



GOLIATH

Robot autonomo per tagli bidimensionali

POLITECNICO DI MILANO



SCUOLA DEL DESIGN

Corso di Laurea Magistrale in Design & Engineering
A. A. 2013/2014

Relatore: Maximiliano Romero

Tesi di laurea di Lorenzo Frangi
Matricola: 779874

Alla mia famiglia e a tutti gli amici che ho incontrato
in questi 5 anni. Per una cosa sola.

.....

*Are we gettin' something out of this
all-encompassing trip?*

Pearl Jam

*Nella vita bisogna giocare a fondo e bisogna sapere
quello che si ama; se no, non vale la pena.*

Léon Degrelle

INDICE

1. IL CONTESTO

9

-
- 1.1 MAKERS E DIGITAL FABRICATION
 - 1.2 NASCITA ED EVOLUZIONE
LUOGHI E MOMENTI CHIAVI
COMUNITÀ MAKER, DIGITAL FABRICATION E CONTESTO
 - 1.3 ITALIANO
UN CONFRONTO CON L'ARTIGIANATO
L'ARTIGIANO
IL PERCORSO DELL'ESPERIENZA
TECNOLOGIE E MACCHINE
 - 1.4 SEGRETO E OPEN SOURCE
PROGETTARE PER LA DIGITAL FABRICATION E PER L'ARTIGIANATO
IL POTENZIALE
ESEMPI DI SUCCESSO

2. STRUMENTI DEL DIY

25

-
- 2.1 STRUMENTI DIY TRADIZIONALI (FALEGNAMERIA BASE)
MACCHINE PORTATILI
 - 2.2 INFORTUNISTICA STRUMENTI TRADIZIONALI
STRUMENTI DIY TIPICI DELLA DIGITAL FABRICATION
3D PRINTING
CNC
 - 2.3 TAGLIO LASER
CONSIDERAZIONI SUGLI STRUMENTI ESISTENTI

3. CONCEPT

35

-
- 3.1 ANALISI MERCATO
FRESATRICI DESKTOP (E CNC KIT)
FRESATRICI VERTICALI
APPENDICE CONFRONTO FRESATRICI
 - 3.2 SINTESI DELL'ANALISI E OSSERVAZIONI
 - 3.3 UNA RIFLESSIONE. DIGITALE VS MANUALE: IL CAD E IL DISEGNO
 - 3.4 A MANO
 - 3.5 REQUISITI DI PROGETTO
 - 3.6 OBIETTIVI DI PROGETTO
CONCEPT

4. DESIGN DEFINITIVO **47**

- 4.1 PROPRIETÀ DELL'UTENSILE DI TAGLIO
 - PARAMETRI DI TAGLIO
 - ANALISI E SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI MANDRINO
- 4.2 GOLIATH
 - DEFINIZIONE DELLA FORMA
 - FUNZIONAMENTO, MODO D'USO E APPLICAZIONI
 - ANALISI DINAMICA
 - STRUTTURA E COMPONENTI
 - COMPONENTI MAKE
- 4.3 PROTOTIPO

5. CONCLUSIONI **63**

6. APPENDICE **69**

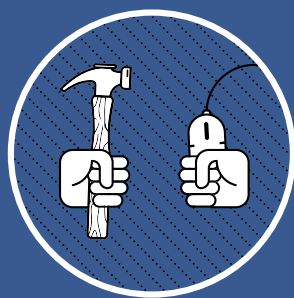
- SCHEMA ELETTRICO
- ARDUINO CODE
- NORMATIVE

7. BIBLIOGRAFIA **75**

- LIBRI
- ARTICOLI
- SITOGRAFIA

ABSTRACT

Il fenomeno dei **Makers** e del **Do-It-Yourself** è sempre più attuale ed in crescita, ma anche in costante paragone con la figura dell'**Artigiano** tradizionale, la cui caratteristica più interessante risulta essere l'impegno personale nel lavoro. Questo scenario porta con sé novità riguardanti il modo di lavorare delle persone e quello del progetto, comprese nuove estetiche, **strumenti** e spazi utilizzati. In particolare, gli innovativi strumenti per la **digital fabrication** risultano oggi un interessante scenario progettuale, in quanto sempre più accessibili come prezzo e potenzialità, ma non ancora così disponibili dal punto di vista dell'usabilità a un target di **non addetti ai lavori**. In seguito ad un'analisi di questi strumenti da lavoro, ho individuato come oggetto di progettazione la categoria che opera per asportazione da truciolo, con il vincolo di mantenere dimensioni, costi e prestazioni in linea con quanto già esistente sul mercato. Il risultato consiste in un utensile, un **robot autonomo** su ruote in grado di muoversi e tagliare, fresare o incidere su pezzi piani. Questo strumento si propone con **due modalità d'uso**, fondate sul livello di esperienza dell'utente: senza conoscenze CAD, disegnando direttamente sul pezzo, con conoscenze CAD, partendo da un file realizzato a computer. La migliorata accessibilità insieme alla dimensione ridotta dell'oggetto, permettono una duplice **innovazione nel lavoro**: da una parte diventa possibile posizionare l'utensile direttamente sul pezzo da lavorare, con l'obiettivo di poter affrontare aree di lavoro, in potenza, senza limite; dall'altra parte è favorita una riflessione tra disegno a computer e disegno a mano, il cui scopo è ridare valore all'esperienza manuale, all'errore ed alla personalizzazione, aspetto decisivo nel successo della digital fabrication, in cui partendo dal singolo, si può arrivare a ipotizzare nuovi modelli economici, nuove frontiere educative e nuovi strumenti da lavoro.



N. 1 IL CONTESTO



Makers

Digital Fabrication

Artigianato

1.1 MAKERS E DIGITAL FABRICATION

L'espressione Digital Fabrication (Fabbricazione Digitale) fa riferimento al processo attraverso cui è possibile creare oggetti solidi e tridimensionali partendo da disegni digitali. Questo processo, utilizzato ampiamente per la creazione e prototipazione rapida di modelli, può sfruttare diverse tecniche di fabbricazione, sia additive che sottrattive. Gli strumenti utilizzati inoltre sono progettati con dimensioni e costi "desktop" e per una utenza ristretta, fattori che rendono la Digital Fabrication sinonima di Personal Fabrication, fenomeno complementare che pone l'accento sul passaggio quantitativo per cui la produzione di manufatti passa da una dimensione industriale a personale (caratterizzato dall'aggettivo "Personal", appunto). Gli utenti ed i protagonisti di questo neonato panorama produttivo sono i cosiddetti Makers, che vengono così definiti:

*"I Makers costituiscono un movimento culturale contemporaneo che rappresenta un'estensione su base tecnologica del tradizionale mondo del fai da te. Tra gli interessi tipici dei Makers vi sono realizzazioni di tipo ingegneristico, come apparecchiature elettroniche, realizzazioni robotiche, dispositivi per la stampa 3D, e l'uso di apparecchiature a controllo numerico, ma anche attività più convenzionali, come lavorazione del metallo, del legno e dell'artigianato tradizionale."*¹

Come emerge dalla definizione, gli elementi che caratterizzano il movimento dei Makers sono piuttosto svariati, comprendono un'ampia gamma di attività, dall'artigianato tradizionale fino all'elettronica. La novità, rispetto alla tradizionale concezione del lavoro del fai-da-te, è che il movimento Maker nasce ed è composto da una "generazione web", dunque, istintivamente e naturalmente, le creazioni, prodotti e idee realizzati vengono condivise via internet. L'effetto rete che si viene a creare favorisce la crescita, collaborazione e condivisione di conoscenza: una connessione, che si può definire una vera e propria community, che permette alle persone ed alle idee di svilupparsi.

Facendo una sintesi di quanto detto, si possono definire tre punti chiave che caratterizzano la figura del Maker:

1. È una persona che usa strumenti digitali desktop per creare progetti per nuovi prodotti o realizzare

prototipi ("fai-da-te digitale")

2. È favorevole ad una norma culturale che prevede di condividere i progetti e collaborare con gli altri in community online.

3. Prevede l'utilizzo di file di progetto standard che consentono a chiunque, di mandare i propri progetti ai service di produzione commerciale per essere realizzati in qualsiasi parte del mondo.²

1.2 NASCITA ED EVOLUZIONE

Delineare un quadro storico del fenomeno Maker non è facile in questo momento, essendo che il movimento ci è contemporaneo e tuttora in crescita ed evoluzione. Certamente, considerando che un Maker, in poche parole, è un praticante del fai da te, possiede tratti e attitudini già riscontrabili nel corso della storia.

La centralità del metodo di lavoro, dell'autoproduzione e dell'autonomia sono state infatti alla base di molti movimenti fin dagli inizi della Rivoluzione industriale, da John Ruskin, da William Morris e dal movimento Arts and Crafts fino alla controcultura degli anni Sessanta e, più di recente, al Craftivism, una forma di attivismo che incorpora elementi di anticapitalismo, ambientalismo, ed eventualmente femminismo, centrato attorno all'idea del lavoro manuale, o del bricolage.³

Non è quindi chiaro né ben definibile se oggi si abbia a che fare con un fenomeno davvero nuovo, o se invece questo sia sempre esistito sottotraccia, per venire alla luce a livello mondiale solo grazie alla diffusione e disponibilità di strumenti di condivisione di massa, comunicazione e collaborazione. Inoltre, come detto precedentemente, l'evoluzione di alcuni strumenti ha democratizzato la disponibilità di tecnologie di prototipazione e di produzione abbastanza facili ed economiche da poter essere assimilate e usate rapidamente. Le conseguenze della disponibilità di collegamento in rete e di cooperazione fornita da Internet portano oggi alla nascita di organizzazioni e imprese che non riguardano solo l'informazione digitale ma anche i beni fisici e personali. Per quanto recente, è già storica la definizione di Chris Anderson in cui afferma che "gli atomi sono i nuovi bit"⁴, ovvero l'innovazione di oggi sta nel passaggio all'adozione dell'innovazione digitale nei processi di fabbricazione e di distribuzione di beni fisici.

1. Wikipedia, <http://it.wikipedia.org/wiki/Maker>

2. C. Anderson, *Makers, il ritorno dei produttori per una nuova rivoluzione industriale* - Milano, Rizzoli Etas, 2013 - p. 26

3. M. Menichinelli, *"Artigiani e designer: per una comunità di maker"*, Domus, 14 marzo 2012

4. C. Anderson, *"In the next Industrial Revolution, atoms are the new bits"*, Wired, 25 gennaio 2010

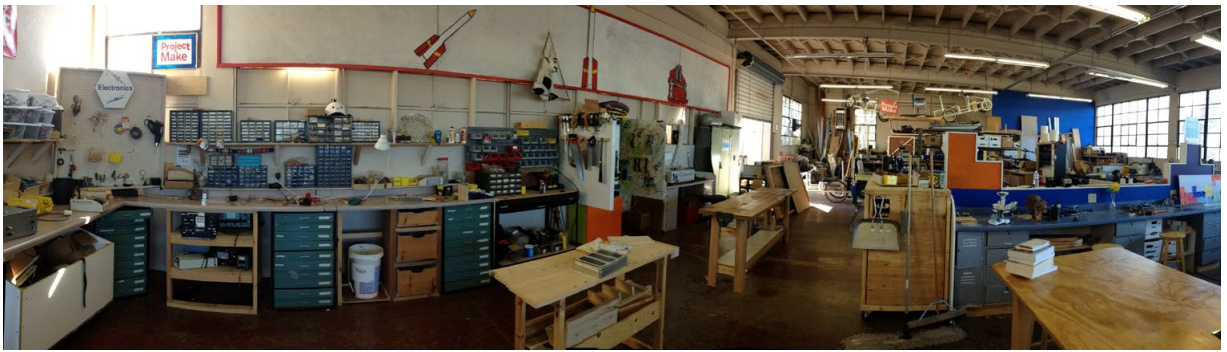


Fig. 1 - Esempio di FabLab (Anady High School, Sebastopol - California, USA)

1.2.1 LUOGHI E MOMENTI CHIAVE

Nel corso del 2001 negli Stati Uniti ha visto la luce il primo FabLab della storia, presso il Massachusetts Institute of Technology, da un'idea del professor Neil Gershenfeld, grazie ad una concessione del National Science Foundation, ed in collaborazione con il Grassroots Invention Group ed il Center for Bits and Atoms (CBA), parte del Media Lab del MIT.

I FabLab sono “officine di **fabbricazione digitale**” (dall'inglese Fabrication Laboratory), uno dei più diffusi tipi di spazio dedicati al “fare” in comune, piccole officine che offrono servizi personalizzati e strumenti di fabbricazione digitale come stampanti 3D, laser cutter e macchine a controllo numerico. Ad oggi si contano fab lab dagli Stati Uniti al Sudafrica, dall'Afghanistan all'India e dalla Nuova Zelanda al Brasile. Soltanto in Olanda ne sono attivi 13, tra cui uno mobile sistemato su un autocarro e una piccola officina che sta in una stanza. Dopo una decina d'anni dall'esperimento del MIT, è nato anche il primo FabLab italiano, il torinese FabLab Italia. Questo centro di produzione temporaneo è stato reso possibile dall'iniziativa di Massimo Banzi, co-fondatore del progetto Arduino; ed oggi si è trasformato in un FabLab permanente: il FabLab Torino delle Officine Arduino.⁵

Per quanto riguarda gli utenti dei fablab, il punto di svolta nel riconoscimento della figura del maker si è verificato nel 2005. Inizialmente con il primo convegno sul Web 2.0 organizzato dalla O'Reilly Media nel 2004, e poi nello stesso 2005 si è assistito all'esordio di una serie di strumenti attorno ai quali si è piano piano costruita la definizione di **Maker**. Alcuni esempi sono il debutto di Arduino (scheda elettronica facilmente programmabile e utile per creare rapidamente prototipi), di RepRap (la stampante tridimensionale libera in grado di autoriprodursi), di Instructables (la piattaforma web per la condivisione dei progetti fai-da-te) e della rivista Make (la più significativa pubblicazione a stampa destinata ai maker).

E' interessante segnalare che nella primavera del 2012 il presidente **Barack Obama** ha annunciato un piano di un miliardo di dollari per aprire 15 istituti per l'innovazione manifatturiera negli USA; l'iniziativa si chiama “*We can't wait*” ovvero “*Non possiamo aspettare*”, espressione chiara del pensiero per cui sembra proprio sia arrivato il momento storico in cui puntare sulla innovazione e per ricominciare a produrre le cose sul territorio locale, in modo da

rilanciare l'economia del proprio paese invece di continuare produzioni delocalizzate, di cui la Cina è forse oggi il più grande esempio.

1.2.2 COMUNITÀ MAKER, DIGITAL FABRICATION E IL CONTESTO ITALIANO

Considerato che l'Italia possiede una lunga storia di arte, di artigianato, di design e di integrazione geografica e sociale di sistemi industriali costituiti da distretti produttivi, non è difficile immaginare e descrivere il contesto in cui si muovono i makers di casa nostra. Esempi come quello di **Arduino** rappresentano perfettamente una evoluzione definibile come “influenzata dal territorio”: il progetto nato a Ivrea risente della cultura di Olivetti, ma anche dall'Interaction Design Institute presente nella stessa città.

In Italia si va dunque delineando uno scenario interessante per quanto riguarda l'open source e le aziende innovative legate ad autoproduzione e digital fabrication. Sino ad ora ci sono infatti molti esempi di successo, dai designer computazionali di Co-de-iT, a marchi di abbigliamento liberi come OpenWear e a piattaforme di e-commerce fai da te come Blomming, alle tecnologie indossabili di alto livello di Plugandwear, fino alle concrete sperimentazioni di stampa tridimensionale di D-Shape e molti altri.

Il contesto italiano ha, come detto, un background storico importante nel campo dell'autoproduzione, che ha oggi l'apparenza di un fenomeno di ritorno. Nel nostro paese, infatti, già da qualche decennio, alcuni maestri del design si sono dedicati a esperimenti di apertura della progettazione. Alcuni esempi sono il manuale di autoprogettazione di Enzo Mari, nel quale si professava una sorta di Ikea ante litteram⁶, oppure tentativi di estensione del controllo del processo progettazione fino alla produzione, come nel caso dell'azienda Produzione Privata, fondata da Michele De Lucchi per i suoi stessi progetti; e ancora, vari designer che hanno dato vita a imprese che sono diventate icone e punti di riferimento nella storia del design internazionale, come Giulio Castelli per Kartell o Gino Sarfatti per Luceplan, trasformandosi a loro volta da progettisti a imprenditori. Ad oggi, secondo l'acuta analisi di Chiara Alessi, solo in Italia il design è considerato interlocutore privile-

5. M. Menichinelli, “*Artigiani e designer: per una comunità di maker*”, Domus, 14 marzo 2012

6. C. Alessi, *Dopo gli anni zero* - Milano - Laterza, 2014 - p. 44

giato delle tematiche legate all'autoproduzione, alla revisione del sistema produttivo e alla provocazione di una produzione su scala domestica. Non a caso, originariamente, buona parte dei Makers risulta generalmente disinteressata al design.

