

MEDAARCH

Industria

4.0

- Regione -
Basilicata

Studio di fattibilità finalizzato ad individuare lo stato di innovazione delle aziende manifatturiere lucane e i possibili piani di trasformazione digitale, attraverso le tecnologie di digital fabrication.

promosso da

Regione Basilicata



realizzato da

MEDAARCH

Mediterranean Fab Lab

a cura di

Amleto Picerno Ceraso
Gianpiero Picerno Ceraso
Francesca Luciano
Amedeo Di Marco
Giuseppe Luciano

Grafica

Matteo Saturnino
Gianluca Tesauro

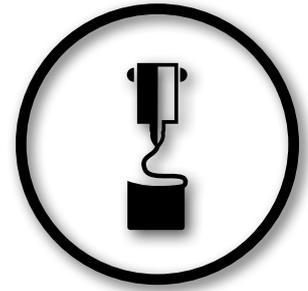
stampa

Naturalmente stampa
Cava de' Tirreni

redatto il:
30.12.2014

indice

- | | | |
|-----------|--|----------------|
| 1. | introduzione alla fabbricazione digitale | pag. 1 |
| 2. | studio di fattibilità settoriale | |
| | legno & arredo | pag. 13 |
| | lavorazione materie plastiche | pag. 35 |
| | lavorazione pietra e marmi | pag. 55 |
| | agroindustria | pag. 63 |
| 3. | studio di fattibilità aziendale | |
| | introduzione | pag. 71 |
| | studio di fattibilità aziendali | pag. 81 |



introduzione alla fabbricazione digitale



“Chi non conosce l’importanza del telaio tessile, mai potrà penetrare fin in fondo il senso della rivoluzione industriale”. Così scrive Umberto Eco¹ in un passo che attraversa i temi della tecnica e della sociologia. Con queste parole Eco punta l’accento, all’interno della storia dell’uomo come essere sociale, su un aspetto di solito trattato come secondario: la tecnica.

Proprio la Storia insegna che mai è esistita una rivoluzione sociale prima che ne vivessimo una tecnologica.

La tecnica, in un immaginario collettivo semicosciente, innesca la visione di una macchina come strumento freddo, come insieme di metodologie, come strumento e come futuro dominato da essa. Tale scenario, tuttavia, risulta essere falso, poiché il dominio della tecnica sul genere umano è già in atto, anzi è sempre stato così fin dalla comparsa dell’uomo sulla terra. Se si supera la visione della tecnica come semplice strumento, affrancandosi dalle paure (giustificate) di esserne dominati, ci si rende conto che, come dice Umberto Galimberti², nel libro “Technè e Psyche” citando Martin Heidegger, “la tecnica è l’essenza dell’uomo”. Essa è stata la scintilla che ha aperto lo spazio mentale dell’essere umano, il suo inconscio e la sua stessa struttura, la mente, che a sua volta ha permesso di distinguere le sensazioni istintuali, di identificarle e di dargli un nome inserendole nell’ambito delle “emozioni”.

Fin dagli albori della storia dell’uomo, la tecnica è stata presente come una seconda natura, complementare a quella che intendiamo come ambiente naturale, all’interno della quale l’essere umano si è evoluto nel pensiero e nella conoscenza, al pari di qualsiasi altra

specie emancipatasi in relazione al suo habitat.

In questo secondo ambiente, quello culturale, in cui la mente della razza umana evolve, è presente un accumulo di conoscenze, metodologie, protocolli operativi e tecniche che sono disponibili all’uomo in ogni momento, cioè non solo quando egli si trova materialmente di fronte a tali strumenti, ma anche quando ne astrae il loro concetto, per adoperarli nello spazio mentale.

Ad esempio, la scoperta del fuoco non ha solo permesso di illuminare l’ambiente esterno, ma ha dato luce anche ad uno spazio interiore, permettendo all’uomo di superare paure ancestrali e, al contempo, di indagare una natura che si offriva a lui endogena.

La tecnica, quindi, da strumento nelle mani dell’uomo, diviene ambiente inscindibile dai processi biologici evolutivi e mai in contrapposizione con il concetto di natura.

Cosa accade, però, quando una tecnica travalica il fine per cui è nata? Ciò è successo tantissime volte nel corso della storia, ed ancora avviene adesso. Esiste, infatti, un punto critico in cui un aumento quantitativo di una determinata caratteristica di un sistema, o di un oggetto, produce uno scarto qualitativo dello stesso, ne muta, cioè, le qualità per cui quel sistema, o quell’oggetto, si è ritenuto utile fino a quel momento e per quel determinato scopo. L’amplificazione delle potenzialità di alcune tecniche, aumentando a dismisura, produce un cambiamento dei fini per cui quella tecnica è nata. Si pensi allo strumento internet e agli scopi per cui è nato, rispetto invece all’uso che se ne fa oggi e alle rivoluzioni che ha innescato.

Nel momento in cui accade un tale mutamento, esso ripercuote effetti immediati sulla struttura sociale adottata dall’uomo fino a quel momento storico. È accaduto per la prima rivoluzione industriale, che interessò prevalentemente il settore tessile-metallurgico con l’introduzione della spoletta volante e della macchina a vapore, nell’arco cronologico com-

¹ Umberto Eco (Alessandria, 5 gennaio 1932) è un semiologo, filosofo e scrittore italiano di fama internazionale. Nel 1988 ha fondato il Dipartimento della Comunicazione dell’Università di San Marino. Dal 2008 è professore emerito e presidente della Scuola Superiore di Studi Umanistici dell’Università di Bologna.

² Umberto Galimberti (Monza, 2 maggio 1942) è un filosofo, psicoanalista e docente universitario italiano. *Psiche e technè. L’uomo nell’età della tecnica*, Milano, Feltrinelli, 1999. ISBN 88-07-10257-9.





preso tra il 1780 e il 1830. Ed è accaduto, ancora, durante la seconda rivoluzione industriale, a partire dal 1870, con l'introduzione dell'elettricità e dei prodotti chimici che hanno portato una profonda ed irreversibile trasformazione, a partire dal sistema produttivo fino a coinvolgere il sistema economico, nonché l'intero sistema sociale. L'apparizione della fabbrica e della macchina, ha modificato i rapporti fra gli attori produttivi: è nata, così, la classe operaia che riceveva, in cambio del tempo messo a disposizione per il lavoro in fabbrica, un salario; ed è nata anche la figura del capitalista industriale, imprenditore e proprietario della fabbrica e dei mezzi di produzione, che mirava a incrementare il profitto della propria attività.

In differenti epoche storiche, quindi, quello che l'uomo ha sempre fatto, è stato costruirsi modelli filosofici e pragmatici con cui attuare la propria esistenza, in un ventaglio di valori più o meno condivisi che strutturano delle pratiche comuni. Tali modelli, propongono dei protocolli, intesi come set di azioni che l'essere umano mette in atto giorno dopo giorno, al fine di garantirsi una "buona vita". Al mutare delle condizioni dei modelli filosofici e pragmatici, cambiano i protocolli comportamentali con cui l'uomo si relaziona con i suoi simili e con se stesso. La spoletta volante del 1780 è il discriminante tecnologico che ha prodotto il cambiamento dei modelli filosofici e pragmatici di quell'epoca e che, a cascata, ha innescato la nascita dell'era moderna contribuendo a quei mutamenti sociali, economici e culturali che la caratterizzano.

Il discriminante tecnologico odierno, capace di produrre un cambiamento dei modelli filosofici e pragmatici, invece, è l'invenzione del digitale. Esso è un sistema di scrittura, in cui un determinato insieme di informazioni, viene rappresentato in forma digitale come sequenza di numeri presi da un insieme di valori discreti, ovvero appartenenti a uno stesso insieme ben definito e circoscritto³.

³ Wikipedia: digitale.

Pertanto, tutto ciò che attiene alla trascrizione di informazioni attraverso un sistema discreto di valori, è detto "digitale". Gli enormi mutamenti che la nascita di tale strumento ha comportato, hanno avuto ripercussioni intense, già storicizzate, come quelle vissute dall'editoria, dalla produzione di contenuti musicali o dalla conoscenza. Anche in questo caso, lo strumento ha travalicato il fine per cui era nato, attraverso uno smisurato aumento della potenza con cui lo stesso si attuava. Infatti, il sistema digitale binario⁴ utilizzato in informatica, grazie al possibile uso della logica booleana⁵ all'interno di circuiti elettrici per la rappresentazione interna dei numeri o dei valori logici di vero e falso, ha subito, dal 1944⁶ ad oggi, un aumento delle sue prestazioni in termini di velocità e potenza di calcolo. Gli effetti di tale tecnologia, sono andati oltre i fini per i quali erano stati ipotizzati. La potenza computazionale basata su queste tecnologie, ha impres-

⁴ Il sistema numerico binario è un sistema numerico posizionale in base 2. Esso utilizza solo due simboli, di solito indicati con 0 e 1, invece delle dieci cifre utilizzate dal sistema numerico decimale. I numeri espressi nel sistema numerico binario sono chiamati numeri binari. I numeri binari sono utilizzati in informatica, grazie all'utilizzo della logica booleana all'interno circuiti elettrici digitali, per la rappresentazione interna dei numeri o dei valori logici di vero e falso.

⁵ In matematica, informatica ed elettronica, l'algebra di Boole, anche detta algebra booleana o reticolo booleano, è un'algebra astratta che opera essenzialmente con i soli valori di verità 0 e 1. In una formulazione più generale, l'algebra booleana si fonda su un insieme K che non comprende solo i valori 0 e 1. Tuttavia, tale struttura algebrica nasce per elaborare matematicamente espressioni nell'ambito della logica proposizionale. Tale algebra permette di definire gli operatori logici AND (prodotto logico), OR (somma logica) e poi NOT (negazione o complementazione), la cui combinazione permette di sviluppare qualsiasi funzione booleana (per questo AND, OR e NOT costituiscono un insieme funzionalmente completo) e consente di trattare in termini esclusivamente algebrici le operazioni insiemistiche dell'intersezione, dell'unione e della complementazione, oltre a questioni riguardanti singoli bit 0 e 1, sequenze binarie, matrici binarie e diverse altre funzioni binarie.

⁶ Il primo computer digitale venne costruito nel 1944 alla Harvard University, ma era ancora di tipo elettromeccanico, non elettronico.





so un'accelerazione delle scoperte scientifiche che mai è stata vissuta nella storia dell'uomo; tuttavia, come detto in precedenza, essa ha anche prodotto risultati in ambiti non strettamente legati a quello in cui queste tecnologie sono state chiamate ad operare. A tal proposito, dice Giuseppe Longo⁷, in un saggio sulla filosofia digitale, a proposito della rivoluzione operata dalla computazione: "Intorno alla metà del Novecento, dunque, nell'intero panorama scientifico - dalla genetica alle neuroscienze, dalla biologia alla fisica e alla fisica quantistica, per non dire delle scienze sociali - si è assistito all'imporsi di una sorta di monocrazia culturale. Il signore unico di tale dittatura è il concetto di "informazione" che reca inevitabilmente con sé sia quello di "bit", l'unità elementare d'informazione, che quello di "computazione", cioè il processo sottoposto a regole precise che alle informazioni da movimento (...). Le discipline che si occupano di materia, vita, cognizione, hanno così assistito, in un tempo relativamente breve, a un violento smottamento delle categorie concettuali ereditate dalla tradizione, e hanno trovato un nuovo paradigma in base al quale reimpostare il linguaggio e l'elaborazione dei propri contenuti". Uno di questi ambiti è proprio quello della fabbricazione.

Come riportato dall'*Economist* nel suo articolo "Print me a Stradivarius", la rivoluzione industriale del tardo XIII° secolo, ha reso possibile la produzione di massa di beni, creando economie di scala che hanno cambiato la società, in un modo che nessuno avrebbe potuto immaginare.

Ora, è emersa una nuova tecnologia di produzione che fa esattamente il contrario. L'*Economist* identifica questa tecnologia nella Stampante 3D, poiché "riducendo le barriere all'ingresso per la produzione, la stampa 3D

dovrebbe anche promuovere l'innovazione. Se è possibile progettare una forma su un computer, è possibile trasformarla in un oggetto. È possibile stamparne una dozzina e, qualora ci sia un mercato per tali oggetti, stamparne più di 50, modificando il disegno attraverso il feedback dei primi utenti. Ciò rappresenta un vantaggio per gli inventori e le start-up, perché provare nuovi prodotti è meno rischioso e costoso. E proprio come i programmatori open-source collaborano condividendo codice software, gli ingegneri stanno già iniziando a collaborare a progetti open-source per gli oggetti e l'hardware".

La stampa 3D è solo la punta dell'iceberg di tutto quello che potrebbe accadere con l'avvento del digitale nell'ambito della produzione e della progettazione di manufatti. Come spiega Neil Gershenfeld, direttore del Center for Bits and Atoms del MIT (Massachusetts Institute of Technology) di Boston, parlando alla Royal Academy of Engineering Grand Sfi-de, "L'impatto della stampa 3D è un po' come l'impatto dei forni a microonde negli anni '50: i forni a microonde sono utili per alcune cose, ma non hanno sostituito il resto della vostra cucina. La cucina è più di un forno a microonde. Il futuro è trasformare i dati nelle cose, e non è né un sistema additivo né sottrattivo. Nel 1952 è stato collegato il primo computer ad una fre-satrice. Ciò che si è sviluppato da quell'anno in poi, è stata una rivoluzione digitale nel fare le cose. È il taglio, la molatura, il laser, il plasma, il getto d'acqua, i fili, i coltelli, la piegatura, la tessitura, lo stampaggio, l'estrusione, in una serie di procedure utili alla costruzione di un oggetto che porta con sé più di quello che mostra". Per Gershenfeld, la vera rivoluzione della fabbricazione è molto più profonda: consiste nell'ag-giungere programmabilità al mondo fisico.

In un esempio, per esplicitare questo concetto, Gershenfeld ha suggerito di confrontare le prestazioni di una stampante 3D a quelle di un bambino che assembla costruzioni Lego. Tale operazione per il bambino sarà più accu-

7 Giuseppe O. Longo, autore de "La nascita della filosofia digitale", è un cibernetico, teorico dell'informazione, epistemologo, divulgatore scientifico, scrittore, attore e traduttore. Docente all'Università di Trieste, ha introdotto la teoria dell'informazione nel panorama scientifico italiano (Teoria dell'informazione, Boringhieri, 1980, Bit Bang).





rata rispetto alle capacità motorie dello stesso: questo perché i pezzi sono progettati per montarsi insieme in allineamento. Il processo di stampa 3D, invece, accumula errori, magari a causa di un'adesione imperfetta negli strati inferiori o per altri fattori non controllabili. Ovviamente allo stesso modo della stampa 3D, ciò accade per tutti gli altri sistemi di fabbricazione. In più, le costruzioni Lego sono anche disponibili in diversi materiali, mentre le stampanti 3D hanno una limitata capacità di utilizzare materiali dissimili. Infine, una costruzione Lego può essere facilmente smontata. Una materia capace di essere programmabile funzionerebbe come i mattoni della Lego. Neil Gershenfeld ha spiegato come il sistema di costruzione della Lego rappresenti la digitalizzazione del materiale, mentre la stampa 3D è ancora un processo analogico che attinge a strumenti digitali. E, proprio come è stato fatto con i Lego, si deve cominciare a digitalizzare la fabbricazione imparando a programmare la crescita dei materiali, in modo che "il codice sia immesso in loro e non li descriva solamente, ma diventi esso stesso materiale".

"Fabbricazione digitale significa digitalizzare non solo la fabbricazione, ma anche il design, i materiali e il processo"⁸. La digital fabrication è, quindi, un processo di più lavorazioni che usa strumenti digitali per programmare la materia a diverse scale, al fine di ottenere un manufatto dalle prestazioni più elevate.

Essendo intesa come coacervo di differenti attività implementate dal digitale, non sarebbe coerente e logico attribuire ad una speciale lavorazione il timbro della digital fabrication, proprio poiché, come spiegato anche da Gershenfeld, nemmeno la stampa 3D presa singolarmente potrebbe considerarsi appieno facente parte del mondo della fabbricazione digitale, se non inserita in un "pensiero digitale".

Più corretto, quindi, è parlare di approccio digitale alla fabbricazione, dove la meta del

percorso, come espresso in precedenza, è la programmabilità della materia. Questa distinzione pone chiarezza anche riguardo l'equivoco legato alla terza rivoluzione industriale, se si considerano semplicemente le tecnologie che questa adopera. È noto, infatti, che le lavorazioni effettuate con controllo numerico sono appannaggio delle aziende, dal 1950 circa, facendo sembrare alquanto tardivo il boom della terza rivoluzione industriale annunciato solo agli inizi del XXI secolo. Appare ovvio che, legato all'uso di particolari lavorazioni, va affiancata la potenza di calcolo, la gestione del processo, la ricerca su i materiali, l'utilizzo di determinati software, una disposizione di risorse e un pensiero volto alla ricerca.

Ovviamente, non sempre con le attuali tecnologie e risorse a disposizione, si è in grado di attuare il processo che porta dai bit agli atomi. Ciò è dovuto al fatto che l'approccio alla fabbricazione digitale è agli inizi della sua strada, e che la democratizzazione della conoscenza e delle strumentazioni adatte ad un lavoro del genere è appena iniziata. Come ribadito dallo stesso Gershenfeld, tuttavia, anche una costruzione Lego può avere un approccio "più digitale" di un lavoro effettuato da una stampante 3D. La manifattura delle aziende ha, in tale visione, un enorme potenziale inesplorato che potrebbe beneficiare degli apparati con cui la digital fabrication si muove. Se è pur vero che una stampante 3D acquistata da un'azienda non ha nulla a che fare con i processi di digital fabrication, è altrettanto vero che il suo acquisto, inserito in un iter di trasformazione manifatturiera che tenta di fare delle informazioni il driver del processo produttivo, fino ad arrivare ad un prodotto più performante in termini prestazionali e di lavorazioni, dona alla stessa azienda uno scarto innovativo tale da farla diventare sicuramente più competitiva. Questo è il motivo per il quale l'innovazione è sempre intesa come percorso e mai come azione singola. Tracciare un quadro di realtà aziendali in cui la digital fabrication è stata acquisita come



8 Gershenfeld N. su Wired.



paradigma d'innovazione, vuol dire analizzare le stesse aziende con parametri e categorie differenti da quelle conosciute ed utilizzate fin'ora per le medesime valutazioni. Di fronte la stessa rivoluzione, cioè l'avvento del digitale, il mondo della musica non si è certo interrogato in questi termini: quanto venderà quel CD inciso in digitale? Quali saranno le royalty delle Major musicali nella promozione di nuove band ora che tutti possono auto-pubblicarsi? O ancora: A quali classifiche bisogna guardare per capire quanto è stato ascoltato un brano? Chi lo ha fatto, è stato travolto dalla stessa innovazione che voleva imbrigliare con vecchie categorie. Per non incorrere nella medesima "sventura" inerente alla digital fabrication, è opportuno trattare questi temi con il piglio della ricerca, affidandosi più ad esperienze sul campo, anche se poco ortodosse e per nulla parametrizzabili, che a categorie preconfezionate. A maggior ragione, sembra opportuno un taglio del genere se si considera il fatto che molti ambiti della produzione manifatturiera non sono stati per nulla esplorati da modalità progettuali inerenti la digital fabrication, lasciando un vuoto che la maggior parte delle volte è stato riempito da attività promosse da istituti di ricerca. Inoltre, se gli effetti più accreditati dalla comunità scientifica, riguardanti le conseguenze dell'impatto del digitale sulla produzione di oggetti, ipotizzano la nascita di un nuovo soggetto, il prosumer, che incarna contemporaneamente le figure del produttore e del consumatore, e se le aziende saranno sempre più centri di ricerca al servizio di realizzazioni personalizzate piuttosto che sistemi di produzione di massa, allora sarebbe più utile ricercare nuovi modelli socio-economici che ricalcare rasserenanti paradigmi attuali.

Considerato, quindi, lo stato dell'arte in un panorama internazionale e ai soli fini per cui questo studio è stato redatto, è sicuramente possibile intervenire con approcci alla fabbricazione digitale nella produzione manifatturiera all'interno delle piccole e medie aziende, toc-

cando corde che riguardano tre ambiti: la dotazione di strumentazione adatta, l'acquisizione di nuove conoscenze, l'immissione di intelligenza nel prodotto finale e nel processo.

