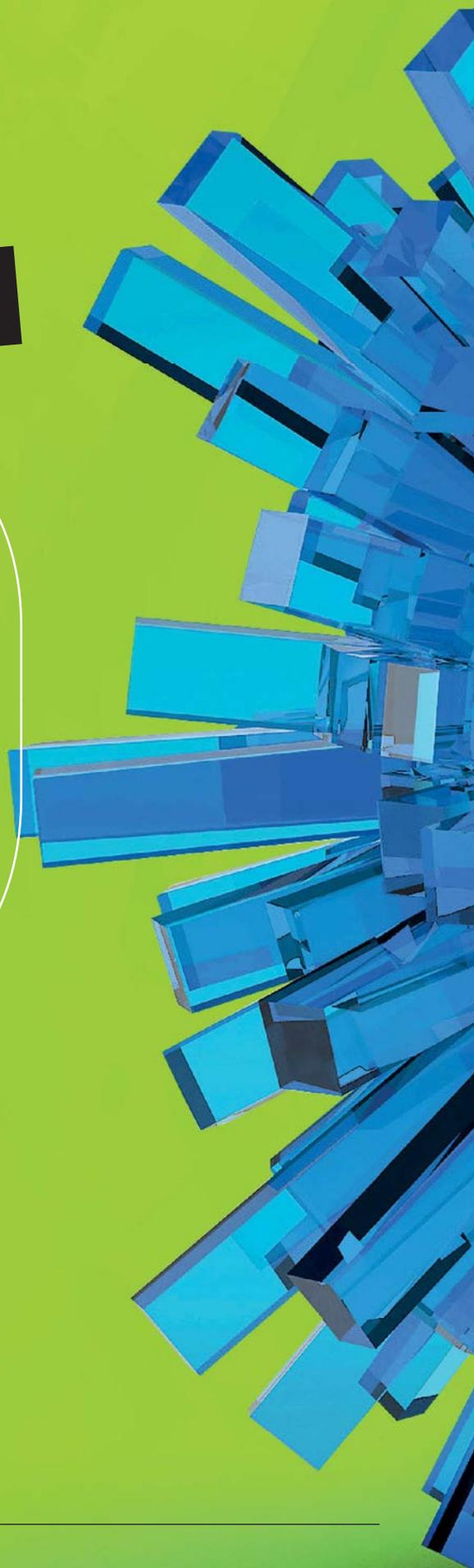


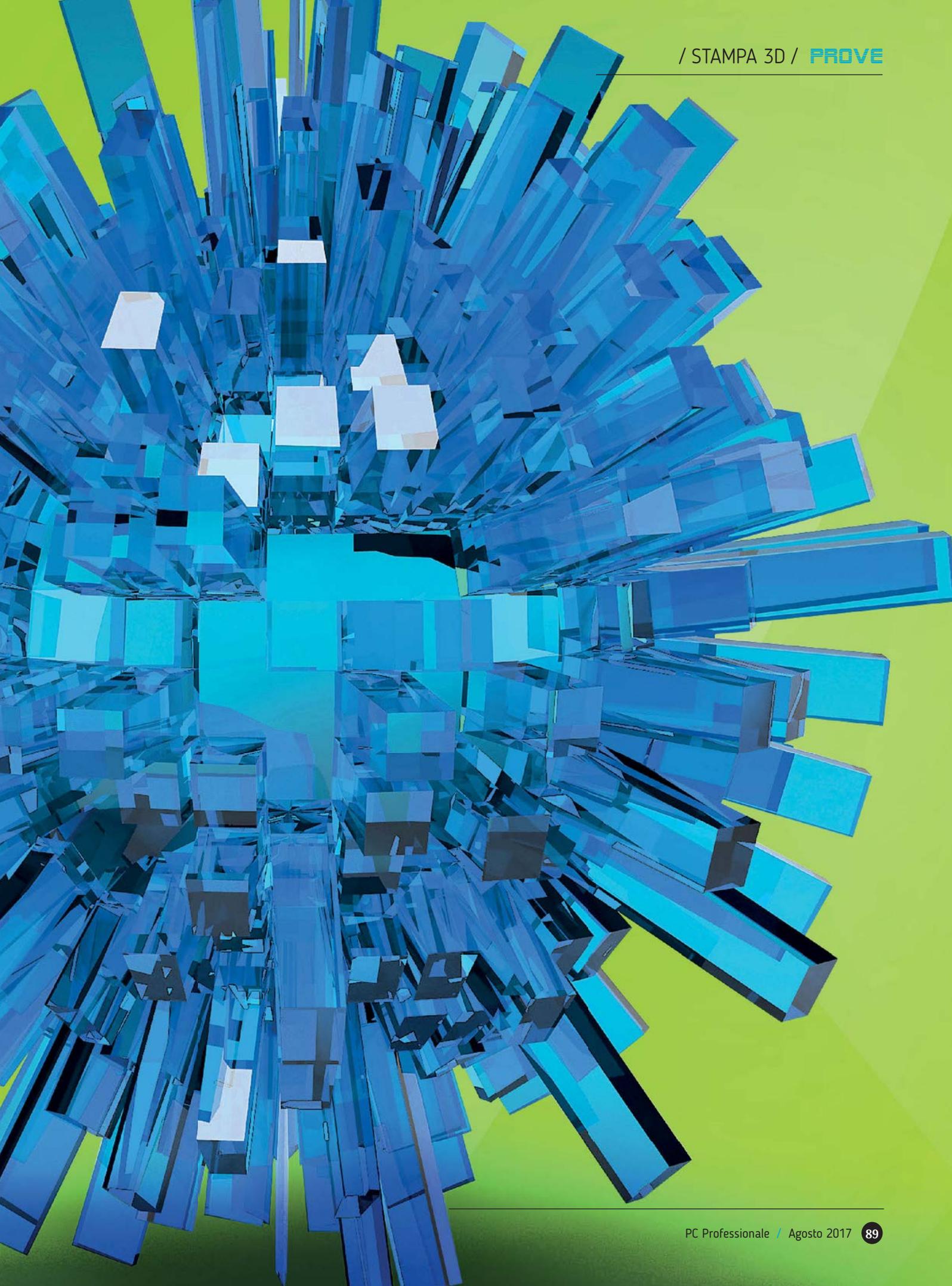
# I SOFTWARE PER LE STAMPANTI

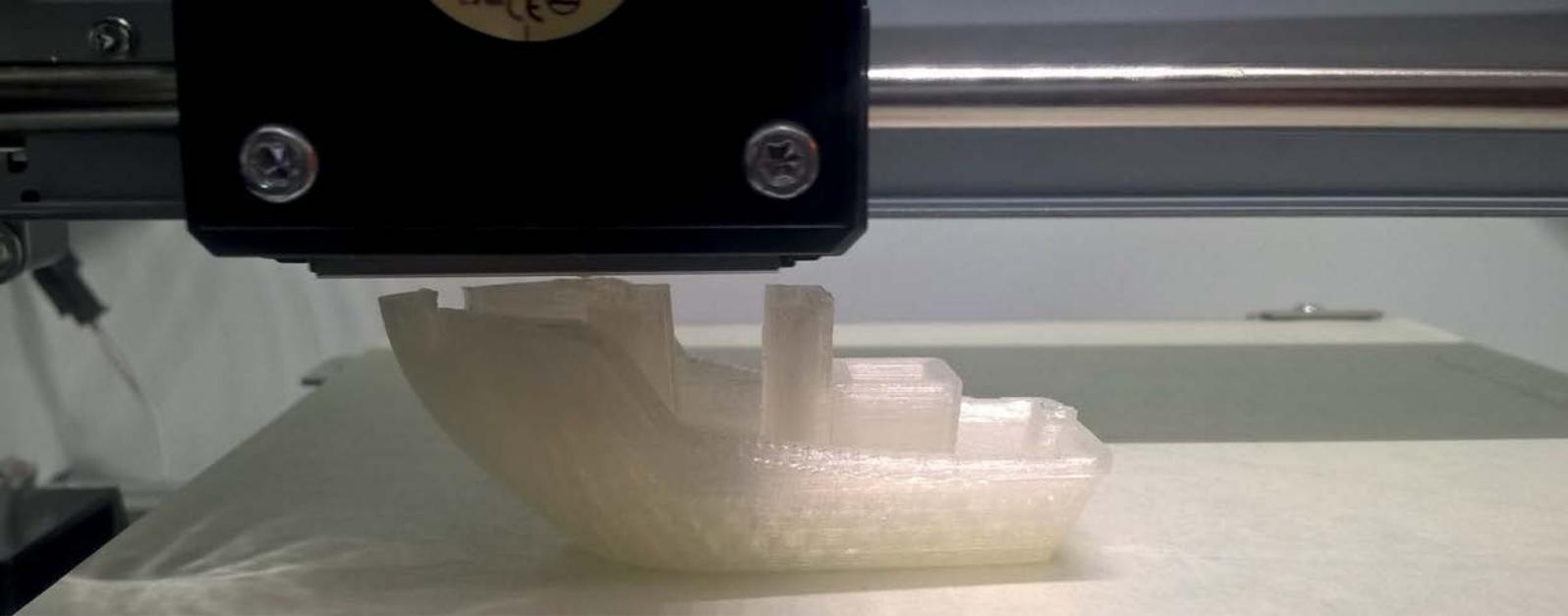
# 3D

● Di Nicola Martello

A chi non piacerebbe creare oggetti di ogni tipo, magari personalizzati nell'aspetto e nelle funzioni? **Le stampanti 3D** ci avvicinano a questo sogno. Per sfruttarle al meglio bisogna conoscere bene non solo l'hardware ma anche gli strumenti software con cui si creano i progetti 3D e si comandano le macchine.







**UNA STAMPANTE 3D PUÒ SCATENARE IL PROGETTISTA E L'ARTISTA CHE SONO DENTRO DI NOI:** PERMETTE DI CREARE DA ZERO, SENZA QUASI NESSUNO SFORZO O ABILITÀ MANUALE, OGGETTI COMPLESSI CHE CON LE TECNICHE COSTRUTTIVE TRADIZIONALI RICHIEDEREBBERO LAVORAZIONI BEN PIÙ COMPLESSE, O ADDIRITTURA IMPOSSIBILI PER CHI NON DISPONE DI UN'OFFICINA CON UN SET COMPLETO DI MACCHINE UTENSILI. PERCHÉ LE STAMPANTI 3D LAVORANO CON UN PRINCIPIO TOTALMENTE DIVERSO DA QUELLI TIPICI DELL'AUTOMAZIONE INDUSTRIALE MODERNA, CHE PRODUCE OGGETTI COMPLESSI E DI ELEVATA QUALITÀ, MA RICHIEDE MACCHINE E INFRASTRUTTURE ELABORATE E COSTOSE.

I processi industriali tradizionali per la fabbricazione di elementi tridimensionali sono riconducibili a tre tipologie principali: fusione, stampaggio e fresatura. Per le prime due sono necessari stampi in cui colare o pressare il materiale grezzo, stampi che vanno a loro volta costruiti, con altri macchinari. La fresatura richiede una macchina dotata di una punta rotante abrasiva, i cui movimenti sono comandati da un computer (Cnc, *Computer Numerical Control*). È un processo sottrattivo, cioè si parte da un blocco di materiale che viene gradualmente scavato dalla fresa. Una stampante 3D, invece, lavora secondo il principio additivo, cioè aggiunge materiale solo dove serve, costruendo l'oggetto uno strato orizzontale alla volta. Più questi strati sono sottili,

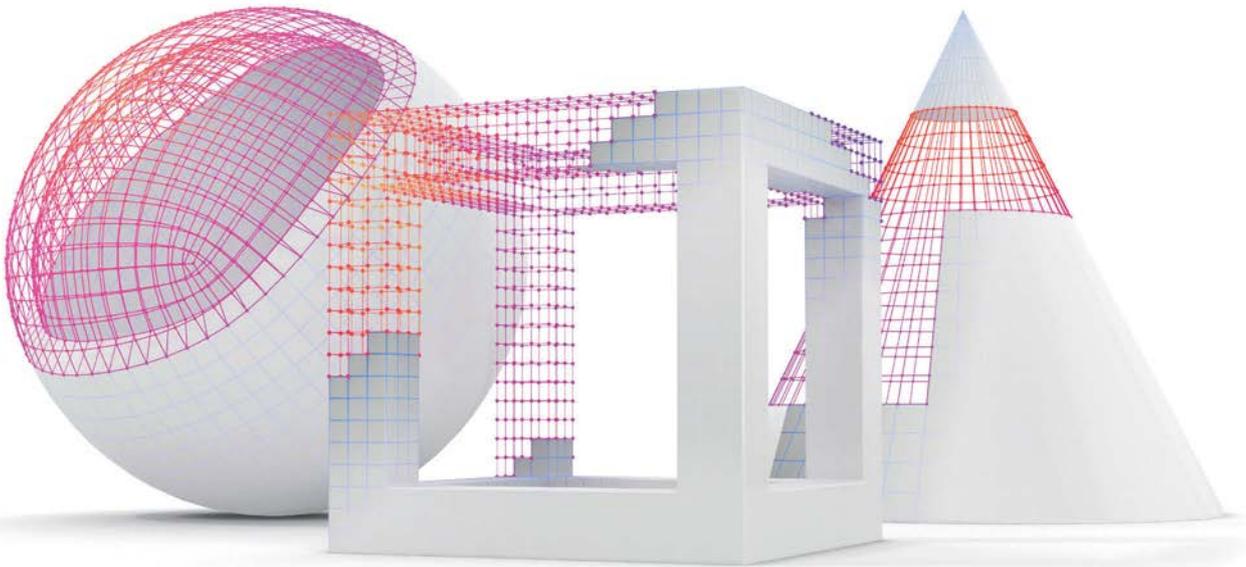
migliori saranno la precisione e la qualità delle superfici: con le stampanti 3D migliori, queste saranno lisce, e non percorse da sottili solchi come è tipico delle forme create dalle stampanti più grossolane. I pregi di queste macchine sono la capacità di creare forme complesse, impossibili da ottenere con uno stampo o con una macchina tradizionale come una fresa Cnc, e la semplicità della filiera produttiva, poiché non sono necessarie altre macchine (come quelle per creare gli stampi). Grazie a queste caratteristiche, le stampanti 3D stanno avendo sempre maggiore successo non solo tra gli appassionati (i cosiddetti maker) ma anche nel mondo industriale, in particolare in quello aeronautico, poiché permettono di costruire oggetti complessi senza lunghi

e costosi passaggi intermedi e senza dover utilizzare molte macchine diverse.

Una stampante 3D lavora in maniera additiva, aggiunge materiale solo dove serve e costruisce l'oggetto uno strato orizzontale alla volta

**Ma la stampante 3D da sola non basta:** serve un software per creare l'oggetto, o più precisamente per progettarlo, prepararlo per la stampa e comandare i movimenti della macchina. Quasi sempre, in realtà, queste funzioni sono svolte da tre programmi diversi, ciascuno specializzato in delle tre

fasi, ossia Cad (*Computer Aided Design*), slicing e client software. La prima classe di applicazioni include gli strumenti per definire la forma dell'oggetto, ottenendo un disegno 3D che ne descriva in maniera precisa tutte le caratteristiche dimensionali in scala 1:1. I Cad più sofisticati includono anche strumenti per l'analisi della resistenza della forma sotto carico (Fem, Finite Element Method), una volta stabilito il materiale che sarà impiegato per la costruzione. È uno step progettuale importantissimo nel mondo industriale, poiché consente di individuare sia le zone soggette a maggior sforzo – e quindi a rischio di rottura – sia le parti che lavorano poco e sono eliminabili o riducibili senza compromettere la funzionalità dell'oggetto, con conseguente



risparmio di materiale e di lavorazione. Purtroppo questo tipo di analisi richiede software e competenze di solito oltre la portata dell'appassionato, che deve affidarsi al buon senso e all'esperienza per progettare una parte meccanica che non si rompa al primo impiego.

Per creare oggetti 3D non esistono solo i Cad, ma anche i software per la scultura virtuale: si parte da una forma base come una sfera, un cubo o anche un abbozzo e se ne scolpisce la superficie, aggiungendo e togliendo materiale dove serve. Questi applicativi replicano in maniera piuttosto fedele il lavoro di uno scultore alle prese con un blocco di creta e sono ideali per ottenere forme organiche come visi, manichini, statuette di animali o esseri di fantasia. Non sono adatti per creare parti meccaniche, che devono rispondere a canoni di precisione più stringenti.