Un esempio valido e attuale di come oggi, così come Castelli nel 1949, il progettista diventa imprenditore, arriva da Firenze, ed appartiene al pianeta "fabbricazione digitale". Si dice spesso che la famiglia sia il centro della vita italiana, sia sul piano sociale sia su quello della reale ricchezza del paese. Quando un aspetto tradizionale, come la famiglia, si confronta con il mondo della digital fabrication, possono nascere progetti come Kent's Strapper: due fratelli che coinvolgono la famiglia al completo, dal padre al nonno, nella realizzazione di stampanti tridimensionali autoreplicanti.

Anche dal punto di vista della community, negli anni passati sono nate realtà di condivisione legate alla digital fabrication come Arduino community, e, più recentemente, la comparsa sui social network di gruppi come il romano Hopen e in particolare su Facebook il gruppo Fabber in Italia, il più attivo attualmente sulla scena nazionale. Sono state altrettanto importanti le manifestazioni locali come WeFab, ma soprattutto l'edizione europea della **Maker Fair** che ha avuto sede a Roma lo scorso ottobre (fig. 2). Dunque, accanto all'attenzione per il metodo di lavoro, all'uso di tecnologie produttive digitali e alla cultura del fai-da-te e del bottom-up, si può dire che anche in Italia la figura del maker si caratterizzano per la propensione al collegamento a rete.

Il sorgere della comunità dei maker in Italia offre anche un indizio ulteriore della potenza e importanza dei social network nella diffusione del progetto. Molti progetti hanno avuto inizio autonomamente e poi solo di recente si sono collegati tramite servizi Web 2.0. Grazie a questo collegamento a rete la comunità è cresciuta rapidamente. La prospettiva della rete sociale è un percorso promettente e non va dimenticato che iniziative tradizionali come la rivista Make sono parte di queste reti sociali in via di costituzione, e anzi si trovano a esserne i poli più autorevoli, anche in quanto social media⁸. È importante ricordare ancora una volta che essere maker o passare del tempo in un FabLab non significa solo usare tecnologie di produzione digitale insieme con il lavoro manuale, ma anche far parte di una particolare rete sociale mondiale.

1.3 UN CONFRONTO CON L'ARTIGIANATO

Congiuntamente al successo del fenomeno della digital fabrication ed al consolidamento del movimento Maker, molto spesso i mezzi di comunicazione hanno lanciato la provocazione ed il paragone tra la figura del Maker e quella dell'**artigiano**, confronto dettato anche, come detto precedentemente, da un background culturale e sociale particolarmente forti nel nostro Paese. Questo discorso appare molto ampio, e gli aspetti coinvolti variano da quelli prettamente tecnici e strumentali, fino a quelli di natura economica, particolarmente cari all'Italia, che dell'artigianato e del Made in Italy ha creato un marchio. Attraverso questa tesi non è mia intenzione entrare nel dettaglio di questo confronto, ma una cosa che mi ha molto incuriosito e colpito è come di fatto, a mio parere, la **qualità** percepita da un oggetto progettato da un maker (che sia un ausilio per chi ha disabilità o una stampante 3D) sia lontana da quella generata da un artigiano. Dunque, avendo già descritto le caratteristiche principali della figura del Maker, ai fini del progetto verranno ora affrontati gli aspetti del lavoro e della figura dell'artigiano, in modo da confrontare e in seguito custodire ciò che di valore emerge da entrambe le professionalità.

1.3.1 L'ARTIGIANATO

Ancora una volta è interessante partire dalla definizione:

"Chi lavora con le sue mani è un lavoratore. Chi lavora con le sue mani e la sua testa è un artigiano. Chi lavora con le sue mani e la sua testa ed il suo cuore è un artista."

[San Francesco d'Assisi]

"Un artigiano è un lavoratore esperto che utilizza attrezzi, macchinari e materie prime per la produzione o la trasformazione di determinati oggetti o alimenti. Prima della rivoluzione industriale tutta la produzione era affidata a loro."⁷

Quest'ultima definizione, per quanto corretta, risulta limitativa poiché non va a fondo del concetto di esperienza che appunto, rende uomo "esperto" l'artigiano. All'interno del libro *Uomo Artigiano*, il

7. Wikipedia, <http://it.wikipedia.org/wiki/Artigiano>

8. M. Menichinelli, *Op. cit.*

”

*Il falegname, la tecnica di laboratorio il direttore d'orchestra sono tutti artigiani, nel senso che a loro **sta a cuore il lavoro ben fatto per se stesso**. Svolgono un'attività pratica, ma **il loro lavoro non è semplicemente un mezzo per raggiungere un fine** di un altro ordine. Se lavorasse più in fretta, il falegname potrebbe vendere più mobili; la tecnica del laboratorio potrebbe cavarsela demandando il problema al suo capo; il direttore d'orchestra sarebbe forse invitato più spesso dalle orchestre stabili se tenesse d'occhio l'orologio. **Nella vita ce la si può cavare benissimo senza dedizione**. L'artigiano è la figura rappresentativa di una specifica **condizione umana**: quella del mettere un **impegno personale nelle cose che si fanno**.⁹*

sociologo Richard Sennett propone un paragone molto interessante tra tre figure professionali non tutte immediatamente riconducibili allo stereotipo di artigiano (un falegname, un tecnico di un laboratorio scientifico di ricerca ed un direttore di orchestra), che permette di focalizzarsi e cogliere meglio uno dei valori, a mio parere più interessanti, che il concetto di artigianato porta con sé.

“Il falegname, la tecnica di laboratorio il direttore d'orchestra sono tutti artigiani, nel senso che a loro sta a cuore il lavoro ben fatto per se stesso. Svolgono un'attività pratica, ma il loro lavoro non è semplicemente un mezzo per raggiungere un fine di un altro ordine. Se lavorasse più in fretta, il falegname potrebbe vendere più mobili; la tecnica del laboratorio potrebbe cavarsela demandando il problema al suo capo; il direttore d'orchestra sarebbe forse invitato più spesso dalle orchestre stabili se tenesse d'occhio l'orologio. Nella vita ce la si può cavare benissimo senza dedizione. L'artigiano è la figura rappresentativa di una specifica condizione umana: quella del mettere un impegno personale nelle cose che si fanno.”⁹

Ritengo dunque più affascinante affrontare la figura dell'artigiano e la progettazione con questa chiave di lettura, ovvero valorizzare ed educare la persona a mettere un **impegno personale** in quello che fa, perché è questo che genera una dedizione al lavoro. Questo aspetto, non prettamente strumentale, e, come detto, dimensione di condizione umana piuttosto che caratteristica di uno specifico mestiere, è risultato del lavoro i cui elementi primari sono l'esperienza e la ripetitività dei gesti, e l'ambizione è la qualità del risultato. Dato che una cura e passione nel lavoro è ampiamente riscontrabile anche nella figura del Maker e di chi si muove nell'ambito della Digital Fabrication, ritengo che affrontare le tematiche attorno a questo punto siano interessanti nella misura in cui possano fornire un metodo per ottenere e stimolare una ricerca della qualità allo stesso livello dell'artigianato.

1.3.2 IL PERCORSO DELL'ESPERIENZA

Come introdotto precedentemente, caratteristica imprescindibile per ottenere un prodotto di qualità e ben fatto è l'esperienza (o esercizio).

Durante il Rinascimento, in un contesto dove la bottega dell'artista (e dell'artigiano) era il cuore della

società, il filosofo Pico della Mirandola scriveva con convinzione che “[...] con l'affievolirsi della forza degli usi e della tradizione, le persone devono fare esperienza autonomamente”, affermazione che difende il pensiero per cui solo nella **ripetitività dell'esercizio** la persona impara, cresce e diventa esperta.

Questo tema è stato ampiamente messo in discussione nel corso della storia, specialmente con l'avvento della produzione industriale, l'automatizzazione dei gesti e l'introduzione delle macchine e della catena di montaggio, ma questa relazione tra uomo e macchina verrà affrontata in seguito. Al giorno d'oggi si può dire che la pedagogia tenda ad abortire l'apprendimento ripetitivo nella convinzione che istupidisca la mente. Spesso l'insegnante, nel timore di annoiare i bambini e desideroso di presentare stimoli sempre diversi, evita la routine, ma in questo modo priva i suoi allievi dell'esperienza di scoprire il tipo di pratica a loro più consona e di modularla a partire da sé.¹⁰

La misura con cui comunemente si indica il tempo che occorre per diventare un 'professionista' nel proprio campo è stimata attorno alle diecimila ore di pratica. Come osserva lo psicologo Daniel Levitin, questo numero ritorna spesso negli studi condotti su compositori, sportivi di livello agonistico, romanzieri nonché sui maestri del crimine. Prendendo come esempio i musicisti, sempre Richard Sennett porta l'esempio della regola di Isaac Stern: il grande violinista infatti, ebbe a dichiarare che più la tecnica viene esercitata, più chiaramente migliora, e più a lungo ci si può esercitare senza annoiarsi. “Ci sono momenti in cui scatta qualcosa che sblocca una situazione e fa fare un **salto qualitativo**, ma questi momenti nascono sempre da una **routine**.”¹¹

È esperienza di tutti che nell'esercitarsi ci si imbatte in una fatica. Può succedere infatti di dover fare i conti con dei fallimenti, e, talvolta, l'uomo che accetta la sfida di porsi all'opera deve inevitabilmente constatare certi limiti delle proprie abilità, sui quali non può far nulla. Con questa premessa, la dimensione dell'“imparare facendo” può addirittura risultare un atteggiamento di crudeltà, ed in qualche modo il laboratorio artigiano è stato storicamente una scuola crudele nel rivelare ai propri apprendisti un senso di inadeguatezza. In precedenza ho avuto modo di sottolineare che il perseguimento della qualità è la motivazione principale che muove l'artigiano: questa azione è un test decisivo per la propria identità, perché, una volta all'opera, una prestazione personale inadeguata ferisce l'uomo artigiano in maniera diversa da altri tipi di diseguaglianza, per esempio

9. R. Sennett, *Uomo artigiano*, traduzione di Adriana Bottini - Milano, Feltrinelli, 2008 - pp. 27-28

10. R. Sennett, *Op. cit.*, - pp. NN

11. *Id.* p. N

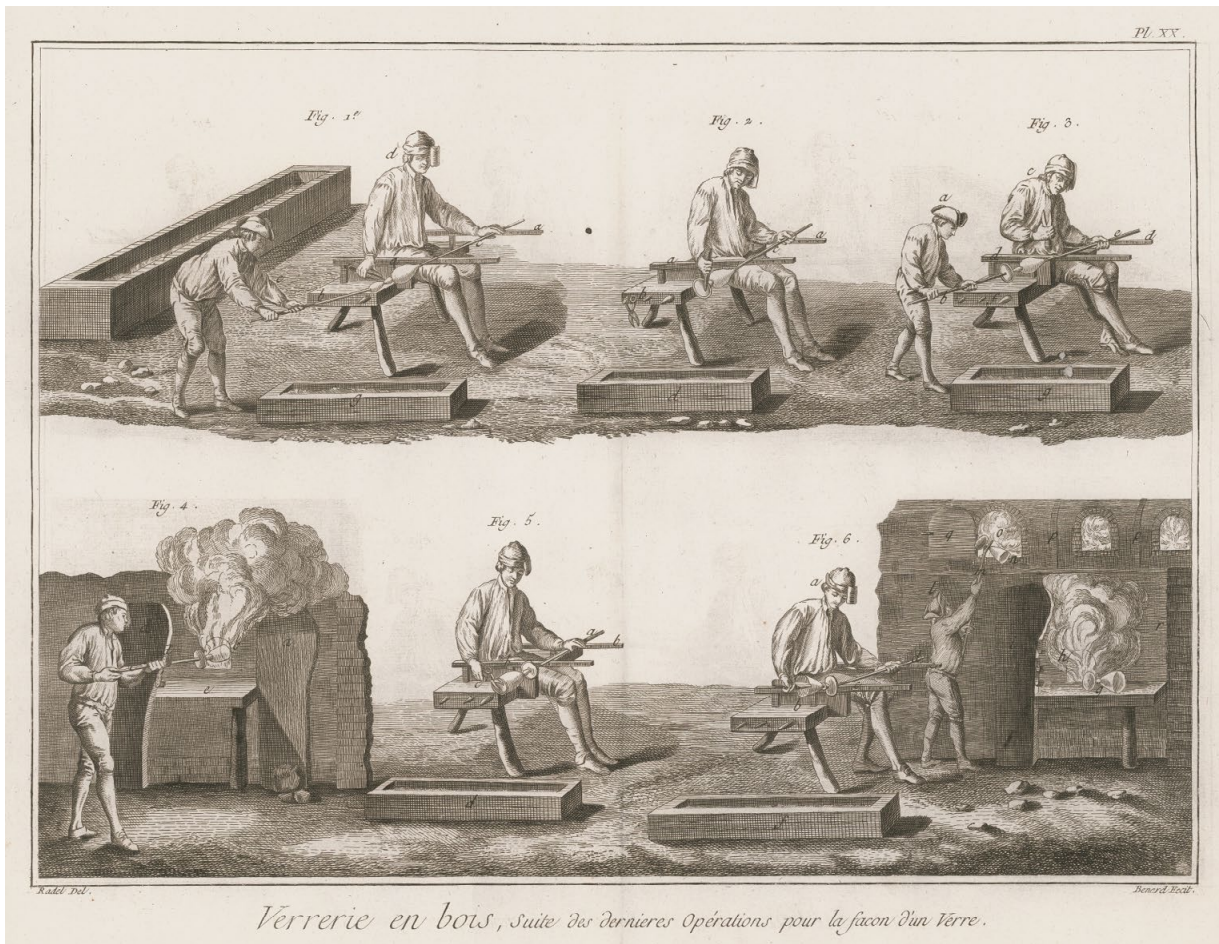


Fig. 4 - Illustrazione dell'Encyclopedie: un artigiano del vetro che svolge il suo lavoro

sociali, perché riguarda quello che egli è. Sarebbe riduttivo chiudere ora questo argomento rifacendosi all'idea che nel fare le cose conviene preferire la bontà del talento rispetto al valore dell'eredità, e quindi trascurare il destino dei "perdenti" o persone comuni che dir si vogliono, in una visione di competizione basata solo sul talento. L'idea che il "fallimento" possa essere salutare era già apparsa nelle pagine dei saggi di Montaigne (filosofo francese del 1500), dove Dio educa l'umanità mostrandole ciò che essa non è in grado di fare. Allo stesso modo anche Diderot e lo scienziato Benjamin Franklin, hanno lasciato scritto che la vita ordinaria può indurre l'uomo, in maniera drammatica, ad un salutare senso di fallimento. Nell'Encyclopedie dello stesso Diderot, in cui sono anche descritte persone intente ad attività lavorative a volte ripetitive, a volte complicate, a volte pericolose; è curioso notare come, nelle rappresentazioni di quegli operai, le espressioni del loro viso siano sempre improntate alla **medesima serenità**. A proposito delle illustrazioni dell'enciclopedia, lo storico Adriano Tilgher fa notare il senso di pace e di calma che promana dal lavoro ben regolato e disciplinato svolto con animo tranquillo e appagato (fig. 4). Quelle immagini invitano il lettore a entrare in un mondo in cui regna la soddisfazione per gli oggetti quotidiani fatti a regola d'arte, cioè la "specifica condizione umana" con cui si è iniziata la discussione di questo paragrafo.

Per diventare artigiani del proprio mestiere, dunque, un aspetto decisivo è l'esperienza: qualunque lavoro si faccia, significa pensare a come si può crescere migliorando le proprie abilità, e prendersi tutto il tempo che serve per riuscirci, coscienti che il percorso non sarà precluso a chi ha meno talento di altri. Il "modello artigiano" del passato insegna una cosa importante: **il senso del tempo**. Per diventare maestri ai tempi antichi ci volevano anni¹².

1.3.3 TECNOLOGIE E MACCHINE

Come è stato detto, nel tentativo di elevarsi ad artigiano, l'uomo inevitabilmente si scontra con la limitatezza del suo ingegno e delle sue fare pratico. Va comunque considerato che, con strumenti rudimentali prima e con macchine automatizzate poi, l'uomo abbia ricevuto nel tempo un grande aiuto nel lavoro manuale dalla **tecnologia** ed in particolare dalle macchine, anche se il rapporto con la macchina, in fondo, non fa che acuire l'inadeguatezza percepita di cui si diceva.

La relazione uomo-macchina è stato il grande dilemma dell'inizio dell'età moderna: la macchina è un alleato al lavoratore oppure una nemica che sottrae il posto alla mano umana? Tengo a sottolineare un solo punto chiave su questo argomento, che a mio parere merita di essere difeso, ovvero che l'uomo collaborando con la macchina non riduca la sua dimensione ad automa ma ne esca valorizzato.