Dotazione di strumentazione adatta

L'acquisizione di strumentazione adatta alle lavorazioni è fondamentale per dotarsi della possibilità di conformare la materia per come questa è stata programmata.

In quest'ambito, è da annoverarsi anche la massimizzazione di tecnologie già esistenti in azienda, che vengono sfruttate al minimo delle loro possibilità. Infatti, proprio per tutto ciò che in precedenza è stato scritto, è molto frequente il caso di realtà produttive già dotate di macchine a Controllo Numerico⁹ di cui, però, non se ne massimizza l'utilizzo. Proprio per gli obiettivi che la fabbricazione digitale si pone, esplicitati nel precedente paragrafo, le lavorazioni appartenenti ai seguenti sistemi, vanno intese come modi con cui la materia viene programmata per rispondere in maniera microscopica o macroscopica, immediata o successiva alle lavorazioni, ad un determinato scopo. Esse, quindi, vanno intese profondamente differenti dalle classiche lavorazioni, anche se i processi materiali sono esattamente identici.

La strumentazione generalmente adottata è divisa, per comodità, in 4 macro-categorie che fanno riferimento alla capacità della lavorazione di trattare il materiale e che si distinguono in:

- Sistemi Additivi;
- Sistemi Sottrattivi;
- Sistemi Deformanti;
- Sistemi Ibridi.

⁹ Si dicono "macchine a controllo numerico" o macchine "CN" quelle macchine utensili il cui movimento durante la lavorazione è diretto da un computer integrato nella macchina che ne comanda gli spostamenti e le funzioni, secondo un ben definito programma di lavoro.





• Sistemi Additivi

Sono tutti i sistemi che, partendo da materie prime o semilavorati (legno, mattoni, tessuti in fili) non dotati già di una precisa morfologia, utilizzano gli stessi per realizzare il prodotto finale, tramite processi di aggiunta di materiale. La fabbricazione digitale utilizza, tra gli innumerevoli esempi di formazione per addizione di materiale già conosciuti dall'industria manifatturiera, quelli legati ai processi di costruzione layer by layer¹⁰ o all'addizione controllata da antropomorfi. Entrambi i sistemi, presentano un notevole utilizzo della componente computazionale, sia nella parte propria della produzione sia in quella ad essa precedente che riguarda la progettazione.

La costruzione livello per livello e l'addizione controllata da antropomorfi, utilizzano utensili capaci sia di leggere istruzioni codificate in linguaggio macchina e di lanciare comandi ad altre parti, sia di comunicare con parti meccaniche ed elettroniche in grado di attuare i comandi ricevuti dal linguaggio macchina. Le prime, quelle comunemente chiamate stampanti 3D, utilizzano differenti tecniche di stampa, da quella per deposizione di materiale fuso, a quella per sinterizzazione bicomponente, da quella per stereolitografia¹¹, a quella per

¹⁰ I processi layer by layer (livello per livello) realizzano la produzione dell'oggetto attraverso una affettatura dello stesso realizzata con l'ausilio del computer atta a creare un percorso utensile con il quale la macchina per la lavorazione riesce a ricreare i livelli virtuali che compongono tutto l'oggetto.

¹¹ La stereolitografia è una tecnica che permette di realizzare singoli oggetti tridimensionali a partire direttamente da dati digitali elaborati da un software CAD/CAM. La sua principale applicazione è la prototipazione rapida, che permette di avere oggetti fisici da testare prima della produzione industriale oppure preparare modelli per realizzare stampi di colata o pressofusione. Può essere impiegata anche per produrre velocemente pezzi di ricambio, facendosi inviare il file attraverso internet. L'utilizzo per la produzione in serie è ipotizzabile laddove altre tecniche di produzione si rivelino difficili e costose (per esempio con macchine a controllo numerico) ed in genere per produzioni numericamente molto limitate dove il costo fisso delle attrezzature (gusci, stampi ecc) incida

fotopolimerizzazione¹². I bracci antropomorfi, invece, utilizzano la loro capacità di movimento nello spazio e la flessibilità dello strumento prensile per aggiungere parti di semilavorati in posizioni precise nello spazio, e per dare una conformazione precisa al manufatto finale.

Nei sistemi additivi, va citato anche quello biochimico che utilizza la crescita controllata di alcune forme di vita per la realizzazione di precisi manufatti¹³.

• Sistemi Sottrattivi

Sono sistemi in cui la lavorazione avviene per asportazione di materiale, indipendentemente dal tipo di utensile gestito dalla macchina. Tali macchine sono conformate in maniera identica a quelle che lavorano per addizione, con la differenza che la tecnologia tratta il materiale per abrasione in modo più o meno incisivo. Il consumo del materiale è quindi dovuto a 3 grossi fattori:

- Fattore meccanico, dovuto dall'asportazione di materiale da parte di un utensile o direttamente da un materiale (mix di inerti e liquidi), composto da materiale più duro di quello che si va ad asportare;

eccessivamente. Un'importante applicazione si ha nell'imaging medico dove, a partire da immagini tomografiche o RMN è possibile realizzare in tempi brevi modelli di protesi, parti di ossa, tumori, vasi e altre parti anatomiche su cui il chirurgo può preparare l'intervento. Gli oggetti prodotti sono costituiti interamente da resine speciali e ciò limita la possibilità di fabbricazione di oggetti metallici o di altri materiali.

¹² Il processo di fotopolimerizzazione UV è definito come l'indurimento della forma liquida di un materiale quando esposto all'energia ultravioletta. La polimerizzazione mediante luce ultravioletta di inchiostri, rivestimenti e adesivi richiede una fonte di energia UV ad "alta intensità" per avviare una reazione chimica. Questa reazione incrociata indurisce il liquido avviando una reazione di polimerizzazione chimica che trasforma il liquido in un solido. I solidi "induriti" risultanti sono caratterizzati da resistenza, colore e adesione di lunga durata.

¹³ Si veda il lavoro di Neri Oxman per The Silk Pavilion che esplora la relazione tra digitale e biologico nella fabbricazione. O gli esempi di bio-fabbricazione digitale per la conformazione di oggetti d'arredo tramite la crescita di particolari funghi.





- Fattore chimico, dovuto alla presenza di agenti chimici che trasformano il materiale in una materia che può essere successivamente asportata;

- Fattore chimico o fisico, inerente la temperatura che mette in combustione il materiale trasformandolo in materiale successivamente asportabile o facendone evaporare una parte di esso.

Di tutte le possibili lavorazioni per asportazione di materia, la fabbricazione digitale in ambito manifatturiero, utilizza prevalentemente, per la prima categoria, utensili da asportazione (frese, corde, cucchiari, lame o miscele di liquido e inerti) montate su macchine che vanno dai 2 ai 5 assi, per la seconda, agenti chimici corrosivi montati su telai o spruzzati da antropomorfi, per la terza, macchine con possibilità di movimento bidimensionale e tridimensionale sulle quali sono montati laser ottici, flussi al plasma o corde incandescenti.

• Sistemi Deformanti

Sono sistemi in cui la forma ultima del manufatto viene impressa direttamente nella materia o in semilavorati. La conformazione del prodotto finale, sfrutta le proprietà particolari di alcuni materiali di deformarsi, in presenza di determinate condizioni chimiche o fisiche. Tali macchine, quindi, variano in relazione al materiale e non al tipo di prodotto a cui arrivare alla fine della lavorazione.

• Sistemi Ibridi

Sono sistemi in cui vengono utilizzati differenti metodi di lavorazione della materia, al fine di giungere ad un prodotto finale che contenga una complessità di programmazione non ottenibile solo attraverso singole lavorazioni.

L'acquisizione di nuove conoscenze

L'acquisizione di nuove conoscenze è forse il perno centrale degli approcci alla fab-

bricazione digitale. Il calcolo computazionale eseguito da computer sempre più prestanti in termini di velocità e potenza, ha offerto la possibilità di indagare ambiti della scienza prima preclusi, poiché afferenti a metodologie per le quali la quantità degli elementi in gioco risultava impossibile da gestire. Tali ricerche hanno, poi, riversato i risultati a cui sono pervenute, prima nel mercato e poi nella pratica quotidiana degli abitanti dei paesi cosiddetti "civilizzati". Software e sistemi di calcolo sono, pertanto, anche alla portata di tutte le aziende del manifatturiero che, se da un lato presentano una relazione con l'utenza molto semplificata (user experience interface), dall'altro hanno una versatilità tale da essere impiegate anche come generatori di software adatti a peculiari esigenze.

L'acquisizione di nuove conoscenze è la chiave con cui la fabbricazione digitale disvela le potenzialità degli strumenti in dotazione. In particolare, per gli specifici fini per cui questo studio è stato redatto, essa è utile in due ambiti:

1. L'acquisizione di nuovi approcci alla progettazione utili per l'ideazione di una nuova ontologia di oggetti: a questo proposito si rende necessario esprimere quanto in questo momento la fabbricazione digitale si offra alle attività manifatturiere, con un parco di tecniche e tecnologie abilitanti che sono ancora in fase di massimizzazione. Il paragone è da farsi con l'avvento della tecnologia degli smartphone, anch'essi intesi come tecnologie abilitanti, ma sfruttati al massimo solo dopo la nascita delle "App" le quali hanno colto esigenze di carattere semplice e antico dandone una risposta, prima non consentita o poco precisa, attraverso i nuovi strumenti a disposizione. Ad esempio, una delle possibili "App" che l'approccio alla fabbricazione digitale offre alla produzione manifatturiera attraverso specifiche conoscenze e macchine, è l'e-





strema personalizzazione dei prodotti a parità (o quasi) di costo. C'è, quindi, sicuramente la necessità da parte degli operatori di acquisire conoscenza che non sia, però, atta solo all'utilizzo di software o di macchine se pur complesse, ma che sia anche di carattere strutturale, volta cioè verso la ricerca di quelle possibili applicazioni della fabbricazione digitale nel settore manifatturiero, che ne massimizzino le potenzialità;

2. L'acquisizione di conoscenze utili per l'ottimizzazione degli apparati in uso dall'attuale produzione: quando l'approccio nuovo alla progettazione non è reso possibile, è comunque necessario fornire agli addetti al settore la capacità di ottimizzare l'utilizzo di tecniche e tecnologie già presenti nel flusso produttivo, o acquistabili con un investimento di risorse limitato. Una formazione specifica, amplifica le possibilità di lavorazione in uno stesso ciclo o, addirittura, implementa la creazione di nuovi prodotti.

L'immissione di intelligenza nel prodotto finale e nel processo

La fabbricazione digitale mira alla realizzazione di una materia programmabile a scale differenti. Ciò significa che quello che non è possibile realizzare ancora oggi ad una scala molecolare, per evidenti difficoltà di ordine economico e strumentale, si può realizzare ad una scala macroscopica (con le dovute differenze), dotando i prodotti finali di una caratteristica "responsive", capace cioè di acquisire informazioni e di adattare le performance del prodotto rispetto alle esigenze del contesto. Tutto questo rientra nell'ambito dell'internet delle cose - "IoT" o "Internet of Everything" - neologismo riferito all'estensione di Internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti. L'Internet delle cose, rappresenta una possibile evoluzione dell'uso della Rete: gli oggetti si

rendono riconoscibili e acquisiscono intelligenza, grazie al fatto di poter comunicare dati su loro stessi e accedere ad informazioni aggregate da parte di altri. Così, le sveglie suonano prima in caso di traffico, le piante comunicano all'innaffiatoio quando è il momento di essere innaffiate, le scarpe da ginnastica trasmettono tempi, velocità e distanza per gareggiare in tempo reale con persone dall'altra parte del globo, i vasetti delle medicine avvisano i familiari se si dimentica di prendere il farmaco.

In ambito aziendale, tali sistemi intelligenti possono essere utilizzati all'interno di realtà produttive per la gestione controllata dei processi, riducendo costi e tempi di lavorazione e aumentando il controllo della qualità del lavoro e dei prodotti.

Infine, per un esaustivo racconto dei modi e delle metodologie attraverso le quali la fabbricazione digitale si conforma come motore della terza rivoluzione industriale, è da ricordare il modello messo in atto dallo stesso Gershenfeld circa 10 anni fa, che va sotto il nome di FabLab.

"FabLab" è la contrazione di Fabrication Laboratory, uno spazio nato all'interno del MIT di Boston, circa una decina di anni fa, al seguito di un corso tenuto da Gershenfeld intitolato "How to make almost evrything". Un FabLab è un luogo dove si incarnano i principi della fabbricazione digitale, uno spazio che offre servizi personalizzati di fabbricazione e che è generalmente dotato di una serie di strumenti computerizzati in grado di realizzare, in maniera flessibile e semi-automatica, un'ampia gamma di oggetti. Esistono differenti tipologie di fab lab, in quanto i laboratori di fabbricazione digitale sono differenziati per prototipazione, produzione e dimensione dei manufatti realizzati.

In relazione ad essa, varieranno in numero e in grandezza le macchine presenti all'interno degli spazi e, di conseguenza, la sostenibilità economica dello stesso FabLab.

Un FabLab può avere dimensioni differen-





ti che variano, in prima istanza, in relazione alla dimensione dei manufatti prodotti, come delineato nel seguente elenco:

- **Mini FabLab:** è fornito di piccole stampanti 3D, cutter per vinile e cartone, piccole frese, materiale elettrico. Riesce a prototipare, ma non riesce a produrre. Di solito è un laboratorio di supporto ad attività tecnico-dentali, elettroniche, di oreficeria, di piccolo design, di bricolage. Le dimensioni dei suoi ambienti variano dai 25 ai 35 mq. Non ha necessità di impianti di aspirazione o di alimentazione particolari. In genere, non è aperto al pubblico e, quindi, non riesce ad attivare processi di autosostentamento;
- **Midi FabLab:** è fornito di stampanti 3D, cutter per vinile e cartone, frese di medie dimensioni (120cm x 100cm), materiale elettrico, laser cut (90cm x 60cm). In tale spazio, si riesce a prototipare e a sostenere una produzione, ma solo per piccoli e sporadici prodotti artigianali. Le dimensioni degli ambienti variano dai 50 ai 120 mq. E' un FabLab che ha necessità di piccoli impianti di aspirazione e di alimentazioni elettriche utili per bricolage e artigianato. Di solito è un laboratorio di supporto a tutte le attività del mini FabLab riuscendo a servire anche ebanisti, piccoli artigiani della pelle, ceramiche e lavori per oggetti domestici di design. È usualmente aperto ad un pubblico di privati e piccoli artigiani;
- **Standard FabLab:** è fornito di stampanti 3D di medie dimensioni, cutter per vinile e cartone (200 cm x 200 cm), frese di medie dimensioni (200cm x 180cm), materiale elettrico, laser cut (1800cm x 200cm). Riesce a realizzare prototipi di carrozzeria per le auto, oggetti di arredo urbano e piccoli componenti innovativi per l'edilizia. È utilizzato nella piccola produzione di oggetti di artigianato che non abbiano cicli industriali. Le dimensioni degli ambienti variano dai 150 ai 250 mq. Ha necessità degli stessi impianti di aspirazione e di alimentazione in dotazione per macchine industriali (l'investimento in macchine è superiore ai

80mila euro). È un laboratorio usualmente aperto ad un pubblico di privati, artigiani e PMI ed è di supporto ad attività di formazione e consulenza. Presenta, inoltre, una notevole capacità di autosostentamento legata alla trasversalità delle utenze;

- **Maxi FabFab:** è fornito di stampanti 3D di medie/grandi dimensioni, frese di dimensioni superiori ai 2mq e laser-cut. Tale laboratorio, dispone, inoltre, di un parco elettronico notevole (spesso in questi FabLab si utilizzano e si riciclano materiali elettrici, appoggiandosi a centri per lo smaltimento specializzati). Molti di questi FabLab (alcuni esempi se ne trovano a Barcellona e Vienna) hanno in dotazione antropomorfi robotici, di solito utilizzati dall'industria automobilistica anche italiana, i cosiddetti Kuka. Tali laboratori riescono a realizzare complessi prototipi per l'architettura, il design, l'artigianato, l'elettronica (all'interno del FabLab di Barcellona è stata realizzata per la Solar Decathlon una casa in scala 1:1 completamente autosufficiente che, tra l'altro, ospita al suo interno un FabLab. Il maxi FabLab è, inoltre, utilizzato come centro di produzione per le aziende che operano negli ambiti dell'architettura, dall'arredo alle casseforme per solai, dell'automotiv, ed ha una forte propensione allo sviluppo di progetti per le smart cities. Questa tipologia di laboratorio è utilizzata dalle Università anche come supporto per l'accelerazione hardware di imprese e spin-off universitari. Gli ambienti di tale FabLab hanno dimensioni che variano dai 150 ai 500 mq, hanno bisogno di impianti di aspirazione e di alimentazione inerenti l'uso di macchine industriali, nonchè di necessità di servizi di vigilanza minimi. La capacità di autosostentamento è dilatata nel tempo, poiché l'ammortamento dei costi relativi ai macchinari risulta più difficile (l'investimento in macchine è superiore ai 200mila euro) ed è fortemente legato alla rete di aziende con cui instaura collaborazioni.





Bibliografia

Benkler, Y. (2006), *The Wealth of Networks*, Yale University Press

Bauwens, M. (2008, 12 08), *Michel Bauwens and the Peer Production Economy* (D. Bollier, intervistatore)

Casonato, S. (2011, Maggio), *WeFab: Make The Right Thing - Digital Fabrication nel cuore di Milano*, Digimag

Doctorow, C. (2011, 06 12), *Making Is Sharing*, (M. Blau, Intervistatore)

Gershenfeld, N. (2003, 07 23), *PERSONAL FABRICATION: A Talk with Neil Gershenfeld*. (J. Brockman, Intervistatore)

Giodice, G. (2008, Dicembre 01), *Il design come leva strategica per lo sviluppo territoriale*, *Tratto il giorno*

Agosto 23, 2011 da CESP: <http://www.cesp.it/sez1109607254/Prototipazione.pdf>

Hanna, P. (2011, Aprile 5), *3-D printing: the Napster of manufacturing?* *CNN Global Public Square*

Menichinelli, M. (2011), *Business Models for Fab Labs*, *Tratto da Openp2pDesign* : <http://www.openp2pdesign.org/projects/past-projects/report-business-models-for-open-hardware-fab-labs-diy-craft/business-models-for-fab-labs/>

Pasquinelli, M. (2004, Febbraio 13), *Macchine radicali contro il tecno impero*, *Tratto il giorno* Agosto 23,

2011 da Multitudes Web: http://multitudes.samizdat.net/spip.php?page=imprimer&id_article=1337

The Economist (2011, Febbraio 10), *Print me a Stradivarius*, *The Economist*

The Economist (2011, Febbraio 10), *The printed world*, *The Economist*

Thingiverse (s.d.), *Digital Design for physical objects*, *Tratto da Thingiverse*: <http://www.thingiverse.com>

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

Tiala, S. (2011), *Fab Labs: Re-envisioning Innovation and "Entrepreneurship"*, *Advancing the STEM Agenda in Education, the Workplace and Society*, University of Wisconsin-Stout

Torrone, P. (2011, Agosto 5), *Autodesk Acquires Instructables: What It Means for Makers*, *Make Magazine*

Torrone, P. (2011, Marzo 10). *Is It Time to Rebuild & Retool Public Libraries and Make "TechShops"?* *MAKE Magazine*

Troxler, P. (2010, Ottobre), *Commons-based Peer Production of Physical Goods - Is There Room for a*

Hybrid Innovation Ecology?, *Presentato alla Free Culture Research Conference*, Berlino, 2010

Vectorealism. (2011), *Make in Italy*, *Tratto da Vectorealism*: <http://www.vectorealism.com>

Viola, A. (2011, Maggio 19), *E ora mi stampo un anello*, *L'Espresso*

WeFab (2011), *Tre giorni di eventi dedicati al Fabbing e all'Open Design durante il Salone del Mobile*, *Tratto da WeFab Days*: <http://www.wefab.it>

Wikipedia (s.d.), *Fabbing*, *Tratto il giorno* Agosto 10, 2011 da Wikipedia:

<http://it.wikipedia.org/wiki/Fabbing>

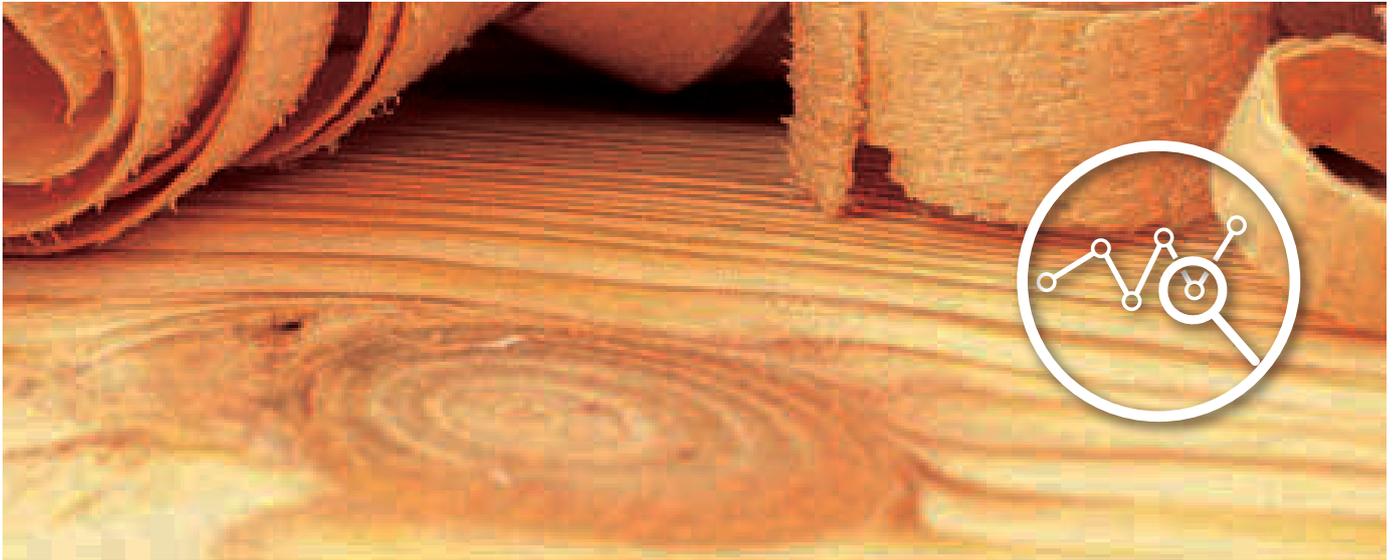
Wikipedia (s.d.), *FabLab*, *Tratto il giorno* Agosto 23, 2011 da Wikipedia:

http://en.wikipedia.org/wiki/Fab_lab

Wohlers Associates (2010), *Wohlers Report*

Wohlers, T. (2011, Giugno 22), *The DIY Maker Movement*, *Time Compression*





Studio di fattibilità settoriale:
legno&arredo



Come descritto nella parte introduttiva alla fabbricazione digitale, le lavorazioni che seguono, sono distinte a seconda di come trattano il materiale nei processi di realizzazione del manufatto. Anche per il legno, gli ambiti in cui si muove la fabbricazione digitale sono i classici quattro, ovvero: additivo, sottrattivo, deformante e ibrido.