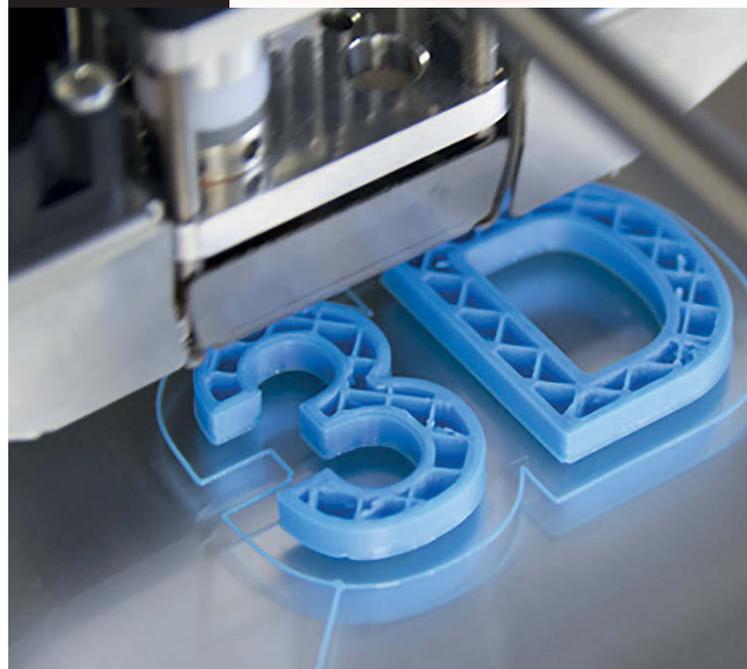
**Se gli applicativi Cad servono per la progettazione in generale,** quelli per lo slicing sono specifici per il processo di stampa 3D: il loro compito è quello di tagliare virtualmente l'oggetto in tante fette orizzontali, definendo per ciascuna la sagoma bidimensionale che ne risulta. Queste sagome saranno poi inviate, una dopo l'altra, alla stampante 3D, che le percorrerà con l'estrusore (questo è il nome della "testina" che deposita il materiale) o le definirà con un velo di liquido

o di polvere indurita tramite luce o reagenti chimici, a seconda della tecnologia di stampa. La sovrapposizione di queste sottili sagome, fatta con la precisione necessaria, permette di arrivare all'oggetto finito. Se però l'oggetto ha zone a sbalzo molto sporgenti e la stampante 3D usa un filo plastico, il software di slicing deve anche generare supporti verticali (asportabili una volta terminata la stampa) che rendano possibile la costruzione di queste parti.

Infine, i client software sono veri e propri driver sviluppati per i diversi tipi di stampanti; in memoria hanno tutti i dati dimensionali e le impostazioni di funzionamento relativi alle diverse macchine con cui sono compatibili. Questo è il software che traduce le informazioni generate nella fase di slicing in istruzioni che siano comprensibili dall'elettronica della stampante, come per esempio quali movimenti compiere con l'estrusore per tracciare le diverse sagome 2D.

Nelle prossime pagine concentreremo l'attenzione sui programmi Cad più adatti all'abbinamento con una stampante 3D, concentrandoci in particolare su quelli gratuiti e alla portata degli utenti amatoriali. Inoltre, offriremo una panoramica approfondita sulle stampanti 3D disponibili per il settore amatoriale. Le altre due categorie di software (slicer e client), saranno oggetto di un prossimo articolo.

Con la stampa 3D si possono costruire forme anche molto complesse, forme che sarebbe molto difficile se non impossibile ottenere con metodi tradizionali.





# SOFTWARE CAD

Sono i programmi per la progettazione degli oggetti, in origine riservati ai tecnici specializzati ma da tempo disponibili per gli appassionati con un minimo di buona volontà.

Come abbiamo accennato, un programma Cad serve per progettare in 3D, in genere parti meccaniche o architettoniche. Il punto di forza di questi software è la descrizione matematica delle forme tridimensionali, che permette all'utente di modificare all'infinito le superfici, aggiungendo smussi e scavando fori senza che appaiano difetti né irregolarità. Questo perché il programma memorizza sia la forma finale sia le sagome usate nei passaggi intermedi e può ricalcolare le superfici dopo ogni modifica. Un esempio classico è l'applicazione di operazioni booleane, ovvero la somma, la sottrazione e l'intersezione tra due o più oggetti. Con un Cad degno di questo nome, le operazioni – per quanto complesse – non mettono mai in crisi il programma; inoltre, si può sempre tornare sui propri passi per modificare la posizione e la forma degli elementi coinvolti. Un programma di modellazione 3D che gestisce le forme solo come superfici composte da triangoli (mesh), invece, deve introdurre approssimazioni

sempre più rilevanti man mano che si procede con le operazioni booleane, fino ad arrivare a errori che possono compromettere la precisione del progetto.

**Anche le superfici complesse e sinuose**, tipiche del design moderno, in un vero Cad sono descritte tramite le equazioni delle curve che ne determinano l'andamento; è facile aggiungere fori, smussi e raccordi sempre precisi, puliti e perfettamente definiti. Se invece la superficie ondulata è descritta come un reticolo di triangoli, un esame ravvicinato evidenzierà le sfaccettature; inoltre smussi e

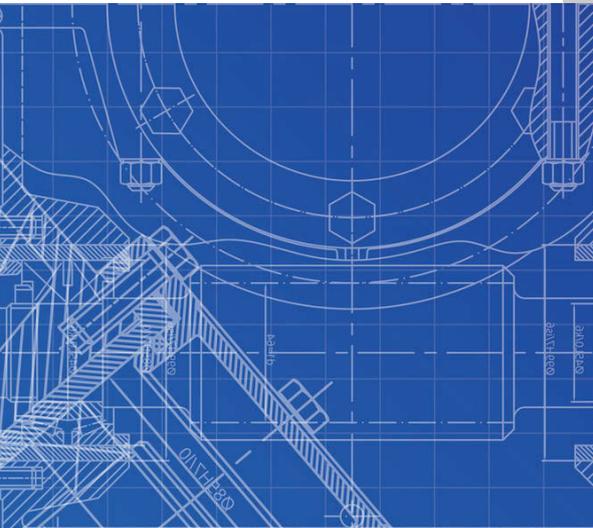
raccordi saranno imprecisi, se non addirittura impossibili da realizzare. Un'altra caratteristica importante è la capacità di definire un parametro o una relazione dimensionale tra due o più forme, in modo che quando se ne modifica una anche l'altra cambi di conseguenza, per rispettare il legame impostato in precedenza. Per esempio, se si stabilisce che un foro deve avere un diametro pari a un quarto della lunghezza di una piastra, quando si accorcia quest'ultima anche il foro diminuirà di dimensione. Nei Cad professionali questa caratteristica consente di creare macchine complesse le cui parti costituenti

si adeguano, entro certi limiti, alla variazione di un parametro principale. Per esempio, cambiando il parametro della cilindrata di un motore a scoppio si modificano automaticamente il diametro dei pistoni, la posizione e la dimensione delle valvole, l'ampiezza delle camere di combustione, la lunghezza delle bielle e così via.

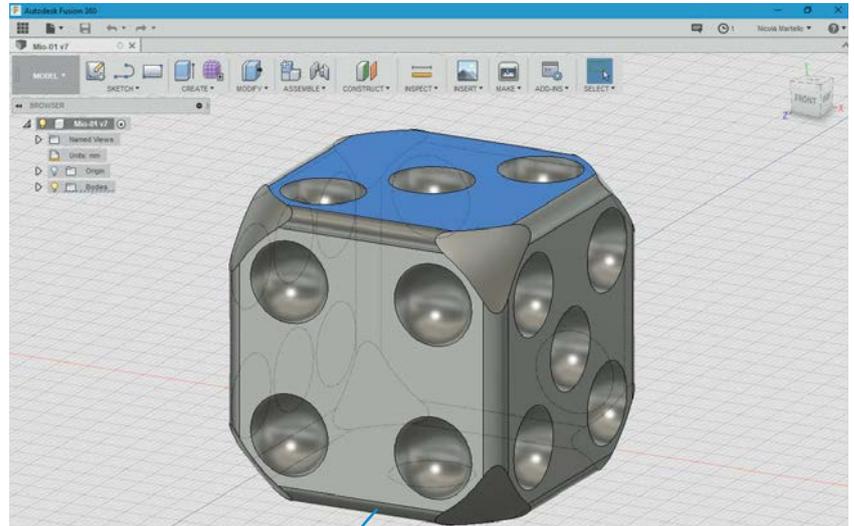
Nella nostra analisi ci siamo concentrati sui software gratuiti, che ormai possono offrire un buon set di strumenti per la progettazione, anche di tipo parametrico. Abbiamo preso in esame Autodesk Fusion 360 e TinkerCad, DesignSpark

In un vero Cad gli oggetti sono memorizzati come superfici descritte da equazioni matematiche, modificabili a volontà con fori, raccordi e smussi





Mechanical e FreeCad. Abbiamo valutato anche Amabilis 3DCrafter e Trimble Sketchup, che però sono risultati davvero troppo limitati. Il primo permette di disegnare in 2D solo curve spline, ha problemi nell'estruzione, non consente le operazioni booleane (per attivarle bisogna passare alla versione Pro, che costa 69,95 dollari Usa), ed esporta i progetti solo nei formati Pov e Rib (altri formati sono disponibili con l'edizione Plus, che costa 34,95 dollari). Sketchup permette le operazioni booleane solo con i solidi costituiti dal testo 3D, e non con le estrusioni o con gli oggetti importati; inoltre è limitato nella creazione di forme di base. Per quanto riguarda i software a pagamento, nel settore Cad sono molto noti e diffusi Autodesk Inventor, Dassault Systèmes Catia, Parametric Technology Corporation ProE. Sono tutti applicativi professionali potenti e completi, ma complessi da usare, con un costo di parecchie migliaia di Euro, pari (o addirittura superiore) a un'ottima stampante 3D. Anche McNeel Rhinoceros è indirizzato all'utenza professionale ma non è un Cad vero e proprio: si potrebbe meglio definirlo come modellatore avanzato ottimizzato per le superfici complesse. Per la modellazione 3D basata su mesh di triangoli segnaliamo Autodesk 3ds Max e Maxon Cinema4D, a cui possiamo aggiungere il freeware Blender.



## AUTODESK FUSION 360

Fusion 360 ha un'interfaccia pulita e ordinata, in cui gli oggetti 3D appaiono in maniera comprensibile ma sempre completi di ogni informazione geometrica.

Autodesk non offre solo il gratuito TinkerCad (recensito in questo stesso articolo) per la modellazione 3D, ma anche il ben più capace Fusion 360, un applicativo per la progettazione parametrica che dispone di funzioni per la modellazione (Cad), lo studio delle operazioni costruttive (Cam) e la verifica progettuale (Cae). Il programma è gratuito per gli appassionati e per le società startup con un fatturato annuo inferiore a 100.000 dollari Usa; la licenza gratuita ha la durata di un anno ma è rinnovabile senza limiti.

**Fusion 360 sfoggia un'interfaccia moderna e ben studiata,** derivata da quelle di Inventor e di AutoCad, i principali software per la progettazione 3D di Autodesk. L'area di lavoro aiuta

l'utente alle prime armi con molti suggerimenti: ogni comando è infatti accompagnato da una breve descrizione e da un'immagine esplicativa che appaiono quando si passa il mouse sopra i nomi delle funzioni, disposte nei menu a tendina. L'area di disegno occupa l'intero schermo, mentre nell'angolo superiore sinistro si trovano i menu retrattili e l'albero delle entità create. In alto a destra è collocato il comodo widget a cubo per cambiare il punto di vista, mentre in basso si trova una sorta di timeline costruttiva, che consente di ripercorrere le operazioni eseguite, sia per esaminare il progetto sia per aggiungere nuove modifiche intermedie.

I comandi disponibili in Fusion 360 sono raggruppati in sezioni, richiamabili con un clic sul tasto



### AUTODESK FUSION 360

Gratuito per appassionati e startup con fatturato sotto i 100.000 dollari Usa

**VOTO 9,0**

#### + PRO

Ottime le funzioni per la progettazione 2D e 3D / Progettazione parametrica / Interfaccia ben fatta

#### - CONTRO

Le forme organiche T-Spline possono confondere il neofita

Produttore: Autodesk, [www.autodesk.com/products/fusion-360](http://www.autodesk.com/products/fusion-360)

più in alto a sinistra: modellazione 2D e 3D, creazione di superfici, rendering, animazione, analisi strutturale, generazione di disegni 2D dal progetto 3D. Nella sezione Model, dedicata alla creazione di forme 2D e 3D, si può disegnare una sagoma bidimensionale con pochi e precisi clic, grazie agli snap magnetici e dinamici, che attirano il cursore alla griglia e ai punti notevoli degli elementi già creati. Disegnare è un piacere: ogni nuova forma base è definibile velocemente trascinando

il mouse oppure digitando i valori numerici in finestrelle che appaiono nell'area di disegno, proprio di fianco alla sagoma. Il set di strumenti per il disegno 2D è completo e comprende la creazione di smussi e l'eliminazione dei segmenti interni; così è facile ottenere una forma complessa unendo diverse geometrie semplici. Si può anche tracciare una sagoma irregolare con linee spline, regolabili con nodi e maniglie.

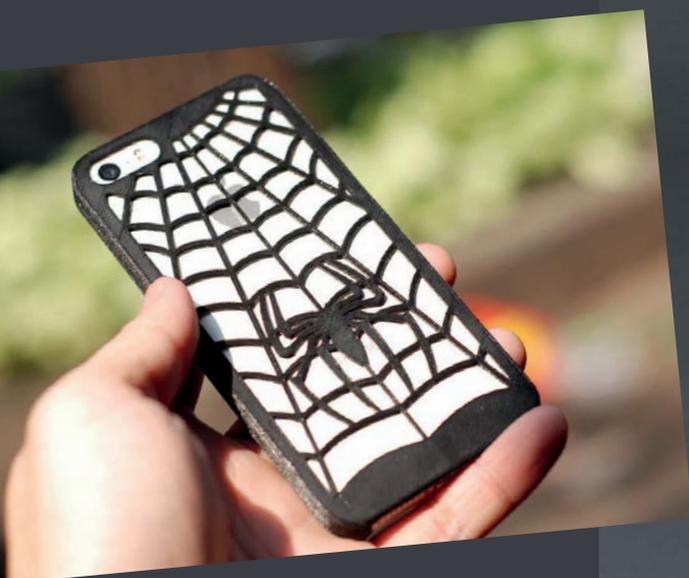
Per i solidi sono disponibili le consuete forme 3D, a cui si

aggiungono le superfici organiche T-Spline, ideali per costruire oggetti di forma sinuosa e complessa, come impone il design più moderno. Alterare queste superfici è un gioco da ragazzi, basta selezionare una o più facce e spostarle: il programma adegua automaticamente i riquadri adiacenti, per evitare spigoli netti e discontinuità. Nel caso di progettazione con le forme classiche, Fusion 360 permette estrusioni lineari, circolari oppure lungo una spline qualsiasi, operazioni booleane,

creazione di smussi sempre perfetti anche con gli elementi più complessi. Inoltre, il software dispone di scorciatoie per creare con pochi clic fori circolari e scavi con spessore costante delle pareti.

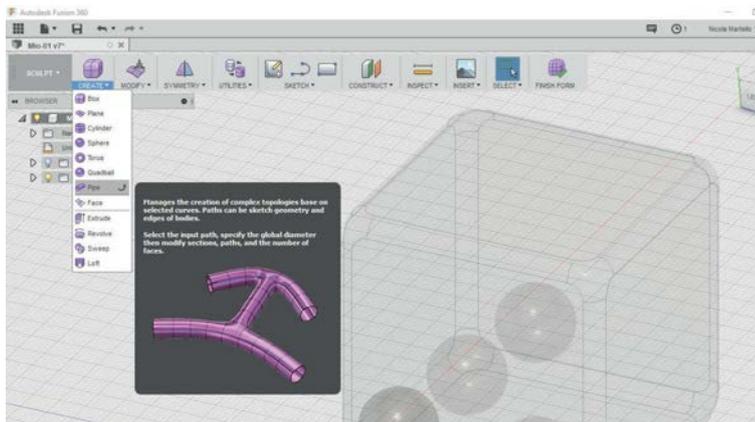
Come abbiamo detto all'inizio, il programma di Autodesk consente la progettazione parametrica, in altre parole permette l'impostazione di parametri geometrici da usare con le forme 2D e 3D, così è possibile modificare le dimensioni e le proporzioni del progetto – entro certi

## COSA STAMPARE CON UNA STAMPANTE 3D



Un appassionato alle prime armi che ha appena comprato una stampante 3D a filo plastico può avere qualche difficoltà a trovare un utilizzo pratico per il suo ultimo acquisto. Al di là dei soprammobili e delle forme geometriche intarsiate e complesse che si vedono nei siti Internet dei produttori – belle ma poco utili – per cosa può essere utile una stampante 3D?

La risposta in realtà non è affatto scontata, perché bisogna tenere conto dei limiti attuali delle stampanti amatoriali a filo plastico, che sono sostanzialmente il volume di stampa e i materiali disponibili. Il volume di stampa in molti casi raggiunge i 20 x 20 x 20 cm: gli oggetti compatibili devono essere piuttosto piccoli oppure devono essere progettati in più parti separate, da unire dopo la costruzione.



Per creare le forme organiche T-Spline è disponibile una sezione dedicata, sempre dotata di indicazioni complete, preziose per i principianti.

limiti – variando i parametri memorizzati. In generale, tutte le forme sono sempre accessibili per ripensamenti e modifiche: per esempio si può risalire al cilindro usato per scavare un foro, per spostarlo o cambiarne la dimensione.

Fusion 360 importa ed esporta gli elementi 3D nei formati Iges, Sat, Smt, Step e Stl. Il progetto può essere salvato in locale o nel cloud, così è sempre accessibile ovunque sia disponibile una connessione a Internet.



Il materiale utilizzabile è sempre una resina termoplastica (Pla, Abs, Petg e altre ancora), che si ammorbidisce quando esposta al calore e che ha una resistenza meccanica limitata. Perciò non è realistico pensare di riprodurre copie di elementi in metallo, oppure parti da sottoporre a calore e sforzi meccanici intensi.