Nel paragrafo precedente si è diffusamente affrontata l'importanza della costruzione di abilità attraverso l'esercizio: in questo scenario un utilizzo sbagliato della macchina può però risultare un grosso ostacolo. L'aggettivo "**meccanico**", infatti, nel linguaggio comune, è sinonimo di ripetizione statica. Grazie alla rivoluzione nel campo dei microprocessori, le macchine moderne non sono più tuttavia qualcosa di statico, e attraverso feedback continui esse possono imparare dall'esperienza dell'utente. Si può dire che si fa un cattivo uso delle macchine quando attraverso di esse si privano gli esseri umani dell'esperienza di imparare a loro volta dalla ripetizione. Le macchine intelligenti offrono all'essere umano la possibilità di scindere la comprensione intellettuale dall'apprendimento ripetitivo, che segue le istruzioni e che usa la mano: questo succede a scapito delle facoltà concettuali umane.

Come ribadisce Richard Sennet, il modo più corretto di usare la macchina consiste nel giudicarne la potenza e nell'immaginarne l'uso alla luce dei nostri limiti umani, piuttosto che delle potenzialità della macchina. L'uomo non dovrebbe **competere** con la macchina. Una macchina, come qualsiasi modello, deve proporre anziché imporre, e l'umanità deve certamente sottrarsi al comando di imitare la perfezione. Un esempio di errore vicino al mondo del design, è quando ci si trova a modellare un oggetto in 3D tramite i software dedicati, ed il disegno magari concepito particolarmente complesso si adatta a quello che il programma restituisce più facilmente, sacrificando l'idea originale o quello che si voleva inizialmente realizzare. Contro la pretesa di perfezione, possiamo affermare invece la nostra **individualità**, che è ciò che conferisce un carattere distintivo al lavoro che svolgiamo. Per realizzare tale impronta personale nel lavoro tecnico, sono necessarie la modestia e una certa consapevolezza delle nostre inadeguatezze. In sintesi, per praticare bene un lavoro tecnico è indispensabile giudicare le macchine in modo equilibrato. Quella di ottenere a tutti i costi buoni risultati, si tratti di perfezione funzionale o perfezione meccanica, non è la strada da scegliere, se non **illumina l'uomo** su se stesso.¹³

12. R. Santonocito, "Intervista a Richard Sennett", Il Sole 24 Ore, 14 gennaio 2008

13. R. Sennett, *Op. cit.*, - pp. NN



Widespread access to these technologies will challenge traditional model of business, foreign aid and education.¹⁵



*La prospettiva di un **ampio accesso** a queste tecnologie può **sfidare** il **tradizionale modello di business**, i finanziamenti esteri e l'educazione.*

1.3.4

SEGRETO DI BOTTEGA E OPEN SOURCE

Per concludere la digressione sulla figura dell'artigiano è necessario parlare del segreto di bottega attraverso cui ci si ricollega al paragone con il maker, in quanto in questo aspetto vi è una particolare contrapposizione tra il segreto dell'artigiano e la condizione opensource del mondo dei maker.

Uno degli esempi più famosi della storia a cui ci si può rifare riguarda la bottega di Antonio Stradivari, la cui produzione di violini garantì successo e fama mondiale. Ad oggi, nel tentativo di riprodurre pezzi all'altezza, l'analisi dell'opera del maestro procede principalmente su tre fronti: la costruzione di copie precise della forma dei loro strumenti, l'analisi chimica delle vernici utilizzate, ed una ricerca che va a ritroso partendo dal suono. Nonostante questo, con la morte del maestro morì anche la bottega artigiana: Stradivari infatti non insegnò, e non avrebbe potuto, la genialità ai suoi figli. Come sottolineato precedentemente, la realizzazione di pezzi di qualità non dipende esclusivamente dal talento, ma questa coscienza non ha possibilità di emergere e consolidarsi nella bottega dove domina l'individualità e l'originalità del maestro. In questo tipo di contesto "tenderà a essere predominante il sapere tacito". Al contrario, in un laboratorio ben diretto dovrebbe esserci equilibrio tra sapere tacito e **sapere esplicito**, cioè condiviso. Questa considerazione rimette in gioco l'importanza dell'open source, di cui segue la definizione.

*"Open source (termine inglese che significa codice sorgente aperto), in informatica, indica un software i cui autori (più precisamente i detentori dei diritti) ne permettono e favoriscono il libero studio e l'apporto di modifiche da parte di altri programmatori indipendenti. Questo è realizzato mediante l'applicazione di apposite licenze d'uso. Il fenomeno ha tratto grande beneficio da Internet, perché esso permette a programmatori geograficamente distanti di coordinarsi e lavorare allo stesso progetto."*¹⁴

In un paragone stretto è difficile e utopistico oggi pensare che una tradizionale bottega artigiana condivida senza freni i suoi segreti, così come avviene invece per i software e, parlando di manufatti veri e propri, come succede coi file di modelli 3D che, a disposizione di tutti, consentono a chiunque di rea-

lizzarli in qualsiasi parte del mondo con strumenti personali o attraverso service di produzione commerciale. Tuttavia la condivisione del "saper fare", delle conoscenze, tecniche e modalità di lavoro, perlomeno all'interno della bottega stessa, si è mostrata storicamente come unica modalità in grado di fare sopravvivere un laboratorio ed di conseguenza i manufatti di qualità che esso genera.

Applicando queste considerazioni su un laboratorio open source, viene quasi immediato di fare un salto temporale ad oggi paragonarli coi FabLab: sono forse questi spazi la vera eredità del saper fare e della bottega artigiana?

1.4

PROGETTARE PER LA DIGITAL FABRICATION E PER L'ARTIGIANATO

L'analisi finora svolta ha avuto come obiettivo studiare gli scenari progettuali e le relative utenze. Il contesto presenta quindi da una parte una condizione umana, che ha a cuore il saper fare e la qualità del manufatto, e dall'altra una rete di persone che non ha paura a mettersi all'opera per realizzare e condividere progetti e conoscenze do-it-yourself (DIY). A conclusione di questa prima parte verranno ora affrontate le possibilità progettuali che contesto analizzato offre.

1.4.1

IL POTENZIALE

*"Widespread access to these technologies will challenge traditional model of business, foreign aid and education."*¹⁵

L'espressione del fondatore dei fablab dice tutto del **potenziale** presente nel fenomeno della digital fabrication. Come si è visto la "killer app" (in senso metaforico, la applicazione vincente) nella digital fabrication, così come nel campo dell'informatica, è la personalizzazione, la realizzazione di prodotti per un mercato fatto di una persona¹⁶. Nonostante questa personalizzazione della produzione, Gershenfeld sottolinea come: "Le comunità non dovrebbero avere paura o ignorare questo fenomeno. Modi migliori per costruire manufatti possono aiutare a costruire **migliori comunità**". Sebbene si abbia a che fare

14. http://it.wikipedia.org/wiki/Open_source

15. N. Gershenfeld, "How to Make Almost Anything", Foreign Affairs, Novembre/Dicembre 2012 - p. 43

16. N. Gershenfeld, *Op. cit.* - 46-47



Fig. 5 - Operaio al lavoro presso il Detroit Tech Shop

con un fenomeno che produce da e per il singolo, partendo da questa piccola cellula, si può arrivare a ipotizzare nuovi modelli economici, ma soprattutto nuove frontiere educative al lavoro ed agli strumenti da lavoro.

Per il sociologo inglese David Gauntlett, autore del libro *La società dei makers* (Marsilio Editore), il **ne-oartigianato tecnologico** è un antidoto contro quell'alienazione che separa i compiti intellettuali da quelli manuali e frammenta il lavoro in migliaia di occupazioni separate e insignificanti.¹⁷ Egli sostiene infatti l'idea che le persone vogliano seguire un processo dall'inizio alla fine, cosa che non riescono a fare nella vita di tutti i giorni. Al contrario, per quanto riguarda un maker, questo è possibile dall'ideazione alla realizzazione, sino alla distribuzione del proprio manufatto.

L'aspetto più importante da sottolineare non è se gli autori citati finora abbiano ragione o meno, il punto è che, dopo una lunga eclisse, **la manualità dell'artigiano** che dà vita materialmente a un prodotto unico di qualità con piacere e passione è ritornata **in primo piano**: non più un fenomeno di retroguardia, bensì ultima frontiera dell'innovazione tecnologica e culturale. Questo risulterà forse divertente per molti designer, creativi o amanti del fai-da-te, ma è sicuramente **decisivo** per un **sistema produttivo** come quello italiano che rappresenta ancor oggi uno dei principali serbatoi di competenze manuali al mondo.¹⁸

La prospettiva fornita dal Bureau of Labor Statistics degli Stati Uniti è che nel 2020 negli USA sono previsti circa 9.2 milioni di posti di lavoro nei settori della scienza, tecnologia, ingegneria e matematica. Secondo i dati raccolti dal National Science Board, il gruppo consultivo della National Science Foundation, i laureati in questi settori, ad oggi, non hanno tenuto il passo rispetto al giorno di iscrizione all'università, ed inoltre le donne più alcune minoranze rimangono decisamente poco rappresentati. La digital fabrication può offrire una **nuova risposta** a questo bisogno e problematiche, partendo all'inizio del problema, cioè dall'iniziativa della persona. Per esempio la Fab Academy (un programma intensivo di digital fabrication) cerca di bilanciare l'entusiasmo dirompente del movimento fai-da-te con l'aiuto concreto che emerge dal fare insieme le cose. Per quanto riguarda i bambini, lo scenario è che potranno andare un giorno in un qualsiasi fab lab e provare e sperimentare con gli strumenti che più gli interessano.

1.4.2 ESEMPI DI SUCCESSO

Seguono ora due esempi che mostrano quanto il potenziale introdotto precedentemente possa concretizzarsi in vero **successo**.

Il primo riguarda gli utenti, e i ricercatori lo chiamano "effetto IKEA". Questo fenomeno teorizza come i consumatori tendano ad apprezzare maggiormente i prodotti alla cui creazione sentono di aver **partecipato** in qualche modo: assemblando un kit o anche solo limitandosi ad incoraggiare i creatori via internet. Come scrive l'economista comportamentale della Duke University, Dan Ariely, in un saggio sull'argomento: "Negli anni cinquanta, quando vennero lanciati i preparati per torte [...] a semplificare la vita della casalinga americana minimizzando il lavoro manuale, le massaie opposero una significativa resistenza iniziale: quei preparati rendevano troppo semplice il compito, portando a una sottovalutazione del loro impegno e delle loro capacità. Di conseguenza i produttori modificarono la ricetta originaria rendendo necessaria l'aggiunta di un uovo. Pur essendoci verosimilmente diverse altre ragioni che possono spiegare perché questo cambiamento portò a una maggiore accettazione del prodotto, l'imposizione di una quota di lavoro manuale appariva una componente cruciale."¹⁹

Il secondo esempio viene dall'azienda automobilistica **Ford**, che nel 2011 ha avviato il Detroit TechShop²⁰, uno spazio di 1.500 metri quadri, equipaggiato con laser cutter, stampanti 3D e macchine utensili CNC per un valore complessivo di 750.000 dollari (fig. 5). I dipendenti Ford sono liberi di utilizzare questo spazio di giorno e di notte per progetti legati al lavoro o anche personali. Da quando è cominciato il programma, in azienda le prestazioni di brevetti sono aumentate del 30%, incremento che i dirigenti attribuiscono a TechShop e alla sua iniezione di spirito makers. Chris Anderson, riguardo a questo esempio ha scritto: "È così che si **reinventano le industrie**."²¹

Quello che emerge da queste due esperienze è come sia un punto fondamentale ed irrinunciabile lasciare **spazio alla persona**, alla sua creatività e libera iniziativa, e, in aggiunta a questo fattore, come gli strumenti di prototipazione rapida per la personal fabrication siano un maggiore stimolo a creare nuovi prodotti che rilancino le industrie ed il mercato.

17. G. da Empoli, "Festeggiamo, sono tornati gli artigiani", Il Sole 24 Ore, 21 dicembre 2013

18. G. da Empoli, *Op. cit.*

19. M. I. Norton, D. Mochon, D. Ariely, *The IKEA effect: When labor leads to love*, Journal of Consumer Psychology, luglio 2012

20. T. Kinni, *Seeking Scale in the Maker Movement*, Strategy + Business, 26 novembre 2013

21. C. Anderson, *Op. cit.*, p. NN



N. 2

STRUMENTI DEL DIY

Do-it-yourself

Tradizione

Innovazione



Fig. 6 - Sega circolare



Fig. 7 - Segehtto alternativo



Fig. 8 - Fresastrice verticale

*“Il fai da te, conosciuto anche col termine francese bricolage o con il suo equivalente inglese do it yourself (DIY), è un’attività manuale che consiste in piccoli lavori che una persona, generalmente non professionista, esegue per proprio conto e propria soddisfazione. In questo senso il fai da te si distingue dal lavoro e viene inserito tra gli hobby, cioè le attività che le persone eseguono nel tempo libero. Solitamente il “fai da te” è anche legato a tutte quelle attività che una persona compie da sola per il miglioramento e la cura della casa, come la creazione di piccoli mobili o l’effettuare riparazioni di lieve entità.”*²²

Finora sono stati trattati il contesto, gli utenti e le motivazioni che muovono le persone a prodursi personalmente dei manufatti. Viene però da chiedersi: con quali strumenti operano? L’attitudine al fai da te e all’autoproduzione non è un fenomeno riconducibile soltanto a pochi anni fa, per questo motivo seguirà ora un’analisi sia degli strumenti tradizionali, “da garage”, che molte persone possiedono e probabilmente ritrovano anche nella loro quotidianità, sia degli strumenti più caratterizzanti la digital fabrication, che nel recente passato hanno favorito la crescente attenzione su questo fenomeno. Sebbene i processi e i metodi utilizzati per la creazione di modelli, prototipi e manufatti possano essere molto svariati, e di conseguenza anche gli strumenti, l’analisi si concentrerà sostanzialmente su due categorie di utensili: quelli che lavorano per tecniche sottrattive e per tecniche additive, caratterizzati da dimensioni “desktop”. Per questo motivo non verranno prese in considerazione macchine fisse o a controllo numerico di grandi dimensioni.

2.1.1 STRUMENTI DIY TRADIZIONALI

Come emerge dalla definizione, il campo di azione del DIY tradizionale riguarda la cura della casa, del giardino e la creazione di mobili, o più generalmente, strutture, in legno. Gli strumenti sui quali è necessario concentrarsi riguardano dunque le lavorazioni di questo materiale, oppure, di materiali in lastre e dagli spessori contenuti, come laminati plastici, tessuti, componenti in metallo (aste, aste filettate, ecc.).

2.1.1 MACCHINE PORTATILI

Per facilitare il lavoro, spesso si utilizzano macchine portatili leggere e più economiche rispetto alle macchine fisse. Queste permettono di lavorare in modo più rapido e sufficientemente preciso.

SEGA CIRCOLARE

Le seghe circolari portatili servono a suddividere pannelli e possono essere utilizzate su legno e suoi derivati e, come detto in precedenza, anche su altri materiali. La lama della sega, direttamente collegata al motore di comando, sporge sopra il banco di lavoro ed è completamente coperta da un carter. Questo carter è mobile e, portando il pezzo da tagliare contro la lama, si alza, per poi abbassarsi automaticamente dopo aver effettuato il taglio, tornando a coprire la lama stessa. Per la realizzazione di diversi angoli di taglio il piano di appoggio può essere inclinato e adattato all’utensile per la profondità di taglio.²³

Tipologie di taglio e accessori:

I tagli possono essere effettuati lungo una battuta montata nell’alloggiamento, lungo una guida di arresto, oppure a mano libera seguendo una linea tracciata sul pezzo.

SEGHETTO ALTERNATIVO

Il seghetto alternativo è utilizzato per tagli sia dritti che curvilinei in legno massiccio e suoi derivati, materiali sintetici e metalli non ferrosi. Il movimento rotatorio del motore di comando viene trasformato in un movimento alternativo di salita e discesa della lama della sega. Alcuni modelli, oltre alla corsa della lama della sega è aggiunto un movimento oscillante in avanti. Ciò facilita il movimento della lama quando si tratta di tagliare materiali spessi; questa tipologia viene definito seghetto alternativo oscillante. Per tutti i modelli viene montata una piastra di base a inclinazione variabile che serve da appoggio e viene spinta stabilmente contro il pezzo. In base al tipo di materiale da lavorare possono essere montate sul mandrino lame che variano per lunghezza, larghezza e con dentatura più o meno grande.²⁴

Tipologie di taglio e accessori:

Con i seghetti è possibile effettuare tagli paralleli usufruendo di accessori come una guida di riferimento regolabile e tagli curvilinei usando una sagoma o seguendo mano libera seguendo una linea tracciata sul pezzo. Per materiali dallo spessore non elevato possono anche essere effettuati tagli interni

22. <http://it.wikipedia.org/wiki/Bricolage>

23. W. Nutsch, *Guida pratica alla lavorazione del legno*, traduzione a cura di Sandra Parola e Micaela Aureli - Napoli, Sistemi editoriali, 2010 - p. NN

24. W. Nutch, *Op. cit.*, - p. NN

praticando un foro iniziale, grande almeno quanto la lama, all'interno dell'area da asportare.

