperaturer findes i databladene for de anvendte filamenter.
3. Støttestrukturer afhænger af modellens struktur og placering på byggepladen. Her skal 45°-reglen anvendes som en simpel retningslinje. Så snart udhængen svarer til en vinkel, der er større end 45° til byggepladen, kræves støttestrukturer. Dette kan godt illustreres ved eksemplet med bogstaverne Y (45°) og T (90°). Støtte kan udskrives med normal glødetråd eller med vandopløselige materialer. Der kræves dog 3D-printere med to ekstrudere til dette.



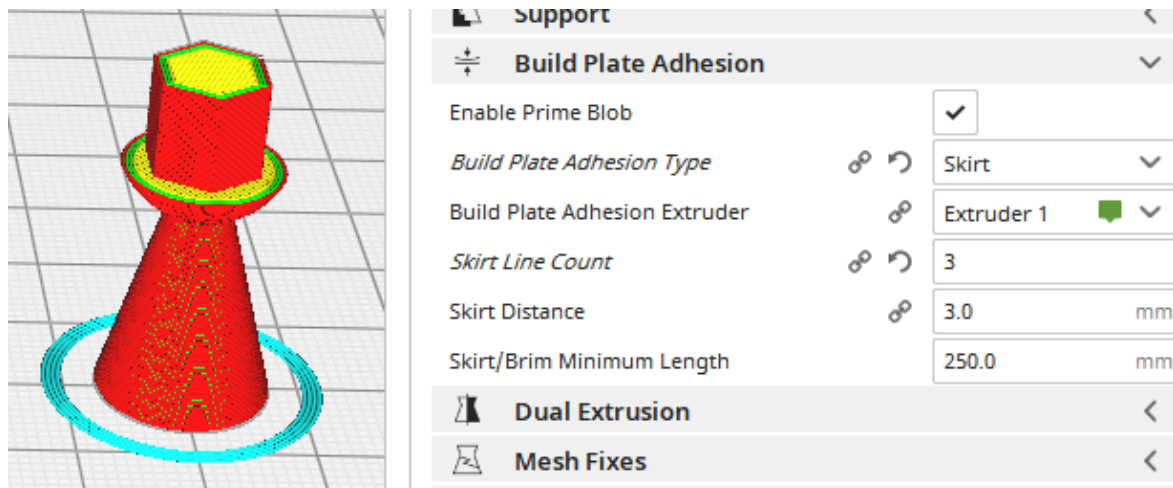
Figur 12 Eksempel på understøttelse af udhæng på 45° og 90°

4. For en vellykket FDM print, er det yderst vigtigt, at det første lag klæber til byggepladen, indtil udskrivningsprocessen er færdig. Hvis komponenten adskilles på steder, vil materialet uundgåeligt fordreje bunden af emnet. I ekstreme tilfælde bliver komponenten løs og rives fra byggepladen af ekstruderbevægelsen.

Der tilbydes tre muligheder for vedhæftning af byggeplader:

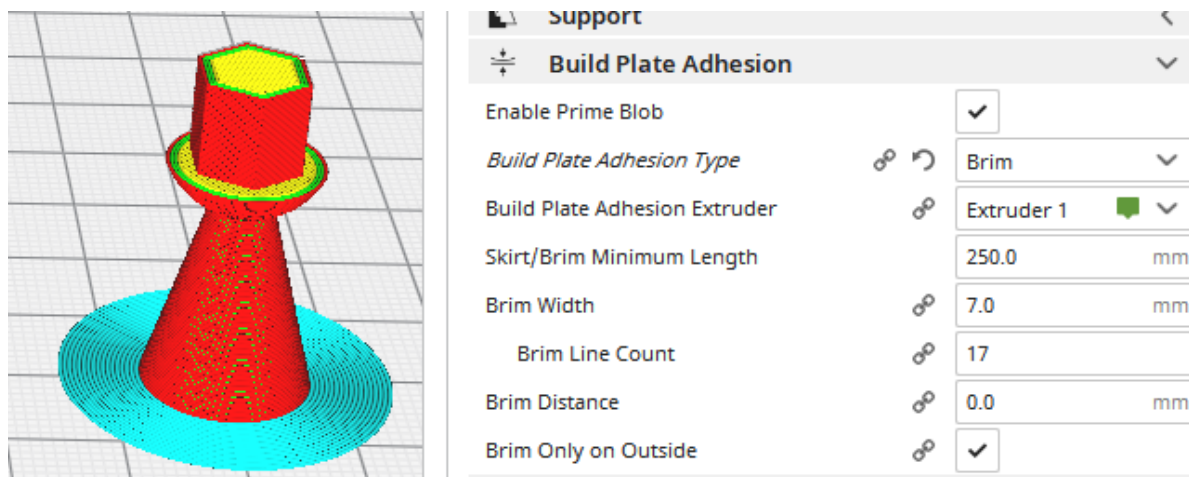
- a. Skørt (Skirt)
- b. Rand (Brim)
- c. Flåde (Raft)

Skørtindstillingen er teknisk set ikke en funktion, der forbedrer byggepladevedhæftning. Denne funktion anvender filament, før du udskriver et objekt. Formålet med denne funktion er at sikre, at der er nok filament i ekstruderdysen, når objektet udskrives.