**Bisogna limitarsi a oggetti che sarebbero comunque di plastica anche se comprati in negozio.**

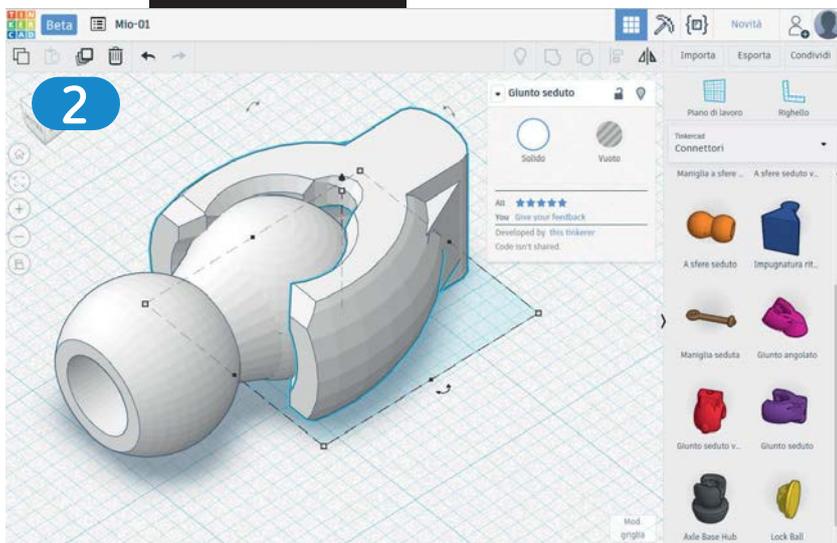
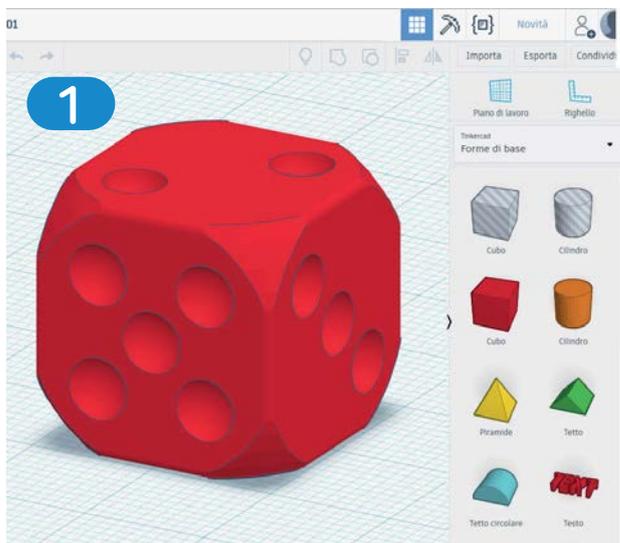
Un caso classico sono le custodie per gli smartphone: compatte e facili da progettare, possono essere personalizzate a piacere. In questo caso l'unico vero limite è la fantasia. Sempre per gli smartphone e i tablet si possono costruire basi di ricarica, in cui infilare il cavo di alimentazione con il relativo connettore, posizionato per entrare nella presa dell'apparecchio quando lo si appoggia sulla base. Un

altro accessorio utile è un supporto per installare lo smartphone sul manubrio della bicicletta oppure in automobile, di solito al centro del cruscotto, fissato con piccole staffe alle griglie di areazione, oppure nel tunnel vicino al cambio. La progettazione ad hoc, in questo caso, sarà particolarmente efficace perché si potrà tener conto dell'effettiva forma del



cruscotto. Un altro esempio è il paralume di una lampada da tavolo o a soffitto (se di piccole dimensioni); naturalmente la lampadina deve scaldare poco, quindi deve essere a Led o fluorescente a risparmio energetico. Una stampante 3D è utile anche per ricostruire piccole parti in plastica che si sono rotte in casa, come il supporto della gamba di una sedia o di un tavolo, piccole maniglie o parti non vitali di un elettrodomestico. Ancora, gli **appassionati di modellismo** potranno ottenere con poco sforzo astronavi e personaggi di qualsiasi saga cinematografica e televisiva, parti di imbarcazioni, di treni o di aerei.

**In definitiva basta guardarsi intorno,** analizzare gli oggetti in plastica di piccole dimensioni che fanno parte della nostra vita quotidiana e domandarsi: posso rifarli in maniera migliore, aggiungendo qualche funzione? Magari con una forma personalizzata più originale e più bella?



## AUTODESK TINKERCAD

Tinkercad non necessita di alcuna installazione: basta raggiungere la pagina del servizio con un browser Web moderno e, una volta registrati, si può partire subito con la modellazione. Il software richiede solo che il browser supporti il formato Html5/WebGL in Windows, Mac o Linux. Autocad raccomanda Chrome e Firefox, che offrono le prestazioni migliori. I progetti 3D creati in Tinkercad sono archiviati nel cloud, al riparo da crash del computer locale e accessibili da qualsiasi luogo dove sia disponibile una connessione a Internet.

L'interfaccia di Tinkercad è pulita e colorata. La scena 3D è rappresentata in un'unica

vista, prospettiva oppure ortogonale, con il punto di vista facilmente regolabile tramite il widget a forma di cubo posto in alto a sinistra. Lo stile grafico di rappresentazione dei solidi è ombreggiato a colori: una soluzione ottima per visualizzare in maniera realistica i modelli 3D, ma che rende difficile il posizionamento preciso degli elementi quando sono nascosti da altri oggetti, come per esempio uno snodo sferico composto da due parti, una parzialmente dentro l'altra. In queste situazioni sarebbe utile poter passare a una visualizzazione semitrasparente o wireframe.

Il metodo di lavoro in Tinkercad è semplice e intuitivo. Si comincia trascinando nell'area di disegno le forme base, che sono raccolte in buon numero nel pannello sulla destra dello schermo. Sono disponibili non

**1.** L'area di lavoro di Tinkercad è colorata e molto semplice: i comandi sono ridotti al minimo, l'ideale per gli utenti alle prime armi.

**2.** Oltre alle forme base sono disponibili anche parti meccaniche piuttosto elaborate. Con molte forme le superfici curve mostrano una sfaccettatura troppo marcata.

solo i solidi classici come sfera, cubo e cono, ma anche testo 3D, una stella a più punte e un paraboloide. A queste si aggiungono forme più complesse, costruite da sviluppatori e appassionati, come simboli, snodi meccanici, ingranaggi e barre filettate. Si possono anche importare oggetti 3D nei formati Stl e Obj, o forme 2D Svg. Peccato manchi invece il supporto per altri due formati molto diffusi: 3ds per il 3D e Ai per le figure a due dimensioni. Gli elementi vanno posizionati su un foglio millimetrato, con una griglia di passo regolabile e dotata di snap per la disposizione precisa.

Purtroppo non c'è lo snap magnetico tra gli oggetti e i punti notevoli come il centro e gli spigoli, ma in compenso si può inserire un righello per visualizzare in tempo reale le distanze da un punto qualsiasi di riferimento. L'impostazione della posizione e delle dimensioni dell'elemento selezionato è immediata grazie alle maniglie e alle quote dinamiche, inoltre si possono inserire direttamente i valori numerici relativi alla posizione e alle dimensioni, ma manca il comando per scalare in maniera uniforme le figure 3D. Per la maggior parte degli elementi base si può determinare lo smusso degli spigoli e il numero



**AUTODESK TINKERCAD**  
Gratuito

**VOTO 8,0**

Produttore:Autodesk, [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com)

**+ PRO**  
Interfaccia semplice e amichevole / Operazioni booleane eseguite in remoto

**- CONTRO**  
Lo snap magnetico è solo sulla griglia / Sfaccettatura troppo visibile in alcune forme base

di segmenti che compongono le zone curve, ma rimane sempre visibile una sfaccettatura che può essere trascurabile nel caso di un cubo dagli spigoli smussati, ma è troppo marcata nel caso di sfere, semisfere e tori.

**Per creare forme più elaborate ci si affida all'estrusione** (solo lineare) di sagome 2D importate e alle operazioni booleane di somma e sottrazione (ma non intersezione). In quest'ultimo caso basta definire come vuote le sagome da sottrarre e poi lanciare il comando Raggruppa. I calcoli necessari per l'operazione booleana non sono eseguiti in locale ma da un cluster remoto di macchine gestito da Autodesk: i tempi di attesa sono ridotti a pochi secondi, anche se le figure 3D sono complesse e si usa un computer poco potente. Si possono compiere più operazioni booleane in sequenza e anche tornare sui propri passi per recuperare gli oggetti originali, modificarli e ricreare di nuovo il modello composito. Una volta terminato il lavoro di costruzione si passa all'esportazione in locale, così da ottenere un file 3D in formato Stl oppure Obj. Si possono anche esportare gli elementi piatti (come i testi) sotto forma di sagome 2D Svg, pronte ad esempio per il taglio laser.

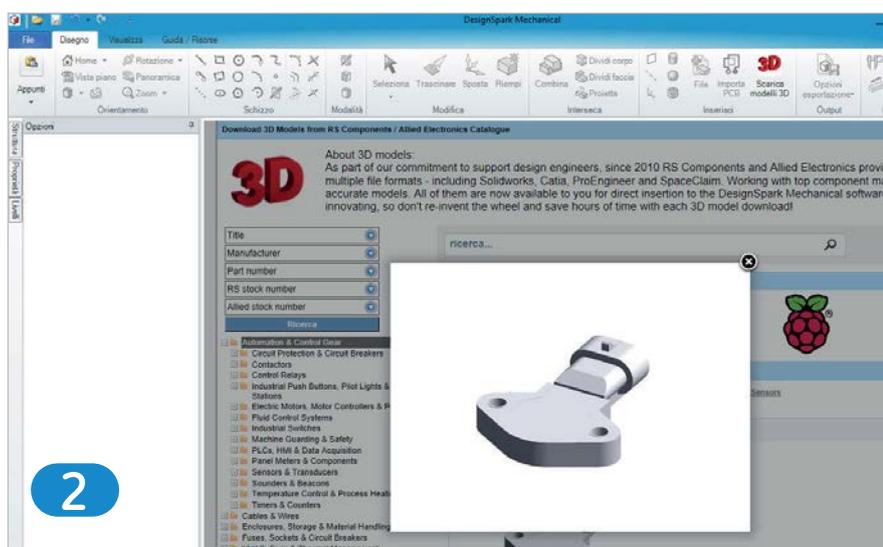
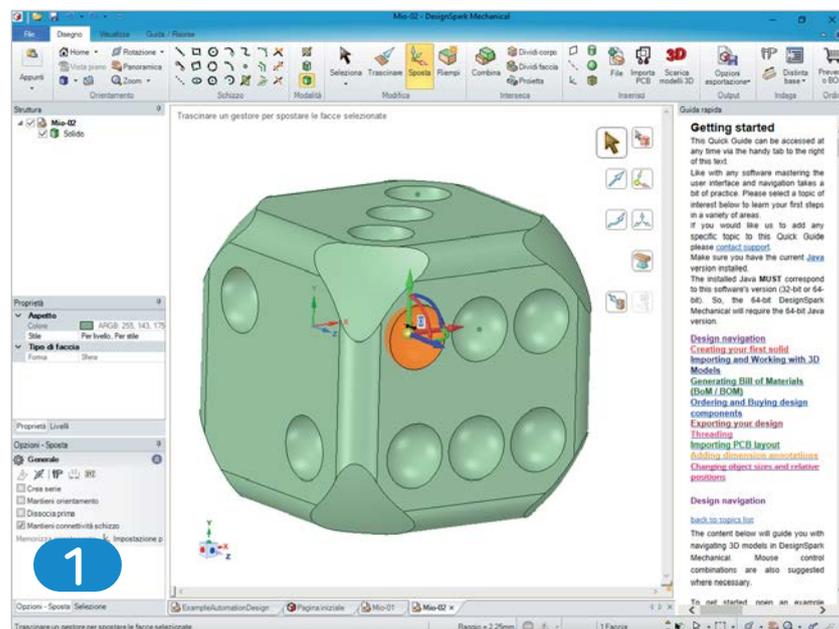
## DESIGNSPARK MECHANICAL

Mechanical è un Cad rivolto agli ingegneri alle prime armi, ma anche gli appassionati evoluti possono usarlo con profitto, dopo qualche ora passata a comprenderne la logica di funzionamento. Il primo approccio, infatti, non è dei più piacevoli, non tanto per l'interfaccia vera e propria ma piuttosto per

i vincoli che il programma impone al flusso di lavoro del progetto. In pratica, Mechanical costringe l'utente a lavorare in due oppure in tre fasi. La prima consiste nel disegno di forme 2D su una griglia dotata di snap magnetico, è attivo anche per i punti notevoli delle sagome già create. Queste forme dovranno poi essere estruse in 3D, dato che il software offre solo sfere e cilindri come forme geometriche di base già pronte da inserire nel progetto. Nella seconda fase si lavora in 3D,

senza alcuna griglia di riferimento ma in compenso con tutti gli strumenti tipici della modellazione solida. Infine nella terza fase, opzionale, si imposta una griglia in corrispondenza del solido su cui lavorare (lungo una faccia oppure in sezione), così da poter inserire e modificare nodi e spigoli.

L'area di lavoro è ordinata e classica, con al centro la finestra sul progetto, per default unica ma suddivisibile fino a quattro sezioni per vedere gli oggetti da diversi punti di vista con



**1.** Nella parte destra dello schermo è posto un pannello con utili indicazioni sulle operazioni di base.

Il programma permette di modificare i parametri delle forme anche quando fanno parte di un solido booleano.

**2.** Una caratteristica interessante di Mechanical è la disponibilità di una libreria con decine di migliaia di oggetti 3D di tipo ingegneristico e tecnico, pronti per essere inseriti nel progetto.



**DESIGNSPARK  
MECHANICAL**

Gratuito

**VOTO 6,5**

**+ PRO**

Ottime funzioni per il disegno 2D / Ricca libreria di oggetti tecnici 3D

**- CONTRO**

Flusso di lavoro macchinoso e troppo vincolato / In modalità 3D manca una griglia di riferimento

Produttore: DesignSpark, [www.rs-online.com/designspark/mechanical-software](http://www.rs-online.com/designspark/mechanical-software)

Un Cad parametrico può stabilire relazioni dimensionali tra più oggetti: così quando se ne modifica uno gli altri si adeguano, in automatico, di conseguenza

una sola occhiata. In alto sono raggruppate le icone dei comandi, a sinistra l'albero degli elementi, le proprietà dell'oggetto selezionato e le opzioni dello strumento attivo, infine a destra una guida rapida con i suggerimenti indirizzati ai neofiti.

**Nella modalità di disegno 2D** il set di strumenti è completo e permette di tracciare le sagome in maniera veloce e precisa, grazie anche alle funzioni di modifica che includono lo smusso, l'offset e il ritaglio dei segmenti. Naturalmente si può spostare la griglia di riferimento, per creare le forme a due dimensioni con diverso orientamento.

Nella sezione di modellazione 3D sono attivi gli strumenti per estrarre lungo una linea, una circonferenza o una curva qualsiasi tracciata in precedenza; con pochi clic si possono anche ottenere scavi con pareti dallo spessore costante.

Lo smusso degli spigoli va creato con la stessa funzione che estrude le facce, dopo aver scelto i bordi da trattare. Nel caso siano tanti, conviene modificare – nel menu a tendina che si apre con un clic sull'icona in basso a destra – il criterio con cui opera lo strumento di selezione, così da evidenziare gli spigoli racchiusi in una semplice area rettangolare. Come abbiamo già detto, in modalità 3D non è presente alcuna griglia di riferimento e gli spostamenti sono possibili solo trascinando le frecce che appaiono in corrispondenza del centro dell'elemento scelto. Questi spostamenti, lungo un asse alla volta, possono essere precisi grazie

alle caselle dove si scrive il valore numerico. In alternativa è possibile un movimento libero, ma impreciso perché mancano i riferimenti numerici. Nell'area di lavoro 3D non si possono inserire sfere e cilindri staccati, ma solo disposti sulla superficie di una figura già esistente. Quando si creano queste forme bisogna fare attenzione perché il programma le imposta per default in modalità additiva, quindi si fondono con l'oggetto su cui sono costruite.

**Per evitare la fusione** o per ottenere una sottrazione bisogna cambiare il parametro nel riquadro delle opzioni, ogni volta che si crea un nuovo elemento. La procedura per ottenere un'operazione booleana è macchinoso e sono necessari numerosi clic

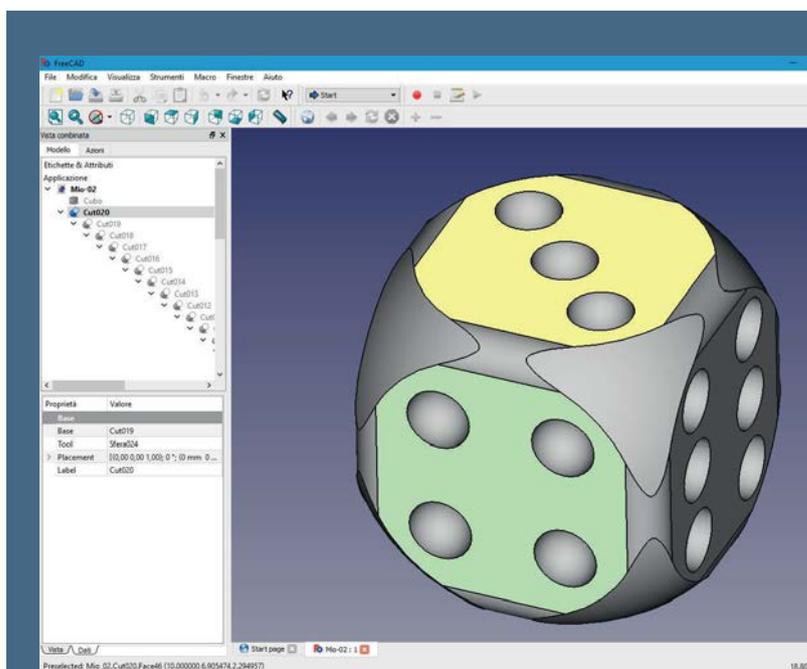
anche solo per una semplice sottrazione tra due forme. È facile sbagliare e per di più le indicazioni visualizzate non sono di grande aiuto perché, sebbene scritte in italiano, sono sibilline. Mechanical importa ed esporta i progetti in numerosi formati, tra cui Stl, Obj e Dxf. In più, può accedere a una ricca libreria di modelli 3D di tipo ingegneristico e tecnico, con decine di migliaia di elementi scaricabili e inseribili nel progetto.