FRESA PORTATILE

Con le fresatrici portatili si effettuano i seguenti lavori:

- fresatura di scanalature, spigoli e incastri
- fresatura di profili su pezzi dritti o curvilinei (con cavi o convessi)
- fori per l'inserimento di spine
- fresature a raso di componenti incollati
- fresatura di copiatura mediante maschere

La macchina è fatta in modo che le scocche racchiudono il motore di comando, il mandrino (direttamente collegato al motore) con la sede portautensile. L'utensile di lavoro viene fissato con una pinza conica al mandrino, per quanto riguarda la scelta dell'utensile la varietà è molto ampia, perlopiù vengono utilizzati taglienti in metallo duro. La fresa è inoltre regolabile manualmente in altezza dall'utente attraverso una guida a colonne che collega un piatto a contatto con il materiale al corpo della macchina.²⁵

Tipologie di taglio e accessori:

Nella parte inferiore della macchina possono essere applicati degli arresti regolabili a piacere per poter lavorare i pezzi dritti a spigoli paralleli. Per la lavorazione di pezzi curvilinei possono essere utilizzati utensili sui quali viene fissato un cuscinetto di guida oppure un perno. Le fresatrici portatili sono prodotte con diverse potenze di motore e frequenze di rotazione regolabili.

TRAPANO PORTATILE

Con i trapani portatili si realizzano forature in legno massiccio, derivati del legno, materiali sintetici, metalli, opere murarie e calcestruzzo. Le dimensioni variano a seconda dell'utilizzo, ambiente interno o esterno, oppure del materiale da perforare.

2.1.2 INFORTUNISTICA LEGATA AGLI STRUMENTI TRADIZIONALI

Per quanto riguarda gli utensili sin qui descritti esiste un altro aspetto che è importante considerare per una progettazione corretta e consapevole, ovvero quello che riguarda l'infortunistica domestica.

Facendo un'inquadratura generale del fenomeno si scopre che ogni anno in Europa (EU27) gli inci-

denti in casa e nei luoghi di svago causano circa 32.000.000 interventi ospedalieri e circa 110.000 decessi. Il tasso di mortalità è tre volte superiore a quello dovuto agli incidenti stradali. Negli Stati Uniti d'America, circa il 40% degli infortuni negli ambienti di vita accade in casa. In Inghilterra ed in Galles annualmente, gli infortuni domestici causano circa 3.500 decessi e oltre 300.000 interventi medici del Pronto Soccorso ad adulti con età superiore ai 65 anni.

Riguardo all'Italia, ogni anno ci sono circa 3.000.000 di individui che subiscono almeno un infortunio all'interno delle proprie mura domestiche. Rapporati all'intera popolazione Italiana, si ottiene un tasso annuale medio di infortunio superiore al 5%.²⁶

Entrando nel merito del DIY, secondo fonti del Rospa (the Royal Society for the Prevention of Accidents), ente che si occupa della prevenzione degli infortuni nel Regno Unito ed in Europa, emerge che il 39,5% degli appassionati hobbisti che usufruiscono di assistenza ospedaliera ha subito un danno causato da strumenti e macchinari da lavoro come quelli descritti precedentemente (87.000 su 220.000). In particolare, sempre riferendosi al numero di infortuni per anno nel Regno Unito, gli strumenti più pericolosi sono risultati essere scalpelli e taglierini (21.300 infortuni), seghe (15.100) e strumenti tritatutto (5.800). Ancora più interessante è il numero relativo ai materiali lavorando i quali è avvenuto l'infortunio, dove al primo posto si trova legno, truciolare e simili (29.400 infortuni), seguito da materiale da pavimentazione e mattoni (21.200) e metallo in lastre o barre (12.800).

FOCUS STRUMENTI DI TAGLIO

Cambiando area geografica e passando a dei dati riguardanti gli USA, secondo la rivista Forbes²⁷ 10.600 persone all'anno vengono ricoverate al pronto soccorso per infortuni relativi a sega circolare portatile e 29.000 per la sega da banco.

UTENTI

Ulteriori conferme di quanto detto emergono da un sondaggio effettuato dal Consumer Product Safety Commission (CPSC), organo investigativo degli Stati Uniti d'America che ha studiato nel dettaglio le modalità e tipologie di seghe e strumenti da taglio responsabili di infortuni domestici. In particolare risulta che per quanto riguarda gli strumenti portatili (contractor saw e bench saw) nell'86% degli intervistati gli strumenti erano di proprietà dell'utente

25. W. Nutch, *Op. cit.*, - p. NN

26. P. Ferrante, S. Massari, G. Buresti, S. Iavicoli, "Infortuni domestici: epidemiologia del fenomeno ed approfondimenti sulla popolazione infortunata" - Milano, INAIL, 2012 - p. 4

27. W. Baldwin, "The Most Dangerous Power Tools", Forbes, 21 dicembre 2009

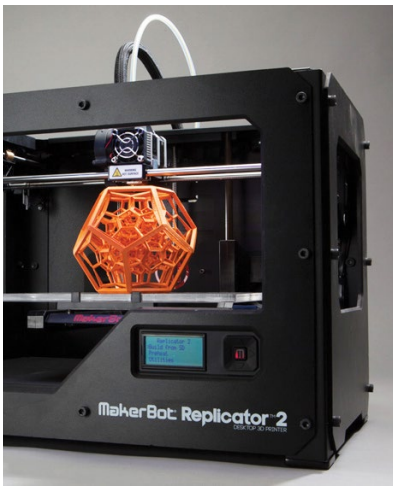


Fig. 9 - MakerBot 3D printer

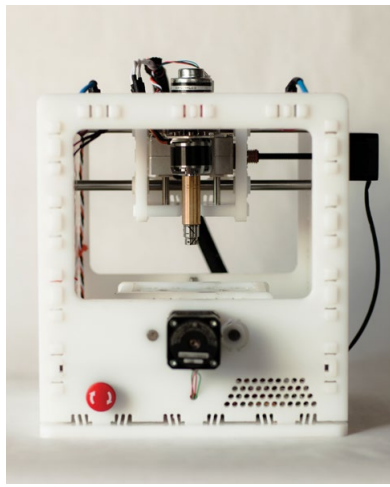


Fig. 10 - Othermill CNC machine



Fig. 11 - Macchina per taglio laser

e di questo numero il 77% aveva utilizzato almeno dieci volte quello strumento in precedenza. Si può dire quindi che chi è vittima degli infortuni sia un appassionato di fai da te, o comunque un operatore responsabile della macchina con esperienza.

MATERIALI

Nel momento in cui si è registrato l'incidente, del 91% dei casi la sega è stata utilizzata per tagliare un'asse di legno, dei quali 95% dei casi è stato un taglio verticale, seguito da un taglio lineare lungo la lunghezza del pezzo (85%).

STRUMENTI

Come detto nella maggior parte dei casi gli strumenti responsabili dell'infortunio sono la sega circolare, altri strumenti portatili il come seghetto alternativo, oppure strumenti fissi come sega da banco o sega a nastro. [Appendice - tab. 3]. Per quanto riguarda la natura dell'infortunio, il motivo principale è la rimozione della protezione di sicurezza della lama (75%) come emerge dalla tabella che segue.²⁸ [Appendice tab. 4]

In conclusione, il motivo per cui sono stati analizzati questi dati è di definire il più approfonditamente possibile lo scenario analizzato. Sintetizzando si può dire che l'infortunio domestico relativo a lavori del fai da te è nella maggior parte dei casi causato da strumenti da taglio portatili e non, ai quali spesso viene rimossa la protezione di sicurezza per avere una migliore visuale del taglio o della lama. Inoltre il più delle volte l'utente si trovava a tagliare per il lungo una tavola di legno rettangolare.

2.2 STRUMENTI DIY TIPICI DELLA DIGITAL FABRICATION

Nel contesto della digital fabrication si considerano strumenti tipici tutti quelli che partendo da un disegno o modello CAD (2D o 3D) realizzato a computer, permettono di realizzare manufatti di dimensioni e prezzo contenuti nel proprio contesto casalingo e "desktop".

L'attenzione mediatica e anche progettuale negli ultimi anni si è decisamente sbilanciata verso le stampanti 3D come tecnica emblematica di fabbricazione digitale. E' da notare però che non è l'unica tecnologia ed anzi forse è la più difficile da usare all'altezza del suo potenziale.

*"C'è un sacco di attenzione intorno alla stampa 3D in questo periodo. Personalmente mi interessano tutte le tipologie di "making" e non solo la stampa 3D anche se ora rappresenta il nuovo. Si incontrano persone che stampano un sacco di oggetti inutili solo perché ne hanno la possibilità e mi sembra un po' strano perché prima non avevo l'impressione che la mia vita avesse bisogno di oggetti di plastica inutili."*²⁹

Condividendo pienamente il pensiero di Gauntlett, segue ora una descrizione delle principali tipologie di making e fabbricazione digitale.

2.2.1 3D PRINTING

La stampante tradizionale laser è a due dimensioni: trasforma i micropunti che appaiono su uno schermo in punti di inchiostro, o di toner, su un medium bidimensionale, prevalentemente la carta. La stampante 3D, invece, preleva dallo schermo "figure solide", oggetti tridimensionali creati con software dedicati, e li converte in oggetti che si possono afferrare e usare.

Esistono differenti tipologie di stampanti 3D, definite dalle diverse tecniche utilizzate e in base materiale di partenza (materiale liquido, materiale in polvere, materiale solido). Alcune stampanti infatti estrudono un filamento di plastica fusa deponendolo per strati sovrapposti, altre utilizzano un laser per solidificare strati di resina liquida oppure polveri, dove l'oggetto finale emerge da un "bagno" nella materia prima.

La varietà di materiali utilizzabili è potenzialmente molto ampia (polimeri, acciai, bronzo, oro, titanio e anche materiale organico come cellule di organi e tessuti), ma di fatto la tecnologia decisamente più diffusa nell'ambiente desktop è quella per estrusione di un filamento di materiale polimerico, chiamata FDM (Fused Deposition Modeling).

2.2.2 CNC DESKTOP

Al contrario della stampa 3D che usa una tecnica additiva, costruendo gli oggetti strato per strato, una fresatrice a controllo numerico (Computer Numerical Control, CNC), permette di realizzare prodotti simili ma con una tecnologia sottrattiva. Questo termine indica che il manufatto viene ottenuto partendo

28. fonte dei dati: U. S. Consumer Product Safety Commission, *Survey of injuries involving stationary saws* - Bethesda, CPSC, 2011
29. Z. Romano, "Gauntlett: Il movimento maker è maturo. Fare e condividere cambieranno l'economia", *Che Futuro*, Novembre 2013



Glowing articles about 3D printers read like the stories in the 1950s that proclaimed the microwave ovens were the future of cooking. Microwaves are convenient, but they don't replace the rest of the kitchen. The revolution is not additive versus subtractive manufacturing; it is the ability to turn data into things and things into data.³⁰



*I crescenti articoli riguardo la stampa 3D suonano simili alle storie che negli anni '50 promuovevano i forni a microonde come il futuro del modo di cucinare. I microonde possiedono dei vantaggi, ma non riproducono il resto della cucina. **La rivoluzione** non è dunque lavorazione "additiva" vs "sottrattiva", è **la capacità di trasformare dati digitali in prodotti e prodotti in dati digitali.***

da un blocco pieno di materiale, sul quale la macchina lavora con una punta simile a quella di un trapano, che si muove su 3 assi, X-Y-Z (il numero di assi può arrivare fino a 7 nelle macchine professionali) rimuovendo e asportando poco a poco il materiale fino a ottenere il pezzo finito, secondo un sistema CAD (Computer Aided Design) ovvero software di computer grafica che supportare l'attività di progettazione (design) generando un modello 3D che la macchina riproduce. I materiali utilizzabili variano da plastica, legno, metallo e PCB, ed i vincoli sono legati l'utensile di taglio, ma anche alla rigidità di tutta la struttura. Le macchine a controllo numerico possono avere svariate funzioni oltre a quella di fresa, specialmente a livello industriale per lavorazioni di tessuti, trapuntatrici e ricamatrici, ed inoltre anche svariate dimensioni, che possono raggiungere quelle di stanze o capannoni interi.

2.2.3 TAGLIO LASER

Uno dei più popolari tra i nuovi strumenti desktop è il laser cutter, un apparecchio sostanzialmente bidimensionale. Impiega un potente laser per tagliare una forma precisa, anche di elevata complessità, in fogli di qualunque materiale dalla plastica al legno o metallo sottile. Molti programmi CAD possono suddividere un oggetto tridimensionale in parti bidimensionali, in modo che si possano produrre con un laser cutter e poi inserire facilmente una nell'altra per assemblare il tutto.

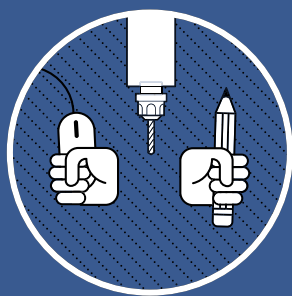
2.3 CONSIDERAZIONI SUGLI STRUMENTI ESISTENTI

*"Glowing articles about 3D printers read like the stories in the 1950s that proclaimed the microwave ovens were the future of cooking. Microwaves are convenient, but they don't replace the rest of the kitchen. The revolution is not additive versus subtractive manufacturing; it is the ability to turn data into things and things into data."*³⁰

Davanti all'analisi effettuata sugli strumenti tradizionali e di sviluppo recente utilizzati nell'ambito del DIY, le parole di Neil Gershenfeld assumono una grande importanza nel ridimensionare il fenomeno della stampa 3D e nel focalizzare l'attenzio-

ne su come invece la **vera rivoluzione** sia il passaggio **dal digitale all'oggetto** fisico e vice versa. Come è stato anticipato, la stampa 3D è il fenomeno più in vetrina e sponsorizzato all'interno della fabbricazione digitale, e questa esposizione mediatica non è sicuramente fine a se stessa, ma figlia di numeri ed investimenti da parte di aziende e makers. In particolare secondo Econolyst, impresa inglese che si occupa di consulenza e ricerca nel settore dell'additive manufacturing e 3D printing, ad oggi infatti sono ben sette le aziende che si occupano di additive manufacturing quotate in borsa e il cui andamento del titolo nel biennio 2011-2013 ha visto una crescita esplosiva. Interessante inoltre notare come il 53% delle persone che utilizza una stampante 3D la sfrutta come supporto al proprio lavoro, dunque questo successo non è tutto relativo ai makers e agli aspetti di divertimento, hobby e sperimentazione. Per quanto riguarda questa tecnologia è quindi evidente come si stia investendo molto, più di quanto non sia avvenuto rispetto alle fresatrici desktop, o al taglio laser. Quest'ultimo fa più eccezione rispetto ai primi due in quanto la complessità della tecnologia laser risulta meno accessibile all'utente sia da un punto di vista della sperimentazione (al contrario le stampanti 3D e le fresatrici che risultano più facilmente "hackerabili") che da quello dei costi (macchine laser cutter desktop si aggirano sui 3.500/4.000 €). In più, lo sviluppo di servizi di prototipazione digitale (come Vectorialism o Mio Cugino a Milano), hanno reso talmente semplice, veloce ed economico la realizzazione di parti tagliate laser che risulta quasi irragionevole provare a cimentarsi entro le proprie mura di casa o garage. Per quello che riguarda infine la **fresatura** a controllo numerico, si potrebbe dire che si pone nel mezzo rispetto a 3D printing e Laser Cutting, in quanto unisce **strumenti tradizionali** (come fresa vera e propria che può essere utilizzato uno strumento da hobbistica tradizionale come il Dremel o gli elettromandrini da modellismo Proxxon) con l'aspetto più innovativo del **controllo digitale**, per lavorare materiali icona del fai-da-te come il legno. Per queste ragioni ho deciso di dare più peso all'analisi del settore riguardante le cosiddette "Desktop CNC milling machines", ovvero fresatrici a controllo numerico dalle dimensioni "desktop".

30. N. Gershenfeld, *Op. cit.* - p. 44



N. 3 IL CONCEPT

*Fresatrice
Digitale
Manuale*

3.1

ANALISI DI MERCATO

La fase di concept ha avuto inizio con un'analisi di mercato delle fresatrici desktop protagoniste della fabbricazione digitale e dei più tradizionali modelli di fresatrice verticale.