Nonostante a prima vista il legno non si presti alla lavorazione additiva, esiste una letteratura che narra esempi di manufatti realizzati in legno sia attraverso l'estrusione con stampa additiva a tecnologia FDM¹⁴, sia come processo che assembla elementi finiti lignei con un trascurabile stato di pre-lavorazione se si considerano le tradizionali lavorazioni possibili.

1. Sistema Additivo

Per quel che riguarda il sistema additivo, la digital fabrication si è essenzialmente mossa su due aspetti:

- La realizzazione di materiali per la stampa 3d con una percentuale di legno;
- L'aggregazione di elementi in legno con differenti tecnologie ed approcci progettuali.

1.a Filamento per stampanti 3d

Il laywood è nato dall'invenzione di Kai Parthy¹⁵ che per primo ha realizzato una resina polimerica con un contenuto pari al 40% di legno ridotto in segatura proveniente da scarti di lavorazione. L'industria manifatturiera ha accolto con interesse questo tipo di prodotto, non dimostrando, tuttavia, l'atteso entusiasmo del suo inventore.

¹⁴ "La Modellazione a deposizione fusa" (in inglese: Fused deposition modeling), in breve FDM, è una tecnologia di produzione additiva usata comunemente per la modellazione, la prototipazione e la produzione di applicazioni.

¹⁵ Kai Parthy è un personaggio eclettico di cui si reperiscono poche informazioni. Lavora presso un teatro di Leipzig in Germania, come tecnico in un club underground a Colonia, ma soprattutto è un ingegnere dei materiali che da alcuni anni lavora alla formulazione di materiali innovativi per la stampa 3D.

In effetti, il materiale non presenta le caratteristiche venature del legno, proprio perché nel filamento il legno compare sotto forma di polvere. Inoltre, l'oggetto stampato in Laywood presenta una notevole fragilità rispetto ai classici materiali d'uso comune come PLA o ABS¹⁶.

A bilanciare questo aspetto, c'è da dire che, una volta realizzato il manufatto, questo non dimostra apprezzabili margini di ritrazione.



Filamento in Laywood

In definitiva, il Laywood è un materiale che permette di creare oggetti simili al legno e, durante l'estrusione, produce il classico odore di questo materiale. La temperatura di fusione inizia a 180 gradi. La mancanza di venature, descritta in precedenza, può essere sostituita programmando le temperature di stampa: infatti, temperature basse producono oggetti chiari, temperature alte, invece, danno vita ad oggetti scuri. Il legno prodotto con questo materiale somiglia molto all'MDF o al legno che utilizza Ikea per costruire l'interno dei mobili.

Affinché l'oggetto stampato somigli ad un vero oggetto fatto in legno, è necessario sabbiarlo o rifinirlo. Per la realizzazione di un filamento di laywood in legno, è necessario giungere alla composizione ottimale tra polimeri adatti alla stampa 3D e

¹⁶ PLA e ABS sono termoplastiche comunemente usate nella stampa 3D con tecnologia FDM. La prima deriva dall'amido del mais, la seconda dalla lavorazione del petrolio.





Macchina additiva per la deposizione delle asti in legno



le percentuali di polvere di legno presenti. Le polveri presenti nel laywood devono essere raffinate e pulite da eventuali impurità.

Molte sono le aziende internazionali che, in possesso di una quantità rilevante di scarti, hanno deciso di intraprendere la produzione di filamento¹⁷.

1.b Aggregazione random: Stick Pavillion

All'interno della categoria Additiva, inoltre, è da annoverare la ricerca alla quale è giunta l'equipe del Dipartimento di Architettura dell'Università di Tokyo condotta dal prof. Obuchi Yusuke. Quest'ultimo è il fondatore del laboratorio Obuchi, un studio di design creato nel 2010 che si occupa di architettura e urbanistica, cercando di dare una risposta alle esigenze e alle opportunità della società globalizzata e delle tecnologie emergenti. Un tema su cui il team lavora con particolare attenzione, è quello della prototipazione architettonica, volto alla ricerca di forme nuove per l'architettura.

Il progetto di tale padiglione, sfrutta le po-

tenzialità offerte dal design computazionale¹⁸ ed indaga le strutture aggregate con elementi singoli analizzandone le caratteristiche strutturali, funzionali e formali. Il padiglione è composto da strutture lignee di piccole dimensioni tenute insieme da collante vinilico. Per la progettazione del padiglione è stata realizzata una macchina CNC ad hoc che lasciava cadere le aste di legno in una determinata posizione su di una cassaforma precostituita.



¹⁸ Il design computazionale consiste nello studio della forma attraverso l'elaborazione di dati attraverso strumenti di modellazione parametrica e gestione dell'informazione. Tra questi in particolare Grasshopper, un plug-in gratuito di Rhinoceros.

¹⁷ L'azienda Feed The Printer (<http://feedtheprinter.com>), produce e commercializza laywood da legno riciclato da scarti di produzione di aziende svedesi.





Per la distribuzione ottimale del materiale, infatti, sono state studiate differenti tecniche di assemblaggio sia mediante simulazioni virtuali, sia mediante aggregati fisici. Il processo di ricerca segue le linee di principio della tecnica del form finding. In merito all'aspetto relativo al form finding, Marco Vannucci¹⁹ spiega: "Introdotta sperimentalmente negli anni '50 da Frei Otto, il form finding è un metodo progettuale che esplora la tendenza del materiale ad auto-organizzarsi in relazione all'azione di particolari influenze esterne e alle caratteristiche intrinseche della materia stessa. (...) Viene usato per sviluppare forme strutturali efficienti derivate dall'applicazione di forze gravitazionali e viene impiegato principalmente per due motivi:

1. Generare la forma che deve essere costruita e studiarne, attraverso modelli fisici, il comportamento strutturale;
2. Realizzare l'edificio nella forma desiderata.

Sui modelli fisici realizzati, sono stati condotti differenti test sia per la ricerca della configurazione con la quale gli elementi si aggregano, sia prove di carattere strutturale per testare i gradi di resistenza che l'agglomerato, una volta pronto, è capace di sopportare.



Prova di laboratorio a compressione

L'intera struttura è stata poi realizzata predisponendo un impalcato di supporto che rendesse possibile la messa in opera di tutto il manufatto, reggendone il peso fino a che l'intera aggregazione non risultasse rigida. Il risultato

è annoverato ancora nell'ambito della ricerca poiché, nonostante il padiglione sia stato effettivamente realizzato, la tecnica utilizzata non è ancora di fatto entrata nella comune pratica costruttiva.

La difficoltà di un'analisi strutturale per costruzioni così complesse ed i significativi costi di materiale e mano d'opera che sono stati profusi per la messa a punto di tale struttura, rendono utilizzabile questo procedimento di fabbricazione digitale solo per padiglioni da adoperare durante eventi sporadici, che prevedano coperture finanziarie adatte a supportare l'intera ricerca progettuale e la successiva fase realizzativa.



Stick Pavillion

2. Sistema Sottrattivo

All'interno delle lavorazioni per asportazione di materiale, l'impiego del legno è stato notevole nell'ambito della fabbricazione digitale, a causa delle caratteristiche intrinseche dello



¹⁹ Marco Vannucci su architettura.it - 10 febbraio 2004.

Studio di fattibilità settoriale: legno & arredo



stesso che lo rendono adatto a questo tipo di trasformazione.

La combinazione tra la ricerca sui tipi di legno più adatti, l'utilizzo di macchine a controllo numerico con notevoli libertà di lavorazione e la ricerca progettuale assistita, ha prodotto risultati notevoli che vanno dalla realizzazione di oggetti nella scala più propria del design, passando per l'arredamento d'interni, fino a dimensioni che strizzano l'occhio alla scala architettonica.

Per completezza d'informazione e considerando il contesto progettuale per cui si rende necessario questo studio di fattibilità, di seguito si riportano differenti tipi di risultati ottenuti dalla lavorazione del legno, organizzati per tipologia di macchine a controllo numerico, anche definite macchine CNC, necessarie alla realizzazione del prodotto finale.

La caratteristica principale delle macchine CNC, infatti, riguarda il numero di gradi di libertà disponibili. Per quanto concerne le frese, queste generalmente variano da 3, 4 o 5 assi, mentre per i torni si va da 2 a 4 assi.

Macchine come punzonatrici o strumenti adatti al taglio, hanno generalmente 2 o 3 assi. Ogni grado di libertà delle frese o delle macchine per il taglio offre alla realizzazione del prodotto finale uno scarto addizionale sia nella complessità della morfologia del singolo elemento lavorato, sia nella possibilità di aggregazione dovuta alla realizzazione di giunti complessi.

Per la lavorazione del legno di spessore ridotto (di solito da 1 millimetro fino a pochi centimetri nel caso delle macchine industriali più grandi) e per l'incisione, è comune prassi, nei lavori di fabbricazione digitale, utilizzare macchine laser che di solito hanno piani di lavorazione che possono arrivare fino a 2 x 1 metri.

La peculiarità del taglio al laser consiste nella caratteristica finitura imbrunita, "bruciata", che assumono i bordi al termine della lavorazione. Questo aspetto può essere un deterrente per alcuni tipi di lavorazione, o un fattore di necessità per altri.



Laser cut-Epilog

2.1 - Macchine CNC a 2 assi

Con movimento solo su X e Y. Queste macchine possono gestire pezzi limitati a lavorazioni piane, ma senza variazioni d'altezza.

2.2 - Macchine CNC a 2.5 assi (due assi e mezzo)

Questa tipologia di macchina presenta un grado di libertà per operare su tutti e tre gli assi, purché in Z si effettuino lavorazioni a passi discreti. Infatti, tali macchine riescono ad interpolare la lavorazione sugli assi X e Y, ma mantengono la profondità di fresatura a valori costanti durante il movimento nel piano XY. Ad oggi, costituiscono la tipologia più diffusa ed economica presente all'interno del settore di lavorazione del legno.

Le lavorazioni delle suddette macchine possono realizzare elementi senza variazione continua della profondità ma, essendo capaci di muoversi liberamente in XY, sono comunque molto utilizzate nell'ambito della digital fabrication per la realizzazione di sistemi anche molto complessi di manufatti lignei.

È bene ribadire che l'approccio progettuale di chi si trova ad operare per la realizzazione di manufatti in legno è orientato dalle possibilità tecniche di fabbricazione che ogni singola rea-





lizzazione porta con sé, dovute a fattori relativi sia ai costi sia alle opportunità di lavorazione presenti nel territorio e offerte dalle aziende del settore.

Proprio in considerazione di questa riflessione, l'aspetto progettuale assume un carattere fondamentale, specialmente se indirizzato alla massimizzazione della performance del manufatto in tutti i suoi aspetti (funzionali, estetici, strutturali), attraverso l'uso di lavorazioni anche con ridotte libertà di operazione.



Panchina parametrica - Oleg Soroko

Un ottimo esempio è quello della panchina parametrica progettata da Oleg Soroko²⁰. La natura delle macchine CNC, anche se movimentate solo su due assi, abilita all'assemblaggio di elementi organici, composti da sezioni tutte differenti tra di loro. In questo processo realizzativo è stato fondamentale l'approccio progettuale al quale si è fatto riferimento, sia per la

²⁰ Oleg Soroko (24 anni), architetto, designer e artista computazionale di Mosca. Oltre all'architettura si dedica alla realizzazione di arredi, ispirandosi alla natura e alle idee di futuro.

Studio di fattibilità settoriale: legno & arredo

manipolazione della forma generale, sia per la divisione in sezioni e per il posizionamento dei pezzi da lavorare sul foglio, attraverso operazioni di Nesting²¹.



Sistema di montaggio panchina parametrica

La panchina è stata, poi, assemblata impiando i singoli pezzi fresati in compensato, successivamente resi solidali da aste in ferro alternate da rondelle in legno.

La lavorazione per sezioni composte annovera differenti esempi a scale diverse. Oltre a quelle proprie del design che ha prodotto risultati apprezzabili, come nel caso del pezzo Urban



Carl-Axel Acking; Prototype Wood Ceiling Light, 1985.

²¹ In manifattura, il Nesting si riferisce al processo di posa su schemi di taglio per ridurre al minimo lo spreco di materiale grezzo.





Urban Bench - NADAAA



Bench per arredo urbano realizzato dai Nadaaa.com che adatta la sua morfologia a differenti posizioni di seduta, questa tecnica è riscontrabile anche nella creazione di sistemi di arredo d'interni²².

A tale proposito, si possono annoverare, all'interno delle lavorazioni in legno effettuate da una macchina 2 assi, oggetti di design a scala più piccola come la lampada realizzata da Carl-Axel Acking. In questo caso, le sezioni in legno sono agganciate per incastro a due supporti circolari dello stesso materiale. Il pregio della suddetta lampada, oltre ad essere di carattere estetico, è quello di essere stata costruita senza l'ausilio di collanti o altri sistemi di incollaggio.

A questo punto, va ricordata l'esperienza di un piccolo studio di architettura, dECOi Architects²³, che ha completato la ristrutturazione di

un ufficio utilizzando lavorazioni CAD-CAM²⁴,

lente l'apertura di confini convenzionali creati dalla pratica quotidiana. Per raggiungere tale scopo il team di architettura entra in continua relazione con team provenienti da altre formazioni, al fine di creare approcci sempre nuovi alla risoluzione dei problemi. Lo studio è caratterizzato da un forte ricorso alla fabbricazione digitale e ai sistemi CAD/CAM. (<http://www.decoi-architects.org>).

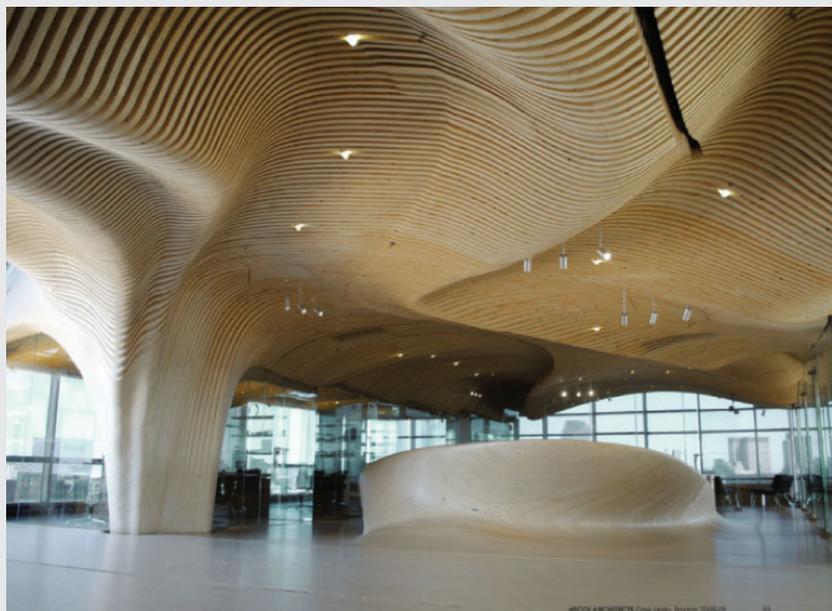
24 I sistemi CAD (Computer Aided Design), sono ambienti di modellazione 2D e/o 3D, che offrono la possibilità di creare geometrie più o meno complesse a partire da set di primitive elaborate mediante operazioni booleane tra aree e volumi, raccordi e smussi, estrusioni e rotazioni attorno ad un asse. Esistono molte tipologie di CAD con orientamenti differenti: progettazione di interni, design, disegno meccanico, architettura, disegno antropomorfo, sculpting, ecc. Facendo riferimenti più genericamente ai software di modellazione esistono due grandi categorie:

- Software di modellazione organica: sono software particolarmente orientati alla realizzazione di forme naturali, umane o creature. Questi oggetti 3D sono caratterizzati da una grande quantità di dettagli così come di forme morbide e arrotondate che ne esaltano la componente organica; l'approccio alla lavorazione è solo parzialmente di tipo geometrico; più spesso il flusso di lavoro è organizzato su modalità più simili alla scultura o alla modellazione dell'argilla;
- Software di modellazione geometrica: sono quelli più

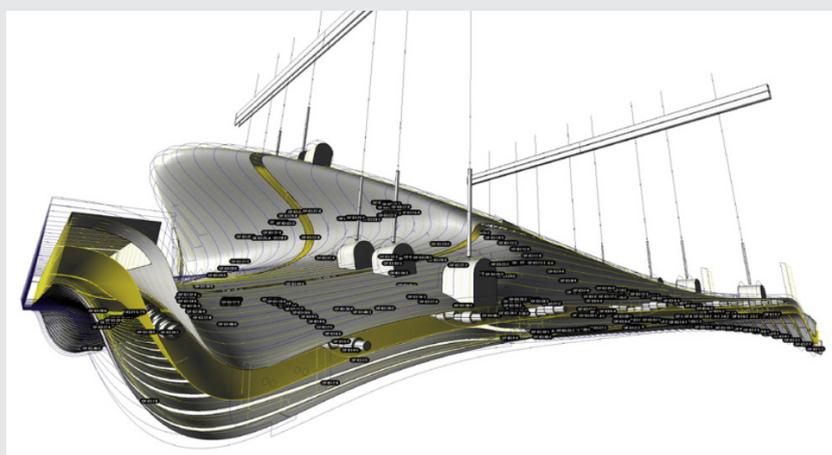
22 Carl-Axel Acking (Helsingborg, 8 marzo 1910 - Lund, 12 giugno 2001) è stato un architetto e designer svedese.