## FREECAD

Il programma è un Cad vero e proprio, pensato più per i progettisti che per gli appassionati e i principianti, ma con qualche ora di apprendimento e molta

buona volontà anche questi ultimi possono usarlo per i propri lavori 3D. Il punto di forza di questo software sono le funzioni di modellazione parametrica, che consentono di modificare i dati dimensionali degli elementi anche quando questi sono stati usati per costruire forme complesse tramite operazioni booleane.

**Si può anche impostare una relazione tra una figura e l'altra**, così che quando si cambia la dimensione di una anche l'altra si adegua di conseguenza, in automatico. FreeCad è open source, funziona in Windows, Mac e Linux, e importa ed esporta i file 3D in numerosi formati, tra cui Step, Iges, Stl, Dxf, Obj. Per le sagome bidimensionali è disponibile il formato Svg.



Le operazioni booleane in FreeCad sono possibili solo con due oggetti alla volta, inoltre per ogni iterazione bisogna selezionare l'elemento creato dall'operazione precedente.



All'apertura del programma si apprezza la pulizia dell'interfaccia, ispirata a quella dei Cad più sofisticati come Pro-E e Catia. Per default l'ambiente di disegno è visualizzato in una sola finestra ma si possono aprire altre per avere punti di vista differenti. Sulla sinistra si trovano i pannelli con l'albero degli elementi e le proprietà della figura selezionata, mentre in alto sono allineate le icone degli strumenti disponibili. Il programma è suddiviso in sezioni, ciascuna dedicata a una particolare fase della progettazione e caratterizzata da un diverso insieme di comandi. Queste sezioni sono molte e includono il disegno 2D, la creazione di forme base 3D, l'assemblaggio di più oggetti tridimensionali. Il lavoro risulta però frammentato ed è

necessario saltare spesso da una sezione all'altra: per esempio, la creazione di un elemento 3D e il suo spostamento nella scena appartengono a due sezioni diverse. Per fortuna esiste la sezione Complete, che mostra tutti i comandi ma richiede un aggiustamento manuale della disposizione delle numerose icone, per rendere sempre visibili e subito accessibili quelle di uso più frequente. Un'altra stranezza di FreeCad riguarda la gestione del movimento degli oggetti nella scena.

**Quando viene utilizzato con il mouse**, lo strumento *Sposta* scatta, è lento e soprattutto impreciso, poiché manca lo snap sulla griglia di base. In alternativa bisogna ricorrere all'immissione manuale delle nuove coordinate

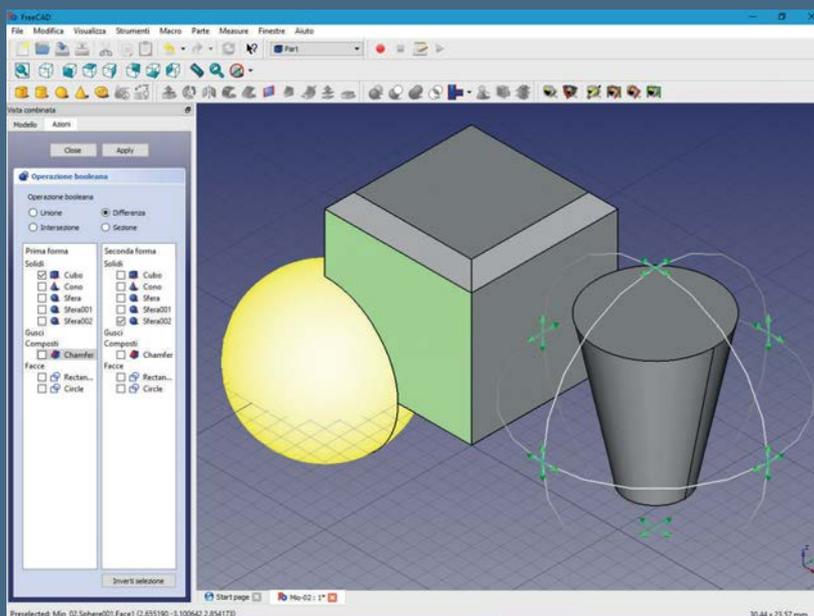
nel pannello a sinistra, un'operazione che ci riporta indietro di almeno vent'anni, quando i Cad non gestivano bene il mouse. In alternativa si può fare doppio clic sul nome dell'oggetto nell'albero gerarchico della scena, operazione che fa apparire intorno all'elemento selezionato una gabbia dotata di maniglie per uno spostamento più fluido e immediato, ma sempre senza snap sulla griglia.

Gli elementi 3D sono visualizzati in modalità ombreggiata, ottima per rappresentare anche i progetti più complessi, ma che non consente di vedere gli elementi nascosti all'interno di altri più grandi. Purtroppo non esiste una modalità trasparente e quella wireframe, chiamata *Reticolo*, è quasi inutilizzabile perché mostra un numero troppo

esiguo di curve: per esempio, una sfera è definita solo da una semicirconferenza.

Per quanto riguarda gli strumenti di modellazione, FreeCad non delude e offre un set completo, dal disegno di sagome 2D con successiva estrusione lineare o circolare alla creazione di smussi e raccordi precisi, modificabili in ogni momento. Si possono creare gruppi di oggetti, ma le copie delle forme non propongono i parametri di regolazione degli originali. Le operazioni booleane sono complete ma la loro applicazione è macchinosa perché coinvolgono solo con due figure alla volta. Inoltre, per ogni nuova operazione booleana bisogna selezionare l'elemento creato dall'operazione precedente, elencato insieme agli altri nella finestra dello strumento.

Per muovere un oggetto 3D si può usare una gabbia che circonda l'elemento, ma gli spostamenti non sono precisi perché manca uno snap magnetico alla griglia.



**FREECAD**

Gratuito

**VOTO 7,0**

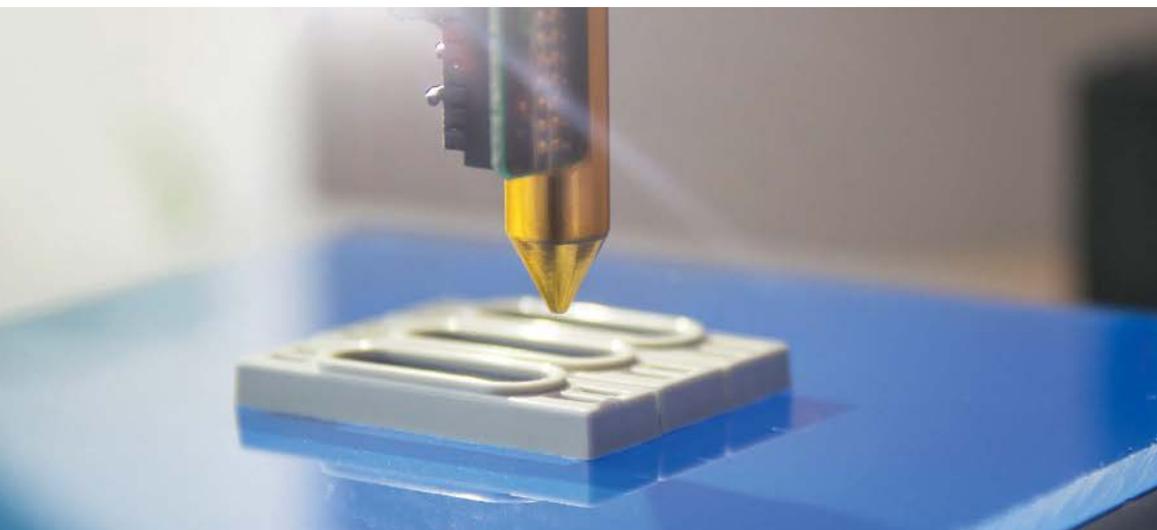
**+ PRO**

Set completo di strumenti per la progettazione 2D e 3D

**- CONTRO**

Flusso di lavoro molto frammentato / Movimento oggetti senza snap

Produttore: [www.freecadweb.org](http://www.freecadweb.org)



# SOFTWARE PER SCOLPIRE

Sono applicativi per gli artisti digitali che lavorano in 3D; grazie al computer modellano le forme organiche come uno scultore lavora la creta o un blocco di pietra.



**P**er creare un oggetto 3D non esistono solo i Cad, ma anche i software per scolpire. Anzi, nel caso si desideri creare una forma organica come un busto, un ritratto a tre dimensioni o una statua, un Cad è la scelta sbagliata, mentre un applicativo per scolpire è l'ideale. Quest'ultima scelta è consigliabile anche per creare un pezzo di design dalle superfici sinuose e complesse, come per esempio un casco protettivo per un ciclista.

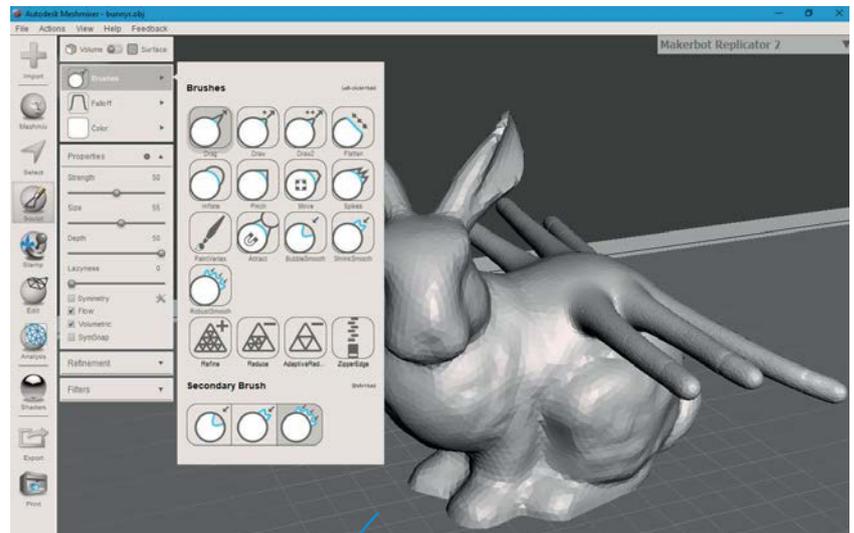
In un tipico programma per scolpire si inizia con un oggetto semplice, come una sfera, un cubo o anche un piano e poi gradualmente lo si modifica applicando scavi ed estrusioni, in maniera simile alle operazioni che uno scultore compie su un blocco di creta. Mentre quest'ultimo adopera una spatola, nel caso della scultura via computer lo strumento ideale è una tavoletta sensibile alla pressione, con una penna che

permette di imitare bene l'esperienza d'uso di uno strumento per la modellazione reale. Lavorare a schermo comporta un handicap notevole: la visualizzazione e il movimento dello strumento (la penna o anche il mouse) sono bidimensionali, non a tre dimensioni come una spatola o uno scalpello. Per superare almeno in parte questo limite bisogna ruotare spesso l'oggetto virtuale, non solo per osservarlo da diverse angolazioni ma anche per usare lo strumento con l'angolazione migliore rispetto alla superficie e al punto di vista.

**Per rendere più spedito il lavoro di creazione** di piccole statue di persone, animali o creature fantastiche, i programmi di questo tipo consentono di attivare un piano verticale di simmetria, per far sì che le modifiche apportate a una parte siano copiate e specchiate in automatico sull'altra

metà. Questo non solo velocizza la creazione della forma, ma permette di ottenere un risultato migliore, dato che in un volto umano, per esempio, è importante che i tratti somatici abbiano lo stesso aspetto sia a destra sia a sinistra. Per rendere più naturale il lavoro spesso si introduce una leggera asimmetria: basta disattivare il piano speculare e apportare le modifiche del caso. Un'altra funzione importante che un software per la scultura deve offrire è un sistema automatico che accresca la risoluzione della superficie dell'oggetto in corrispondenza dei dettagli più fini. In pratica questo si traduce in un aumento locale del numero di triangoli della mesh, che a sua volta costituisce la superficie della forma, così da evitare antiestetiche sfaccettature. L'algoritmo per aumentare i triangoli dovrebbe agire in tempo reale, in modo che l'utente possa vedere subito l'effetto delle modifiche apportate alla superficie. I software più completi offrono anche pennelli per colorare l'oggetto scolpito. È una funzione inutile per chi stampa con filo plastico monocromatico, ma è invece interessante per chi può usare una stampante 3D a colori, come quelle che spruzzano leganti con tinte Cmyk su sottili strati di polvere di gesso o di resina (Cjp, Color Jet Printing).

**Non sono molti gli applicativi specializzati nella scultura virtuale.** I più noti e diffusi, pensati per i professionisti, sono 3D-Coat, Autodesk MudBox, Geomagic Freeform e Pixologic ZBrush, forse il più famoso di tutti. Sebbene non così specializzati e completi, anche altri applicativi di modellazione 3D possiedono un discreto set di strumenti per questo tipo di lavori. Parliamo di Autodesk 3ds Max e Maya, il gratuito Blender, Foundry Modo, Maxon Cinema4D e McNeel Rhinoceros. Nel settore dei freeware la scelta si riduce ad Autodesk Meshmixer e Pixologic Sculptris, che abbiamo testato e descriviamo nelle prossime pagine.



## AUTODESK MESHMIXER

L'interfaccia di Meshmixer è amichevole e permette di selezionare velocemente lo strumento preferito, come il pennello Drag per creare estrusioni molto pronunciate.

Meshmixer è un programma creato per i possessori di stampanti 3D, che dispone sia di funzioni per riparare e ottimizzare le mesh (interessante la cucitura di forme diverse), sia di una sezione per la scultura a tre dimensioni, con un set di strumenti non troppo sofisticato ma comunque in grado di soddisfare le esigenze dell'appassionato. L'interfaccia è minimalista e lineare: le icone dei comandi sono allineate verticalmente a sinistra, ciascuna dotata di un menu retrattile anche a più livelli che appare solo quando serve. Lo schermo è occupato dall'unica vista in prospettiva o in assonometria. Il programma permette di inserire forme geometriche 3D di base, un piano,

simboli vari, parti del corpo di manichini, animali e alieni. La testa umana generica, per esempio, consente di non dover partire ogni volta da una sfera: così il lavoro di modellazione può essere concentrato solo sulle personalizzazioni dei tratti somatici.