3.1.1

FRESATRICI DESKTOP E CNC KIT

Il mercato di questi utensili è molto variegato e sebbene alla fine il tipo di lavorazione che è possibile ottenere è lo stesso, ritengo utile ai fini dell'analisi e della comprensione suddividere in quattro macro categorie questi strumenti. I termini di distinzione principali sono la struttura ed il modo d'uso. (Per il confronto globale si veda tab. 1).

STRUTTURA + ELETTROMANDRINO

Questa tipologia di frese è caratterizzata da una struttura molto semplice ma solida. Come si evince dalle immagini la forma dei pezzi che compongono la struttura è piuttosto simile tra i diversi modelli, anche se varia per tipologia di materiale utilizzato che varia tendenzialmente tra legno e HDPE. La geometria "essenziale" favorisce la commercializzazione anche in versione kit (macchina non assemblata e dunque più economica). Ulteriore elemento di risparmio riguarda l'utensile di taglio, che consiste in un utensile multiuso "buy", non integrato alla macchina, che può rivelarsi vantaggioso nel momento in cui l'utente ne possiede già uno e quindi senza bisogno di acquistarlo lo può posizionare nell'alloggiamento dedicato. *Fascia di prezzo: 220 - 470 €*

HDPE MILLING MACHINES

Le frese con struttura in polietilene ad alta densità, o con l'ancora più performante UHMWPE (Ultra-high-molecular-weight polyethylene), sono molto resistenti ed economiche. L'utilizzo di questo materiale (lavorabile con la macchina stessa) permette anche in questo caso di ricavare i pezzi da lastre avendo dunque un ingombro minimo quando non assemblata e rendendo agevole la distribuzione in kit. Per questa tipologia il mandrino viene spesso realizzato DIY, scelta che aiuta a mantenere basso il costo e sfrutta al meglio la lavorabilità e resistenza del HDPE.

Fa eccezione in questa categoria la *Othermill*³¹,

prodotta dall'azienda OtherMachine, che si presenta sul mercato con un prezzo molto maggiore e solo in versione assemblata. Le dimensioni molto ridotte la rendono una macchina ideale per lavorazioni di grande precisione come quelle dei circuiti PCB e facilmente trasportabile. *Fascia Prezzo: 475 - 500 €*
[Othermill: 1400 €]

COMMERCIALI

La definizione di commerciale vuole indicare dei centri di lavoro che non prevedono alcuna interazione dell'utente se non quella di inviare dal CAD il file da realizzare. Un esempio di marchio di successo è Roland, e come concetto ed estetica si avvicinano molto alla classica stampa ink-jet, presentandosi come un prodotto solo da collegare all'alimentazione e che non prevede settaggi o interventi manuali particolari. La gamma di prezzi è molto alta, esclusa la *iModela*, giustificata dalle dimensioni estremamente ridotte. *iModela: 655 €*
Altre: 3500 €

MOVIMENTABILI

In quest'ultima categoria rientra una tipologia molto recente ed innovativa di lavorazione a controllo numerico, dove viene invertito il concetto tradizionale di portare il pezzo da lavorare nella macchina e quindi, al contrario, viene portata la macchina al pezzo.

In particolare la fresatrice *Handibot*³², recentemente commercializzata nel mese di Marzo, nonostante si presenti con un peso non così tanto agevole per l'utente (18 kg) si propone come strumento da portare sul pezzo su cui si desidera effettuare una lavorazione, sia in orizzontale che in verticale. Il secondo utensile che può essere posizionato in questa categoria non è esattamente una fresatrice ma un supporto per fresatrice verticale (Position Correcting Router³³). Questo progetto, sviluppato a livello prototipale da alcuni studenti del MIT e non ancora commercializzato, viene posizionato e movimentato manualmente dall'utente sul pezzo da lavorare, ed è dotato di una fotocamera che ne determina la posizione "leggendo" dei marker ad alto contrasto posti sul pezzo. Attraverso un sistema di motori riposiziona in continuo l'utensile, lasciando all'utente il movimento "grossolano" della lavorazione, mentre la componente "digital" automatizza ed effettua il lavoro di fino. *Handibot: 2.795 \$*

31. <http://othermachine.co/>

32. <http://handibot.com/>

33. <http://www.alectrivers.com/positioncorrectingtools/>



Fig. 12 - Plunge Router



Fig. 13 - Trim Router



Fig. 14 - Utensile multiuso ad altra velocità

3.1.2 FRESATRICI VERTICALI

Le fresatrici verticali risultano più diffuse sul mercato rispetto ai centri di lavoro desktop descritti in precedenza, fattore che ne dimostra il buon successo commerciale.

PLUNGE ROUTER

La fresatrice verticale ha piano orizzontale X-Y e un motore montato su un asse verticale Z, la combinazione del movimento sui tre assi produce dei percorsi tridimensionali e permette alla macchina, effettuando movimenti solo sull'asse Z, di eseguire fori e alesature. È tendenzialmente più potente di un Trim Router, ed ha una struttura più vantaggiosa dato che permette di entrare nel materiale da qualsiasi punto e non partire obbligatoriamente da uno dei lati del pezzo.

TRIM ROUTER

La fresatrice orizzontale ha sempre un pianale X-Y, ma il gruppo di taglio è montato su una guida laterale: per struttura somigliano vagamente a delle seghe circolari di grosse dimensioni. Sono usate principalmente per spianare blocchi di materiale o per realizzare fessure, incavi e tasche continue. Possono essere installate in catena per realizzare sistemi di produzione complessi. Questo tipo di macchine necessita di frese particolari, piuttosto costose e specializzate per il tipo di lavorazione da effettuare, possiede dimensioni e potenza minori rispetto a un "plunge".

UTENSILI MULTIUSO AD ALTA VELOCITÀ

Paragonabili per funzionamento ma non per performance, ci sono poi gli utensili multiuso come Dremel, Proxxon, Kinzo o Valex, con i quali è possibile tagliare, fresare, levigare, pulire, lucidare, rifinire. Questi strumenti, sia a batteria che a filo, possono essere utilizzati con buoni risultati anche come una fresa verticale, nonostante la potenza del motore e delle dimensioni siano minori rispetto ai modelli analizzati precedentemente.

3.2 SINTESI DELL'ANALISI E OSSERVAZIONI

Lo studio sin qui effettuato permette ora di poter fare una sintesi delle osservazioni ed individuare cri-

ticità e potenzialità su quanto analizzato.

Per quanto riguarda il contesto, come si è detto la prospettiva di un ampio accesso alle tecnologie della fabbricazione digitale può sfidare il tradizionale modello di business, i finanziamenti e l'educazione. La personalizzazione è l'aspetto decisivo per il successo di questo fenomeno, e nonostante si produca da e per il singolo, partendo da questa piccola cellula, si può arrivare a ipotizzare nuovi modelli economici, ma soprattutto nuove frontiere educative, agli strumenti da lavoro. Che sia latente o spiccata, la propensione all'ideazione, progettazione o autoproduzione, in altre parole, il desiderio di partecipare e contribuire alla creazione di qualcosa, è presente in ogni persona. In più, la "condizione umana" dell'artigiano è la più desiderabile, in quanto **nulla è precluso** a chi ha **meno talento** di altri, purché sia vivo un impegno personale nelle cose che si fanno³⁴. Quella di ottenere a tutti i costi buoni risultati, si tratti di perfezione funzionale o perfezione meccanica, non è la strada da scegliere, se non illumina l'uomo su se stesso.

Rispetto agli utensili, è emerso che tra le tipologie di strumenti caratteristici nella digital fabrication le **Desktop Milling Machines** sono quelle sulle quali viene, in questo momento, investito di meno, ma allo stesso tempo offrono un potenziale pari se non superiore (per tipologia di materiali lavorabili) delle stampanti 3D.

Un **limite** che è risultato evidente nelle fresatrici desktop è legato alle **dimensioni**: in particolare nella maggior parte dei casi le macchine hanno un rapporto tra l'area di ingombro totale e l'area di lavoro interna tutt'altro che ottimale. Infatti, tra i modelli presi in considerazione, nel migliore dei casi (Fabtotum) il rapporto $\text{Area}_{\text{tot}} / \text{Area}_{\text{Lavoro}}$ è di 2.6, che significa che la fresatrice occupa un'area grande più del doppio di quella su cui lavora. (tab. 2).

Inoltre, anche le macchine utensili definite precedentemente come "movimentabili" presentano in ogni caso un limite alle dimensioni dell'area di lavoro. Per esempio, per quello che riguarda la Handibot, l'utensile che fresa si muove comunque entro un'area di lavoro definita dalla dimensione totale della macchina, con la novità che il piano XY su cui l'utensile lavora è sempre variabile e corrisponderà alla faccia del materiale sul quale si appoggia la macchina. Dunque anche in questo caso, una volta effettuata una lavorazione che rientra nelle dimensioni dell'area di lavoro (152 x 203 x 89 mm) l'utente si trova a dover spostare la macchina. Per

34. R. Sennett, *Op. cit.*, - pp. NN



*Il tattile, il relazionale, l'incompleto fanno parte dell'esperienza fisica che si vive nell'atto manuale di disegnare. **Il disegno simboleggia una gamma di esperienze più ampia**, così come l'atto della scrittura comprende la revisione e la riscrittura, o l'atto del suonare uno strumento l'esplorazione all'infinito delle misteriose qualità di un certo accordo. **Il difficile e l'incompleto dovrebbero essere eventi positivi nella nostra attività intellettuale**; dovrebbero stimolarci, come non possono fare la simulazione e la manipolazione facilitata di oggetti già completi. [...] I moderni programmi per computer sono in grado di imparare dall'esperienza, perché i dati di feedback riscrivono gli algoritmi. [...] C'è il rischio di demandare alle macchine questo processo di apprendimento, limitandoci a fungere da testimoni passivi e da consumatori di abilità tecniche sempre più ampie, senza parteciparvi. Ecco perché Renzo Piano ritorna in maniera circolare al gesto di disegnarli a mano, con tutta la approssimazione che questa modalità comporta. **Gli abusi del CAD illustrano come, quando la testa e la mano divorziano, è la testa a soffrirne.***

lavorazioni lineari sono in via di progettazione e sviluppo alcune guide che automatizzano il movimento per tratti più ampi dell'area di lavoro: questa è una parziale ma non totale soluzione al problema. Nel caso del Position Correcting Router invece i limiti di spazio sono abbattuti, ma vi è questa volta la necessità di mappare il pezzo con dei marker ad alto contrasto in modo da controllare l'utensile ed i movimenti da fare.

A questo punto appaiono dunque interessanti le tematiche di progetto della **dimensione dell'area di lavoro** per la tipologia di utensili analizzati, la **sicurezza** per utensili a lama esposta, considerando non un target specifico ma progettare per **qualsunque tipo di utente**, dalla scuola all'hobbista, perché, come è stato evidenziato in precedenza (si veda il paragrafo 1.4.2 *Esempi di successo*, pag. 25), è provato che nasce davvero innovazione quando alla persona sono forniti i giusti strumenti e lasciata la adeguata libertà.

3.3 UNA RIFLESSIONE. DIGITALE VS MANUALE: IL CAD E IL DISEGNO A MANO

Per controllare, o meglio, effettuare una lavorazione con una fresatrice è necessario partire e realizzare prima un disegno tridimensionale con un software di **modellazione CAD**, sulla base del quale la macchina calcola il movimento dei bracci e della fresa. Questo processo non è particolarmente complesso, ma richiede da parte dell'utente una certa familiarità con l'utilizzo del computer e dei software, ed uno sforzo intellettuale particolare se si desidera modellare un oggetto tridimensionale. Per quanto riguarda un disegno 2D la difficoltà è molto minore ed è possibile utilizzare software di disegno vettoriale, più vicino per come è strutturato al concetto di disegno a mano tradizionale. Un processo nel quale sia indispensabile il passaggio dal computer, nonostante il 58,8% delle famiglie italiane ne possieda almeno uno³⁵ (Istat, 2011), potrebbe dunque essere precluso a quella parte di utenti che non ha dimestichezza nell'utilizzarlo, ne tantomeno con la modellazione. Questo aspetto apparentemente svantaggioso, però, porta a considerare **nuove vie di utilizzo** e approccio alle fresatrici, per questo motivo ho trovato interessante sviluppare un breve paragone tra disegno a mano e disegno CAD.

*“Il tattile, il relazionale, l'incompleto fanno parte dell'esperienza fisica che si vive nell'atto manuale di disegnare. Il disegno simboleggia una gamma di esperienze più ampia, così come l'atto della scrittura comprende la revisione e la riscrittura, o l'atto del suonare uno strumento l'esplorazione all'infinito delle misteriose qualità di un certo accordo. Il difficile e l'incompleto dovrebbero essere eventi positivi nella nostra attività intellettuale; dovrebbero stimolarci, come non possono fare la simulazione e la manipolazione facilitata di oggetti già completi. [...] I moderni programmi per computer sono in grado di imparare dall'esperienza, perché i dati di feedback riscrivono gli algoritmi. [...] C'è il rischio di demandare alle macchine questo processo di apprendimento, limitandoci a fungere da testimoni passivi e da consumatori di abilità tecniche sempre più ampie, senza parteciparvi. Ecco perché Renzo Piano ritorna in maniera circolare al gesto di disegnarli a mano, con tutta la approssimazione che questa modalità comporta. Gli abusi del CAD illustrano come, quando la testa e la mano divorziano, è la testa a soffrirne.”*³⁶

Come emerge da questo testo estratto da *Uomo Artigiano* esiste un gusto, uno stimolo e la possibilità di crescere, per la persona, nell'esperienza fisica e manuale del disegno, osservazione valida anche per il disegno. Come esposto nei paragrafi 1.3.2 e 1.3.3 l'approccio dell'artigiano insegna che è decisiva l'esperienza, osservazione valida anche per quanto riguarda il disegno, come sottolinea nuovamente Renzo Piano: “Pensare e fare contemporaneamente. Il disegno viene rivisitato. Lo fai, lo rifai, poi lo rifai di nuovo. La ripetizione dell'esercizio è un approccio tipico dell'artigiano.” L'aspetto decisivo per cui non separare la matita dalla mano, così come non si lasciano le redini a cavallo e quindi neppure il controllo, si può individuare nell'immediatezza dell'azione e nella possibilità di tenerla letteralmente “in pugno”. Rispetto al CAD, lo strumento rappresenta un prolungamento della mano: quanto più la mano e lo strumento “si fondono” in un unico attrezzo e portano a una **“azione coordinata” e affidabile**, tanto più la prestazione viene percepita come **migliore**. E questo aspetto è tanto più importante nei casi in cui non si tratti semplicemente di procedimenti routinari, meccanici o riproduttivi³⁷.

Dunque perché di fronte alla tradizionale strada del controllo CAD non considerare e rivalutare la pratica del disegno a mano?

35. <http://www.istat.it/it/archivio/48388>

36. R. Sennett, *Op. cit.*, - pp. NN

37. W. Oechslin, “*Manus et intellectus*” - Domus 972 (settembre 2013): pp. 13-15

”

*Si può insegnare a un uomo a tracciare una linea dritta; a tracciare una linea curva [...] con mirabile velocità e precisione; e si troverà quel lavoro perfetto nel suo genere: **ma se gli si chiede di riflettere su quelle forme**, di vedere se nella sua testa non ne trovi di migliori, ecco che si ferma; l'esecuzione **diventa esitante**; ci pensa e, dieci a uno, pensa sbagliato; **dieci a uno fa un errore al primo tocco** che da al suo lavoro in quanto essere pensante. **Ma con tutto ciò, adesso è diventato un uomo, prima era solo una macchina, un attrezzo animato.**³⁸*

3.4 REQUISITI DI PROGETTO

Come già sottolineato, al cuore della digital fabrication ci sono utensili che permettono la produzione desktop di manufatti, ma che non sono sempre facilmente accessibili ai “non maker” e a chi è nuovo a questo fenomeno. Tra questi le fresatrici sono risultate, a mio parere, la tipologia più interessante da affrontare. Come requisito di progetto si stabilisce che l’utensile possa effettuare la lavorazione avendo come input sia un **disegno realizzato manualmente**, che, come avviene sino ad oggi, un **disegno CAD**. Inoltre le dimensioni dell’utensile devono essere ridotte e tali da farlo rientrare nella categoria “strumenti desktop”.

3.5 OBIETTIVI DI PROGETTO

Gli obiettivi di progetto sono principalmente due. Il primo è funzionale e consiste nel **superare i limiti dimensionali** dell’area di lavoro delle fresatrici esistenti. In questo modo l’intento è di poter effettuare tagli, incisioni, lavorazioni su pezzi piani potenzialmente di qualsiasi dimensione. Il secondo obiettivo nasce dalla provocazione e paragone proposto da molti media e analizzato nel primo capitolo di questa tesi, ovvero il paragone tra maker e artigiano. Sulla base di quanto scritto, l’obiettivo è quello di non precludere completamente l’esperienza manuale e pratica dell’utente con uno strumento totalmente automatizzato, ma di **fornire un supporto al lavoro che valorizzi l’esercizio** e la dedizione che caratterizzano la figura dell’artigiano.