23 dECOi Architects è uno studio associato di architettura con sede a Parigi e Londra che ha come mission preva-





Arredo interno ufficio - dECOi Architects



Modello tridimensionale arredo interno ufficio

propriamente chiamati CAD. si tratta di software che mediante l'utilizzo di punti, linee, poligoni, cerchi e di operazioni successive su di essi, sono in grado di creare figure nel piano, superfici e volumi molto complessi. Si dividono in due grandi categorie: i software che lavorano per superfici (sono in grado di gestire i volumi, ma intesi come porzioni di spazio chiuse da superfici orientate) e i software che lavorano per volumi (che creano regioni di spazio piene).

Non c'è una regola precisa tuttavia abitualmente i primi sono fortemente orientati e utilizzati nel campo del design di prodotto, nella progettazione di interni, nella progettazione architettonica; sono software che hanno un approccio bidimensionale che poi viene riportato nello spazio tridimensionale; i secondi, invece, sono utilizzati prevalentemente in ambito meccanico; spesso usano una logica basata su lavorazioni, che riproduce cioè la sequenza di operazioni che vengono eseguite su un materiale



Studio di fattibilità settoriale: legno & arredo



anche con legno compensato, al fine di evidenziare la versatilità e l'efficienza dei processi disponibili, attraverso una progettazione mirata.

Il progetto sposta la logica combinatoria dei componenti già pronti, tipica del procedimento tardo-industriale, a favore di un protocollo, non standard e senza soluzione di continuità, di fabbricazione su misura.

per giungere al risultato desiderato.

La messa in macchina di un modello generato tramite CAD può essere eseguita mediante sistemi CAM, Computer Aided Manufacturing. Tali sistemi consentono genericamente il caricamento di file CAD per il riconoscimento della geometria da realizzare, la scelta dei parametri di lavorazione, la generazione del codice macchina tramite cui comunicare alla macchina le operazioni da compiere. I CAM possono essere integrati nel sistema CAD, ed in tali casi si parla di sistemi CAD/CAM. Si tratta di sistemi efficienti che facilitano molto il flusso di lavoro e consentono una generazione di complessità molto alta in relazione alle grandi possibilità offerte dal CAD. In alternativa i CAM possono essere non integrati o stand alone. In tal caso si tratta di software indipendenti dal CAD, che possono offrire la possibilità di acquisizione del modello tramite formati di scambio generabili dal CAD, oppure offrire strumenti di disegno per la realizzazione della geometria desiderata; in quest'ultimo caso, gli strumenti di modellazione offerti sono piuttosto primitivi e consentono la realizzazione di modelli scarsamente complessi.

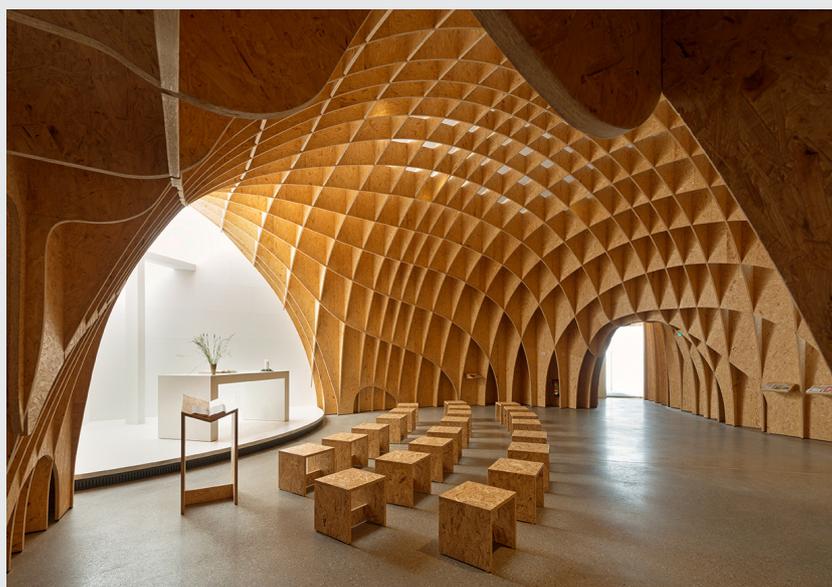


Da questi processi emerge un'estetica formale che impregna il design di continuità curvilinea e di un movimento spaziale interessante.

Il progetto comprende essenzialmente due piani: il pavimento e il soffitto. Entrambi sono articolati come superfici continue, flesse in relazione alle loro funzioni. La realizzazione finale esprime sia la genesi digitale che la logica di fabbricazione. Anche in questo caso la progettazione preliminare eseguita al computer è stata fondamentale per la gestione delle differenti fasi costruttive, dal modello 3D, realizzato in Rhinoceros²⁵, alla fase di Nesting. Infatti, sia per la complessità dei profili fresati, sia per il volume di legno da lavorare, sarebbe stato economicamente sconveniente ipotizzare una lavorazione differente. Inoltre, anche in fase di montaggio non si sarebbe potuta verificare l'esatta posizione di ogni singola costa in legno, così come il suo aggancio al soffitto ad una particolare altezza.

A differenza dell'assemblaggio di manu-

²⁵ Rhinoceros 3D è un modellatore di NURBS realizzato dalla MC Neil Associati.



Chiesa di Autobahn





fatti realizzato per coste, che seziona il solido o la superficie da costruire per piani paralleli, l'assemblaggio realizzato per ribs seziona per piani perpendicolari il solido da montare riuscendo, così, ad alleggerire il volume complessivo di materiale da lavorare e a realizzare incastri per il montaggio delle varie costole.

Con la suddetta tecnica, è stato realizzato l'interno della Chiesa di Autobahn progettata dagli architetti Schneider e Schumacher²⁶

La cupola interna di tale Chiesa, è costituita da 66 nervature strutturali di legno che corrono sia verticali che orizzontali realizzate, a loro volta, assemblando 650 singole parti.

Le nervature di legno sono piatte e si incastrano tra di loro grazie a svassi ad "u" fresati sulle travi; in questo modo la struttura non ha solo rigidità, ma è anche capace di autosostenersi. Al pavimento sono ancorate sezioni in acciaio che imbrigliano le travi verticali. In fase di nesting, poi, si è tenuto conto delle dimensioni standard dei pannelli e delle 650 parti delle costole strutturali che sono state sistemate in modo da ridurre al minimo lo spreco.



Trada Giraffe Pavillion

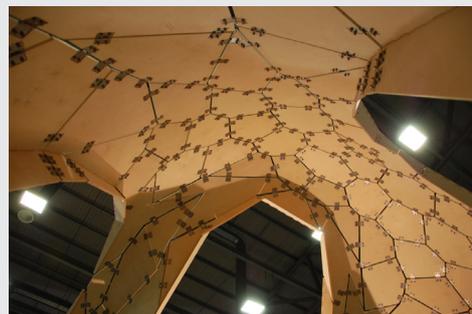
Sempre nell'ambito delle realizzazioni condotte

²⁶ Schneider + Schumacher è uno studio di architettura e design di Francoforte, con sedi in Germania, in Austria e in Cina. Lo studio ha come tema principale la risoluzione di tutte le problemistiche di un edificio che sorge nella realtà contemporanea. Elementi centrali sono la flessibilità costruttiva e l'attenzione ai dettagli, realizzate attraverso la fusione e lo scambio tra diversi saperi e il coinvolgimento diretto nella fase progettuale di coloro che dovranno fruire degli spazi progettati (<http://www.schneider-schumacher.de>).

con macchine CNC a 2.5 assi proprie della digital fabrication, di fondamentale rilevanza è quella eseguita con pannelli in legno planari opportunamente sagomati in lavorazione CAM.

A tal proposito, si riporta come esempio la Trada Giraffe Pavilion. La struttura Gridshell in legno è stata presentata a Timber Expo 2013²⁷.

Il padiglione è il risultato di mesi di progettazione da parte di Ramboll Harry Lewis e John Harding, ed è formato da pannelli di compensato poligonali piani, collegati ai bordi con cerniere in acciaio. Come ricordano gli stessi progettisti, attraverso questo lavoro si è voluta "colpire l'immaginazione degli spettatori e mostrare ciò che era possibile realizzare con semplici pannelli in legno".



Particolare d'aggancio Giraffe Pavillion

La sfida che il gruppo di progettazione ha ingaggiato è stata ardua dal momento che la struttura doveva essere non solo semplice ed economica da costruire, ma anche fabbricata minimizzando gli sprechi ed essere smontabile, in modo da poter essere ricostruita e riutilizzata.

Infine, sempre nell'ambito delle lavorazioni eseguite senza modificazioni continue sull'asse verticale, c'è da ricordare uno degli esempi più interessanti che l'approccio alla fabbricazione digitale ha prodotto sulle lavorazioni in legno.

Dutch Digital, società di produzione del gruppo Snijlab²⁸, ha sviluppato nuove possibili-

²⁷ Timber Expo è la più grande fiera inglese dedicata alle costruzioni in legno (<http://www.timber-expo.co.uk/>)

²⁸ Snijlab è un gruppo che si occupa di fabbricazione



Studio di fattibilità settoriale: legno & arredo



tà di lavorazione del legno. Usando la tecnica di taglio laser o della fresatura con utensili di precisione, si eseguono piccoli tagli in fogli di legno con pattern differenti. Una volta compiuta la fresatura, il legno può essere piegato, in coerenza con il disegno del pattern, in entrambe le direzioni senza rompersi.

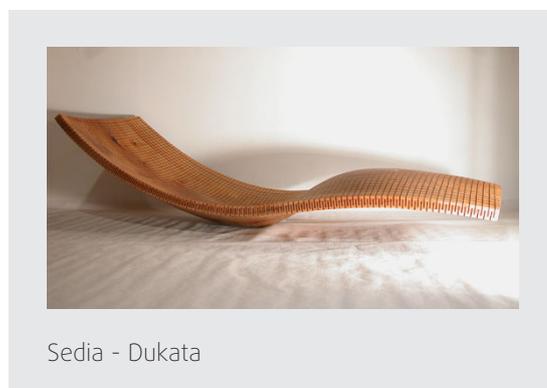


Taglio laser su legno - Dutch Digital



Snijlab, mediante questa metodologia, produce libretti, la cui copertina è un singolo foglio di legno tagliato da un multistrato di betulla e rifinito con una vernice trasparente. Attraverso tale progetto, gli ideatori hanno dichiarato di voler mostrare le grandi possibilità di produzione digitale.

Utilizzando tecniche di fabbricazione simili nella lavorazione di differenti prodotti è possibile donare al pezzo finale tutte le caratteristiche in una sola fase di produzione e con un unico



Sedia - Dukata



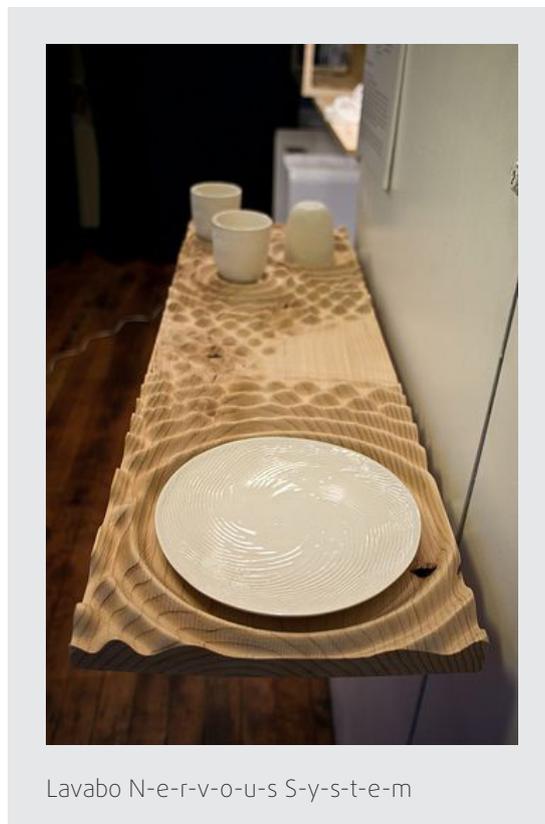
digitale e lasercutting per la vendita on line di prodotti di design realizzati prevalentemente in legno (<https://www.snijlab.nl>).

materiale. È necessaria una sola macchina per la lavorazione del prodotto, e la fornitura di materiale segue logiche semplici.

Questo approccio riduce notevolmente lo sforzo produttivo e logistico, poiché una tagliarina laser o una fresa 2D sono strumenti abbastanza comuni. Inoltre, lavorando con materiali in lamine i prodotti finali possono essere spediti riducendo notevolmente l'ingombro.

Simili risultati di flessibilità, ma in più direzioni, si possono ottenere con il medesimo tipo di utensile aumentando la complessità del pattern e applicando la lavorazione su più facce dello stesso materiale.

Nel prossimo progetto descritto si passa dalla lavorazione su sfoglia di legno a quella effettuata su massello con risultati interessanti anche dal punto di vista estetico.



Lavabo N-e-r-v-o-u-s S-y-s-t-e-m

L'azienda Dukta²⁹, ad esempio, mette in

²⁹ Dukta è una società che ha sviluppato un processo di



essere un processo innovativo che richiede una profonda conoscenza delle proprietà del materiale e delle sue possibilità creative. Sebbene sia complessa l'interazione tra geometria di taglio (texture), deformazione e assorbimento acustico, si possono offrire diverse possibilità di applicazione.

2.3 - Macchine CNC a 3 assi

Sono macchine a controllo numerico identiche alle 2.5 assi, ma in più riescono ad interpolare i movimenti delle lavorazioni degli assi X, Y, Z.

Le macchine CNC per le lavorazioni del legno aggiungono in genere ai 3 assi la possibilità di innesto del 4° asse che fa da tornio. Questi strumenti, realizzando fresature con variazioni del livello zeta continuo, spingono naturalmente i progettisti verso la lavorazione del legno in maniera plastica, scultorea o, viceversa, verso la creazione di giunti con agganci non perpendicolari tra di loro.



Lavorazione lavabo
N-e-r-v-o-u-s S-y-s-t-e-m

incisione del legno, tale da renderlo flessibile. il progetto è stato sviluppato da Christian Kuhn e Serge Lunin Il nome "Dukta", prima attribuito al processo e successivamente alla società nata intorno al progetto, deriva dalle parole "dutility" e "duktus". La duttilità (ductility) è l'abilità del materiale di subire deformazioni senza rompersi. Il tratto (duktus) rappresenta un particolare stile di disegno o pittura, ma è un termine utilizzato anche per descrivere il particolare carattere artistico di un artista (<http://www.dukta.com>).



Studio di fattibilità settoriale: legno & arredo

Appartenente alla prima modalità, è il lavoro dei N-e-r-v-o-u-s S-y-s-t-e-m³⁰, studio di design generativo che lavora all'incrocio tra scienza, arte e tecnologia. Tale team segue il



Lavorazione su pannelli in legno
Scuola di Copenaghen

nuovo processo che impiega simulazione al computer per generare i disegni e la fabbricazione digitale per la realizzazione di prodotti.



Sedia in legno
Scuola di Copenaghen

Traendo ispirazione dai fenomeni naturali,

³⁰ Nervous System è uno studio di design generativo di Somerville, nel Massachusetts, che si occupa di creazione mediante l'utilizzo di conoscenze e saperi al confine tra scienza, arte e tecnologia. (<http://n-e-r-v-o-u-s.com/>).

Studio di fattibilità settoriale: legno & arredo



N-e-r-v-o-u-s S-y-s-t-e-m scrive programmi per computer basati su processi e modelli presenti in natura, utilizzati per creare prodotti unici ed economici.

Il modello economico che il gruppo N-e-r-v-o-u-s S-y-s-t-e-m ha scelto per posizionarsi sul mercato, costituisce un nuovo paradigma dove i progettisti in prima persona arrivano alla fase produttiva dissolvendo i margini delle loro competenze specifiche ed acquisendone altre, sia di carattere meramente tecnico sia di carattere commerciale.

Tale modello è una delle conseguenze più immediate dell'impatto del digitale nella produzione manifatturiera, supportato dalla spinta orizzontale dei sistemi di produzione e della conoscenza aperta.

Sulla stessa scia delle lavorazioni effettuate in modo da donare al legno un'ulteriore grado di flessibilità, trattate nella sezione "2.5 Assi", va ricordato il risultato al quale sono pervenuti i partecipanti al workshop organizzato dalla scuola di Architettura e design di Copenaghen utilizzando la flessibilità di un ulteriore grado di lavorazione.



Lavorazione sedia
Scuola di Copenaghen

L'esperienza laboratoriale voleva indagare le conseguenze della fabbricazione digitale sulla costruzione in legno con un particolare focus sulla logica e le possibilità dell'elemento giunto. Il punto di partenza dell'attività del workshop è stato interpretare la produzione di un manufatto

come un processo composto da differenti flussi di materia, energia e informazione che concorrono insieme, e fin dall'inizio, alla realizzazione del prodotto.

L'attenzione prestata a tali aspetti progettuali, è espressa in maniera esaustiva nel prototipo di sedia realizzato alla fine dell'esperienza di ricerca, dove è stato studiato anche il modo in cui il design computazionale può creare una nuova comprensione e offrire nuove possibilità alla pratica costruttiva di elementi in legno, dalla combinazione di dettagli personalizzati a nuove tecniche di produzione, nonché all'attivazione e al controllo delle proprietà dei materiali.

La parte più difficile da ottimizzare durante il processo di progettazione della sedia è stata il calcolo della tolleranza che l'incastro dei due pannelli in legno dovevano avere tra di loro affinché, una volta assemblati, potessero piegarsi per dar forma alla seduta.

Un esempio dell'esasperazione della lavorazione fatta per assemblaggio di piani paralleli, è il tavolo "Cinderella Table" realizzato dal designer Jeroen Verhoeven³¹, una reinterpretazione delle tradizioni di design olandese attraverso i mezzi della moderna tecnologia.

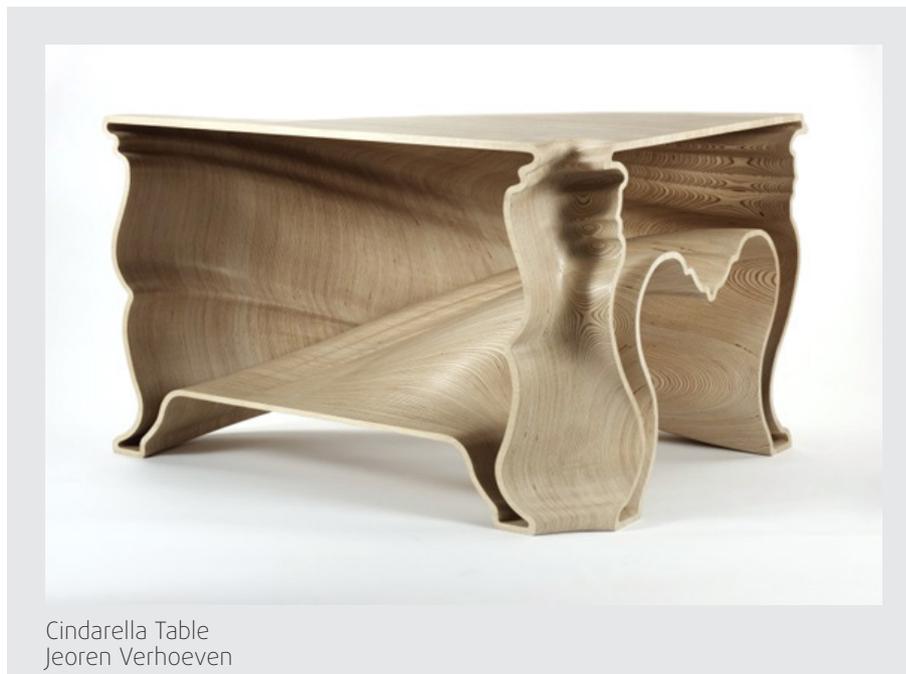


Sistema di incollaggio
Cinderella Table

Il tavolo è sempre progettato in digitale

³¹ Jeroen Verhoeven è un designer dei Paesi Bassi; ha frequentato la Design Academy, Eindhoven.





Cindarella Table
Jeoren Verhoeven



e i file che lo descrivono in due dimensioni sul computer sono gli stessi che vengono utilizzati per controllare le macchine e che ne definiscono le sezioni. Dato che l'intervento umano, così come la sensibilità di un designer/artigiano, sono omessi dalla realizzazione materica del tavolo, a favore di lavorazioni meccaniche prive di errori, sembrerebbe che le lavorazioni CAD/CAM neghino l'individualismo degli oggetti fatti a mano.