**Si può scavare l'oggetto con forme geometriche 2D** (stamp) ripetute a intervalli regolari. Gli stamp forniti con il software sono pochissimi, ma è facile aggiungerne di personalizzati: basta una bitmap in scala di grigi, quadrata e con dimensione in pixel corrispondente a una potenza di due. Il software consente di attivare un piano di simmetria, comodo nel caso di



**AUTODESK MESHMIXER**

Gratuito

**VOTO 8,0**

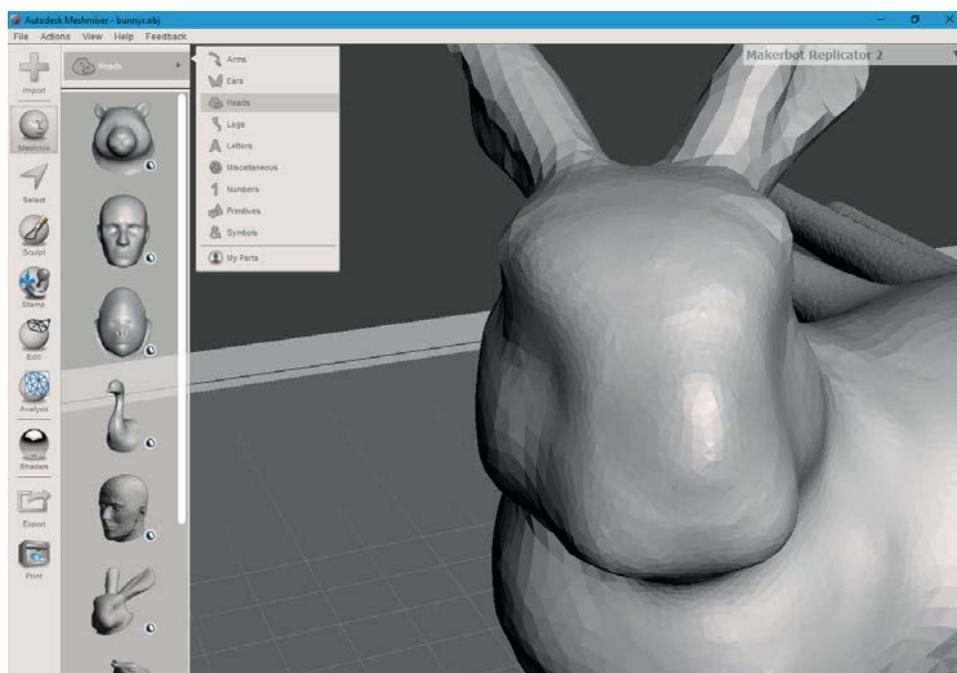
**+ PRO**

Interfaccia semplice e immediata / Facile creare estrusioni molto estese

**- CONTRO**

Tassellatura delle superfici limitata

Produttore: Autodesk, [www.meshmixer.com](http://www.meshmixer.com)



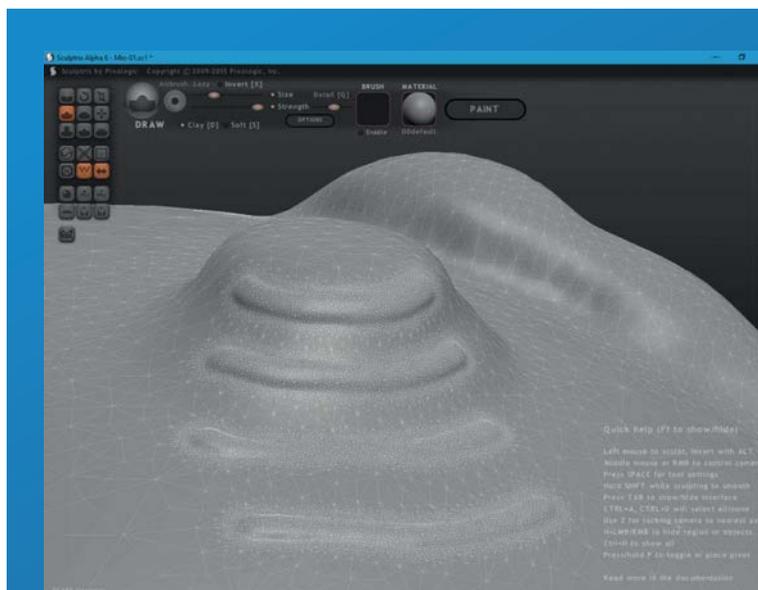
manichini e animali, che può essere non solo orientato come si desidera ma anche acceso e spento: si possono applicare pennellate solo da una parte e poi riprendere con la scolpitura simmetrica. Per default tutti i pennelli di Meshmixer portano la mesh 3D verso l'esterno, ma se si tiene premuto il tasto *Control* l'effetto si inverte e il solido viene scavato. Una caratteristica importante del programma di Autodesk è la rifinitura dinamica del reticolo di triangoli di cui è fatto l'oggetto. Questo permette di mantenere una buona qualità delle superfici anche quando si creano dettagli molto piccoli. L'incremento della densità della mesh è regolabile tramite parametri ad hoc, già impostati di default per ottenere il miglior compromesso tra qualità della superficie e velocità di visualizzazione. Se il numero di triangoli da visualizzare è troppo elevato per la potenza di calcolo del computer, infatti, l'anteprima 3D perde fluidità e non si può più lavorare in tempo reale. I risultati che si ottengono con il software di Autodesk sono però solo discreti, perché i triangoli sono sempre

visibili, anche dopo aver usato la funzione per infittire la mesh, che arriva fino a un certo punto, non sufficiente a rendere davvero liscia e uniforme una superficie complessa. Meshmixer propone due classi di pennelli per scolpire: Surface e Volume. Quelli del primo gruppo agiscono solo sulla superficie della forma 3D e la loro zona di influenza è rappresentata da un cerchio sempre parallelo alla superficie locale. Solo i pennelli

**La tassellatura delle superfici 3D è dinamica ma sempre troppo limitata; i triangoli sono sempre visibili, anche quando si usa il pennello Refine per renderli più fitti.**



Surface permettono l'uso degli stamp. I pennelli Volume modificano invece tutti i triangoli contenuti all'interno di una sfera, sempre visualizzata come semitrasparente nell'anteprima del programma. Con questi attrezzi il centro della zona di influenza non deve per forza stare sulla superficie della forma. Solo nella classe Volume troviamo il pennello Drag, che estrude la zona selezionata lungo un percorso definito con il mouse o con la penna di una tavoletta grafica, su un piano parallelo allo schermo. È l'ideale per creare corna, tentacoli, zanne. Per controllare in maniera più precisa queste estrusioni si attiva l'opzione Brush on Target, che blocca sulla superficie di un secondo elemento – definito come target (bersaglio) – il centro della sfera di influenza del pennello. Per esempio, se si sceglie un piano come bersaglio si ottengono tentacoli sempre appoggiati su di esso, anche se la vista è orientata in modo diverso. Ancora, l'opzione Attract to Target, usata insieme alla precedente, permette di ottenere effetti interessanti, come una superficie 3D spalmata su quella del bersaglio. Meshmixer importa ed esporta i modelli 3D in diversi formati, tra cui Obj e Stl.



**Un pregio di Sculptor è l'efficacia dell'algoritmo per la generazione automatica di triangoli, che infittisce la mesh 3D in corrispondenza dei dettagli più fini.**

## PIXOLOGIC SCULPTRIS

Sculptris è un programma intuitivo per scolpire partendo da una forma base, che può essere una sfera, un piano o una combinazione dei due. È perfetto per i principianti ma è adatto anche per gli utenti più esperti, dato che include tutti gli strumenti di base per scolpire. L'interfaccia è semplice: è costituita da pochi pulsanti disposti nell'angolo superiore sinistro, affiancati dai cursori per regolare i parametri dello strumento selezionato.

In basso a destra è presente un help sintetico dei comandi di base, mentre al centro domina la figura da elaborare, visualizzata grazie alle routine di accelerazione grafica OpenGL 2.0 e alla potenza di calcolo della Gpu di una scheda grafica Nvidia o Amd. Una Gpu recente e veloce consente di lavorare in maniera fluida anche con le forme più complesse e ricche di dettagli. Sculptris infittisce solo localmente e in automatico la mesh 3D dell'oggetto man mano che si aggiungono dettagli, così da mantenere una qualità elevata delle superfici ed evitare sfaccettature grossolane.

Questo processo è attivo sia quando si scolpisce sia quando si gonfia e si tira verso l'esterno la forma. Si può anche aumentare manualmente il numero di triangoli, ma solo sull'intero oggetto 3D. Nel caso di riduzione manuale, invece, sono disponibili le funzioni per applicare la modifica globalmente oppure in locale, grazie a un pennello dedicato. Gli strumenti disponibili per scolpire permettono di creare solchi, grinze, rilievi e rigonfiamenti; si può anche appiattire e lisciare, così da ammorbidire zone troppo incise. Per default il programma traccia un asse di simmetria a metà della sfera o del piano di partenza, così basta lavorare su una parte per vedere gli stessi tratti apparire sull'altra, specchiati.

Questo è un grande aiuto se si vuole creare un viso umano, il muso di una creatura, il corpo di un animale, nella grande maggioranza dei casi simmetrici rispetto a un piano verticale centrale. La simmetria è disattivabile per apportare modifiche solo a una parte dell'oggetto, ma questa operazione è in pratica irreversibile, dato che la riattivazione della simmetria comporta la copia automatica da una sezione all'altra delle modifiche già effettuate. Per

lavorare si può usare il mouse, ma il massimo di libertà creativa si raggiunge con una tavoletta grafica sensibile alla pressione e con uno stilo, che permettono di avvicinare la modellazione virtuale all'esperienza di uno

Sculptris infittisce solo localmente e in automatico la mesh 3D dell'oggetto mentre si aggiungono dettagli, così la qualità delle superfici rimane sempre elevata

scoltore che lavora un blocco di creta. Il mouse è sempre utile, però, dato che premendo la rotella o il tasto destro si ruota l'oggetto 3D, per mettere la parte da lavorare nella giusta posizione, mentre con la rotella si varia lo zoom. Una particolarità di Sculptris è il collegamento della dimensione del pennello allo zoom: più è forte l'ingrandimento minore è il diametro dello strumento.

Di primo acchito questa caratteristica confonde, ma in effetti ha un senso, dato che è normale usare un pennello fine nelle zone molto ingrandite. Sculptris

esporta e importa i modelli 3D in formato Obj e può scambiare – tramite il plug-in GoZ – i progetti con ZBrush, l'altro applicativo di Pixologic per la scultura virtuale, a pagamento e molto apprezzato dai professionisti e dagli appassionati più esperti. Sculptris permette di dipingere la forma 3D grazie alla generazione automatica delle coordinate Uv e di una texture con dimensioni massime di 2.048 x 2.048 pixel, salvabile anche insieme a una normal map o a una bump map.

Una volta passati alla modalità pittura, però, non si può più tornare indietro a quella di modellazione. Applicare i colori o una texture all'oggetto non ha alcuna influenza sulla stampa 3D se si usa un'unità a filo plastico o a liquido fotosensibile, è invece utile se la stampa è effettuata con una macchina in grado di creare oggetti 3D a colori.



## PIXOLOGIC SCULPTRIS

Gratuito

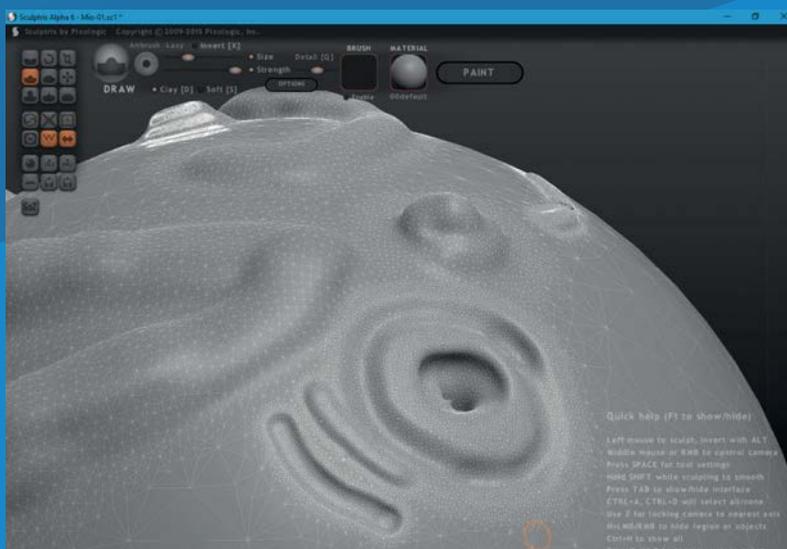
VOTO 8,0

**+ PRO**  
Interfaccia semplice e immediata / Efficace la tassellatura automatica

**- CONTRO**  
Forme di partenza limitate a sfera e piano / Gestione della simmetria migliorabile

Produttore: Pixologic,  
<http://pixologic.com/sculptris>

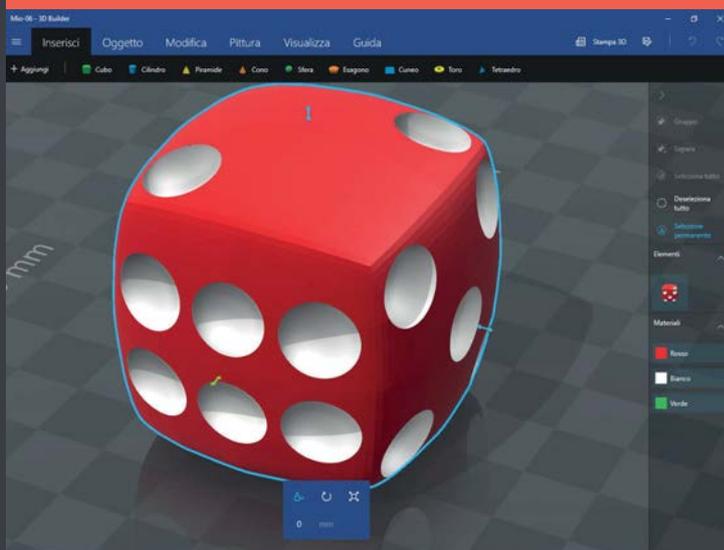
Per default, tutti i pennelli per scolpire producono solo estrusioni sulla superficie. Per creare scavi bisogna tenere premuto il tasto Alt durante la pennellata.



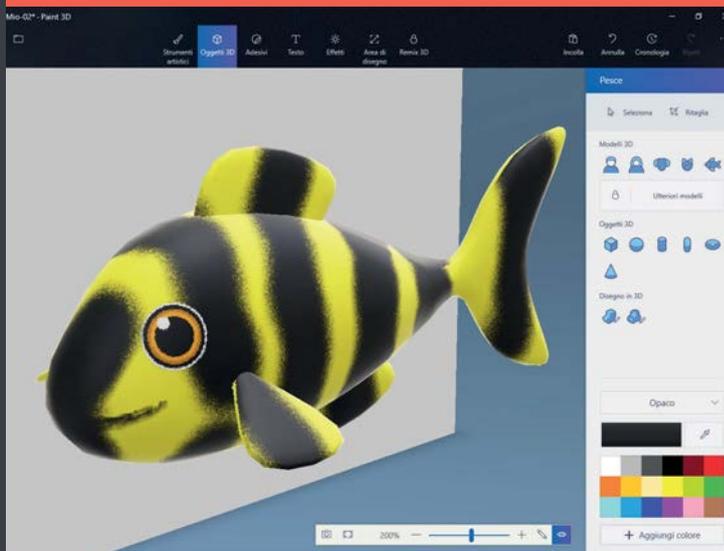
# MICROSOFT E IL 3D PER TUTTI

**M**icrosoft sta puntando molto sul 3D e sulla realtà virtuale; l'ultimo aggiornamento di Windows 10, chiamato Creators Update e rilasciato nel corso dello scorso mese di aprile, amplia la dotazione di strumenti dedicati a queste funzioni, che ora comprende i programmi 3D Builder, Paint 3D, l'App 3D Capture Experience e Remix 3D ([www.remix3d.com](http://www.remix3d.com)), una piattaforma Web dove gli appassionati di modellazione e stampa 3D possono caricare e condividere le loro creazioni.

**3D Builder** è un programma semplice e intuitivo per la creazione di oggetti 3D tramite assemblaggio di forme base, che poi possono essere dipinte ed esportate nei formati 3mf, Stl e Obj. Naturalmente l'applicativo può anche caricare oggetti già pronti, sempre in questi formati. L'interfaccia di 3D Builder è ordinata e amichevole, conforme ai più recenti canoni stilistici di Microsoft. L'area di anteprima è una finestra unica in prospettiva, resa in modo realistico grazie ai colori, alle luci automatiche e alle ombre (gli elementi 3D possono apparire anche semitrasparenti). Nella parte alta dello schermo sono disposti i nomi dei gruppi di funzioni, come Inserisci, Oggetto e Modifica, e un clic su di essi fa apparire un menu con i comandi relativi. A destra è visibile un pannello con le funzioni per selezionare e raggruppare, mentre subito sotto si trova l'elenco delle parti inserite nel progetto. Infine, in basso è posizionato un piccolo riquadro per muovere, ruotare e scalare gli oggetti selezionati, che permette di inserire valori numerici

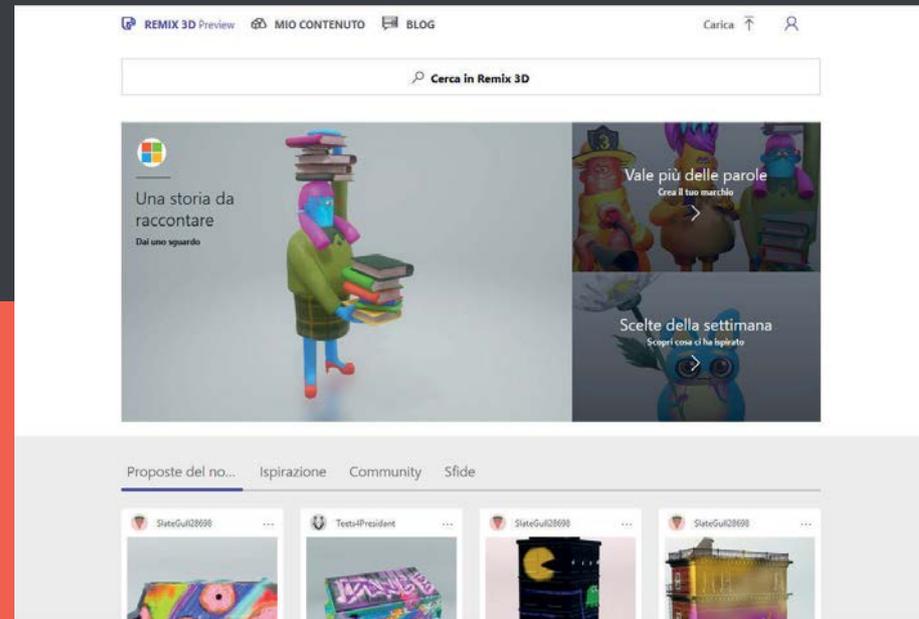


3D Builder impiega un'area di lavoro molto semplice e intuitiva, ideale per mettere a suo agio l'utente alle prime armi. Gli strumenti di creazione delle forme sono allineati in alto, mentre a destra sono disposte le funzioni per selezionare e raggruppare.