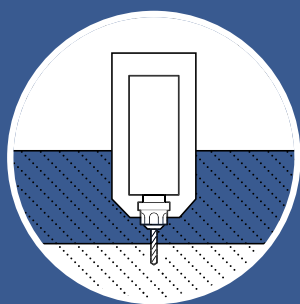
*“Si può insegnare a un uomo a tracciare una linea dritta; a tracciare una linea curva [...] con mirabile velocità e precisione; e si troverà quel lavoro perfetto nel suo genere: ma se gli si chiede di riflettere su quelle forme, di vedere se nella sua testa non ne trovi di migliori, ecco che si ferma; l’esecuzione diventa esitante; ci pensa e, dieci a uno, pensa sbagliato; dieci a uno fa un errore al primo tocco che da al suo lavoro in quanto essere pensante. Ma con tutto ciò, adesso è diventato un uomo, prima era solo una macchina, un attrezzo animato.”*³⁸

3.6 CONCEPT

Il concept consiste in un utensile, un **robot autonomo** su ruote in grado di muoversi e tagliare, fresare o incidere su pezzi piani. Viene invertita la logica dal portare il pezzo da lavorare all’utensile, difatti le dimensioni del robot sono “desktop”, da scrivania, dunque molto minori rispetto ad una macchina CNC tradizionale. Questo permette di posizionare l’utensile direttamente sul pezzo da lavorare, e dunque l’**area di lavoro** diventa, in potenza, **senza limite**. Questo strumento si propone con **due modalità d’uso**, fondate sul livello di esperienza dell’utente: senza conoscenze CAD, con conoscenze CAD. Nel primo caso il target è un utente **entry level**, che non ha appunto esperienze di modellazione o di controllo numerico. La definizione della forma da lavorare avviene a mano: l’utente disegna direttamente sul pezzo e l’utensile tramite un sensore ottico si muove come **line follower** ed effettua la lavorazione impostata. La seconda possibilità d’uso è quella di un **utente advanced** in grado di preparare un modello CAD, nettamente più vantaggioso nel caso in cui si volesse ottenere una forma particolarmente complessa e troppo impegnativa da realizzare manualmente, oppure un medio-alto numero di pezzi uguali, dove la ripetizione di un disegno digitale risulta molto più semplice e gestibile rispetto ad una riproduzione a mano. Si ha dunque la possibilità di realizzare manufatti a **controllo numerico**, di grandi dimensioni, con uno **strumento molto più piccolo e trasportabile**.

Il prodotto si chiama “**Goliath**”, richiamo al personaggio biblico del gigante Golia: la scelta del nome va in opposizione alle effettive dimensioni del robot, spostando l’attenzione alla funzione, vera grandezza per il potenziale che l’utensile offre.

38. J. Ruskin, *La natura del gotico* - Milano, Jaca book, 1981



N. 4

DESIGN DEFINITIVO



Robot
Autonomo
Per tutti

Frese frontali in metallo duro monotagliante per lavorazione di: alluminio, magnesio, plexiglas, plastica, rame, legno duro, formica, materiali non ferrosi.
 Senza rivestimento

ART. 60SX - 61DX		
Ø Fresa (mm)	n (min)	Vf (mm/1')
2	30.000	560
3	20.400	380
4	15.300	280
5	12.100	220
6	10.200	190
8	7.700	350
10	6.100	280
12	5.000	220
14	4.300	400
16	3.700	340
18	3.300	310
20	3.000	280

Tab. 6: Rapporto tra diametro, velocità di avanzamento e giri al secondo

4.1 PROPRIETÀ DELL'UTENSILE DI TAGLIO

Il processo di taglio affrontato in questa tesi e sul quale si basa la progettazione di Goliath è riconducibile a quello che viene definito “**fresatura frontale**”, dove l'asse della fresa opera in direzione perpendicolare o quasi rispetto alla superficie generata³⁹. In particolare, come avviene per tutte le fresatrici desktop analizzate, il taglio equivale alla lavorazione di una scanalatura, o cava, che, a seconda dello spessore del materiale, può essere ripetuta aumentando progressivamente la profondità di taglio per più di una passata, fino a giungere a una separazione completa del pezzo. La scelta della tipologia e dello **spessore** del materiale che si vuole tagliare è fondamentale, infatti è noto che più duro è il materiale e più largo è il taglio, più lento dovrà essere l'avanzamento e meno profonda la passata in modo da evitare di affaticare il motore. Una regola generale, dunque, è quella di non fare tagli più profondi del diametro della punta⁴⁰.

Come descritto nel Concept (3.4) le dimensioni del prodotto vanno a intercettare una utenza non professionale, e sulla base di questi dati, confrontati con gli utensili potenzialmente concorrenti (fresatrici desktop, in particolare la Handibot, paragrafo 3.1.1), ho inizialmente definito come più adatti alla lavorazione i materiali meno duri e soprattutto facilmente reperibili presso i grandi centri del “Fai da te” (come Bricoman e Leroy Merlin), come legno e plastica in pannello.

4.1.1 PARAMETRI DI TAGLIO

Le proprietà di taglio del robot, così come per una fresatrice tradizionale, dipendono principalmente da tre fattori: il diametro della fresa, i giri al minuto e la velocità di avanzamento (tab. 6). Ogni fresa è a sua volta definita dal materiale di cui è realizzata, per il legno e materiali morbidi vengono utilizzate frese in metallo duro (al carburo di tungsteno).

Un'altra regola di corretto utilizzo dice che siccome una fresa di grande diametro distacca un truciolo lungo e sottile, mentre una fresa di piccolo diametro, a parità di avanzamento, distacca un truciolo corto e grosso, risulta conveniente scegliere il diametro della fresa il più piccolo possibile. (Risulta evidente che,

a parità dello sforzo tangenziale P_{max} , è minore il momento torcente assorbito da una fresa di piccolo diametro)⁴¹. Se si confrontano queste regole con i parametri di taglio, lo spessore dei materiali e le prestazioni dei prodotti già esistenti si può individuare come diametro di punta ideale l'intervallo da 3 a 6 mm. Questo dato è fondamentale per affrontare correttamente l'analisi meccanica del robot: da questi parametri sarà infatti possibile ricavare la coppia necessaria a far muovere il robot.

4.1.2 ANALISI E SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI MANDRINO

Avendo definito l'intervallo di spessori possibili ed i parametri di taglio, lo studio è proseguito nella definizione specifica del tipo di **mandrino** da montare al robot. Nelle macchine a controllo numerico possono essere utilizzati sostanzialmente due tipologie di mandrino: una fresa verticale, utilizzabile anche a mano e slegato dalla macchina, oppure uno “Spindle”, che è un mandrino vero è proprio e utilizzabile solo montato su una macchina. Come riportato nel paragrafo 3.1.2, la fresa verticale può essere di tre tipologie (plunge router, trim router o elettromandrino), lo spindle invece si differenzia per potenza e complessità tra svariate versioni professionali, acquistabili già assemblati, oppure altri realizzati DIY, per i quali si trovano facilmente istruzioni e componenti online.

Dopo aver messo a confronto tre possibilità (fresa verticale, spindle professionale, spindle DIY - (tab. 7) è risultata subito evidente l'impossibilità di utilizzo di uno spindle professionale, a causa del prezzo elevato e delle prestazioni offerte (ideale per pesanti produzioni industriali) che non coincidono con i requisiti del concept. Tra un tipo di fresa verticale DIY ed un mandrino DIY, dal punto di vista economico risulta più evidente la seconda ipotesi, vi sono infatti circa 50€ di differenza tra la versione più economica per prestazioni richieste di fresa verticale (Dremel 4000) ed uno spindle realizzato in casa. Nonostante questo la scelta è ricaduta sulla categoria dell'**elettromandrino**, in quanto nel target di riferimento è possibile che una buona percentuale di utenti ne possieda già uno, garantendo un risparmio ed una ottimizzazione degli strumenti.

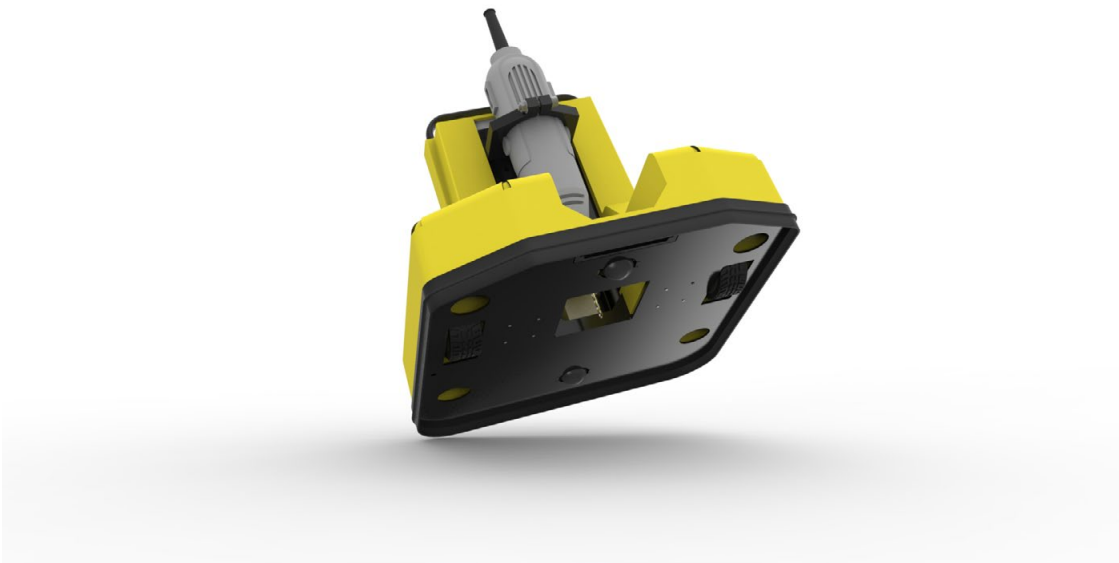
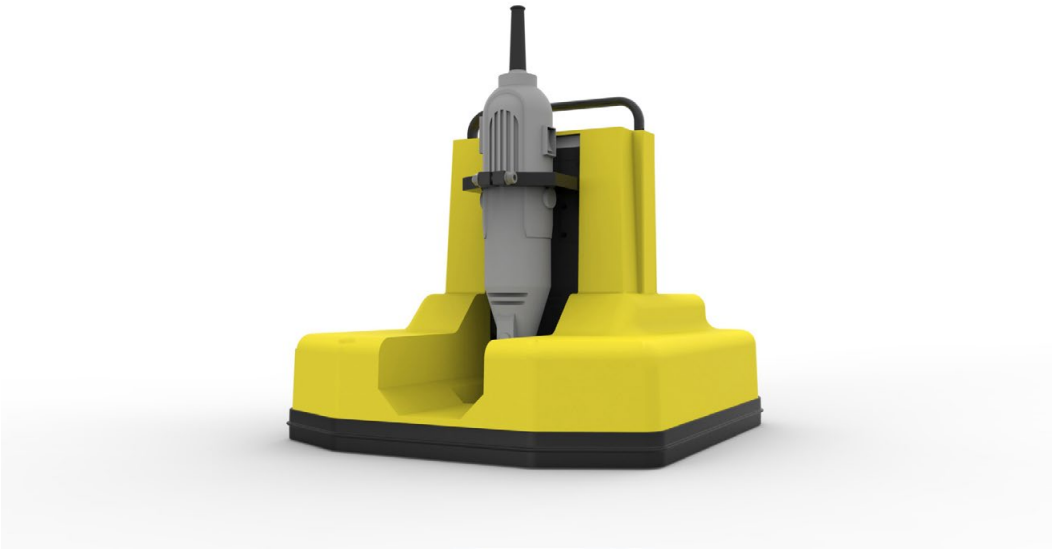
In più è importante avere presente che quella sin qui presentata e studiata è una specifica declinazione, relativa al taglio tramite fresa, e che il concept originale lascia aperta la possibilità di

39. J. G. Bralla, *Design for manufacturability handbook (2. ed.)* - New York - McGraw-Hill, 1999

40. G. Draghetti, H. Amato, M. Donati, *Fai da te - Lavori in legno* - Bologna - Script Edizioni, 2012

41. <http://www.eurotoolsvr.it/>

42. M. Rossi, *Attrezzature e macchine utensili* - Milano - Hoepli, 1978



uno scenario futuro in cui sia possibile **sostituire l'utensile** fresa con altre tipologie, ampliando l'offerta di lavorazioni e materiali lavorabili, come per esempio carta, cartone o tessuti. Realizzare Goliath con un mandrino costruito ad hoc avrebbe significato creare un sistema chiuso di utensili, imposti dal produttore, mentre per quanto detto precedentemente, ho prediletto la scelta di lasciare questo prodotto **open source**. La scelta finale ricade dunque su un elettromandrino della tipologia del Dremel, più adatto per dimensioni e costi minori rispetto per esempio a un plunge router come il De Walt DWP11.

4.3 GOLIATH

Goliath è caratterizzato da una forma **compatta**, integrativa, dalle linee marcate, ispirata agli **utensili da lavoro** tradizionali come trapani, levigatrici e seghetti. La differenza di colore ed il design volontariamente **non integrato** dei manici ha lo scopo di comunicare come queste siano funzionali solo per **spostare** il robot, dunque possiedono un'affordance di trasporto e movimentazione, e non di impugnatura in fase di taglio. Allo stesso modo l'utensile di taglio in evidenza nella struttura è facilmente raggiungibile ed eventualmente sostituibile dall'utente. Il profilo inferiore, vincolato allo chassis, ha la funzione di evitare il contatto tra il filo elettrico e l'uten-

4.3.1 DEFINIZIONE DELLA FORMA

sile di taglio. + [...]

La geometria del robot è stata fortemente definita e influenzata dai requisiti e obiettivi che sono stati posti in fase di concept. Per esempio, la necessità di avere una movimentazione autonoma su ruote, combinata ad un controllo semplice dei movimenti ha avuto come risposta progettuale l'idea di posizionare l'utensile di taglio al centro dell'asse delle ruote. Dunque la somma della dimensione dei motori responsabili del movimento più lo spessore delle ruote ai lati, più l'ingombro dell'utensile di taglio definiscono la larghezza del robot. Decisa la posizione delle ruote motrici ho inizialmente ragionato su un robot a tre ruote, ponendo l'asse utensile-ruote davanti, nella direzione in cui il robot si muove, ed una pivotante dietro, ma la scelta si è rivelata non ottimale considerando che il peso della fresa e dei

due motori di trazione avrebbe potuto sbilanciare in avanti l'oggetto. Per questo motivo è presente una ruota pivotante anche davanti, così che sono garantiti quattro appoggi sui quali il peso è uniformemente scaricato e l'equilibrio è assicurato. In "lunghezza" il vincolo principale è stato il posizionamento frontale e avanzato del sensore ottico che permette l'utilizzo del robot nel modo d'uso "entry level". Infatti essendo che il sensore decide i movimenti del robot questo, rispetto alla direzione di marcia, deve trovarsi antistante rispetto alle ruote motrici. La ruota pivotante anteriore è stata posizionata tra il sensore ottico e l'utensile di taglio in modo che nel caso in cui la superficie sia sporca, questa non va a interferire con la traccia che il sensore ottico legge. Questa configurazione dello chassis va a generare un ingombro delle dimensioni di un quadrato, che è stato smussato ai vertici anteriori per comunicare la direzione in cui il robot si muove e differenziare il davanti dal dietro. La scocca principale è caratterizzata da uno sviluppo in altezza che varia di sezione e va a formare tre differenti volumi con l'obiettivo di

4.3.2 FUNZIONAMENTO, MODO D'USO E APPLICAZIONI

differenziare le zone di interazione di Goliath.

Come ampiamente anticipato, Goliath si propone con due modalità d'uso, una per utente esperto, in grado di creare un file CAD, e una per chiunque, dove non è necessario saper utilizzare il computer né avere alcuna conoscenza particolare del processo di fresatura. Entrambe le funzioni sono possibili grazie ad una scheda Arduino Uno ed un'altra scheda (Parallax) che permette di controllare il movimento dei motori (le specifiche del controllo e della programmazione seguono più avanti, nel paragrafo 4.5).

1] ENTRY LEVEL

La tecnologia che sta alla base del funzionamento e dei movimenti del robot in questa modalità d'uso è un così detto "line follower", letteralmente "inseguitore di linea". Per realizzare questa modalità di movimento è necessario un sensore di prossimità ottico, chiamato anche "fotoelettrico", che si basa sulla rilevazione della riflessione di un fascio luminoso da parte dell'oggetto rilevato. Normalmente viene usato un fascio di raggi infrarossi, in quanto questa

F (QUANTITÀ?)