Verhoeven, tuttavia, ha voluto usare i CAD/CAM come un "nuovo mestiere moderno" poiché sentiva che essi "nascondevano un fare artigiano" al loro interno.

Per l'ideazione del tavolo, Verhoeven si è ispirato a forme del XVII e XVIII secolo, archetipi di tavoli e comode che ha trovato nella biblioteca del Museo Stedelijk ad Amsterdam, considerando questo periodo come il culmine del mobile artigianale.

Semplificando i contorni di questi arredi e fondendoli tra di loro, tramite lavoro al computer, ha dato vita ad una forma tridimensionale fluida.

La realizzazione del tavolo ha richiesto tre

mesi di lavoro. La progettazione virtuale è stata quella classica per "fette", ognuna di 80 mm per un totale 57 fette (ci sono voluti 741 strati di compensato).

È stata utilizzata una macchina CNC lavorando su 3 e talvolta 5 assi. Ogni sezione è stata tagliata dalla parte anteriore e dalla parte posteriore per perfezionarne le curve e i sottosquadri, massimizzando l'uso della tecnologia. Tutte le fette sono state assemblate e l'intero oggetto, che è una forma di compensato cava, è stato rifinito a mano.



Fresatura sedia Brazil

"Si tratta di porre attenzione ai dettagli e



Studio di fattibilità settoriale: legno & arredo



Centro di lavoro 5 assi



della possibilità di fare qualcosa di unico con una macchina che viene normalmente utilizzata per la produzione di massa”, ha affermato lo stesso Verhoeven in merito a tale progetto.



Sedia Brazil



2.4 – Macchine CNC a 4 e 5 assi

Oltre all’interpolazione del movimento sui tre assi X, Y e Z, vanno aggiunti i gradi di libertà relativi alla rotazione e all’inclinazione del mandrino.

Più di rado è presente un piano roto-basculante agganciato al piano di lavorazione della CNC. Con queste macchine si possono realizzare tutti i tipi di lavorazioni, purché la forma delle concavità e convessità non vada ad interferire con le dimensioni del mandrino o degli apparati di articolazioni della stessa macchina.

In genere, le fresatrici vengono vendute alle aziende insieme ai cosiddetti “centri di lavoro”, forniti di sistemi di aspirazione, cambio utensili, e movimentazione pezzi.

Un ottimo esempio che mostra come l’approccio della digital fabrication implementa l’utilizzo di strumenti già notoriamente conosciuti dall’industria delle lavorazioni su legno, è la poltrona “Brazil” in edizione limitata progettata dall’architetto e designer Daniel Widrig³².

³² Daniel Widrig è un architetto londinese che ha lavorato con Zaha Hadid a progetti di grande importanza. Il suo studio si occupa, oggi, di architettura, scultura, moda, design di arredo. Il suo lavoro utilizza fortemente la fabbricazione digitale. E’ considerato tra le avanguardie del design e dell’arte digitale (<http://www.danielwidrig.com>).



Dotata di un sistema di biforcazione strutturale, la sedia ha tre gambe che si diramano dal pavimento e senza soluzione di continuità si trasformano in braccioli, schienale e in superfici di appoggio, attraverso un unico movimento fluido.

La sedia è stata prototipata digitalmente, sotto l'aspetto strutturale ed ergonomico, attraverso la simulazione dinamica digitale usata nei settori aerospaziali, automobilistici e biomeccanici.

Questo processo ha permesso una progettazione che consentisse uno sviluppo veloce e flessibile, nonché una realizzazione straightforward della geometria complessa del pezzo.

La seduta Brazil è costruita da fogli di legno lamellare lavorati tramite un router a 5 assi CNC. Per risparmiare materiale e tempi di produzione, la geometria viene suddivisa in più componenti nestate su fogli di legno laminato e lavorati CNC. I componenti vengono poi assemblati, incollati e rifiniti a mano. Attraverso la fresatura CNC, la struttura a strati del legno lamellare è messa in luce e pone l'accento sulla morfologia della superficie della sedia.



ICD/ITKE Research Pavilion 2011

2.5 Macchine a CNC a 6, 7 assi

Si tratta di antropomorfi con fresa al polso, forniti di binario rettilineo o circolare, e di piano di lavorazione distaccato dal corpo macchina principale con un asse, generalmente quello z,

che permette la rotazione del pezzo ancorato su di esso³³.

Le potenzialità di queste macchine si apprezzano in progetti ove la complessità del manufatto finale è rilevante.

Un esempio chiave è il padiglione realizzato dall'Istituto per il Computational Design (ICD) e dall'Istituto delle Strutture Edilizie e Progettazione Strutturale (ITKE) dell'Università di Stoccarda³⁴, che hanno sviluppato un sistema di fresatura ad hoc lavorando a cavallo tra la ricerca e l'insegnamento agli studenti.

Sotto la guida di Achim Menges e Jan Knippers del ITKE, il progetto esplora il trasferimento dei principi biologici in architettura prendendo



Kuka 5 assi lavorazione su Reserach Pavillion 2011

come modello la formazione degli scheletri di ricci di mare e ricalcandone i principi strutturali.

In un processo di design innovativo, assistito dal computer attraverso la simulazione virtuale delle lavorazioni con CNC, si è arrivati all'ottimizzazione del processo produttivo.

La particolare innovazione consiste nella possibilità di applicazione di principi bionici a vari tipi di geometria costruttiva, aumentando l'efficienza. Tutto questo è dimostrato dal fatto che l'intero complesso morfologico del padiglione può essere realizzato esclusivamente

³³ Tra le tante aziende citiamo la italiana Kuka che produce antropomorfi per una gamma illimitata di applicazioni (<http://www.kuka-robotics.com>).

³⁴ (<http://www.itke.uni-stuttgart.de>).





con multistrato di betulla estremamente sottile (6,5 mm).

I particolari giunti, tutti differenti, che permettono ai vari pezzi di stare insieme, sono stati realizzati da un utensile a fresatura montato all'estremità del polso di un Braccio antropomorfo a 5 assi che effettuava la lavorazione su un piano di taglio posizionato su di una base rotante.



Particolare della fresatura



3. Sistema Deformante

Il Sistema Deformante classico per la lavorazione del legno fa uso di diversi metodi, ognuno con i propri pro e contro.



Sedia Flexo Ply

Uno dei più comuni è la camera a vapore che può essere costituita da una scatola di legno oppure da un pezzo di PVC o altro tipo di

tubatura, in cui si inserisce il legno da curvare. La scatola ha un foro attraverso cui è possibile pompare il vapore all'interno. Di solito è presente una valvola di sfogo in modo che la pressione del vapore non provochi l'esplosione del contenitore. Le tecniche di fabbricazione digitale si avvalgono della simulazione virtuale del materiale, per visualizzare il comportamento delle fibre di legno una volta piegate.

Un esempio interessante è il sistema definito "Flexo-ply". Il compensato flessibile, con la sua gamma quasi illimitata di applicazioni, può essere piegato fino a 10 cm di raggio.

La lavorazione si applica ai differenti spessori, disponibili senza produrre fratture. Sono necessari almeno 3 strati di legno messi insieme e incollati. Ciascuno strato è disposto in modo che la direzione delle fibre sia perpendicolare allo strato adiacente. Cambiando il numero delle pieghe o dell'orientamento delle lamine in legno, nonché la tecnologia di incollaggio, si arriva ad un miglioramento sensibile della struttura finale.

Il sistema Flexo-ply viene utilizzato nella produzione e progettazione di mobili, nella decorazione di interni e di interni navali, nel rivestimento di colonne, nella costruzione di stand fieristici e di pareti divisorie.

4. Sistema Ibrido

In questa categoria sono presenti i manufatti realizzati con tecnologie additive, sottrattive e di deformazione, opportunamente utilizzate per la lavorazione degli elementi che costituiscono il risultato finale.

A titolo esemplificativo si riporta il caso del padiglione realizzato nel 2010 dal ICD/ITKE. La struttura innovativa mostra gli ultimi sviluppi della progettazione computazionale, della simulazione e dei processi di produzione in architettura. Il risultato è una costruzione in legno a piegatura attiva, realizzata interamente da sottili strisce di compensato elasticamente piegate.

Qualsiasi manufatto materiale può essere





ICD/ITKE Research Pavilion 2010



ricondotto ad un sistema di pressioni interne ed esterne e di vincoli. La sua forma fisica è determinata da tali pressioni. Tuttavia, in architettura i processi di progettazione digitali sono raramente in grado di riflettere e di utilizzare queste intricate relazioni.

Mentre nel mondo fisico la forma è sempre collegata a forze esterne, nei processi virtuali di progettazione computazionale le forze sono di solito trattate come entità separate. Infatti, le fasi progettuali sono divise in processi di generazione della forma geometrica e di successiva simulazione strutturale basata su specifiche proprietà del materiale.

Tale padiglione ricerca un approccio alternativo al design computazionale: qui, la generazione del modello di calcolo è direttamente guidata e informata dal comportamento e dalle caratteristiche fisiche dei materiali.

La struttura è interamente basata sul comportamento in flessione elastica di strisce di compensato di betulla.

Le strisce sono fabbricate da Antropomorfi

a 5 assi come elementi planari e, successivamente, collegati in modo che le regioni elasticamente piegate e in tensione, siano alternate lungo la loro lunghezza.

La forza che viene memorizzata localmente in ciascuna regione piegata della striscia e mantenuta dalla corrispondente regione di tensione della striscia adiacente, aumenta notevolmente la capacità strutturale del sistema.



Kuka 5 assi - ICD/ITKE Research Pavilion 2010



Studio di fattibilità settoriale: legno & arredo



Per evitare punti locali di momenti flettenti concentrati, le posizioni dei punti di connessione tra le strisce sono state cambiate lungo la struttura, dando come risultato 80 differenti modelli striscia costruiti da più di 500 parti geometricamente uniche.

La mutua combinazione dell'energia immagazzinata, risultante dalla flessione elastica durante il processo di costruzione, così come la differenziazione morfologica delle posizioni comuni, consente di ottenere un sistema costruttivo molto leggero.

L'intera struttura, con un diametro superiore a 12 mt, può essere costruita utilizzando sottili fogli di compensato di betulla di soli 6,5 mm.

Il modello di progettazione computazionale incorpora le caratteristiche comportamentali dei materiali e i pertinenti principi strutturali. Tali dipendenze parametriche sono state definite attraverso un gran numero di esperimenti fisici, focalizzati sulla misurazione delle deviazioni del compensato curvato. Sulla base delle 6400 linee di codice del processo computazionale inte-

grato, derivano informazioni geometriche, tutte utili a generare i dati necessari per il modello di analisi strutturale e per la fabbricazione digitale.

Il modello di analisi strutturale si basa su una simulazione FEM³⁵.

Per simulare l'equilibrio di energia immagazzinata localmente e risultante dalla piegatura di ciascun elemento, il modello deve iniziare con la distribuzione planare delle 80 strisce, seguita ricreando la flessione elastica e il successivo accoppiamento delle strisce.

I calcoli strutturali dettagliati, basati su una topologia a maglia specificamente modellata che riflette le caratteristiche uniche del prototipo costruito, permettono anche di comprendere

³⁵ L'analisi agli elementi finiti, Finite Element Method (FEM), è una teoria applicata al calcolo assistito; i software FEM mediante la soluzioni di integrali di volume sono in grado di simulare l'applicazione di forze ad elementi tridimensionali, determinando le reazioni di una struttura definita geometricamente e fisicamente. Tra i diversi software FEM citiamo Ansys, particolarmente diffuso in ambito ingegneristico per la simulazione numerica di strutture meccaniche (<http://www.ansys.com>).



Montaggio ICD/ITKE Research Pavilion 2010





le tensioni interne che si verificano a causa della curvatura del materiale, in relazione a forze esterne, come il vento, la neve o altri carichi. Si tratta di un approccio molto differente rispetto al calcolo di strutture leggere.

Confrontando il processo di progettazione generativa computazionale effettuato con la simulazione FEM e la misura esatta della geometria che il materiale ha assunto sul luogo della costruzione, si dimostra che l'integrazione suggerita tra design computazionale e realizzazione materica ha prodotto risultati incoraggianti.





Conclusioni e prospettive

Stato dell'arte sulla fabbricazione digitale per il settore del legno nelle aziende della Basilicata

Il panorama complessivo che emerge per il settore legno, in relazione al campione esaminato, è fortemente caratterizzato dalla filiera del mobile imbottito e dalla lavorazione destinata all'arredo in genere. Tale forte orientamento, così come la presenza pluriennale di filiere territoriali, condiziona marcatamente lo stato dell'arte in termini di strumenti e di conoscenze e dunque di fabbricazione digitale.

Le conoscenze in merito riscontrate sul campione predetto, sono mediamente basse e in alcuni casi nulle. Esiste un parco macchine diffuso molto importante e, tuttavia, piuttosto obsoleto nella media.

In alcuni casi si tratta di macchine monoscopo o poco flessibili, tarate specificamente sulle esigenze dell'azienda, in altri, si tratta di macchine decisamente versatili, con possibilità applicative estese.

In entrambi i casi, tuttavia, il limite prevalente risiede nei software utilizzati. Nella gran parte dei casi si tratta di software a bordo macchina, sui quali un operatore specializzato realizza il modello e inserisce le lavorazioni a partire da un input cartaceo.

Tutto ciò oltre a costituire un problema produttivo che può generare scarti di lavorazione, blocchi della macchina, lunghi di tempi di messa in macchina, limitazione delle possibilità di prodotto, costituisce in generale un forte limite all'immaginazione di nuovi prodotti o di prodotti già esistenti ma realizzati con nuove soluzioni formali e funzionali.

Emerge dunque una scarsa conoscenza del mondo della fabbricazione digitale. Ma al contempo emerge la presenza di grandi potenzialità che possono attuarsi con un sforzo individuale e congiunto degli attori del settore. In termini più ortodossi emerge un grande fabbisogno di formazione, sia intesa come approccio a nuovi strumenti software, sia come apertura di nuovi orizzonti alla progettazione.

Il soddisfacimento di tale bisogno, implicito o esplicito, può aprire la strada ad ulteriori percorsi d'innovazione nel verso della fabbricazione digitale, che creano le condizioni per la nascita di nuove professionalità, nuove vocazioni di mercato, nuovo tessuto imprenditoriale.





Studio di fattibilità settoriale: **Lavorazione Materie Plastiche**



Come descritto nella parte introduttiva alla fabbricazione digitale, le lavorazioni che seguono tale documento sono distinte a seconda di come trattano il materiale nei processi di realizzazione del manufatto.

La digital fabrication ha utilizzato i polimeri plastici per la loro facilità di lavorazione e il facile reperimento a buon mercato. Questo spiega il successo, in termini di diffusione, delle stampanti 3D FDM¹, che lavorano proprio materiali plastici. Per quel che concerne la categorizzazione delle lavorazioni, va chiarito subito che qualsiasi processo di fabbricazione che lavori con polimeri plastici, passa per una fase additiva in cui si trasforma il materiale dal suo stato in pellet o filamento al manufatto desiderato, tramite fusione dello stesso.

In generale, quindi, le classiche categorizzazioni con cui la fabbricazione intende dividere le lavorazioni sui materiali, nel caso dei polimeri plastici, perdono di significato. Molto più produttivo è, invece, analizzare in questa sezione le tecnologie proprie della stampa 3D con materiale plastico e le case history dei manufatti tipici di queste lavorazioni.

Per quel che concerne la stampa 3D, naturale evoluzione della stampa 2D che permette di avere una riproduzione reale di un modello 3D realizzato con un software di modellazione con cui vengono creati oggetti tridimensionali da strati di materiali successivi, le tecnologie che attualmente utilizzano materiale plastico sono la FDM, SLS, SL e la Stereolitografia.

Prima di analizzare le differenti tecnologie, si riportano di seguito gli step, comuni a tutte, e necessari per preparare il file di percorso utensile con cui le macchine CNC eseguono le lavorazioni.

Di solito, per arrivare alla stampa di un oggetto si attraversano differenti fasi:

Creazione file STL

Qualsiasi oggetto che si voglia stampare

¹ Fusion deposition modeling è una tecnologia di stampa 3D.

con Macchine CNC, ha necessità di una sua versione virtuale. Esistono molti modi di modellare oggetti al computer, ma tutti hanno bisogno, alla fine del processo di modellazione, di essere generati con un'estensione del file STL.



Esempio di file STL.

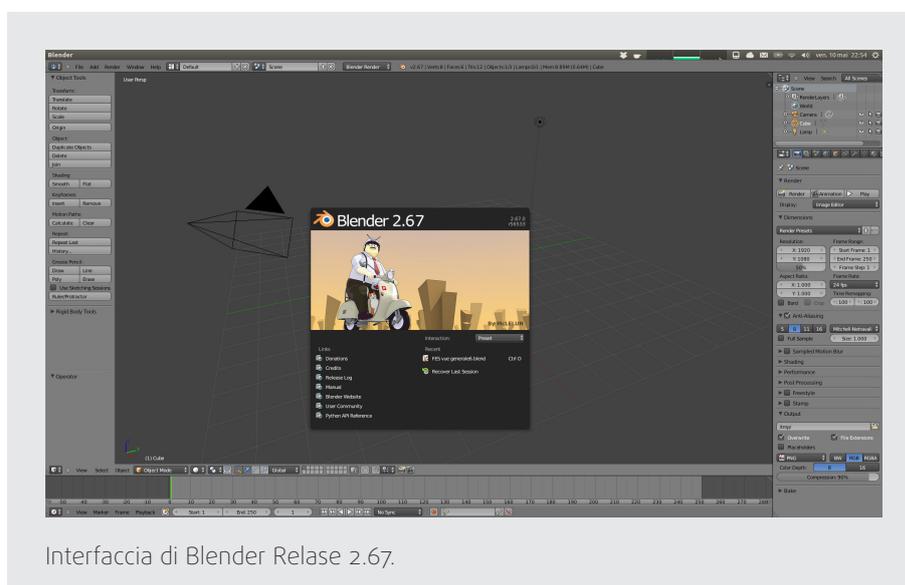
Il file STL, acronimo che sta per Standard Triangulation Language, è uno standard di disegno al computer che descrive l'oggetto tramite un'approssimazione in triangoli delle superfici che lo compongono. Queste superfici vengono approssimate da una maglia di triangoli più o meno aderente alla superficie originaria. Il grado di approssimazione costituisce una variabile che l'utente può modificare. La creazione di tali triangoli è eseguita attraverso la generazione di mesh² ("maglie") con caratteristiche differenti. Il numero di questi triangoli è tanto maggiore quanto meglio si vuole approssimare la superficie. Lo standard STL fu sviluppato inizialmente dalla 3D Systems³ ed è attualmente accettato da

² Una mesh poligonale, anche detta maglia poligonale, è una collezione di vertici, spigoli e facce che definiscono la forma di un oggetto poliedrico nella computer grafica 3D e nella modellazione solida. Le facce consistono solitamente di triangoli, quadrilateri od altri semplici poligoni convessi, dal momento che ciò semplifica il rendering, ma possono essere composti anche da poligoni concavi più generici, o poligoni con buchi. Le mesh sono primitive grafiche che consentono di risolvere con grande efficienza i procedimenti di visualizzazione delle forme modellate: sono strisce di triangoli o maglie di quadrilateri con cui è rappresentiamo un poliedro qualsiasi o con cui approssimiamo superfici curve.

³ 3D Systems, è un'azienda statunitense con sede a Rock Hill, Carolina del Sud specializzata nella produzione



Studio di fattibilità settoriale: lavorazione materie plastiche



Interfaccia di Blender Release 2.67.

quasi tutti i sistemi di prototipazione rapida in commercio.

Per arrivare alla generazione del file STL si deve, quindi, procedere alla modellazione dell'oggetto, che è una delle attività più importanti per la realizzazione di un buon risultato.

Di solito gli addetti al settore realizzano il modello matematico, esclusivamente in ambiente CAD⁴, utilizzando due approcci distinti che variano a seconda delle esigenze e del contesto:

1. L'ausilio integrale di software CAD;
2. L'impiego di tecniche di ingegneria inversa;

1. L'ausilio integrale di software CAD: questo è l'iter che si percorre quando si realizza un

di stampanti 3D, materiali stampabili, servizi professionali di parti personalizzabili e software di grafica 3D.