Paint 3D prende lo spunto da Paint, il semplice programma di Microsoft per dipingere, da tempo presente in Windows: offre una serie di funzioni per la pittura su elementi a tre dimensioni, rapida e intuitiva ma anche piuttosto limitata.

precisi. Manca uno snap magnetico alla griglia, mentre è invece presente quello ai punti notevoli degli oggetti. 3D Builder offre solo i classici solidi elementari e non permette il disegno né l'estrusione di sagome 2D, in compenso dispone di uno strumento per creare rilievi o scavi sulle superfici, definiti con testi, forme 2D già pronte oppure immagini bitmap in scala di grigio. Il set di operazioni booleane è completo, dato che comprende l'unione, la sottrazione e l'intersezione. Il software ha però grossi problemi con quest'ultima operazione, e l'applicazione in sequenza di trasformazioni booleane può causare errori e artefatti poiché il programma lavora con mesh di triangoli, e non con forme matematiche. Praticamente inutilizzabile è poi la funzione per creare smussi, che invece di trattare solo gli spigoli coinvolge sempre le facce intere. Utili sono gli strumenti per tagliare in due un solido, per semplificare la mesh 3D e per misurare la distanza tra due punti. Il programma è dotato anche di una sezione molto elementare dedicata alla pittura, che permette di applicare una texture oppure colorare. In quest'ultimo caso è consentito impostare l'ampiezza del pennello, ma le zone colorate si estendono sempre su quadrilateri interi della mesh, quindi i confini delle pennellate sono sempre molto scalettati, a meno che raggiungano uno spigolo del solido. 3D Builder può esportare il progetto direttamente verso una stampante 3D collegata al computer oppure inviarlo al service online [i.materialise.com](https://i.materialise.com).



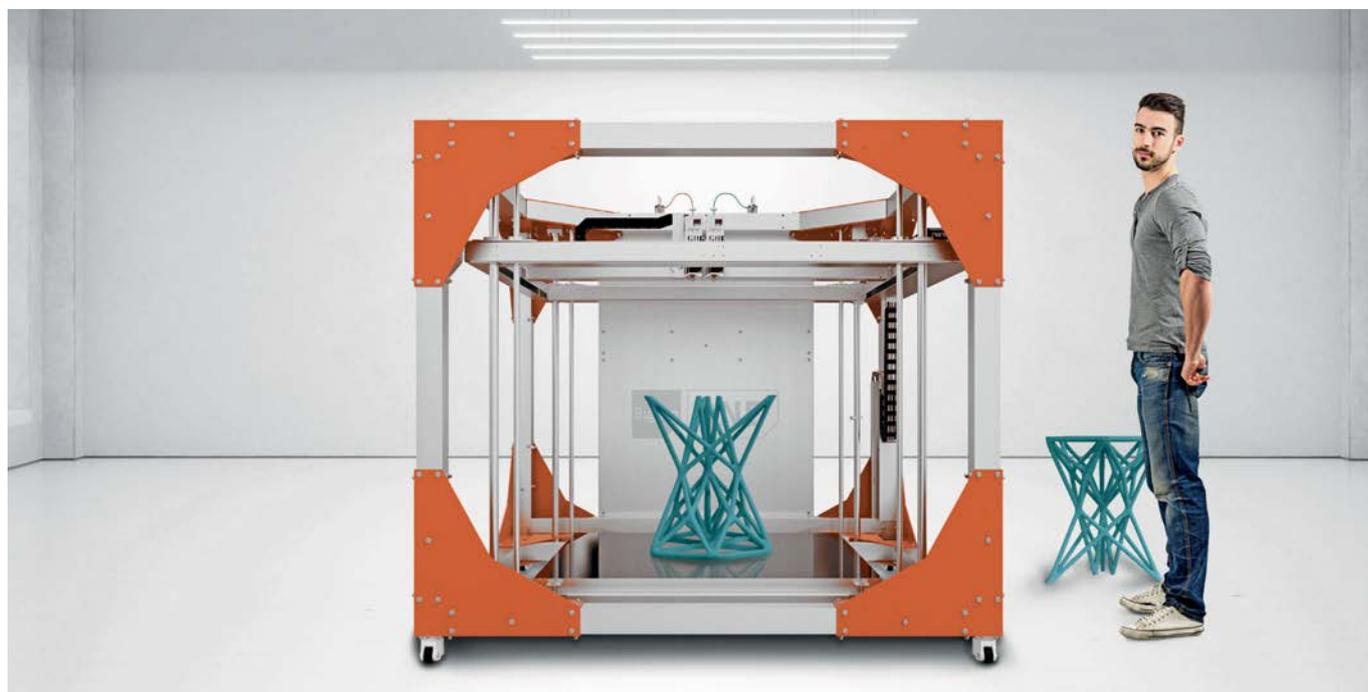
**Remix 3D è una piattaforma Web dove gli appassionati di modellazione e stampa 3D possono caricare e condividere le loro creazioni.**

**Paint 3D** prende lo spunto da Paint, il semplice programma di Microsoft per dipingere, da tempo presente in Windows: offre una serie di funzioni per la pittura su elementi a tre dimensioni, rapida e intuitiva ma anche piuttosto limitata. Paint 3D propone per default un foglio su cui si possono applicare tratti colorati con una matita, una penna, un pennello, un aerografo e poco altro, ma può anche caricare un progetto 3D in formato 3mf. In alternativa l'utente può disporre nel progetto alcune semplici forme base (due manichini e tre

animali domestici stilizzati) o tracciare una sagoma che poi il programma estrude (senza regolazioni di sorta) con contorni morbidi o netti. Si passa quindi alla pittura, con gli strumenti già citati e con l'applicazione di forme standard colorate, texture, piccoli disegni già pronti e scritte. Ogni figura colorata può anche diventare una sottile sagoma 3D. Mentre si colora la visualizzazione è sempre frontale in prospettiva, ma si può ruotare l'oggetto per dipingerlo su tutti i lati. Se si interrompe il lavoro è consentito ruotare il punto di vista per osservare il modello da angolazioni diverse. Quanto la decorazione è terminata si esporta il progetto come immagine 2D oppure come file 3D in formato Fbx.

**3D Capture Experience** è un'App presentata a ottobre 2016 e inizialmente indicata come parte del Creators Update, insieme a 3D Builder e a

Paint 3D. L'App permette di generare una forma 3D a partire da una ripresa di un oggetto fisico, che dev'essere inquadrato da tutte le angolazioni. L'algoritmo non solo genera una nuvola di punti nello spazio tridimensionale per poi costruire la mesh che rappresenta la superficie, ma produce anche una texture con i colori reali, sempre ricavati dalle stesse riprese e applicati sull'elemento 3D. Tutto avviene in modo automatico, senza interventi da parte dell'utente. I piani di Microsoft prevedevano di rendere disponibile l'App non solo per gli smartphone Windows 10 ma anche per quelli Android e iOS. Purtroppo, però, l'App è sparita dai radar, e non è stata rilasciata insieme al Creators Update. Possiamo solo sperare che questo ritardo sia dovuto a difficoltà di messa a punto e di esportazione nei diversi sistemi operativi e che prima o poi arrivi al grande pubblico di appassionati del 3D.



# STAMPANTI 3D, UNA PANORAMICA

Per capire quale stampante 3D a filo plastico tra le molte disponibili è più adatta alle proprie esigenze è fondamentale conoscerne bene i parametri tecnici fondamentali.

Il termine *stampante 3D* è usato per descrivere una macchina capace di creare un oggetto tridimensionale completo e dalla forma complessa, partendo da uno o più materiali grezzi: tipicamente in polvere, allo stato liquido o sotto forma di filo. Le stampanti più diffuse tra gli appassionati

sono quelle che usano un filo di materiale polimerico termoplastico (Fff, *Fused Filament Fabrication* o anche Fdm *Fused Deposition Modeling*) che devono il loro successo alla relativa economicità (si parte da circa 300 Euro per le unità pronte all'uso, e circa la metà per i kit da assemblare), alla semplice

gestione del materiale grezzo fornito in rocchetti e alla capacità di usare materie plastiche differenti per robustezza, elasticità, peso, finitura superficiale e colore. Queste plastiche possono essere omogenee di tipo Abs (Acrilonitrile-butadiene stirene), Pla (PolyLactic Acid, basato sull'amido vegetale

ricavato dal mais e biodegradabile), Ppsf (Polyphenylsulfone), Petg (Polietilene Tereftalato), policarbonato, politermide. Sono disponibili anche **fili compositi, costituiti da una resina legante** (Pla, per esempio) e da particelle di metallo (rame, ottone, bronzo, acciaio inox), legno o ceramica, che possono

Il materiale grezzo per le stampanti a filo termoplastico è fornito in bobine ed è disponibile in numerosi colori, utili per creare oggetti con parti di tinte diverse

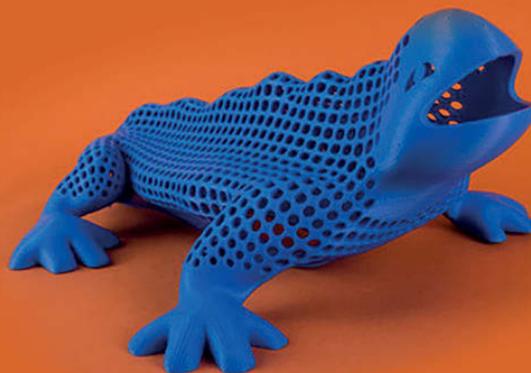


arrivare all'80% del composto e apparire sia come aspetto sia come peso simili ai materiali puri da cui derivano le particelle. Il filo, in genere di diametro pari a 1,75 o 3 millimetri, è riscaldato e fuso da un estrusore, mosso da un sistema meccanico in modo da deporre il materiale su un piano orizzontale. L'oggetto viene così creato gradualmente in strati orizzontali molto sottili (tipicamente 0,1 - 0,5 millimetri), sovrapposti uno dopo l'altro fino al completamento della forma.

L'estrusore è formato dall'**hot-end**, la parte calda con un ugello (può raggiungere i 350 gradi centigradi) che scioglie e deposita il materiale tramite un ugello, e dal **cold-end**, dispositivo costituito da un motore elettrico e da un sistema di trascinamento che spinge il filamento verso la zona di fusione. Il cold-end può essere solidale con l'hot-end mobile (estrusore diretto) oppure separato e fissato al telaio della macchina, vicino al rocchetto (estrusore bowden).

**Nel primo caso la forza di trascinamento generata** dal motore del cold-end è trasferita al filo senza dispersioni, ma l'estrusore ha massa e inerzia maggiori; perciò richiede un sistema meccanico per lo spostamento più robusto e motori più potenti per essere mosso a velocità adeguata e con la precisione richiesta.

Nella configurazione bowden il filo scorre in un tubo flessibile di teflon per ridurre l'attrito tra il cold-end fisso e l'hot-end mobile, ma una parte della forza impressa al filo dal motore di trascinamento va dispersa, e serve un motore più potente. In compenso l'estrusore è più compatto e leggero, può muoversi a velocità maggiore e con una precisione più elevata. In definitiva, un estrusore diretto è più semplice di uno bowden ma meno veloce e preciso. Entrambe le tipologie di estrusore sono basate su un motore di avanzamento del filo di tipo



## DOVE TROVARE MODELLI 3D GIÀ PRONTI?

Chi non vuole o non può progettare da zero un oggetto 3D ha buone probabilità di trovare sul Web ciò che gli serve: ormai sono parecchi gli archivi dedicati a questo genere di articoli, ricchi di decine di migliaia di elementi in formato Stl e pronti da stampare. La gran parte di questi oggetti è stata creata da appassionati che poi li hanno condivisi, molto spesso gratuitamente, talvolta a pagamento ma con prezzi di solito ragionevoli. Una volta scaricato il file nulla vieta di modificare l'elemento 3D per adattarlo alle proprie necessità.

Qui di seguito trovate alcuni dei siti più quotati, con le librerie di modelli 3D più ricche, ma chi vuole compiere una ricerca sul Web può ricorrere a motori di ricerca specializzati in questo tipo di oggetti, come Stlfinder ([www.stlfinder.com](http://www.stlfinder.com)), Yeggi ([www.yeggi.com](http://www.yeggi.com)) o Yobi3D ([www.yobi3d.com](http://www.yobi3d.com)).

### CULTS

<https://cults3d.com/en>

I gestori del sito verificano che i modelli caricati siano adatti alla stampa 3D e li organizzano in gruppi, come arte, gioielleria, architettura e gadget. Molti modelli sono gratuiti, altri vanno acquistati ma i prezzi sono ragionevoli. È necessaria la registrazione per il download.

### GRABCAD

<https://grabcad.com/library/software/stl>

Un sito dedicato agli ingegneri e ai progettisti professionali che si scambiano pezzi meccanici di ogni genere, per rendere più veloce la progettazione delle macchine. Esiste una ricca sezione dedicata ai modelli Stl, tutti gratuiti. I file sono scaricabili anche senza doversi registrare.

### GTRADER

[www.cgtrader.com](http://www.cgtrader.com)

Il sito è suddiviso in tre biblioteche principali, con oggetti per la realtà virtuale e i giochi, per i professionisti della grafica 3D e per la stampa. Quest'ultima sezione include più di 10.000 modelli pronti da stampare, sia gratuiti sia a pagamento. La registrazione è obbligatoria.

### NIH 3D PRINT EXCHANGE

<https://3dprint.nih.gov>

Una biblioteca riservata alla scienza, che include modelli di organi umani (molto ricca la sezione dedicata al cuore), protesi mediche, strutture molecolari a scopo

didattico. Tutti gli elementi sono scientificamente accurati. Non è necessaria la registrazione.

## SKETCHFAB

<https://sketchfab.com>

L'archivio è orientato ai personaggi e alle sculture, ma è comunque ricco anche di oggetti di ogni genere, alcuni gratuiti altri a pagamento. I file per le stampanti 3D sono solo una parte di quelli catalogati. Per scaricare gli elementi 3D è necessario essere iscritti.

## THINGIVERSE

[www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)

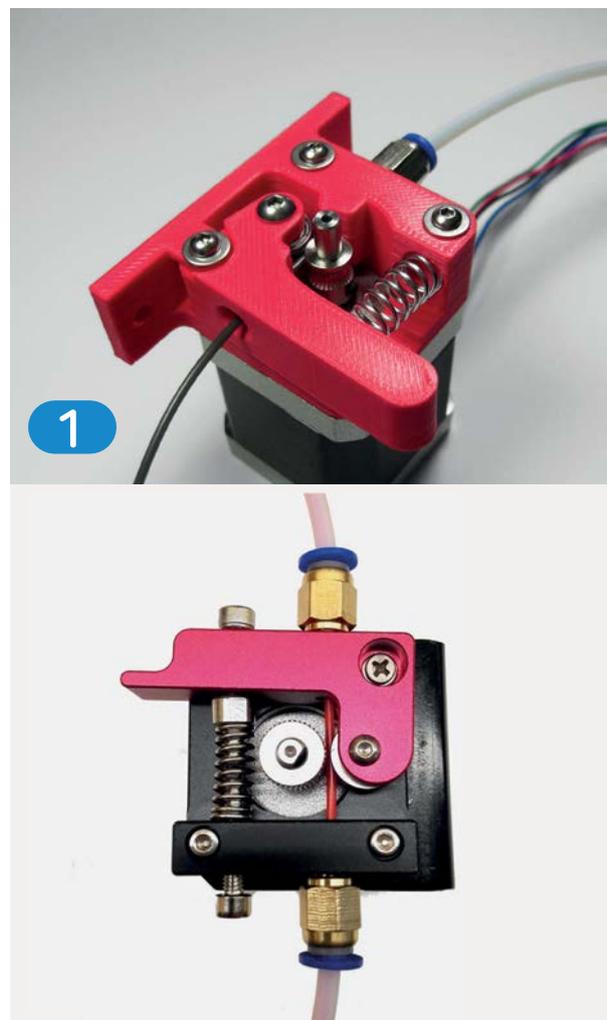
Probabilmente in assoluto l'archivio più ricco di modelli 3D

pronti da stampare, è gestito da MakerBot, l'azienda creatrice delle stampanti 3D Replicator, ed è costantemente arricchito da una nutrita comunità di appassionati. Per il download dei modelli non è necessaria la registrazione.