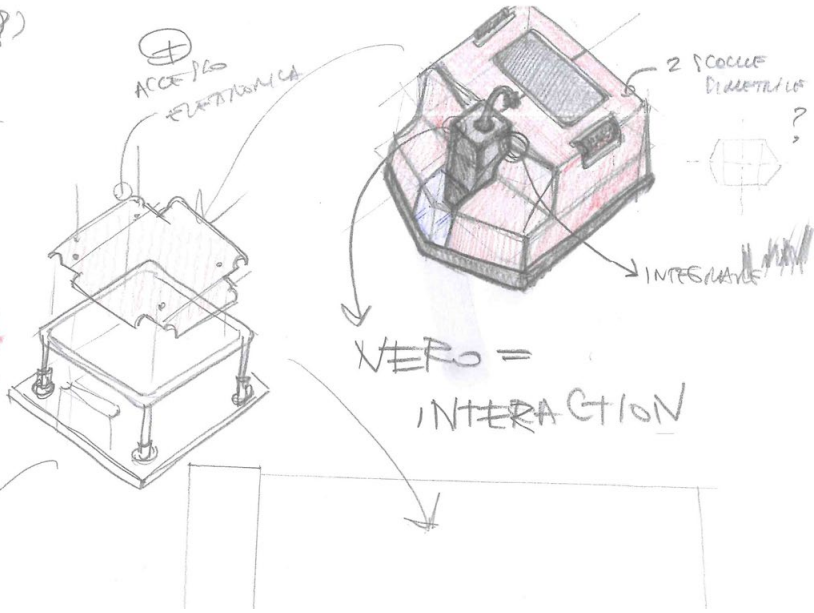
2 MANIGLIE

ACCESSIONE
ELETTRONICA

2 COCCIE
DIAMETRI
?

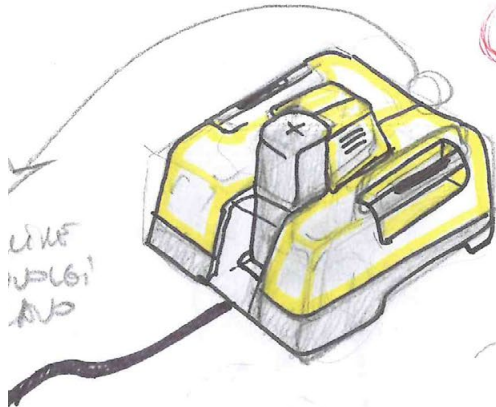
WRA1
STRUTTURALE
TUBOLARE

VERO =
INTERACTION

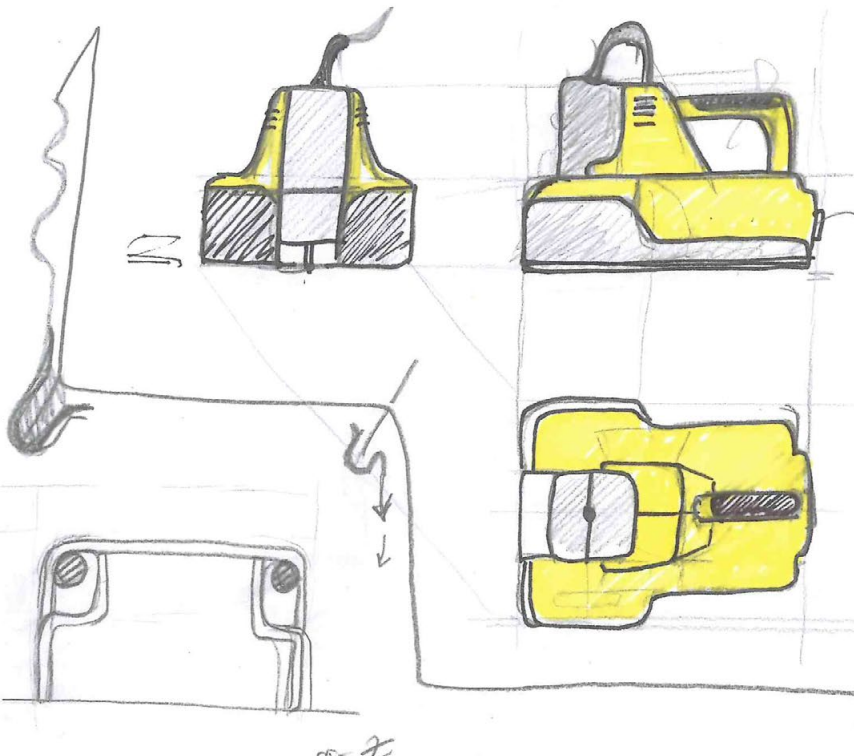


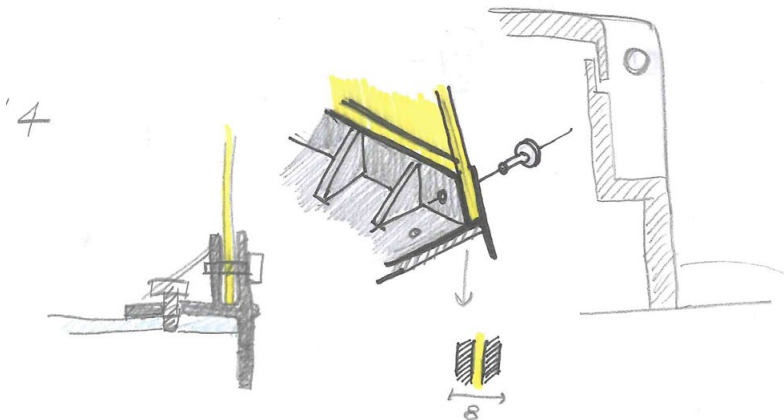
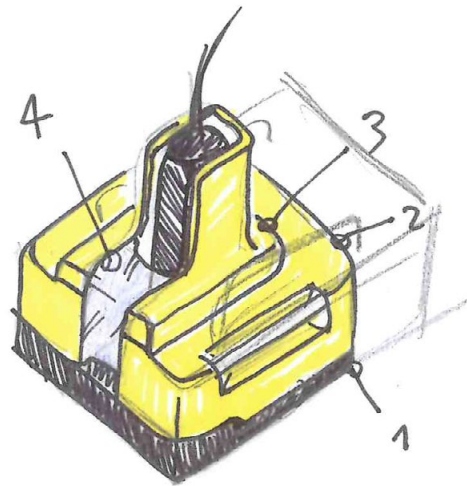
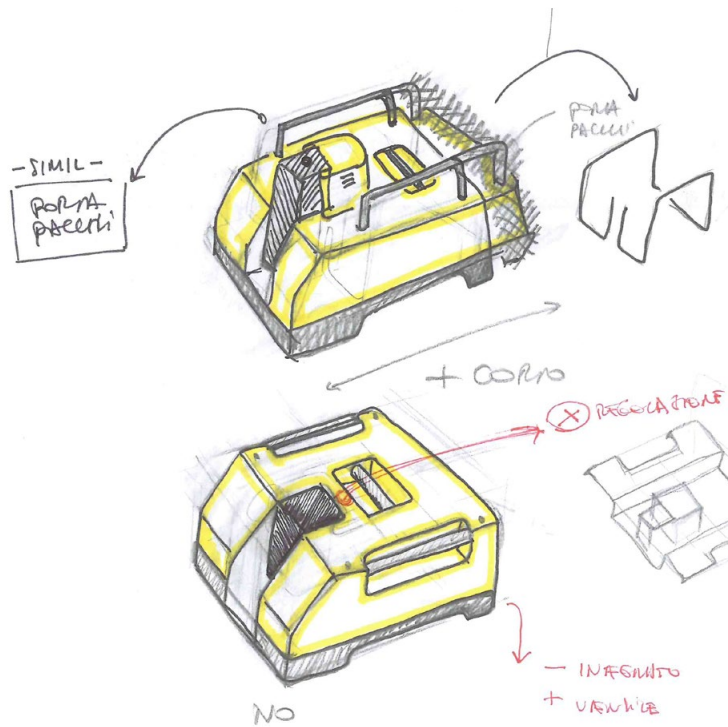
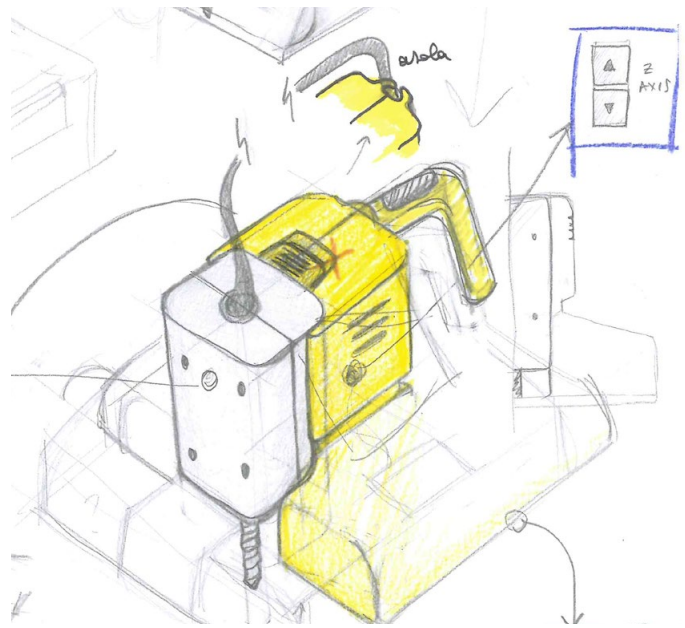
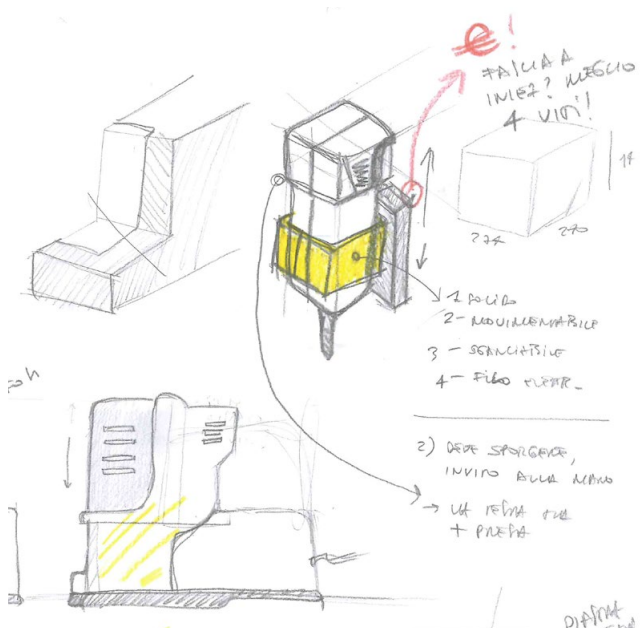
2 HANDLE ✓

• STRUTTURALE INTERNA



LINEA
VERDE





radiazione difficilmente si confonde con i disturbi generati da fonti luminose ambientali⁴³. Nel particolare caso del line follower, la riflessione si gioca sulla differenza di contrasto (nero-bianco, o più in generale scuro-chiaro) tra una linea tracciata ed il colore di sfondo. Se per esempio si vuole far muovere un robot su un tavolo bianco si può realizzare il percorso utilizzando del nastro isolante nero da elettricista. La riflessione è convertita e interpretata in movimento di motori, che definiscono la direzione in modo che procedendo nello stesso verso il robot segua sempre la linea e praticamente ne sia sempre a cavallo. I parametri e la fluidità di movimento dipendono dallo spessore della linea e dal numero di sensori: con un solo sensore infatti il robot tende a spostarsi a destra e a sinistra cercando di intercettare la differenza di contrasto, mentre applicando una striscia di più sensori il moto diventa lineare.

Per questa modalità d'uso, come detto, l'utente disegna sul pezzo la silhouette. Per il settaggio di Goliath in questa modalità è necessario soltanto sapere il diametro della fresa che si va a utilizzare, scelta che fa l'utente sulla base della regola di non fare tagli più profondi del diametro della punta (paragrafo 4.1). In seguito, manualmente, andrà a stabilire la profondità di taglio Z, utilizzando la rotella posta sul lato posteriore del portautensile. A questo punto resta solo da impostare il numero corrispondente al diametro della punta che si sta utilizzando nel pannello dei comandi, che in automatico definirà la appropriata velocità di avanzamento, e avviare la lavorazione.

2] ADVANCED

Il controllo in questo caso è più classico e riconducibile al linguaggio tradizionale di una macchina a controllo numerico, il cosiddetto passaggio da CAD (Computer Aided Design, progettazione assistita da computer) a CAM (Computer Aided Manufacturing, fabbricazione assistita dal computer), in cui in poche parole attraverso un software dedicato il disegno realizzato a computer è convertito in linguaggio macchina (Gcode) cioè in movimenti dei motori. Esistono diversi metodi di effettuare questo passaggio, ne verranno ora presentati due, entrambi validi. Il primo è in linea con quanto scritto in precedenza: esportazione di un file Gcode da un software di disegno e importazione dello stesso in un software che controlla i motori. Un esempio semplice si può ottenere utilizzando Inkscape, (programma libero per il disegno vettoriale basato sul formato Scalable Vector Graphics [SVG], alternativo ad Adobe Illustrator, Macromedia FreeHand, Corel Draw e Xara Xtreme)⁴⁴

che grazie ad un plug-in dedicato permette di esportare direttamente un gcode. A questo punto con un altro software libero come Repetier Host è possibile gestire e impostare i parametri di taglio prima di lanciare la lavorazione.

Il secondo è molto interessante e meno macchinoso, prevede l'utilizzo di Scriptographer, plugin per Adobe Illustrator™ che dà la possibilità all'utente di estendere le funzionalità di Illustrator attraverso l'uso di linguaggio JavaScript⁴⁵. Per entrambi i casi è importante considerare qualsiasi processo si utilizzi, deve essere scritto e sviluppato un firmware dedicato, un programma, o nel caso di scriptographer un algoritmo, per controllare le due ruote motrici.

In questo caso l'utente disegna il pezzo che desidera a computer, lo carica tramite usb, setta i parametri di taglio in base al materiale, alla punta e allo spessore e, dopo aver posizionato l'utensile, avvia il lavoro.

Nelle pagine seguenti è presentata una serie di immagini di prodotti e oggetti che partono da un disegno 2D, tagliati con fresatrice, che rappresentano alcuni esempi di possibili applicazioni e risultati ottenibili con Goliath.

4.3.3 ANALISI DINAMICA

Alla definizione della forma è seguita una analisi dinamica in cui è stata schematizzata la struttura del robot e le forze in gioco, e, il cui scopo è stato stimare la coppia necessaria ai motori delle ruote per garantire un avanzamento del robot in fase di taglio.