4 Computer-Aided Drafting, cioè "disegno tecnico assistito dall'elaboratore": in tale accezione indica il settore dell'informatica volto all'utilizzo di tecnologie software e specificamente della computer grafica per supportare l'attività di disegno tecnico (drafting). I sistemi di Computer Aided Drafting hanno come obiettivo la creazione di un modello, tipicamente 2D, del disegno tecnico che descrive il manufatto, non del manufatto stesso. Ad esempio, un sistema Computer Aided Drafting può essere impiegato da un progettista nella creazione di una serie di disegni tecnici (in proiezione ortogonale, in sezione, in assonometria, in esplosivo) finalizzati alla costruzione di un motore.

prodotto dalla sua fase ideativa. Esistono differenti CAD che permettono la creazione di modelli tridimensionali. Alcuni sono open-source come Blender, software libero e multiplatforma di modellazione, rigging, animazione, compositing e rendering di immagini tridimensionali.

Blender dispone di funzionalità per mapature UV, di simulazioni di fluidi, di rivestimenti, di particelle, di simulazioni non lineari, nonché della creazione di applicazioni/giochi 3D. Blender richiede poco spazio per essere installato e può essere eseguito su molte piattaforme. Sebbene sia spesso distribuito senza documentazione o esempi, tale software è ricco di caratteristiche tipiche di sistemi avanzati di modellazione.

Tra le sue potenzialità, si ricordano:

- Supporto per una grande varietà di primitive geometriche, incluse le mesh poligonali, le curve di Bézier, le NURBS, le metaball e i font vettoriali;

- Conversione da e verso numerosi formati per applicazione 3D, come Wings 3D, 3D Studio Max, LightWave 3D etc;

- Strumenti per gestire le animazioni, come la cinematica inversa, le armature (scheletri) e la deformazione lattice, la gestione dei keyframe, le animazioni non lineari, i vincoli, il calcolo pesato dei vertici e la capacità delle





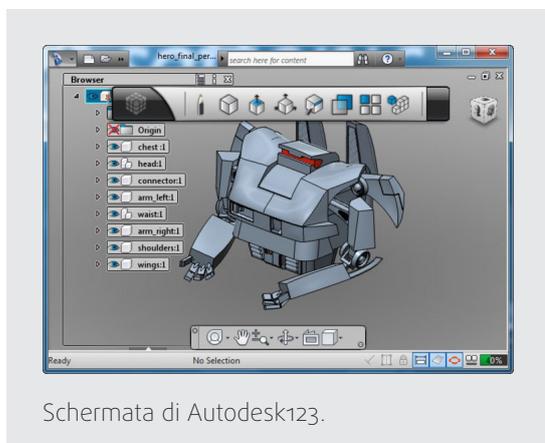
mesh di gestione delle particelle;

- Gestione dell'editing video non lineare;
- Interazione con Blender Game Engine, come la collisione degli ostacoli, il motore dinamico e la programmazione della logica, permettendo la creazione di programmi stand-alone o applicazioni real-time come la visione di elementi architettonici o la creazione di videogiochi;

- Motore di rendering interno versatile ed integrazione nativa col motore esterno Yafa-Ray (un raytracer open source);

- Motore di rendering unbiased Cycles disponibile internamente a partire da Blender 2.61;

- Scripting in Python, per automatizzare e/o controllare numerosi aspetti del programma e della scena;



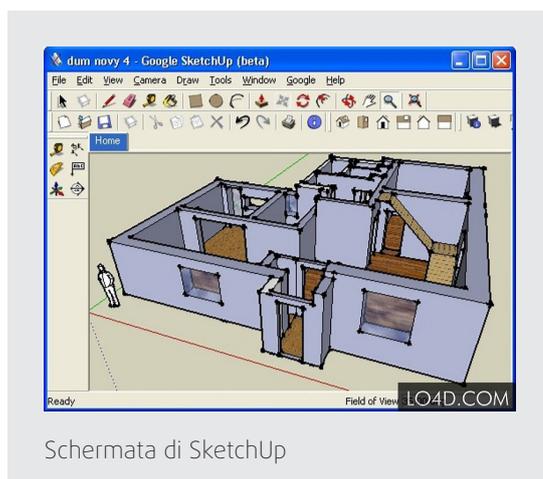
Schermata di Autodesk¹²³.

Un altro CAD che permette la creazione di modelli tridimensionali è Autodesk⁵ 123D, software gratuito e semplice da usare per il modelling, con cui si realizzano modelli tridimensionali e navigabili di qualsiasi oggetto. Esso è una suite di strumenti per hobbysta CAD

5 Autodesk è un'azienda di software e servizi rivolti alla progettazione di infrastrutture, costruzioni civili e industriali, ma anche di contenuti multimediali per l'intrattenimento, progettazione meccanica e manifatturiera, sistemi PLM. Autodesk è stata fondata da John Walker e dodici altri co-fondatori nel 1982. Nella sua storia, ha avuto diverse sedi nella Contea di Marin, in California, USA e attualmente il quartier generale si trova a San Rafael.

e modellazione 3D. Tale programma è simile, negli obiettivi, a Google SketchUp ed è basato su Autodesk Inventor. Supporta, inoltre, l'esportazione in file con estensione STL.

Autodesk sta anche lavorando in collaborazione con tre società (Ponoko⁶, Techshop⁷ e 3D Systems) per permettere agli utenti di 123D di creare oggetti fisici dai loro progetti usando tecnologie di stampa 3D. All'interno della suite, esiste anche il plug-in di Catch, usato come strumento per la cattura di immagini e la restituzione di modelli 3D.



Schermata di SketchUp

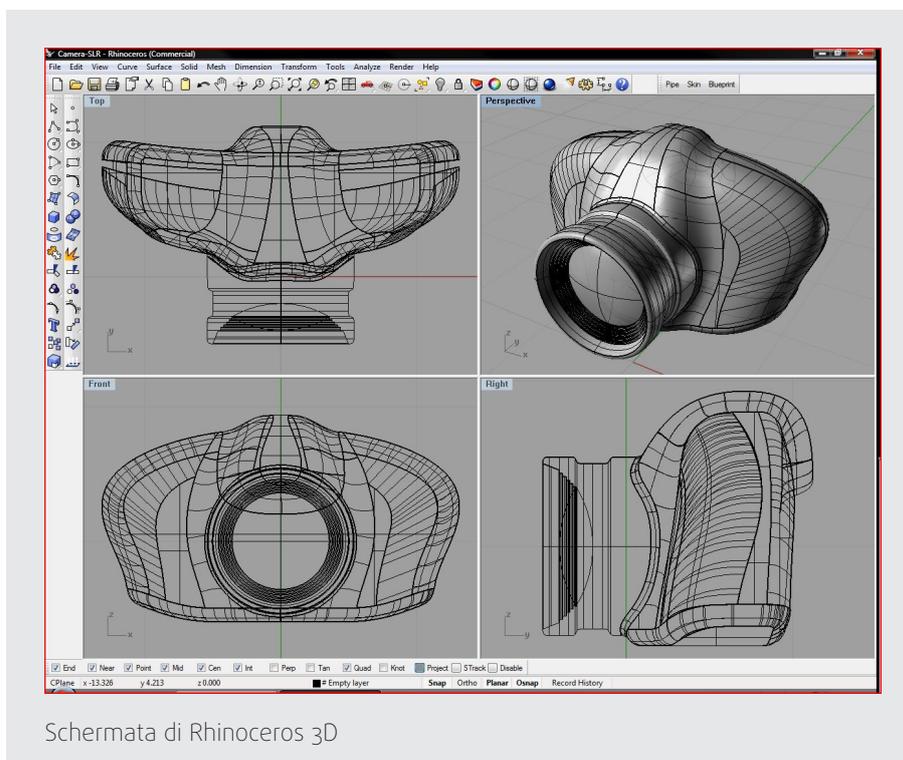
Ancora, nella categoria dei software open-source esiste SketchUp, applicazione di computer grafica per la modellazione 3D, creata originariamente da @Last (fondata nel 1999 da Brad Schell e Joe Esch) e orientata alla progettazione architettonica, all'urbanistica, all'ingegneria civile, allo sviluppo di videogiochi e alle professioni correlate. Le piattaforme supportate per tale software sono Windows e Mac. Sviluppato con un particolare occhio

6 Ponoko è un servizio on-line per la produzione 3D. Ha guadagnato l'attenzione dei media a causa del suo modello di business unico, come uno dei primi produttori che utilizza la distributed manufacturing e la produzione on-demand.

7 TechShop è un sito per la fabbricazione e prototipazione, in parte hackerspace e centro di apprendimento. TechShop offre accesso a più di 1 milione di dollari di attrezzature professionali e software.



Studio di fattibilità settoriale: lavorazione materie plastiche



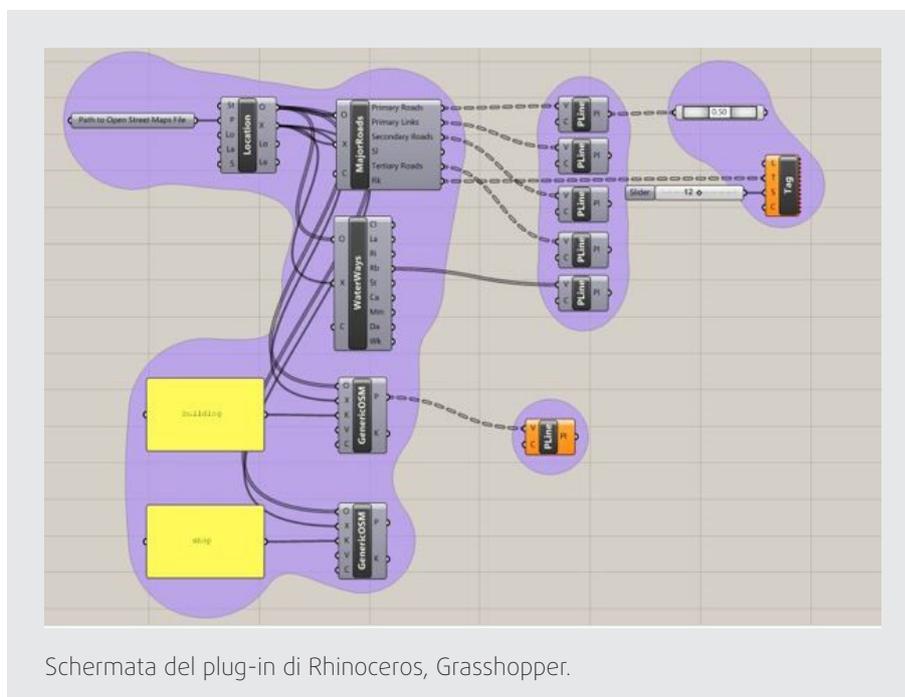
di riguardo alle fasi concettuali del design, SketchUp è un software di modellazione 3D versatile, potente e, nel contempo, semplice da imparare e da utilizzare. I suoi punti di forza risiedono nella creazione di forme bidimensionali e tridimensionali, fornendo al disegnatore uno strumento intuitivo e veloce, in grado di assisterlo dal punto di vista grafico e di consentirgli un' esplorazione dinamica e creativa degli oggetti, dei materiali e dell' impatto della luce solare. Il 14 marzo 2007, la software house produttrice, è stata rilevata prima da Google poi, il 26 aprile 2012, da Trimble Navigation.

SketchUp è distribuito con licenza free-ware per uso personale e domestico. Accanto alla versione free, è mantenuta e sviluppata la versione a pagamento SketchUp Pro. Esiste anche la versione Academic rivolta a studenti, docenti, istituti scolastici e strutture di formazione. Accanto a software per la modellazione di utilizzo aperto, ne esistono molti altri a pagamento, le cui caratteristiche sono molto

più performanti, almeno per quel che concerne le modellazioni di carattere specifico. Tra tutti, si cita Rhinoceros, comunemente chiamato Rhino, un software applicativo commerciale per la modellazione 3D di superfici sculturate (free form) realizzato da Robert McNeel & Associates, azienda di Seattle nello stato di Washington, negli USA. Rhino è normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, la prototipazione rapida, il reverse engineering e il design della comunicazione.

In Rhino, tutte le entità geometriche sono rappresentate mediante NURBS⁸, che sono

⁸ NURBS è un acronimo che sta per Non Uniform Rational Basis-Splines, traducibile in "Splines razionali non uniformi definite da una base". Essa è una classe di curve geometriche utilizzate in computer grafica per rappresentare curve e superfici. Una NURBS è la rappresentazione matematica che i software, ad esempio i sistemi CAD, usano per creare gli oggetti geometrici, per definirne accuratamente la forma. Le curve NURBS sono una generalizzazione delle curve B-Spline e delle curve di Bézier.



una rappresentazione matematica mediante la quale è possibile definire accuratamente geometrie 2D e 3D quali linee, archi e superfici a forma libera. I plug-in sviluppati da McNeel comprendono Flamingo (rendering raytrace), Penguin (rendering non fotorealistico) e Bongo. Sono disponibili, poi, centinaia di plug-in di terze parti fra i quali quello per Maxwell Render, V-Ray ed altri. Esistono anche plug-in per il CAM e la fresatura CNC, come madCAM e RhinoCAM, che permettono il disegno dei tracciati direttamente all'interno del programma.

Come molte applicazioni di modellazione, Rhino dispone anche di un linguaggio di scripting, basato sul linguaggio Visual Basic e di un SDK che permette di leggere e scrivere file direttamente nel software.

Rhinoceros 3D ha avuto successo come programma di progettazione architettonica in parte grazie al plug-in Grasshopper ideato per la progettazione parametrica, oggi sempre più utilizzata dagli studi di architettura. Grasshopper è un linguaggio di programmazione visuale sviluppato da David Rutten e Robert McNeel & Associates eseguito all'interno dell'applicazio-

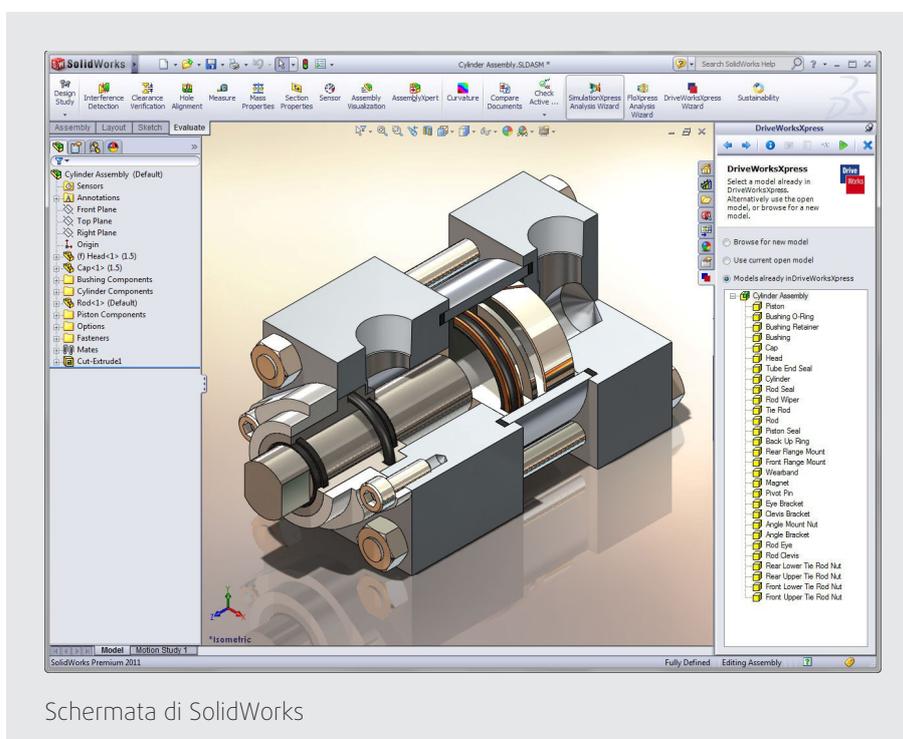
ne Rhinoceros 3D CAD.

I programmi in Grasshopper vengono creati trascinando i componenti su una schermata. Le uscite di questi componenti, vengono poi, collegati agli ingressi di componenti successivi. Grasshopper è utilizzato principalmente per costruire algoritmi generativi. Molti dei componenti di Grasshopper creano geometrie 3D. Le definizioni in Grasshopper possono anche contenere altri tipi di algoritmi, tra cui numerici, testuali e audiovisivi.

La prima versione di Grasshopper, chiamata Explicit History, originariamente pubblicata nel settembre 2007, è attualmente in fase di sviluppo beta e viene offerta come download gratuito senza data di scadenza, anche se una copia con licenza di Rhinoceros 5.0, o delle sue versioni superiori, è necessaria per eseguire il software. Probabilmente Grasshopper entrerà a far parte del set di strumenti standard di Rhino, il che significa che Grasshopper 1.0 sarà disponibile in Rhino.

La sua crescente popolarità è dovuta alla sua diversità, alle funzionalità multidisciplinari, alla sua bassa curva di apprendimento,

Studio di fattibilità settoriale: lavorazione materie plastiche



al costo relativamente basso e alla possibilità di esportare file in oltre trenta formati diversi, rendendolo un vero e proprio strumento di conversione all'interno di un flusso di lavoro. Grasshopper è uno dei software più utilizzati per il disegno parametrico. Con il termine "parametrico" si intende un processo basato sul pensiero algoritmico che consente l'espressione di parametri e regole volte a definire, codificare e chiarire il rapporto tra gli intenti del designer e la risposta progettuale⁹.

In particolare, il disegno parametrico costituisce un paradigma in cui il rapporto tra elementi di differente natura è usato per manipolare e informare la progettazione di geometrie complesse.

Il termine "parametrico" fa riferimento al tipo di matematiche (equazione parametrica) che il software utilizza per la gestione di forme e geometrie. Infatti, tali parametri o variabili possono essere modificati per manipolare o alterare il risultato finale di un'equazione o di

un sistema.

La progettazione parametrica non è un concetto nuovo e ha sempre informato l'architettura e il design. Se si allarga la riflessione ad altri aspetti, risulta chiaro che il rapportarsi a dati come il clima, l'ambiente, la cultura, le esigenze tecnologiche, ha sempre fatto parte del processo di progettazione.

Altro esempio di programma sotto licenza molto utilizzato per la progettazione è SolidWorks, software di disegno e progettazione tridimensionale parametrica, prodotto e commercializzato dalla Dassault Systèmes. SolidWorks nasce come software appositamente dedicato per l'ingegneria meccanica ed è, quindi, particolarmente utile per la progettazione di apparati meccanici, anche complessi. Il software prevede la creazione di disegni 2D e 3D di solidi e superfici, attraverso un sistema geometrico di tipo parametrico e completamente personalizzabile.

Rivelandosi un programma estremamente intuitivo, il suo uso risulta non difficile anche agli utenti meno esperti o provenienti da altri

⁹ Jabi, Wassim (2013). Parametric Design for Architecture. London: Laurence King. ISBN 9781780673141.



sistemi CAD. Tale software è attualmente disponibile solo per sistemi Microsoft Windows.

2. L'impiego di tecniche di ingegneria inversa. La seconda strada è indicata quando non si dispone o non esiste il modello matematico e si procede, mediante tecniche di ingegneria inversa (reverse engineering), ovvero attraverso appositi strumenti si scansiona la superficie dell'oggetto di cui si vuole il modello CAD.

Tali strumenti restituiscono un certo numero di punti, appartenenti alle superfici scansionate, che in gergo si individuano con il nome "nuvola di punti". La nuvola viene elaborata tramite CAD o software dedicati per ottenere il modello matematico tridimensionale.



Esempio di rilievo di una scarpa per nuvola di punti

Una volta modellato l'oggetto virtuale, si procede all'elaborazione del file con estensione .STL mediante apposite utility di esportazione o direttamente dal CAD, qualora questa utility sia integrata.

Nell'esportazione del file è necessario assicurarsi che le superfici che compongono l'oggetto tridimensionale siano chiuse, cioè identifichino univocamente un esterno ed un interno. In gergo, oggetti del genere si definiscono "solidi manifold". I solidi non manifold possono talvolta essere il risultato di un passaggio di modellazione non corretto o di un risultato inatteso della conversione delle superfici in un solido. Inoltre, è importante, prima dell'esportazione in formato .STL, assicurarsi

che le normali delle superfici abbiano il verso positivo che punta all'esterno dell'oggetto.