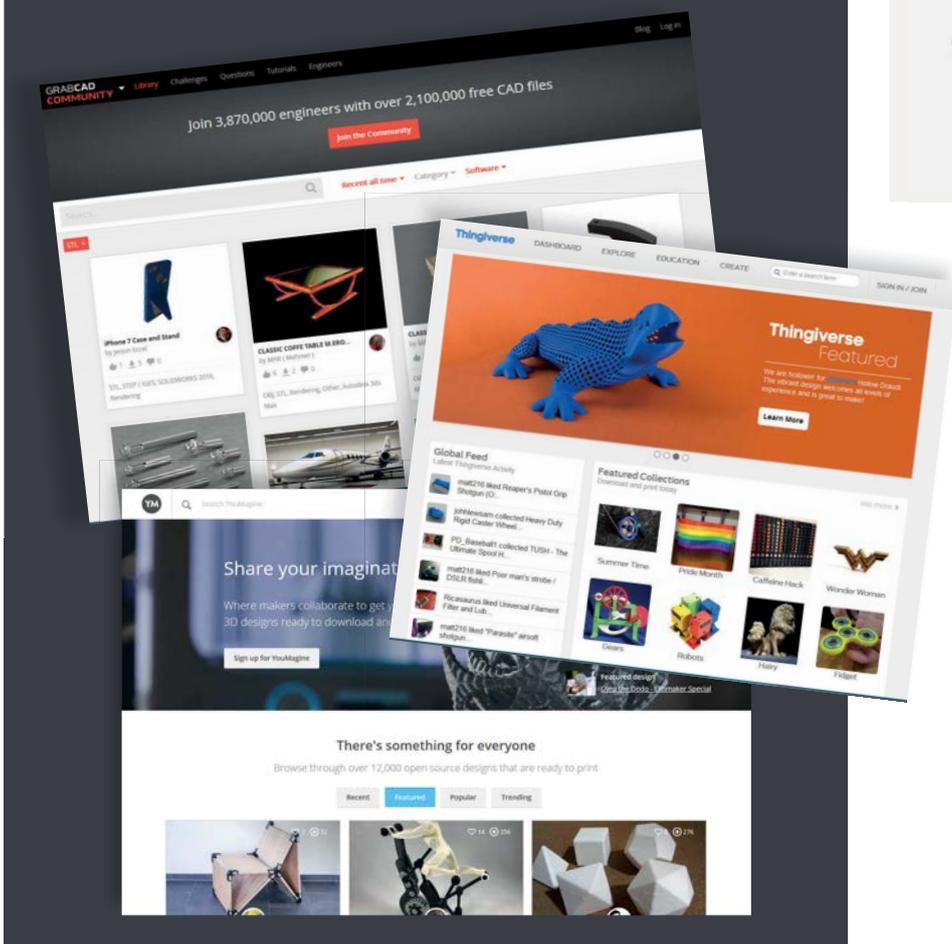
## YOUMAGINE

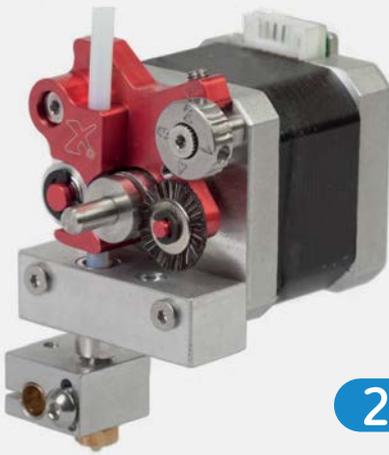
[www.youmagine.com](http://www.youmagine.com)

Un sito creato nel 2013 e gestito da Ultimaker, l'azienda americana produttrice delle omonime stampanti 3D. Sono disponibili oltre 12.000 modelli in formato Stl, perfetti per le macchine Ultimaker ma compatibili anche con altre stampanti 3D. Il download non richiede registrazione.



passo passo (stepper), che può agire sul filo tramite un pignone oppure grazie a un sistema di demoltiplica a ingranaggi. Nel secondo caso il movimento è più fluido e maggiore è la forza applicata, due caratteristiche che migliorano la regolarità di alimentazione dell'hot-end. Ancora, alcuni modelli di stampanti sono dotate di due estrusori affiancati, per stampare oggetti con colori diversi o anche con materiali differenti. Così si possono creare in un sol colpo elementi costituiti da parti rigide e morbide, per esempio, oppure usare una plastica solubile in acqua solo per i supporti che sostengono le parti a sbalzo, per rimuoverli con un semplice bagno una volta terminata la costruzione.





Un'altra caratteristica importante è il piatto base su cui appoggia l'oggetto in costruzione. Questo piatto deve essere orizzontale e nelle stampanti migliori è riscaldato, così da fondere leggermente il primo strato di materiale rendendolo viscoso per garantire un bloccaggio perfetto della forma 3D. Durante la costruzione, infatti, è fondamentale che l'oggetto non si muova. Se il piatto non è riscaldato è necessario usare uno spray, un foglio o un nastro adesivo per garantire che la forma da costruire sia solidale con la base. Il piatto base può essere fisso oppure mobile: nel primo caso è l'estrusore a compiere tutti i movimenti necessari per la stampa 3D, sia sul piano orizzontale XY sia in verticale lungo

**1.** La parte cold-end di un estrusore di tipo bowden è composta da un motore e da una puleggia dentata, che spingono il filo plastico all'ugello riscaldato (hot-end).

**2.** Un estrusore diretto unisce il motore di avanzamento e l'ugello riscaldato. Il primo spinge il filo, il secondo lo fonde e lo deposita.

**3.** Le dimensioni e la massa di un estrusore diretto possono essere piuttosto grandi, tali da limitare la velocità di movimento e allungare di conseguenza i tempi di creazione dell'oggetto.

l'asse Z. Se invece l'estrusore si sposta solo in orizzontale, allora è la base a muoversi verso il basso, per compensare la crescita in altezza dell'oggetto in formazione. In alcune configurazioni l'estrusore si muove in orizzontale lungo l'asse X e in verticale sull'asse Z, mentre il piano si sposta invece lungo la direttrice Y.

**Il meccanismo che muove l'estrusore è composto da una struttura articolata** mossa da motori elettrici passo passo, con elementi disposti secondo tre configurazioni di base: cartesiana, a delta, polare. La prima è di gran lunga la più diffusa, per via della semplicità degli algoritmi che controllano i tre motori (o gruppi di motori) usati, ciascuno dedicato al movimento lungo un asse cartesiano X, Y, Z. In pratica, l'estrusore è solidale con un carrello che si muove lungo una rotaia dritta, a sua volta vincolata a due carrelli alle estremità, che scorrono lungo due binari paralleli tra loro e perpendicolari alla prima. Il tutto è mosso in verticale da un altro motore e dai relativi carrelli, lungo guide verticali. Questa struttura garantisce una buona precisione dei movimenti ma la velocità non è molto elevata, per via dell'inerzia di tutti gli elementi meccanici in moto coinvolti. Il movimento cartesiano dell'estrusore è

possibile anche con un'articolazione a pantografo (solo X e Y) oppure con una configurazione chiamata a delta, costituita da tre binari verticali disposti ai vertici di una base a triangolo equilatero e da altrettanti carrelli motorizzati che scorrono su di essi. A ciascun carrello è fissato un braccio composto da un quadrilatero deformabile e i tre bracci convergono verso il centro, attaccati a una piattaforma che contiene l'estrusore. Lo spostamento verticale differenziato dei tre carrelli provoca il movimento dell'estrusore in orizzontale, se invece lo spostamento è uguale per tutti i carrelli l'estrusore si muove solo in verticale. Questa soluzione ha il vantaggio di permettere una

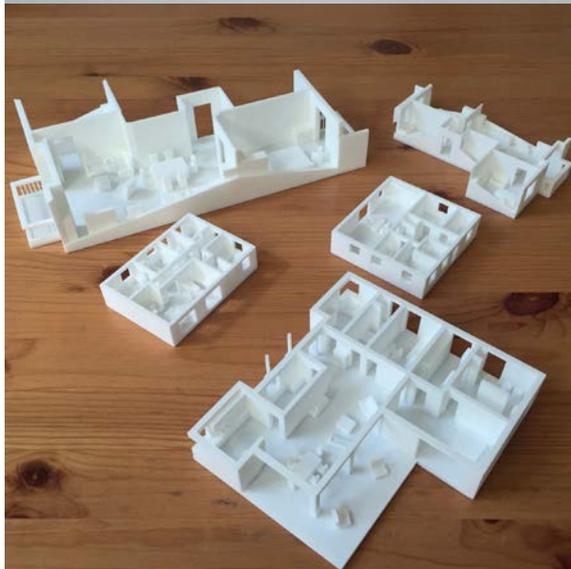
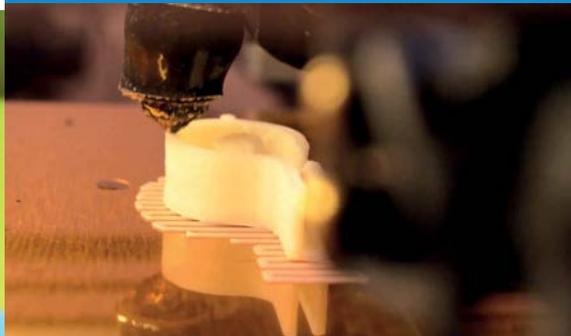


Il piatto base deve essere orizzontale e nelle stampanti migliori è riscaldato



velocità più alta dell'estrusore, ma gli algoritmi che comandano i movimenti sono più complessi. Inoltre una stampante a delta è molto più alta di una cartesiana pura, per via dello spazio occupato dai tre bracci. La configurazione polare, infine, prevede l'impiego di un piatto rotante, mentre l'estrusore è fissato a una struttura con solo due gradi di libertà, così da compiere i movimenti lungo il raggio del piatto e in verticale (in alternativa è il piatto a muoversi verticalmente, con l'estrusore dotato del solo moto radiale). La massa dell'intero piatto con l'oggetto in costruzione fissato sopra è notevole e la sua rotazione comporta un'inerzia importante, di conseguenza la velocità di rotazione è bassa e i tempi di stampa sono più lunghi rispetto a quelli delle altre configurazioni.

**Dal punto di vista delle prestazioni,** una stampante 3D è caratterizzata dal volume di stampa, dalla risoluzione e dalla velocità. Per volume di stampa si intende il volume massimo che l'oggetto da creare può occupare sul piatto base, comprese eventuali strutture di sostegno. Le unità più economiche sono in genere anche le più compatte e possono creare oggetti molto piccoli, per esempio con un volume di 10 x 10 x 10 centimetri. Una buona stampante Fff amatoriale può arrivare a



Le caratteristiche principali di una stampante 3D sono il volume di stampa, la risoluzione e la velocità

15 x 15 x 15 cm o anche a 25 x 25 x 25 cm, mentre per salire ancora bisogna considerare unità professionali, capaci di gestire anche volumi di un metro cubo, ma con costi di parecchie migliaia di Euro (come la BigRep One, una macchina grande 185 x 225 x 172,5 cm e capace di lavorare oggetti di 100 x 100 x 100 cm, che costa circa 28.000 Euro). La risoluzione è indicata in micron (un micron è pari a un millesimo di millimetro) ed è spesso fornita con due valori, relativi al piano orizzontale XY e all'asse verticale Z. Più sono piccoli questi valori meglio è, dato che da essi dipendono sia la dimensione minima dei particolari riproducibili sia il grado di uniformità delle superfici. Una tipica stampante Fff ha una risoluzione orizzontale e verticale pari a 100 - 300 micron, ma le migliori possono scendere anche a 10 micron in orizzontale e in verticale. Bisogna tenere presente, però, che alla risoluzione è legato anche il tempo di stampa, perché l'estrusore deve disporre il materiale su un numero più elevato di strati. In genere la velocità di stampa è misurata come valore lineare (mm/s) oppure come volume (cm<sup>3</sup>/h).

Infine, la quasi totalità delle stampanti 3D è dotata di un lettore di schede Sd per caricare il progetto tridimensionale elaborato dallo slicer e creare l'oggetto in maniera autonoma, senza dover essere comandata da un computer. Questa caratteristica non è un gadget inutile, dato che il processo di stampa può durare anche parecchie ore: non essere obbligati a tenere il computer acceso e collegato per tutto questo tempo non solo è comodo ma permette anche un risparmio di corrente.



# LE STAMPANTI 3D A FILO PLASTICO

Le stampanti 3D disponibili sul mercato sono molte e la scelta del modello più adatto alle proprie esigenze non è un compito facile. Ecco una carrellata dei modelli a filo più diffusi.

**I**l mercato delle stampanti 3D che usano un filo di materiale plastico è molto affollato. I prodotti di questo tipo sono numerosi e alcuni di questi sono disponibili anche come kit da montare, un'opzione che consente di risparmiare anche un terzo del prezzo di acquisto ma che richiede una certa conoscenza nell'assemblaggio di apparecchiature meccaniche ed elettroniche.

Nelle prossime pagine troverete una veloce carrellata dei modelli più interessanti per il settore hobbistico, apprezzati dagli appassionati di stampa 3D per il loro ottimo rapporto prezzo/prestazioni.

## FABTOTUM [www.fabtotum.com](http://www.fabtotum.com)

Questa azienda italiana è nata grazie al crowdfunding (la prima versione della loro stampante 3D è stata oggetto di una campagna di raccolta fondi di grande successo su Indiegogo)



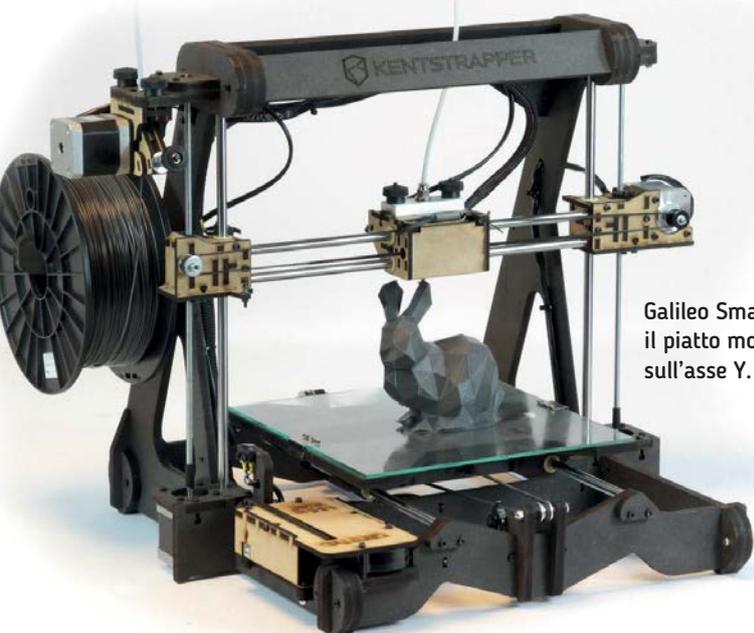
Personal Fabricator è un cubo di 36,6 cm di lato.

Il volume di stampa è pari a 21 x 24 x 24 cm.

ed è cresciuta nel corso degli anni fino a entrare nel gruppo Zucchetti. La sua proposta è indirizzata agli utenti di livello semiprofessionale e professionale, e include stampanti con caratteristiche molto interessanti e originali: alla base dell'offerta si trova Fabtotum Personal

Fabricator CORE, un'unità versatile grazie a un ingegnoso sistema a testine intercambiabili. Oltre alla tradizionale testina di stampa a filo plastico, la stampante può infatti ospitare anche una testina di fresatura cnc e una per l'incisione o il

taglio laser. Le specifiche della connessione tra la macchina e le testine sono disponibili per tutti gli appassionati, che (con le giuste competenze) possono progettare nuove testine per svolgere compiti differenti o per gestire altri materiali.



Galileo Smart ha il piatto mobile sull'asse Y.



Zero produce oggetti fino a 26 x 26 x 28 cm.



Verve ha un'area di lavoro di 20 x 20 x 20 cm.

Esternamente, il Personal Fabricator è un cubo di 36,6 cm di lato, mentre il volume di stampa è pari a 21 x 24 x 24 cm; la risoluzione è di 50 micron, mentre la velocità di estrusione raggiunge i 150 mm/s. Il piatto è riscaldato (nella versione Pro), e le altre caratteristiche hardware ne completano la dotazione: 8 Gbyte di memoria interna, firmware basato su Raspberry Pi, con 4 porte Usb, Wi-Fi e connessione

Ethernet. La versione Lite parte da 1.218,78 Euro, a cui bisogna aggiungere il costo del letto di stampa (30,38 Euro la versione fredda, 96,38 Euro quello riscaldato) e almeno una testina (242,78 Euro per la testina di stampa e fresatura, 303,78 Euro per quella di incisione e taglio laser). Il bundle Core Lite Ultimate Package comprende tutto il necessario per la stampa a filamento e costa 1.487,18 Euro.

## KENTSTRAPPER

<http://kentstrapper.com>

L'azienda italiana è stata fondata nel 2011 e ha iniziato con la produzione di stampanti 3D derivandole dai progetti open source sviluppati dalla community RepRap. Il catalogo attuale è variegato, poiché include due

macchine economiche, due più avanzate (complete di cabinet) e una professionale, tutte dotate di piatto base riscaldato. Galileo Smart (974,78 – 1.224,88 Euro) è la più economica del gruppo, occupa 56 x 43 x 42 cm e lavora oggetti fino a 20 x 20 x 16 cm, con il piatto mobile che si muove avanti e indietro. La risoluzione massima verticale è di 60 micron ed è compatibile con i filamenti in Pla, Abs, nylon e altri



MakerBot Replicator Z18 crea oggetti alti 45,7 cm.

Replicator Mini+ è grande solo 29,5 x 34,9 x 38,1 cm.



ancora. Come opzioni sono disponibili il piatto riscaldato e il modulo di comando con lettore di schede Sd e display. Galileo Smartup (1.462,78 – 1.712,88 Euro) è derivata dalla precedente ma aumenta l'altezza di lavorazione, da 16 a 28 cm. La velocità è sempre di 150 mm/s, mentre l'ingombro totale è di 56 x 43 x 50,5 cm. Verve (1.952,00 Euro) ha un'area di lavoro di 20 x 20 x 20 cm, è grande 50 x 46 x 42 cm e ha una risoluzione verticale di 20 micron. La stampante è dotata di una utile funzione di autocalibrazione per il piatto e raggiunge una velocità di 300 mm/s. Zero (3.355,00 Euro) è pensata per la produzione degli oggetti di maggiori dimensioni: ha un volume di lavoro di 26 x 26 x 28 cm e occupa uno spazio di 52 x 59 x 57,5 cm, le altre caratteristiche sono uguali a quelle di Verve.