4.3.4 STRUTTURA E COMPONENTI

(fig. XX)

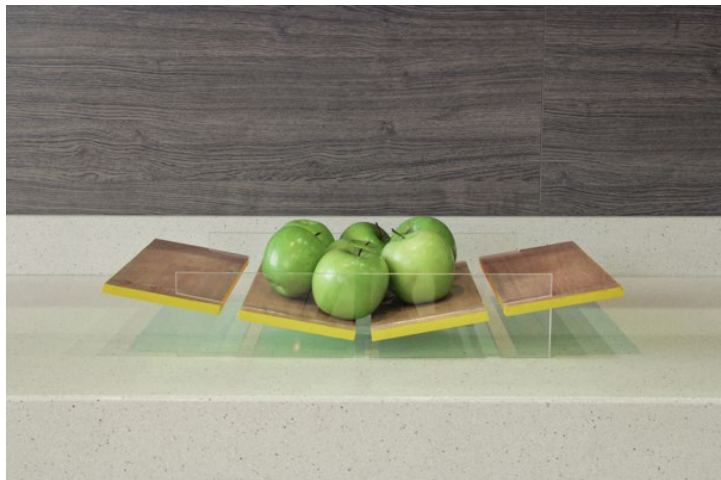
La struttura totale del robot è piuttosto semplice ed è costituita dallo chassis, sulla quale è assemblato l'asse Z, che sostiene a sua volta l'elettromandrino. Le componenti relative alla movimentazione come i motori e le ruote sono anch'esse assemblate sullo chassis, così come le schede elettroniche di controllo, le maniglie ed il profilo base che nasconde le ruote ed evita che l'utensile di taglio possa entrare in contatto con il filo elettrico. (segue a pagina 58)

43. http://it.wikipedia.org/wiki/Sensore_di_prossimit%C3%A0

44. <http://www.inkscape.org/it/>

45. <http://scriptographer.org/about/>

ESEMPI APPLICAZIONI



ANALISI DINAMICA

Equazioni

$$C_m \omega - maV - F_2 Va = 0$$

$$\omega = V/R$$

$$M = P/g$$

$$F_2 = M/r$$

Dati fissi

raggio $R = 0.0325$ m

massa $m = 5$ kg

Distanza per arrivare a regime: $s = 0.05$ m

$P = 500$ W

Dati variabili

PUNTA Ø3.2 mm

Velocità avanzamento

$V_a = 0.0096$ m/s

giri $g = 30.000$ rpm

$\omega = 0.3$ rad/s

$t = s/V_a = 5$ s

$a = \Delta V/\Delta t = 0.002$ m/s²

raggio punta

$r = 1.6$ mm = 0.0016 m

PUNTA Ø6.4 mm

Velocità avanzamento

$V_a = 0.0048$ m/s

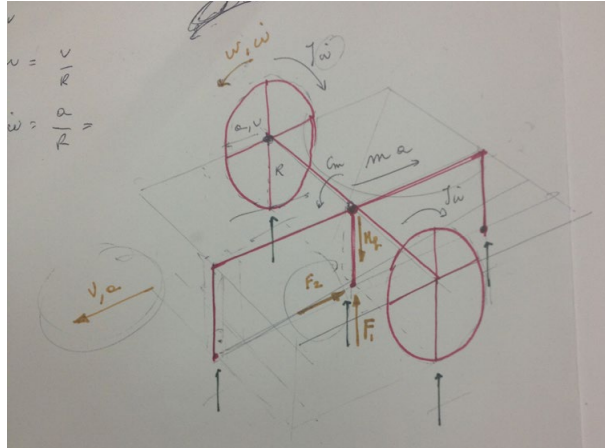
giri $g = 15.000$ rpm

$\omega = 0.15$ rad/s

$t = s/V_a = 10$ s

$a = \Delta V/\Delta t = 0.0004$ m/s²

raggio punta $r = 3.2$ mm



Equazioni

$$\omega = V/R = 0.0096/0.0325 = 0.3 \text{ rad/s}$$

$$M = P/g = 500/30.000 = 0.016 \text{ Nm}$$

$$F_2 = M/r = 0.016/0.0016 = 10 \text{ N}$$

$$C_m = maV + F_2 Va / \omega$$

$$C_m = \frac{5 \cdot 0.002 \cdot 0.0096}{0.3} + \frac{10 \cdot 0.0096}{0.3} = \frac{0.000096}{0.3} + \frac{0.096}{0.3} = \frac{0.096096}{0.3} = 0.32 \text{ Nm}$$

Equazioni

$$\omega = V/R = 0.0048/0.0325 = 0.15 \text{ rad/s}$$

$$M = P/g = 500/15.000 = 0.033 \text{ Nm}$$

$$F_2 = M/r = 0.033/0.0032 = 10 \text{ N}$$

$$C_m = maV + F_2 Va / \omega$$

$$C_m = \frac{5 \cdot 0.0004 \cdot 0.0048}{0.15} + \frac{10 \cdot 0.0048}{0.15} = \frac{0.0000096}{0.15} + \frac{0.048}{0.15} = \frac{0.04800096}{0.15} = 0.32 \text{ Nm}$$



N. 5 CONCLUSIONI

Strengths

Opportunities

Weaknesses

Threats



***E' tutto in fase di sperimentazione.
Non c'è altra via.***

Bre Pettis - CEO of MakerBot

UN PRIMO PASSO

Riguardando agli obiettivi posti in fase di concept si può dire che l'elaborato presentato ed il progetto "Goliath" siano stati il primo passo all'interno di un percorso che necessita ancora lavoro e miglioramenti. La complessità delle componenti affrontate, sia dal punto di vista della lavorazione e movimentazione meccanica, che da quello del controllo remoto e dell'elettronica, sono state approfondite ed considerate con cognizione di causa, mantenendo sempre il desiderio e l'obiettivo di presentare un prodotto con una fattibilità concreta e reale. Posso dire che l'obiettivo è stato centrato, in quanto la maggioranza delle componenti che vanno a costituire il robot sono scelte specifiche buy, mentre quelle make, sono realizzabili ad un costo ragionevole rispetto al target che ci si era posti in partenza. Per quanto riguarda l'aspetto "informatico" la fattibilità è realistica perché sia un sistema CAD-CAM, sia un controllo tramite line-follower sono ampiamente esistenti ed utilizzati in contesti differenti. Nonostante questo è per me doveroso non accontentarsi del risultato raggiunto ma, considerato il potenziale che il robot possiede, implementare quanto finora fatto. Il risultato raggiunto in questo progetto di tesi è completo dal punto di vista concettuale, ma necessita ancora un lavoro per quello che riguarda gli aspetti di informatica e automazione, competenze che non per le quali diventerà probabilmente necessario un confronto con una figura ancora più inserita nel settore dell'ingegneria. Infatti, sia l'analisi meccanica che la programmazione di Arduino per il controllo dei movimenti sono stati studiati per questa tesi nella misura strettamente necessaria a capire una fattibilità effettiva del concept e a giungere alla realizzazione di un prototipo che simulasse nel piccolo quello che potenzialmente un prodotto simile potrebbe un giorno fare.

STRENGTHS

Analizzando il risultato finale, posso dire che i punti di forza effettivi di Goliath sono la trasportabilità e maneggevolezza che combinati al controllo remoto (e numerico) rendono concretamente possibile un innovativo approccio al lavoro in cui la macchina CNC viene portata al pezzo da lavorare, slegandosi dalla logica di macchinari costosi e grandi come stanze. Inoltre vi è un miglioramento sotto il profilo dell'infortunistica domestica, in quanto parte del lavoro viene automatizzato senza pericolo per l'utente.

OPPORTUNITIES

La prospettiva del portare l'utensile al pezzo coinvolge e crea ovviamente nuove opportunità e scenari di lavoro, direttamente sul posto, con applicazioni svariate (allestimenti fieristici, preparazione di carri e sfilate, hobbistica, arredo DIY...) che a mio parere è giusto lasciare "open" e potranno essere scoperte dalla libera iniziativa del singolo. Sempre a riguardo dei sistemi open, c'è chi dice che sia a rischio è il rapporto dell'utente con la tecnologia, cioè che saremo sempre meno proprietari dei dispositivi che pure comprenderemo a caro prezzo, a causa di limiti imposti da strategie di mercato. Per questo motivo, un'altra opportunità futura è quella di implementare la gamma di utensili, rendendo Goliath un oggetto multiuso in grado, per esempio, di svolgere anche lavori di finitura come bordature o levigatura del pezzo stesso, piuttosto che, mantenendo la funzione di taglio ma cambiando utensile e lama, possa essere impiegato anche per altri materiali e settori come il tessile o la cartotecnica. Infine l'ultimo scenario che Goliath potrebbe andare a toccare è quello dell'educazione: la logica con cui viene rimesso al centro il valore del disegno a mano, e conseguentemente del realizzare un pezzo unico, artigianale, potrebbe generare un avvicinamento dei più giovani alle nuove tecnologie. Seppur il fare manuale in questo caso è sostituito dalla macchina, l'ideazione e la realizzazione in forma di disegno potrebbero essere coltivati.

WEAKNESSES

Al contrario i punti di debolezza riguardano in questo momento la meccanica ed il controllo, non ancora perfetti e le cui prestazioni come anticipato hanno dei margini di miglioramento, in più con la configurazione proposta ogni taglio deve prevedere un offset di 10 cm dal bordo del pezzo, distanza che permette che le ruote motrici siano entrambe sullo stesso piano.

THREATS

Le minacce per un prodotto come Goliath sono costituiti dai prodotti a cui esso si vuole sostituire, o meglio diventare complementare, come i tradizionali strumenti di taglio da hobbistica e falegnameria.

Un primo passo è stato fatto, per concludere con le parole di Bre Pettis, CEO di Makerbot, una delle aziende migliori e di maggior successo nel campo della stampa 3D: "E' tutto in fase di sperimentazione. Non c'è altra via."

APPENDICE



Tabella 3 - Distribuzione degli infortuni associati con seghe classificate come "Non specificate" o "Seghe da banco" nel NEISS basato sul sondaggio che segue

Reported in NEISS	Identified in Saw Injury Survey	Sample Count	Weighted Population Count	Percentage Distribution (%)
Power Saw, other or not specified (0895), Saw, not specified (0845)	Table or Bench Saw	73	9,030	16.4
	Band Saw	10	**	1.8
	Radial Arm Saw	3	**	0.3
	Miter Saw	122	12,980	23.6
	Handheld Saw*	95	10,700	19.5
	Saw, other or not specified	92	10,440	19.0
	Not a saw or not a powered saw	96	10,680	19.4
	Total	491	54,980	100.0
Table or Bench Saw (0841)	Table or Bench Saw	782	69,950	95.9
	Band Saw	1	**	0.2
	Radial Arm Saw	1	**	0.1
	Miter Saw	5	**	0.8
	Handheld Saw*	19	1,740	2.4
	Saw, other or not specified	3	**	0.3
	Not a saw or not a powered saw	4	**	0.3
	Total	815	72,960	100.0

*Handheld saw includes hand saw (0830), portable circular saw (0832), saber saw (0864), jigsaw (0875), hacksaw (0894), and chain saw (1411).

**Estimate does not meet reporting requirements.

Tabella 4 - Caratteristiche delle lame degli utensili, sondaggio sugli infortuni causati da lama - Seghe da banco, 2007-2008 (Infortuni agli operatori)

Description	Sample Count of Injuries	Estimated Number of Injuries 2007-2008	CV of Estimated Number	Percentage Distribution* (%)
Overall Total	821	76,100	0.09	100.0
Blade type used at the time of the injury				
Crosscut blade	39	3,600	0.19	4.7
Rip blade	563	53,300	0.13	70.0
Combination blade	145	12,800	0.14	16.8
Dado blade or other	30	2,700	0.21	3.6
Don't know	44	3,700	0.20	4.9
Blade directly or indirectly mounted on the motor				
Direct drive (blade mounted directly onto the motor output shaft)	478	45,100	0.10	59.2
Indirect drive (belt or gear driven)	278	25,100	0.13	33.0
Don't know	65	5,900	0.16	7.8
Blade condition				
Sharp	780	72,500	0.10	95.3
Dull	20	1,900	0.27	2.5
Other or don't know	21	1,700	0.25	2.2
Any safety switch on the blade?				
Yes	139	13,400	0.13	17.6
No	652	59,900	0.11	78.7
Don't know	30	2,800	0.21	3.7
If there was a safety switch, was it removable/stationary?				
Removable	58	6,200	0.15	46.3
Stationary	73	6,700	0.12	50.0
Don't know	8	**	**	3.7
Subtotal (safety switch on blade)	139	13,400	0.13	100.0
Was a blade guard attached?				
Yes	260	24,000	0.12	31.5
No	535	50,000	0.10	65.7
Don't know	26	2,100	0.23	2.8
Reasons for not having a blade guard				
Guard removed	395	37,500	0.11	75.0
Saw never had a guard	106	9,600	0.13	19.2
Guard broken off or other	34	2,900	0.20	5.8
Subtotal (no blade guard attached)	535	50,000	0.10	100.0
If a blade guard was attached, what was the condition?				
In good condition	257	23,900	0.10	99.6
Don't know	3	**	**	0.4
Subtotal (blade guard attached)	260	24,000	0.12	100.0
If a blade guard was attached, did the blade guard function properly?				
Yes	241	22,300	0.11	93.0
No or don't know	19	1,700	0.33	7.0
Subtotal (blade guard attached)	260	24,000	0.12	100.0
Could blade guard have prevented injury?				
Yes	115	10,300	0.14	13.5
No	286	25,800	0.10	33.9
Don't know	420	40,000	0.13	52.6

*Percentages may not add up exactly to 100 percent due to rounding. **Estimate does not meet reporting requirements.

BIBLIOGRAFIA

LIBRI

C. Anderson, *Makers, il ritorno dei produttori per una nuova rivoluzione industriale* - Milano - Rizzoli Etas, 2013

C. Alessi, *Dopo gli anni zero* - Milano - Laterza, 2014

R. Sennett, *L'uomo artigiano*, traduzione di Adriana Bottini - Milano - Feltrinelli, 2008

J. G. Bralla, *Design for manufacturability handbook* (2. ed.) - New York - McGraw Hill, 1999

W. Nutsch, *Guida pratica alla lavorazione del legno*, traduzione a cura di Sandra Parola e Micaela Aureli - Napoli - Sistemi editoriali, 2010

J. Ruskin, *La natura del gotico* - Milano - Jaca book, 1981

M. Rossi, *Attrezzature e macchine utensili* - Milano - Hoepli, 1978

ARTICOLI

M. Menichinelli, "Artigiani e designer: per una comunità di maker", Domus, 14 marzo 2012
disponibile all'indirizzo: www.domusweb.it/it/opinioni/2012/03/14/artigiani-e-designer-per-una-comunita-dei-maker.html

C. Anderson, "In the next Industrial Revolution, atoms are the new bits", Wired, 25 gennaio 2010
disponibile all'indirizzo: http://www.wired.com/magazine/2010/01/ff_newrevolution/

R. Santonocito, "Intervista a Richard Sennett", Il Sole 24 Ore, 14 gennaio 2008
disponibile all'indirizzo: <http://job24.ilsole24ore.com/news/Articoli/2009/gennaio/sennet-apre-14012008.php?uuiid=7c02ae78-e199-11dd-8573-891a1fb2d03c&DocRulesView=Libero>

N. Gershenfeld, "How to Make Almost Anything - The Digital Fabrication Revolution", Foreign Affairs, Number 6, Volume 91, Novembre/Dicembre 2012
disponibile all'indirizzo: <http://www.foreignaffairs.com/articles/138154/neil-gershenfeld/how-to-make-almost-anything>

G. da Empoli, "Festeggiamo, sono tornati gli artigiani", Il Sole 24 Ore, 21 dicembre 2013
disponibile all'indirizzo: <http://www.ilsole24ore.com/art/cultura/2013-12-20/festeggiamo-sono-tornati-artigianiil-liberismo-visto-il-binocolo-154353.shtml?uuiid=ABfZGJl>

M. I. Nortona, D. Mochonb, D. Arielyc, "The IKEA effect: When labor leads to love", Journal of Consumer Psychology, Issue 23, Volume 22, luglio 2012
disponibile all'indirizzo: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1057740811000829>

T. Kinni, "Seeking Scale in the Maker Movement", Strategy + Business, 26 novembre 2013
disponibile all'indirizzo: <http://www.strategy-business.com/blog/Seeking-Scale-in-the-Maker-Movement?gko=40748>

W. Baldwin, "The Most Dangerous Power Tools", Forbes, 21 dicembre 2009
disponibile all'indirizzo: <http://www.forbes.com/2009/12/21/most-dangerous-tools-business-healthcare-tools.html>

Z. Romano, "Gauntlett: Il movimento maker è maturo. Fare e condividere cambieranno l'economia", Che Futuro, Novembre 2013
disponibile all'indirizzo: <http://www.chefuturo.it/2013/11/gauntlett-il-movimento-maker-e-maturo-fare-e-condividere-cambieranno-leconomia/>

W. Oechslin, "Manus et intellectus" - Domus 972 (settembre 2013): pp. 13-15

INDICE DELLE IMMAGINI

Fig. 1: Esempio di FabLab (Analy High School, Sebastopol - California, USA)	14
Fig. 2: Poster per la European Maker Fair, Roma - ottobre 2013	16
Fig. 3: Alcuni bambini alla Rome Maker Fair, ottobre 2013	16
Fig. 4: Illustrazione dell'Encyclopedie: un artigiano del vetro che svolge il suo lavoro	20
Fig. 5: Operaio al lavoro presso il Detroit Tech Shop	24
Fig. 6: Sega circolare	28
Fig. 7: Segehtto alternativo	28
Fig. 8: Fresastrice verticale	28
Fig. 9: MakerBot 3D printer	32
Fig. 10: Othermill CNC machine	32
Fig. 11: Macchina per taglio laser	32
Fig. 12: Plunge router	42
Fig. 13: Trim router	42
Fig. 14: Utensile multiuso ad alta velocità	42

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 1: Esempio di FabLab (Anady High School, Sebastopol - California, USA)	40
Tab. 2: Migliori 5 fresatrici desktop per rapporto $Area_{tot} / Area_{Lavoro}$	42
Tab. 3: Distribuzione degli infortuni associati con seghe classificate come "Non specificate" o "Seghe da banco" nel NEISS basato sul sondaggio che segue	71
Tab. 4: Caratteristiche delle lame degli utensili, sondaggio sugli infortuni causati da lama - Seghe da banco, 2007-2008 (Infortuni agli operatori)	72
Tab. 5: Confronto spessore pannelli Leroy Merlin	50
Tab. 6: Rapporto tra diametro, velocità di avanzamento e giri al secondo	50
Tab. 7: Confronto tra le tipologie di mandrino utilizzabili	50