Figur 13Skørt

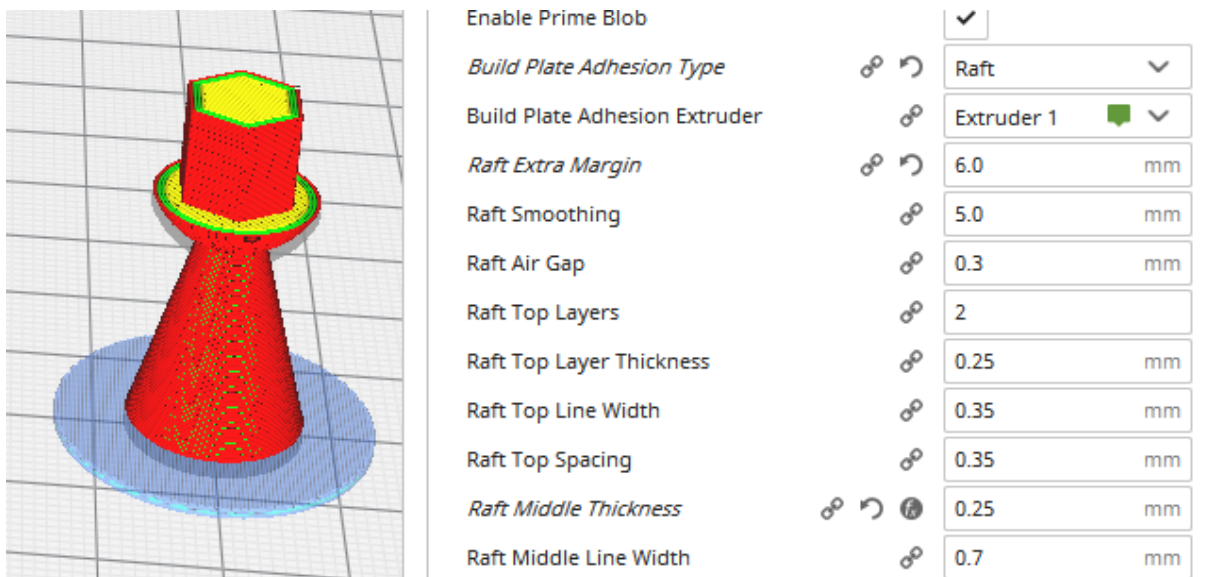
Funktionen Rand tegner en tynd kant med et lag omkring komponenten. Vedhæftningsoverfladen øges, og klæbemiddeleffekten på byggepladen forbedres. Efter udskrivning kan randen nemt fjernes fra komponenten.



Figur 14Rand

Med Flåde påføres først en gitterlignende base under komponenten. Dette er især nyttigt, når en komponent er lille, har en lille kontaktflade eller når komponentens højde ikke står i forhold til kontaktfladen. Flåde øger dette kontaktområde og binder komponenten til byggepladen. Flåden kan også let fjernes fra den færdige komponent.





Figur 15 Flåde

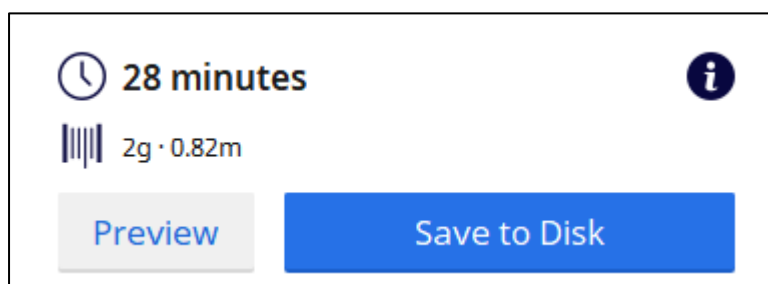
## 2.3 Evaluering af slicing-processen

En af de mest almindelige fejl i FDM-print laves før 3D-printeren begynder at printe. Resultatet af slicing-processen kontrolleres ikke.

De mest almindelige fejl, der laves, er:

1. Forkert valgt printer eller parametre som temperatur eller hastighed.
2. Komponenten er ikke placeret (jævnt) på byggepladen.
3. Støttestrukturer mangler eller er ikke blevet tilføjet tilstrækkeligt.
4. Komponenterne har ikke den korrekte infill.
5. Der anvendes ingen eller forkert vedhæftning af byggeplader.
6. Overfladen af komponenten er ikke lukket.