Gestione File STL

Una volta generato il file STL bisogna verificare che questo sia esente da errori. Il controllo si fa attraverso software dedicati, come il Magics RP della Materialise, o programmi open source mediante i quali oltre a individuare e correggere gli errori presenti, si possono progettare i supporti per le parti a sbalzo, orientare gli oggetti (operazione che può influenzare fortemente il risultato finale), modificarli ed eseguire lo slicing, cioè generare le "fette" orientate orizzontalmente rispetto alla disposizione che si è fatta dell'oggetto all'interno del volume di lavoro nella macchina. Le fette, sovrapposte le une alle altre, daranno vita al solido finale.



Slicing di un oggetto.

Lo slicing è un'operazione critica, in quanto determina le caratteristiche superficiali dell'oggetto finito. Questa operazione può essere di tipo uniforme o di tipo adattativo quando lo spessore delle slice è variabile, e ciò lo si sceglie in funzione della curvatura della superficie al fine di adattare meglio la geometria finale, riducendo l'effetto staircase (le superfici





inclinate sono approssimate da scalini).

È evidente che a differenti spessori delle slice, corrisponderanno differenti risultati finali, in particolare per le superfici curve. L'ideale sarebbe di disporre di spessori infinitesimali e macchine capaci di stampare tali slice in modo velocissimo.

Per macchine a spessore di slice costante, dette "slice uniformi", il campo d'intervento dell'operatore è relegato alla sola scelta dell'orientamento del pezzo sulla tavola di lavoro. Discorso differente si fa nel caso di sistemi a slice adattative: qui, appositi software si occupano di modulare l'altezza delle slice in base alla curvatura del pezzo, per cui si avranno slice più spesse di fronte a superfici a elevato raggio di curvatura e più sottili nelle zone a curvatura elevata.

Esistono differenti software di slicing open-source, uno di questi realizzato dall'italiano Alessandro Ranellucci è Slic3r.

Slic3r è capace di convertire un modello 3D digitale in istruzioni di stampa per la stampante 3D. Esso taglia il modello a fette orizzontali strati, genera percorsi utensile per riempirle e calcola la quantità di materiale da estrarre. Il progetto è stato avviato nel 2011 da zero: il codice e gli algoritmi non sono basati su lavori precedenti.

Dal sito del software Slic3r si evince che la leggibilità e la manutenibilità del codice sono tra gli obiettivi di progettazione.

Slic3r è fornito in bundle¹⁰ con i più importanti pacchetti software host (Pronterface, Repetier-Host, ReplicatorG) ed è stato sostenuto/

¹⁰ Un bundle solitamente contiene un file eseguibile, i file NIB, le immagini, i suoni e altre risorse. Su sistemi come Microsoft Windows, questo codice è compilato direttamente nell'eseguibile. Su Mac OS X, queste risorse si usano e si interagisce con esse come se fossero normali file nel sistema. Lo scopo è di risolvere i problemi connessi con l'organizzazione delle risorse usando una più semplice struttura gerarchica di directory.

finanziato da quasi tutte le principali aziende di stampa 3D in tutto il mondo.

Generazione del file G-code

Il Codice G (dall'inglese G-code), o codice preparatorio, è un insieme di funzioni nel linguaggio di programmazione a controllo numerico. I codici G posizionano il dispositivo ed eseguono il lavoro. Si tratta del cosiddetto file di percorso utensile, capace di essere letto da macchine CNC e che contiene le istruzioni di lavorazione. Al suo interno, infatti, sono codificate le informazioni per la macchine riguardanti ad esempio il percorso, la velocità di spostamento, la velocità di estrusione. La generazione di tali file, viene effettuata da software di slicing e dipende dalle caratteristiche peculiari della macchina CNC.





Tecnologie di stampa 3d che utilizzano materie plastiche

Sistema FDM

La Modellazione a deposizione fusa, in inglese Fused deposition modeling e in breve FDM, è una tecnologia di produzione additiva usata comunemente per la modellazione, la prototipazione e la produzione di applicazioni. La tecnologia fu sviluppata da S. Scott Crump¹¹ alla fine degli anni '80 (XX secolo) e fu commercializzata negli anni '90 dalla Stratasys, che ne possiede oggi il marchio commerciale.

L'FDM lavora sul principio "additivo" rilasciando il materiale su strati: un filamento plastico viene srotolato da una spirale che spinge il materiale ad un ugello di estrusione di cui si può avviare e fermare il flusso. L'ugello è riscaldato in modo da sciogliere il materiale ed

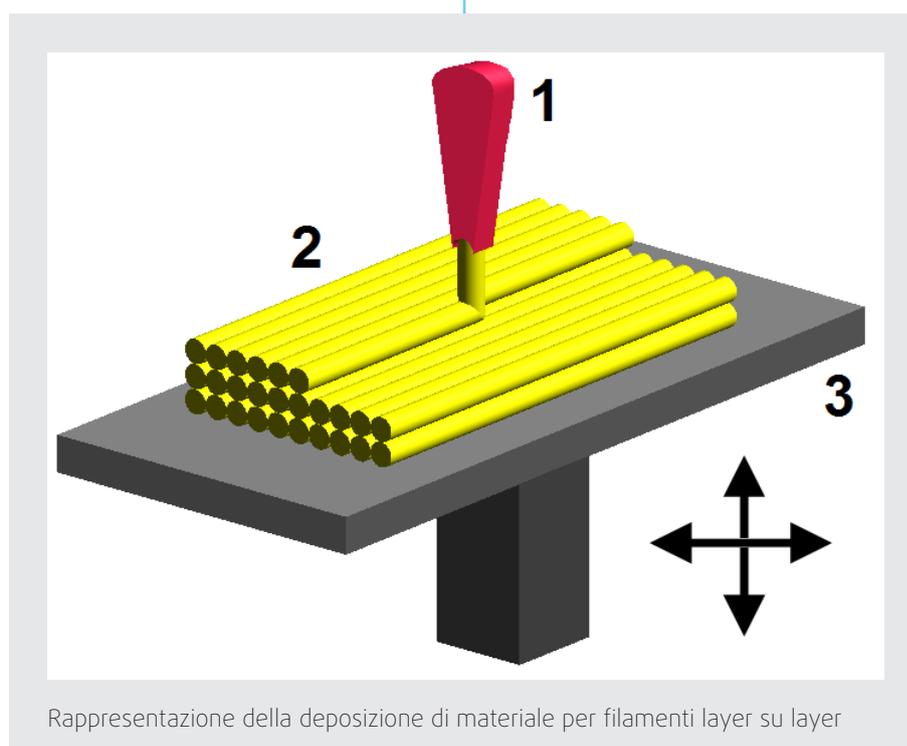
essere spostato, sia in direzione orizzontale che verticale, da un meccanismo di controllo numerico monitorato direttamente da un software CAM.

Le stampanti 3D con tecnologia FDM, costruiscono gli oggetti strato per strato, scaldando il materiale termoplastico, fino a portarlo a uno stato semi-liquido ed, infine, espellendolo in base a percorsi controllati tramite computer.

Sono in commercio stampanti FDM che utilizzano due materiali per eseguire un lavoro di stampa: il materiale di modellazione, che costituisce il pezzo finito, e il materiale di supporto, che funge da impalcatura. I filamenti di materiale sono alimentati dagli appositi alloggiamenti della stampante 3D alla testina di stampa che si sposta in direzione delle coordinate X e Y, depositando il materiale per completare ogni strato prima che la base si alzi in direzione dell'asse Z e cominci lo strato successivo. Al termine del processo, l'utente rimuove il materiale di supporto o lo dissolve in detergente e acqua. A questo punto, la parte è



¹¹ S. Scott Crump è l'inventore della modellazione a deposizione fusa (FDM) e co-fondatore di Stratasys, Ltd. Crump ha inventato e brevettato la tecnologia nel 1989 con la moglie e Stratasys co-fondatore Lisa Crump.



Rappresentazione della deposizione di materiale per filamenti layer su layer



Studio di fattibilità settoriale: lavorazione materie plastiche



pronta per essere utilizzata.

Questa tecnologia rappresenta la gran parte delle stampanti 3D adatte all'uso domestico, poiché ha un costo molto accessibile e produce oggetti di piccole dimensioni con un grado di finitura accettabile.



RepRap Mendel



Uno dei primi progetti portati avanti con una licenza open riguarda la RepRap. Essa riproduce stampante 3D Floss, le cui specifiche complete sono distribuite sotto la GNU General Public License, e che può stampare una copia di sé stessa.

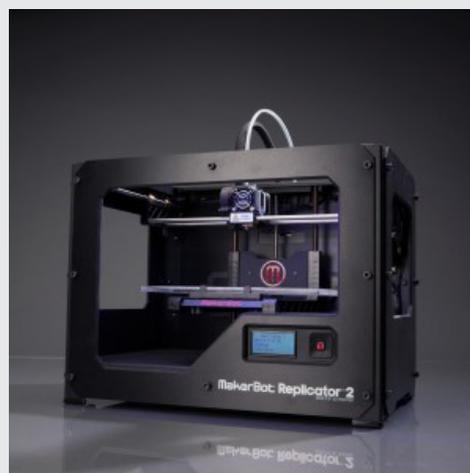
Un altro progetto che ha fatto strada e che ha ereditato molto dalla RepRap, è la Thing-o-Matic della MakerBot Industries. La Thing-o-Matic è stata la prima stampante venduta in kit di montaggio e diffusa in tutto il mondo. Il modello Replicator della Makerbot, sta prendendo il posto della Thing-o-Matic.

La Makerbot ha una capacità di risoluzione di 100 micron e un volume di 1041 cm cubici, nonché la possibilità di avere due ugelli montati.

In questo momento esistono decine di stampanti a tecnologia FDM per uso domestico il cui costo oscilla intorno ai 200 € per un kit di montaggio disassemblato e che variano intorno ai 3000 € per stampanti con più ugelli e performance superiori.

Se ci si sposta in fasce di prezzo più alto, è

possibile trovare stampanti Stratasys la cui tecnologia FDM è stata inventata più di vent'anni fa proprio dal fondatore Scott Crump e, da allora, l'azienda ha sviluppato una gamma di sistemi destinati al grande settore manifatturiero. Per queste stampanti sono stati bre-



Makerbot Replicator

vettati dei speciali filamenti in polimeri plastici, per ottimizzare le prestazioni del prodotto stampato. È possibile stampare in ABS, ABS M30, Nylon, PPSF¹², ABS, M30i¹³. Per quel che riguarda le tolleranze, in questo momento per i sistemi Mojo, Dimension e uPrint non sono disponibili tolleranze standard. L'accuratezza in termini di dimensioni può variare in base a grandezze, geometria e orientamento della parte. Tali sistemi sono pensati per realizzare modelli 3D che in genere non richiedono precisione a un livello di dettaglio maggiore di pochi millesimi di millimetri.

La società Todd Grimm & Associates, ha condotto uno studio di benchmark sulla precisione delle stampanti 3D, disponibile sul sito

¹² Il PPSF/PPSU è una plastica che garantisce resistenza al calore rispetto a tutte le termoplastiche FDM, buona forza meccanica e resistenza al petrolio e ai solventi.

¹³ Plastica biocompatibile capace di essere sterilizzata con raggi gamma o EtQ.



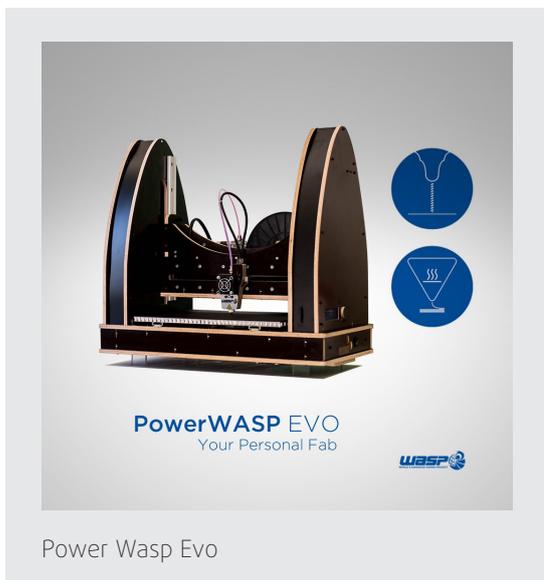


Web all'indirizzo tagrimm.com.

I modelli Fortus 360mc/400mc e Fortus 380mc/450mc consentono di realizzare parti con una precisione di $\pm 0,127$ mm o $\pm 0,0015$ mm/mm.

Le parti Fortus 900mc, vengono prodotte con una precisione di $\pm 0,089$ mm o $\pm 0,0015$ mm/mm.

Anche in Italia sono state sviluppate stampanti 3D realizzate da aziende a conduzione familiare come la Kentstrapper di Firenze che ha prodotto la Galileo, la Sharebot, la PowerWasp, realizzata da Wasp Project, azienda di Massa Lombarda che lavora per divulgare le tecnologie più avanzate e renderle raggiungibili a tutti. La PowerWasp nella sua ultima versione, Evo, è dotata di monitor Lcd e di un sistema di cambio utensile che permette di avere sia una fresa per asportazione di materiale, sia una siringa per materiali fluido-densi che consente di stampare siliconi e resine.



Power Wasp Evo

La Power Wasp è realizzata con un corpo macchina molto rigido per poter supportare le vibrazioni indotte da queste lavorazioni e presenta un'area di stampa di 260 x 195 x (h)210 mm con risoluzione degli assi X Y pari a 0.012 mm e risoluzione dell'asse Z, di 0.004 mm



La tecnologia FDM è utilizzata per la maggior parte da stampanti per uso domestico o di prototipazione veloce, poiché la sovrapposizione di materiale non lascia sempre la superficie del manufatto completamente liscia. Inoltre, sono spesso presenti imperfezioni della stampa dovute dal flusso del materiale non costante o dall'ugello sporco. A tutto questo, si aggiunge il fatto che per la stampa di particolari geometrie è necessario un materiale di supporto preferibilmente solubile in acqua o con speciali solventi. Se così non fosse e i supporti si realizzassero nello stesso materiale della stampa, si andrebbe incontro ad imperfezioni della stessa dovute all'attacco tra i supporti e la superficie dell'oggetto stampato. Esistono, inoltre, diversi metodi per la post produzione di oggetti stampati con tecnologia FDM, ma la maggior parte di questi fa uso di solventi tossici.

La produzione di manufatti realizzati con tale tecnologia è differente e appartiene, per lo più, al mondo casalingo o della ricerca.

Ad esempio, i prototipi FDM realizzati dal-



Prototipo di un joystick realizzato per test ergonomici e di resistenza

la Solid Concept¹⁴ sono stati ideati proprio quando la parte stampata viene sottoposta a esigenti prove funzionali, o quando l'accesso a materiale termoplastico è vitale durante l'inte-

¹⁴ La Solid Concept è una società di progettazione e prototipazione per grandi industrie.

Studio di fattibilità settoriale: lavorazione materie plastiche



ro processo di sviluppo prodotto. Le parti prodotte, vengono stampate facilmente con materiali termoplastici. Il vantaggio principale di utilizzare tecnologie FDM per le parti di produzione, è la capacità di creare quantità limitate di componenti personalizzati, utilizzando contemporaneamente materiali ad alte prestazioni.

Attraverso l'utilizzo della stessa tecnologia si possono realizzare manufatti di dimensioni elevate, assemblando tra di loro singoli pezzi stampati. È il caso del designer olandese Michiel van der Kley autore del "Creato EGG", un "padiglione poetico" che dispone di 4.760 pezzi stampati in 3D, ognuno diverso dall'altro, e ognuno stampato da differenti partecipanti all'esperimento e spedito a Van Der Kley per l'assemblaggio finale.

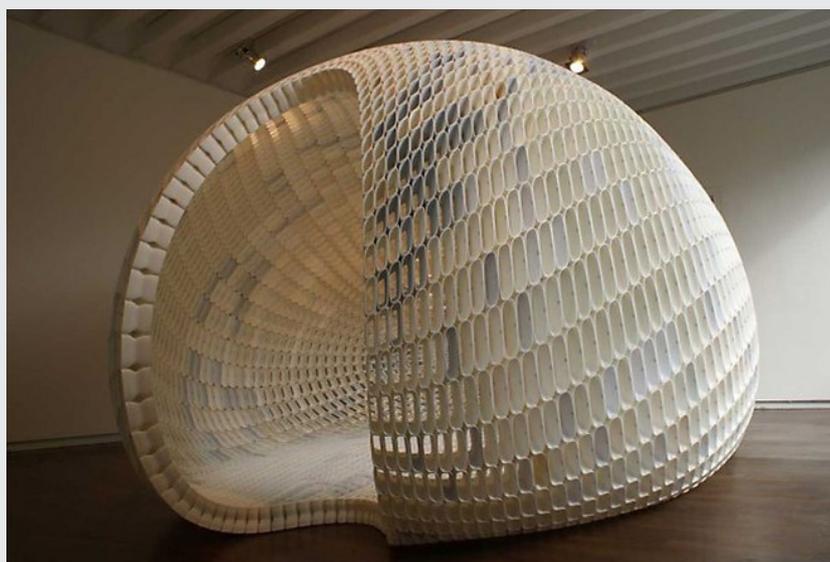
Il progetto è nato dopo i recenti esperimenti Van Der Kley con stampanti desktop 3D, che lo hanno spinto a trovare altri modi di creare opere di maggiori dimensioni, senza essere vincolati dalla dimensione relativamente modesta dei modelli desktop attuali. Egli spiega che un approccio open-source, di tipo collabo-

rativo, va al di là di queste restrizioni e utilizza la potenza di Internet come motore aggregativo. I file di ogni concio, sono stati inviati per la stampa in tutto il mondo a tutti coloro che hanno voluto sostenere il progetto. Ad essi è stato concesso di adottare i singoli conci che avevano stampato.

Altro esempio in cui la tecnologia FDM è stata utilizzata per la realizzazione di manufatti di grandi dimensioni, è Strati, la prima autovettura il cui telaio è stampato con tecnologia FDM.

Il prototipo, realizzato dalla Local Motors in collaborazione con l'Association for Manufacturing Technology (AMT), è stato disegnato a Torino dall'italiano Michele Anòè. Per la propulsione è equipaggiata con il motore elettrico della Renault Twizy.

Stati è stata "stampata" in 44 ore e rapidamente assemblato da un team della Local Motors. John B. Rogers Jr, amministratore delegato della Local Motors a tale proposito, ha detto: "L'inedito processo produttivo rivoluziona lo "status quo" della produzione automobilistica, cambia l'esperienza del consumatore e



Project EGG di Michiel van der Kley





Presentazione di Strati all'IMTS



dimostra che una macchina può nascere in un modo completamente nuovo". Il veicolo utilizza la scienza dei materiali e le tecniche di produzione avanzate dei pionieri del Department of Energy (DOE) degli Stati Uniti. Strati dimostra la possibilità di utilizzare soluzioni di "digital manufacturing" sostenibili nel settore dell'industria automobilistica. La Local Motors prevede, inoltre, di lanciare a livello produttivo veicoli stampati in 3D che saranno in vendita al pubblico nei mesi successivi la presentazione avvenuta all'IMTS.



Processo di stampa dell'autovettura a Strati



Sistema SLS

La sinterizzazione selettiva tramite laser (SLS) è una tecnica di fabbricazione additiva che utilizza un laser come sorgente di alimentazione per sinterizzare materiale in polvere (fino ad oggi tipicamente di metallo), puntando il laser automaticamente in punti nello spazio per creare, insieme al materiale legante, una struttura solida. Secondo la denominazione ASTM F2792, che sta per Additive Technologies, la sinterizzazione laser è definita come un "processo di fusione con letto in polvere utilizzato per produrre oggetti attraverso uno o più laser per fondere le particelle in superficie, strato dopo strato, in una camera chiusa". Tale definizione fa, inoltre, notare che il termine "sinterizzazione" è improprio in questo caso, poiché il processo comporta tipicamente fusione totale o parziale, rispetto ai tradizionali metodi che usavano polveri in uno stampo con combinazione di calore e pressione.

La SLS è una tecnologia relativamente nuova, che finora è stata utilizzata principalmente per la prototipazione rapida e per la produzione di bassi volumi di componenti. Rispetto ad altri metodi di produzione additivi, la SLS può produrre componenti da una gamma

Studio di fattibilità settoriale: lavorazione materie plastiche

relativamente ampia di materiali in polvere disponibili in commercio. Questi materiali comprendono polimeri come il nylon o polistirene, metalli compreso l'acciaio, il titanio, le miscele e i compositi. Il processo fisico può essere a piena fusione, a fusione parziale o in fase liquida di sinterizzazione. A seconda del materiale, si può avere una densità con proprietà paragonabili a quelle dei metodi di produzione convenzionali. In molti casi, un gran numero di parti da stampare può essere posto all'interno del letto di polvere, consentendo una produttività molto elevata.