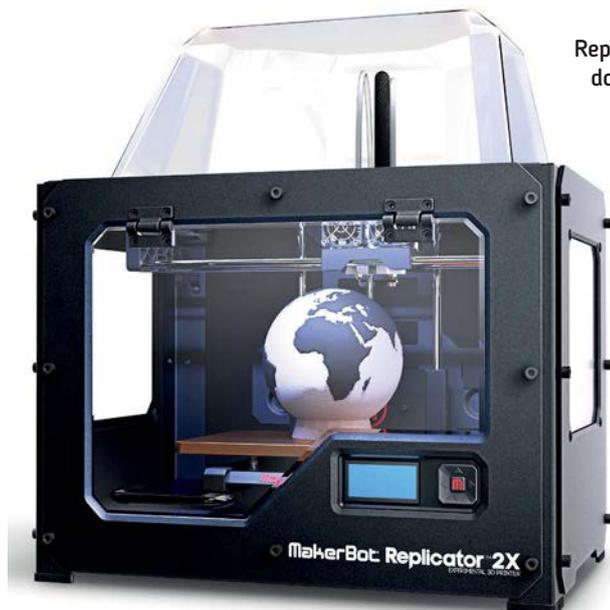
## MAKERBOT

[www.makerbot.com](http://www.makerbot.com)

Fondata nel 2009 e acquisita nel 2013 da Stratasys, questa nota azienda americana offre quattro modelli di stampanti 3D a filo plastico: Replicator

Mini+ (dimensioni esterne 29,5 x 34,9 x 38,1 cm, 1.463 Euro), Replicator+ (52,8 x 44,1 x 41 H cm, 2.520 Euro), Replicator Z18 (49,3 x 56,5 x 86,1 cm, 7.689 Euro) e Replicator 2X (49 x 32 x 53,1 cm, 2.500 dollari Usa). Z18 è in grado di creare oggetti grandi 30 x 30,5 x 45,7 cm e ha un costo impegnativo per un appassionato. Più interessanti e più economici sono gli altri due modelli, Replicator Mini+ con un volume di stampa di 10,1 x 12,6 x 12,6 cm, e Replicator+ che arriva a 29,5 x 19,5 x 16,5 cm. Tutti hanno una risoluzione verticale di 0,1 mm, valore che sale a 0,8 mm in orizzontale, e sono progettati per usare filo Pla di 1,75 mm di diametro. Il piatto è fisso, fornito già calibrato e non riscaldato ma trattato in superficie per trattenere gli oggetti. La stampante 2X si distingue per la presenza di due estrusori, pensati per Abs e una speciale plastica idrosolubile, ideale per creare sostegni e rinforzi eliminabili con un bagno in acqua una volta terminata la costruzione. In alternativa si possono usare due fili Abs di colore diverso. Il piatto è riscaldato e il volume di stampa è di 24,6 x 15,2 x 15,5 cm.

Makerbot Replicator 2X è dotata di due estrusori.



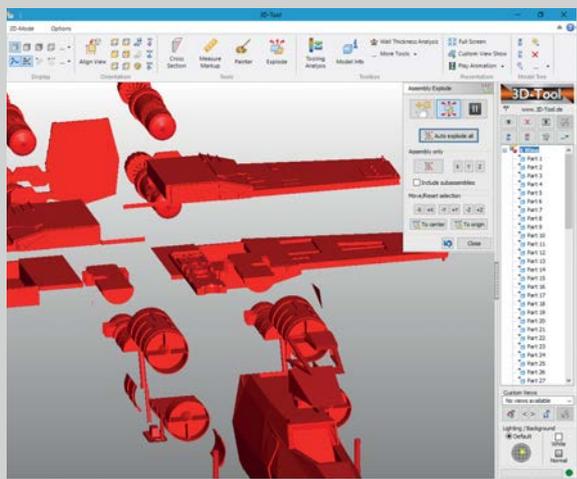
## VISUALIZZATORI GRATUITI PER MODELLI 3D STL

Stl (acronimo di stereolitografia) è il principale e più diffuso formato di file per gli oggetti da stampare in 3D. È stato creato nel lontano 1987 dalla società Albert Consulting Group per conto di 3D Systems ed è stato usato inizialmente per le prime stampanti 3D commerciali della stessa azienda. Il formato è aperto ed è utilizzato dalla quasi totalità dei software di modellazione 3D per esportare le forme pronte per la stampa 3D. In un file Stl gli oggetti sono descritti come superfici poligonali - in pratica come mesh di triangoli - senza alcuna informazione relativa a colori, materiali, texture o altri attributi. Per visualizzare in maniera semplice e veloce il contenuto di un file Stl serve un software adatto, come per esempio i gratuiti ViewStl e 3D Tool Free Viewer.

## VIEWSTL

[www.viewstl.com](http://www.viewstl.com)

Questo visualizzatore non necessita di installazione (basta un browser Web), è compatibile anche con i file Obj ed è di impiego semplice e immediato. Una volta trascinato il file Stl nel riquadro centrale, la visualizzazione richiede solo pochi secondi di attesa. I tasti del mouse permettono di ruotare,



ingrandire e spostare l'oggetto, mentre sulla destra dello schermo sono elencate le opzioni di rendering, che può essere piatto, sfumato oppure wireframe. Si può cambiare colore all'intera forma, metterla in rotazione e catturare una schermata. Sono visualizzate anche le indicazioni circa le dimensioni e il volume dell'oggetto, utili per verificare la compatibilità con la stampante 3D.

### 3D TOOL FREE VIEWER

[www.3d-tool.com/en\\_free-viewer-download.htm](http://www.3d-tool.com/en_free-viewer-download.htm)

È un'applicazione facile da usare ma ricca di funzioni per esaminare in dettaglio il contenuto dei file Stl. In alto sono allineate molte icone, che servono per attivare un piano di sezione, misurare la distanza tra due punti, cambiare il colore e creare un esploso animato nel caso in cui l'archivio Stl contenga più elementi. Il programma è in grado di calcolare non solo le dimensioni e il volume complessivi ma anche lo spessore delle pareti, evidenziando con un codice di colori i diversi valori. La visualizzazione può essere ombreggiata o in wireframe, inoltre si può cambiare la posizione della sorgente di luce. La versione a pagamento è compatibile anche con altri formati, come Obj, Step, Iges, Sat.

### REPRAP

<http://reprap.org>

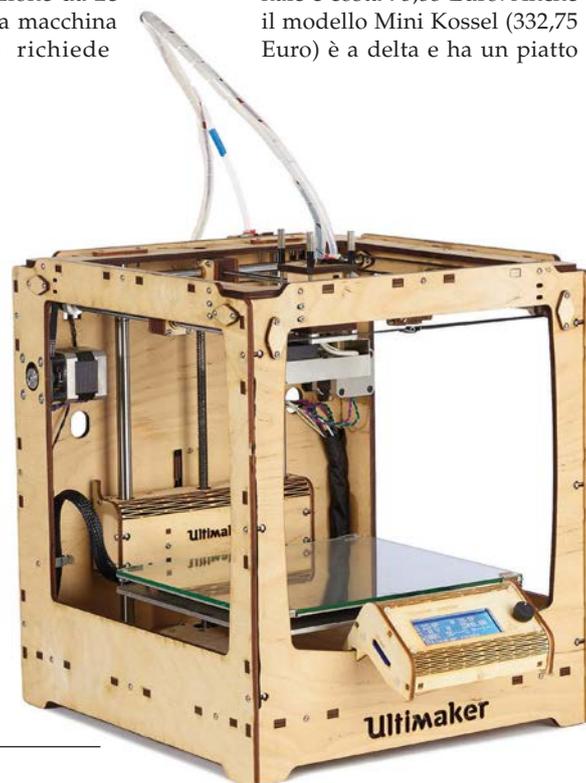
È una comunità di appassionati e sviluppatori fondata nel 2005 da Adrian Bowyer, che nel corso degli anni ha creato numerosi progetti di stampanti 3D a filo plastico, tutti open source ed evoluzioni dei due modelli base, chiamati Mendel e Mendel Rostock (la prima stampante, Darwin, basata su un moto XY cartesiano dell'estrusore e con il piatto mosso verticalmente, non ha avuto seguito). Nel progetto Mendel l'estrusore è mosso sul piano verticale XZ mentre il piatto si sposta lungo l'asse Y, il modello Mendel Rostock invece prevede una configurazione di tipo delta. Le stampanti RepRap hanno colpito l'immaginazione degli appassionati del fai-da-te per la loro proclamata capacità di costruirsi da sole, ma questo è vero solo per le parti in plastica e per i Pcb della sezione elettronica; bisogna comunque procurarsi gli elementi in metallo, i motori elettrici, l'estrusore e i componenti elettronici. L'autocostruzione da zero di una macchina RepRap richiede

notevoli competenze e abilità nella meccanica e nell'elettronica, ma, per facilitare il compito, si possono acquistare da diverse aziende e negozi online kit completi che devono essere solo montati e calibrati.

### REPRAPWORLD

<https://reprapworld.it>

È un negozio online molto attivo nel proporre kit RepRap e i relativi componenti singoli. A catalogo sono disponibili tre modelli a filamento plastico e uno Dlp a resina liquida. Beagle 3D è un'evoluzione di Mendel Rostock – quindi con un'architettura a delta – ed è disponibile nelle tre varianti Standard (603,79 Euro, piatto di diametro 24 cm e altezza massima di costruzione 20 cm), Tower (724,79 Euro, altezza di costruzione 30 cm) e Mini (361,79 Euro, diametro 17 cm, altezza di costruzione 18 cm). Il piatto è riscaldato nei due modelli maggiori, l'estrusore è di tipo bowden ed è ottimizzato per fili Pla da 1,75 mm. Il modulo di comando con Lcd e lettore di schede Sd è opzionale e costa 75,53 Euro. Anche il modello Mini Kossel (332,75 Euro) è a delta e ha un piatto



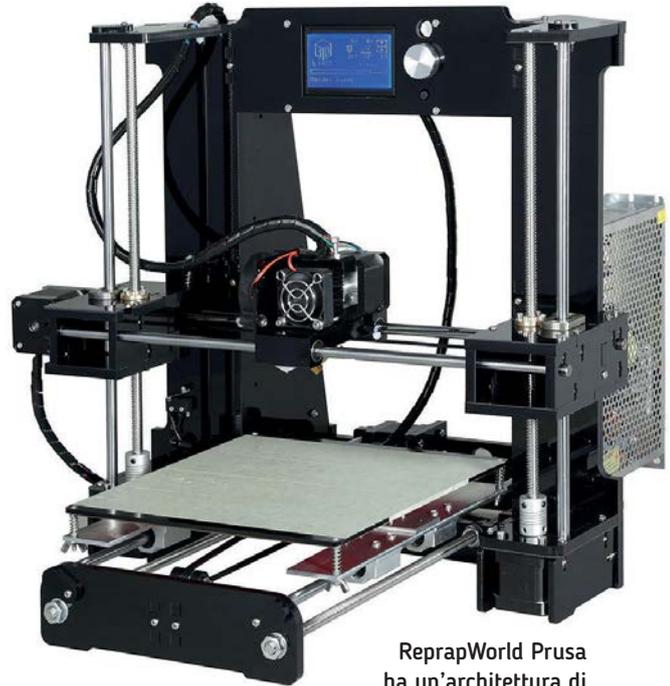
Ultimaker Original+ è disponibile solo come kit da montare.



ReprapWorld Beagle 3D Mini costruisce oggetti alti 18 cm.



ReprapWorld Mini Kossel è di tipo delta ed è alta 68 cm.



ReprapWorld Prusa ha un'architettura di tipo cartesiano.

riscaldato di 18 cm, mentre l'altezza di lavorazione è di 30 cm, con una risoluzione verticale di 0,1 mm. L'estrusore è di tipo bowden e lavora con fili da 1,75 mm in Pva, Abs e Pla.

Le dimensioni esterne sono di 30 x 40 x 68 cm. Prusa (320,65 Euro) ha un'architettura di tipo cartesiano, con l'estrusore che si muove su un piano verticale

e il piano riscaldato che si sposta lungo l'asse Y. Il volume di stampa è di 22 x 22 x 25 cm, la precisione in verticale è di 50 micron e l'ingombro della macchina è pari a 39 x 39 x 47 cm. I materiali gestibili sono gli stessi di Mini Kossel. Sla-Dlp (1.088,99 Euro, 786,49 Euro senza il proiettore) è una stampante che impiega una resina liquida

indurita dalla luce di un proiettore Dlp collocato nella parte inferiore della macchina, un metodo di funzionamento che è difficile trovare in macchine amatoriali in questa classe di prezzo. Il volume di stampa è di 6 x 8 x 25 cm, la risoluzione orizzontale 0,1 mm e quella verticale 0,02 mm. Le dimensioni della macchina sono 26 x 85 x 33 cm.



Ultimaker 2 Go e Ultimaker 2+ impiegano un piatto che si abbassa con il procedere della costruzione.



Sla-Dlp impiega una resina liquida indurita dalla luce di un proiettore Dlp.



Wasp DeltaWasp 20 40 ha un volume di stampa cilindrico alto 40 cm.

Wasp TopWasp Dlp usa resina liquida e un proiettore Dlp Full Hd.



## SHAREBOT

[www.sharebot.it](http://www.sharebot.it)

Sharebot è un'azienda italiana che propone le stampanti Kiwi-3D e NG per il mercato non professionale. La prima (899,00 Euro) è molto compatta – le dimensioni esterne sono 31 x 35 x 33 cm – e stampa oggetti di 14 x 10 x 10 cm. La risoluzione verticale è di 0,1 mm e il filo impiegato è in Pla, con un diametro di 1,75 mm. ShareBot NG (1.500,00 Euro, 1.650,00 Euro con due estrusori) può montare due estrusori ed è grande 45 x 45 x 41 cm. Il volume di stampa è di 25 x 20 x 20 cm, che scendono a 18 x 20 x 20 cm nel caso sia montato il secondo estrusore. La risoluzione verticale è pari a 0,05 mm, mentre la velocità massima è di 150 cm<sup>3</sup>/h. Il piatto è riscaldato e si possono usare filamenti di vario genere, tra cui quelli in Pla, Abs e Nylon.

## ULTIMAKER

<https://ultimaker.com>

Azienda americana nata nel 2010, ha a catalogo quattro modelli: Ultimaker Original+, Ultimaker 2 Go, Ultimaker 2+, Ultimaker 3. Tutti impiegano un piatto che si abbassa con il procedere della costruzione, riscaldato nella maggior parte delle macchine (solo la 2 Go usa una base fredda), hanno una risoluzione verticale di 20 micron e l'estrusore ha una velocità massima di 300 mm/s. Original+ (1.213,90 Euro, 969,90 Euro per il modello Original con piatto non riscaldato) è open source e disponibile solo come kit da montare, occupa 34,2 x 35,7 x 38,8 cm con un volume di stampa di 21 x 21 x 20,5 cm e usa fili in Pla e Abs. Ultimaker 2 Go (1.457,90 Euro) è una stampante compatta (viene fornita con una borsa per il trasporto), ha dimensioni esterne 25,5 x 28 x 28,7 cm, un volume di stampa 12 x 12 x 11,5 cm e usa fili in Pla. Ultimaker 2+ (2.311,90 Euro) è grande 34,2 x 35,7 x 38,8 cm, stampa oggetti fino a 22,3 x 22,3 x 20,5 cm con vari materiali, tra cui Pla, Abs e nylon. Sono disponibili ugelli con

diametri diversi, da 0,25 a 0,8 mm. Ultimaker 3 (3.653,90 Euro) è simile al modello precedente ma è dotata di due estrusori, per due colori diversi o per usare anche plastica idrosolubile con cui creare supporti facilmente eliminabili. Le dimensioni esterne sono 34,2 x 38 x 38,9 cm, il volume di stampa è di 21,5 x 21,5 x 20 cm (19,7 x 21,5 x 20 cm con doppio estrusore), usa diversi materiali tra cui Pla, Abs e nylon, inoltre il piatto è dotato di un sistema attivo per il livellamento. Degli ultimi due modelli sono disponibili anche versioni più alte, per stampare oggetti a sviluppo verticale maggiore.

## WASP

[www.wasproject.it](http://www.wasproject.it)

Una società italiana fondata nel 2012, propone stampanti 3D basate sulla configurazione a delta, a eccezione di un nuovo modello Dlp. Il grosso della produzione si rivolge al mondo industriale ma le macchine più economiche sono alla portata degli appassionati più motivati. L'azienda è molto attiva nella progettazione di unità per stampare ceramica, porcellana e materiali edilizi, con l'obiettivo di costruire abitazioni in maniera semplice ed economica. DeltaWasp 20 40 (2.891,40 Euro) ha un volume di stampa cilindrico, di 20 cm di diametro e di 40 cm di altezza, con un ingombro totale di 49 x 44 x 87 cm. La risoluzione verticale è di 50 micron, mentre la velocità massima è di 300 mm/s. È disponibile anche il modello DeltaWasp 20 40 Turbo2, con caratteristiche tecniche uguali a parte la maggiore velocità di stampa, che arriva a 500 mm/s, e l'opzione di montare un solo estrusore (3.379,40 Euro) oppure due (3.757,60 Euro). Entrambe sono dotate di un cold-end sospeso e usano filo da 1,75 mm in Pla, Abs, Petg, nylon e altri materiali ancora. TopWasp Dlp (4.257,80 Euro) impiega resina liquida fotosensibile, illuminata, strato dopo strato, da un proiettore Dlp Full Hd da 3.000 lumen posto sopra la vasca del liquido.