Når funktionen "Slice" er aktiveret ved at klikke på den respektive knap, startes beregningsprocessen. Når slice-processen er afsluttet, vises følgende vindue:

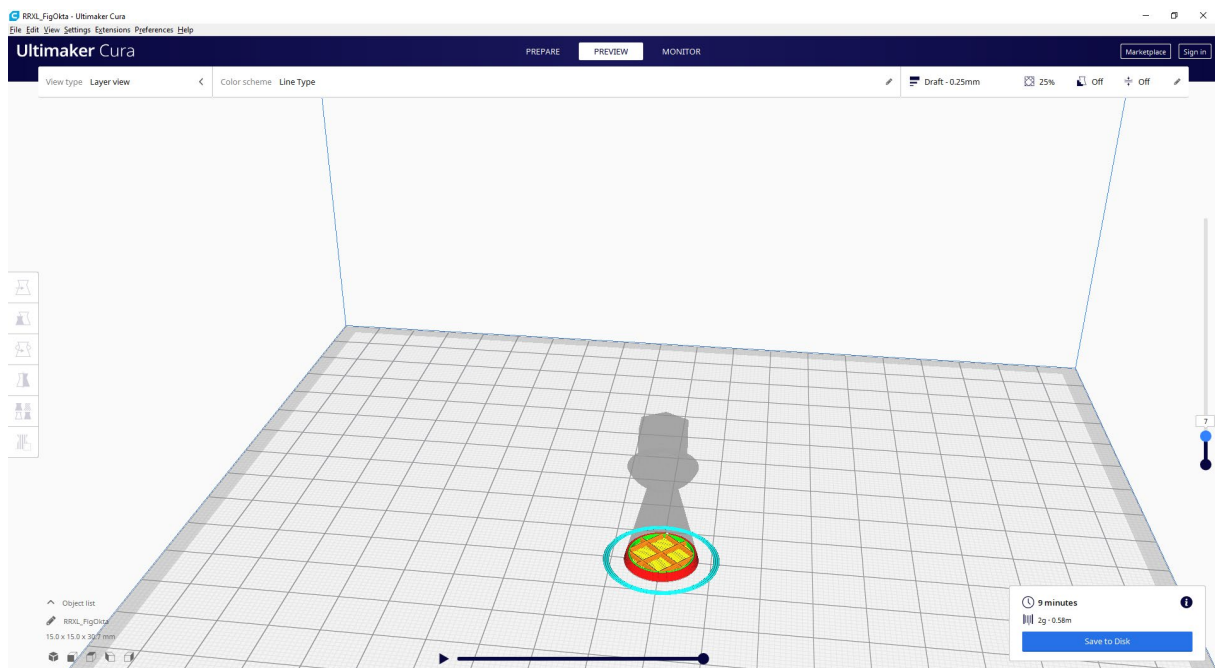


Figur 16 Vinduet post-proces

In addition to the estimated printing time and material consumption, the pop-up field also comprises a preview button as well as a button for saving the G-code file. The Preview button provides a layer-by-layer preview of the object to be printed as it has been generated in the G-code for the FDM printer.

Ud over den anslåede printtids samt materialeforbrug består pop op-feltet også af en eksempelknop og en knap til gemme G-kodefilen. Knappen Eksempel indeholder et lag-på-lag eksempel på det objekt, der skal printes, efterhånden som det er genereret i G-koden for FDM-printeren.

Skyderen i højre side af eksemplet giver mulighed for en lag for lag-visning af den slicede komponent. Hvis komponenten ikke vises helt på byggepladen i det første lag, er den placeret forkert eller ujævn på undersiden. I dette tilfælde skal du tænke på at indsætte en flåde og støtte.



Figur 17Vis udskrift

Hvis understøtninger og byggepladen er indstillet, er det muligt at afgøre, om de er genereret korrekt og tilstrækkeligt. Derudover er det på et tidligt tidspunkt muligt at påvise, om vægtykkelserne og overfladerne er tilstrækkeligt dimensioneret.

### 3 Liste over figurer

Figur 1 Ultimaker Cura.....	6
Figur 2 Repetier Host.....	6
Figur 3 Brugergænsefladen i Cura (version 4.9) .....	8
Figur 4 Flytte funktion .....	10
Figur 5 Skaler funktionen.....	10
Figur 6 Rotationsfunktionen.....	11
Figur 7 Spejlfunktionen.....	11
Figur 8 Placering af overdimensionerede komponenter .....	12
Figur 9 Kontekstmenuen.....	13
Figur 10 Standardopsætning .....	14
Figur 11 Værktøjslinjen.....	14
Figur 12 Eksempel på understøttelse af udhæng på 45° og 90° .....	15
Figur 13 Skørt.....	16
Figur 14 Rand.....	16
Figur 15 Flåde .....	17
Figur 16 Vinduet post-proces.....	17
Figur 17 Vis udskrift.....	18