La tecnologia SLS è in largo uso in tutto il mondo grazie alla sua capacità di rendere facilmente stampabili geometrie molto complesse direttamente dai dati CAD. Anche se all'inizio è stata utilizzata come un modo per costruire prototipi in fase di progettazione, questa tecnologia viene sempre più utilizzata nella produzione. Un'applicazione non usuale della SLS riguarda la produzione di oggetti d'arte o di design. Questa propensione è dovuta alle caratteristiche che una tecnologia del genere dona all'oggetto stampato. Infatti, sia per capacità di realizzazione di oggetti complessi, anche a geometria chiusa, sia per la finitura di stampa le stampanti SLS sono sempre più utilizzate da un artigianato che capace di confrontarsi con strumenti digitali. Di contro altare va detto che la

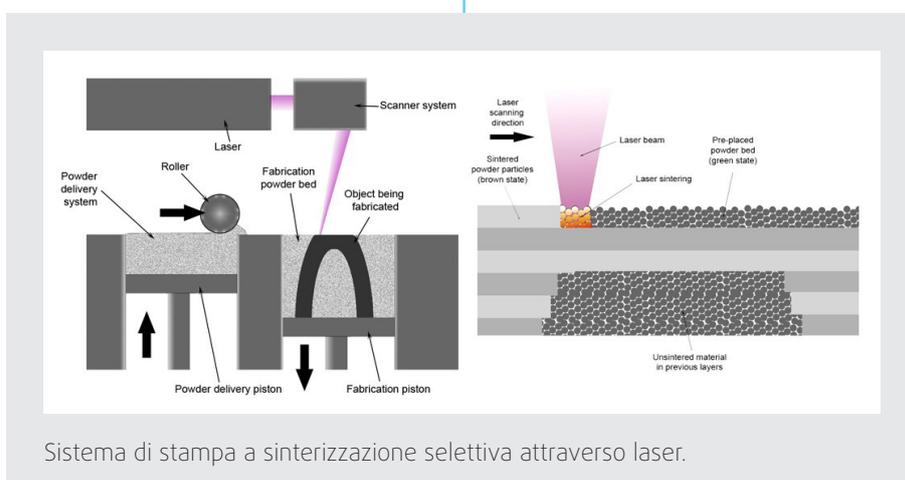
SLS produce oggetti con una finitura non completamente liscia e che per l'eccessivo calore, se non ben controllato si potrebbero verificare bavature di materiale.

Anche per questa tipologia esistono differenti stampanti con altrettanti parametri qualitativi di stampa. Recentemente è stata lanciata sul mercato una stampante SLS, la Ice9, ad un prezzo accessibile da aziende anche piccole. Infatti, la società inglese Norge Sistem ha iniziato a lavorare su questo progetto circa due anni fa. Il loro obiettivo è quello di costruire "la prima SLS low-budget del mondo, ma di alta qualità che anche un piccolo studio di design è in grado di permettersi".

Gli sviluppatori come Alessandro Facchini, artista 3D e sviluppatore di software, e Stefano Rebecchi hanno lavorato sullo sviluppo di software e l'ottimizzazione della supply chain del processo di assemblaggio.

La Ice9 ha una superficie di lavoro di 30x30cm, e un "asse z" di 45 centimetri. La Ice9 è quindi una stampante SLS 3D low-budget, circa 30.000 euro, progettata per la stampa con materie plastiche come nylon e materiali a base di poliammide.

Per realizzazioni di dimensioni più grandi e con performance più alte ci si deve spostare su prodotti dedicati alle aziende di dimensioni medio-grandi con notevole aumento del costo.



Sistema di stampa a sinterizzazione selettiva attraverso laser.



Le stampanti 3D SLS di 3D Systems consentono di creare parti con il livello di resistenza all'impatto, finitura superficiale e precisione richieste per una varietà di applicazioni di utilizzo finale e personalizzate per il consumatore.

Tali applicazioni vanno dalle parti per il



Ice9 3D print

settore aerospaziale, alle guide di foratura chirurgica personalizzate per il settore medico, a protesi e plantari, a beni di consumo come custodie per dispositivi mobili, a alloggiamenti per dispositivi elettronici. L'azienda inoltre ha sviluppato i propri prodotti con l'utilizzo di speciali tecnopolimeri durevoli e riciclabili o altri anti-fiamma privi di alogeni, per applicazioni nell'aerospaziale e nell'automotive.

Una delle applicazioni più interessanti capaci di essere stampate con sistema SLS è quella che realizza tessuti come quelli Creati da 3D Digits2Widgets, server di servizi di stampa, che come mezzo pubblicitario ha deciso di di-

mostrare le possibilità di stampa 3D. L'oggetto è così flessibile da essere comodo contro a contatto con la pelle.

Esso è composto da un'infinità di piccoli pezzi interbloccati alcuni dotati di "scudi" per la "superficie esterna", in questo modo si ottiene la sensazione del "tessuto". Questo nonostante il fatto che ciascun pezzo è realizzato in nylon .



Presentazione della 3dprinter Giant, della 3d System

Sistema Stereolitografia laser STL

In questo sistema di stampa 3d è posta una vasca contenente una speciale resina liquida in grado di polimerizzare se esposta alla luce (fotopolimerizzazione). Appena al di sotto del livello del fluido è presente una piastra forata. Un raggio laser viene proiettato da un sistema di specchi in modo da scandire la superficie del liquido e nel contempo indurirlo in modo da ricostruire una immagine della prima sezione dell'oggetto da costruire.

Terminata la prima scansione la piastra si abbassa leggermente e una successiva scansione laser genera una seconda sezione. Il processo si ripete fino a completare l'oggetto.



Studio di fattibilità settoriale: lavorazione materie plastiche

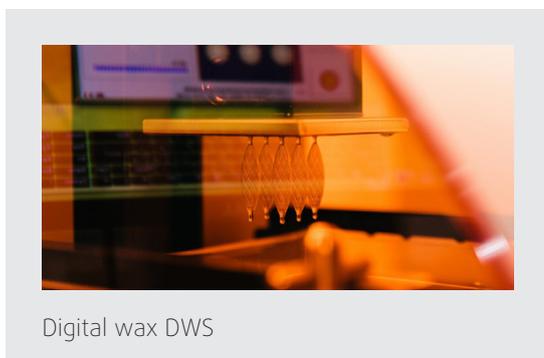


Tessuto stampato con tecnologia SLS



Se nell'oggetto sono presenti parti non vincolate alla base e che potrebbero cadere mentre vengono create, è necessario prevedere delle colonne di sostegno provvisorie che verranno poi rimosse manualmente. Al termine della creazione l'oggetto viene estratto dalla resina liquida e posto in un forno a luce ultravioletta per completare la polimerizzazione. Successivamente è possibile rifinire ed anche verniciare la superficie.

Grazie alla ridotta presenza di parti mec-



Digital wax DWS

caniche e al loro approccio user-friendly le macchine DigitalWax prodotte da un'azienda italiana DWS con tecnologia STL si contraddistinguono per la loro elevata affidabilità e i ri-

dotti costi di gestione. Come riportato nel loro sito l'alta precisione, ad esempio per le applicazioni dentali, si accompagna ad una elevata flessibilità di produzione grazie all'assenza delle fasi di immersione e pre-riscaldamento, e grazie alla rapidità e semplicità del cambio delle resine che avviene tramite un serbatoio trasparente attraverso il quale passa la sorgente laser. La stampante ha dei tempi di stampa lunghi rispetto agli altri sistemi a vantaggio però della finitura degli oggetti stampati. Essa può costruire in media da 2 a 10 modelli al giorno in relazione alla loro dimensione e complessità. I modelli tridimensionali sono costruiti da un laser speciale che indurisce una resina fotosensibile proprietaria. Il laser è specificamente sviluppato per garantire alte prestazioni e lunga durata.

Grazie alla tecnologia layer-by-layer, non ci sono limiti alla complessità geometrica dei modelli: sottosquadri, cavità, superfici sottili e forme complesse possono essere eseguite senza difficoltà. La testa laser consente l'utilizzo di una nuova generazione, ad alte prestazioni di resine UV induribili per applicazioni per colata o stampo diretto in gomma.





Mammut - Materialise



Una delle esperienze più interessanti, realizzata con tecnologia STL è stata sviluppata da Materialise, una casa per la prototipazione rapida ben nota nel settore automobilistico per la sua vasta conoscenza nella produzione di grandi prototipi. Dopo 10 anni di esperienza nel settore della prototipazione rapida, il team ha sviluppato Mammut una macchina unica per costruire enormi parti in tecnologia stereolitografica in un unico pezzo. L'idea di produrre componenti di grandi dimensioni, senza alcun incollaggio, è nata dalla crescente domanda di prototipi estremamente veloci e di qualità superiore. L'entusiasmo dietro questa idea, ha portato alla creazione di una macchina mastodontica con una superficie di più di 2 metri.

Materialise offre ai produttori di automobili una soluzione capace di accorciare e migliorare il loro processo di sviluppo del prodotto.

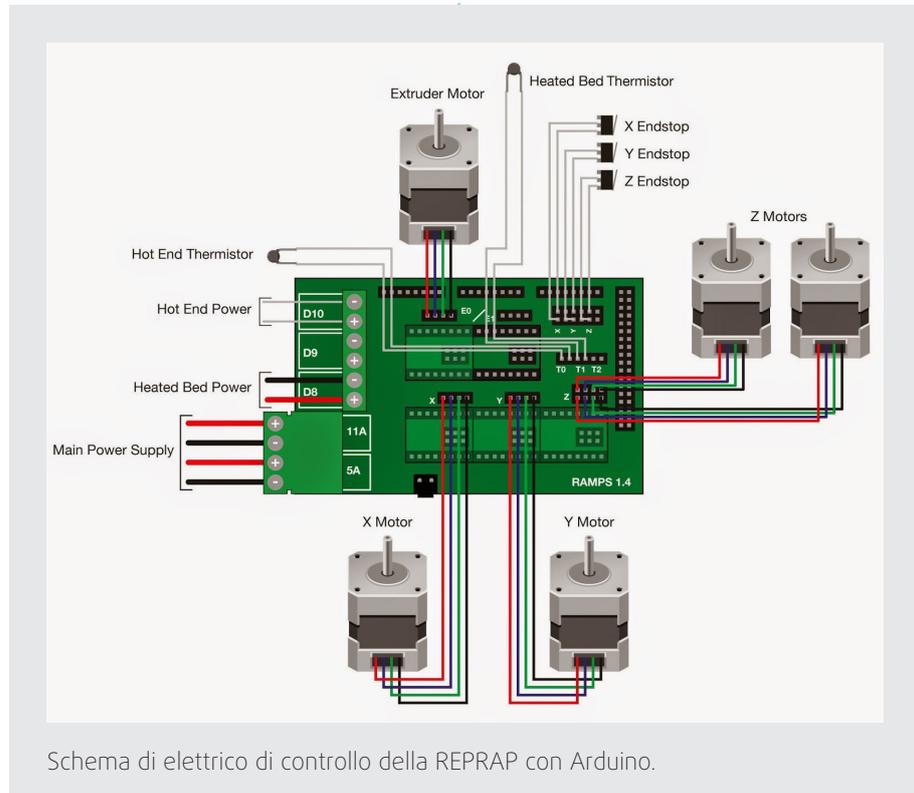
All'interno della lavorazione di materie plastiche, effettuata con l'utilizzo di stampanti 3D, è da ricordare come la diffusione di queste ultime, specie quelle a tecnologia FDM sia stata implementata notevolmente dal posizionamento sul mercato di controller a prezzo contenuto come Arduino. Uno dei progetti

in cui la scheda è utilizzata come controller è quello della RepRap. Ci sono diversi modi per costruire una stampante 3D RepRap o una Repstrap, infatti, esse sono state attentamente studiate per utilizzare solo componenti che possono essere costruiti con una RepRap ed altri componenti economici che richiedono modeste capacità per l'assemblaggio.

Il Complete Arduino Electronics Kit utilizzato insieme al microcontrollore Arduino ed al cavo USB, opzionali, contiene tutti i componenti elettronici utili per il sistema di posizionamento. Il sito principale RepRap contiene guide per costruire ognuna delle schede contenute nel kit motor controller.



Studio di fattibilità settoriale: lavorazione materie plastiche



Schema di elettrico di controllo della REPRAP con Arduino.





Studio di fattibilità settoriale: **Lavorazione Pietra e Marmi**



Per la lavorazione delle pietre e dei marmi, in relazione alle categorie con cui la fabbricazione digitale tenta di distinguere i differenti approcci, sono da escludere gli ambiti del deformante e dell'ibrido, in virtù delle caratteristiche del materiale.

Per quel che concerne il sistema additivo, non sono annoverabili molti esempi, poiché i materiali che compongono pietre o marmi difficilmente vengono utilizzati per addizione nelle lavorazioni industriali. Infatti, gli esempi che si classificano in questa sezione, utilizzano polvere di marmo o pietra, per poter realizzare oggetti tridimensionali attraverso i sistemi additivi.

Sicuramente è da annoverare l'esperienza condotta dall'Italiano Enrico Dini di Pontedera (Pisa), che, con la sua stampante, ha tra tanti progetti, messo a punto un sistema economico ed ecologico, volto a realizzare pezzi di biomasse di sabbia da quattro quintali, traforate, che interagiscono molto bene con l'ambiente marino e comunicano facilmente con la vita che vi è presente assecondando il progetto per cui sono nate posto della carta e di un legante

liquido al posto dell'inchiostro, è possibile creare oggetti reali e "stampare" a grandi scale. Tale macchinario, chiamato D-Shape, è grande 6mt x 6mt e lavora per piani su quali spande sabbia legandola con un liquido aggregante: per ogni operazione, la macchina stampa tante volte quante sono le sezioni in cui è stato diviso il progetto. D-Shape è, pertanto, una stampante 3D¹ che stampa a grande scala.

Il sistema consiste, innanzitutto, nello spruzzare un sottile strato di sabbia (dai 5 a i 10 mm), seguito da uno strato di legante a base di magnesio. La colla trasforma la sabbia in pietra solida e layer-by-layer, dal basso verso l'alto, si forma l'intero edificio. La macchina, piuttosto grande, occupa 36 mt² e la testa di stampa è formata da 300 ugelli.

Il metodo di stampa si differenzia dal Contour Crafting², che lavora mediante de-

1 La Stampa 3D rappresenta la naturale evoluzione della stampa 2D e permette di avere una riproduzione reale di un modello 3D realizzato con un software di modellazione 3D. Inoltre essa è considerata una forma di produzione additiva mediante cui vengono creati oggetti tridimensionali da strati di materiali successivi.

2 La tecnica del Contour Crafting, ideata da Behrokh Khoshnevis, applicata all'omonima stampante 3D, è in



La stampante D-Shape.





posito di strati successivi ed è una tecnologia di fabbricazione a strati sviluppata dal Dr. Behrokh Khoshnevis della University of Southern California.



Sistema di Contour Crafting.



La tecnologia Contour Crafting ha un grande potenziale per automatizzare la costruzione di intere strutture o sotto-componenti edili. Utilizzando questo processo, una casa singola così come una colonia di case, ciascuna con un design diverso, possono essere costruite automaticamente in un unico passaggio, incorporando in ogni casa tutti i condotti di impianti elettrici, idraulici e di condizionamento d'aria. Le potenziali applicazioni di questa tecnologia sono di vasta portata, incluse le applicazioni in casi d'emergenza.

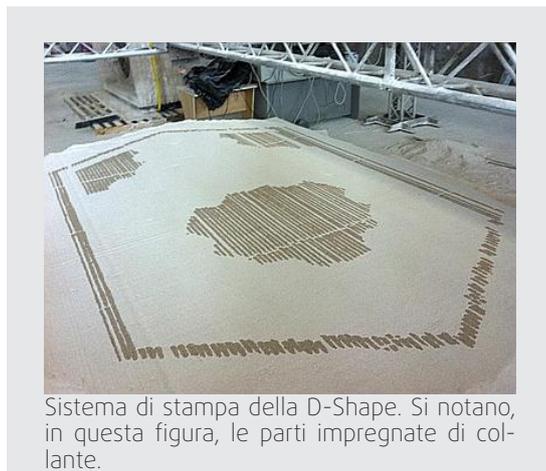
La tecnologia che utilizza Dini, invece, somiglia molto più ad una SL³, sinterizzazione selettiva, con doppio componente, anche se il termine "sinterizzazione" è, in questo caso, inappropriato in quanto si dovrebbe parlare di "processo di solidificazione".

Lo stesso Dini dichiara: "I test ci dicono che la nostra roccia ha proprietà meccaniche superiori al calcestruzzo ma per il momento ho

grado di realizzare abitazioni in modo automatizzato.

3 Il processo SLA o SL si basa sulla fotopolimerizzazione della resina: una vasca contiene una resina speciale allo stato liquido adatta alla stampa 3D che, al contatto con il fascio laser, indurisce e va a costituire i vari strati dell'oggetto.

provvisoriamente accantonato l'idea di costruire, stampandoli, interi edifici perché il mondo delle costruzioni non è del tutto pronto".



Sistema di stampa della D-Shape. Si notano, in questa figura, le parti impregnate di collante.

Il metodo di Enrico Dini ha un grande potenziale per la creazione a basso costo di edifici personalizzati. Basti pensare, ad esempio, alle possibilità di costruzione rapida di rifugi in seguito a disastri naturali, o a strutture operative da costruire sulla luna con l'uso di polvere lunare, o ancora a case a basso costo da realizzare nei paesi poveri.

Altro esperimento condotto in ambito additivo, è la Stone Spray che utilizza sabbia naturale o terreno per costruire oggetti solidi, e si propone di essere il punto di partenza per la costruzione di infrastrutture molto grandi, come edifici o anche ponti, attraverso la tecnologia di stampa 3D.

La Stone Spray funziona come una tipica stampante 3D, in quanto utilizza un computer per eseguire un progetto in 3D e un braccio meccanico⁴, e per realizzare oggetti attraverso la stratificazione di materiale. Il dispositivo è stato sviluppato dagli architetti Petr Novikov, Inder Shergill, e Anna Kulik con l'obiettivo di guidare la stampa 3D verso l'uso di materiali

4 Un Braccio antropomorfo a 5 assi è dotato di 3 assi lineari e 2 assi rotativi, per consentire all'utensile di lavorare su un emisfero di almeno 180°.





ecocompatibili.

Altro esempio, ancora una volta di un italiano, è Marblecodesign che nasce nelle cave di marmo di Coreno Ausonio, nel sud del La-



Prototipo stampato con la tecnologia Stone Spray.

zio. L'idea è quella di riutilizzare il materiale di scarto derivante dal processo di produzione dei marmi. Sia i fanghi, sia i rifiuti, sono una conseguenza del sistema produttivo di lavorazione dei marmi e delle pietre, processo che parte dai blocchi estratti dalle cave e, attraverso lavorazioni successive, arriva alle dimensioni desiderate con la produzione di una quantità elevata di polveri e grani di sfido. La polvere di marmo risulta, così, difficile e complessa da smaltirsi. L'idea di Michela Ruggiero e del team con il quale lavora a tale progetto, come si evince dal loro sito, è quella di mescolare queste polveri con resine speciali che catalizzano con raggi UV⁵.

Un particolare studio rivela che il materiale che costituisce la polvere, realizzato nel distretto industriale di Coreno Ausonio, ha una densità media di 2,7015 g / cm³, ed è fatto interamente di CaCO₃ (carbonato di calcio). Ad ulteriore conferma della sua elevata purezza, la diffrazione a raggi X non mostra picchi attribuibili a fasi differenti. L'analisi di setacciatura, così come quella effettuata al microscopio elettronico a scansione (SEM), hanno mostrato

la presenza di particelle di dimensioni variabili da poche decine di nanometri (nm) a 150 micron.

In tal modo, i materiali considerati scarti possono essere riportati a nuova vita e trasformati in materiali ideali per la stampa 3D. Ipoteviticamente, il processo genera un materiale con possibilità d'uso differenti, che vanno dall'architettura al design, dall'arte alla moda.

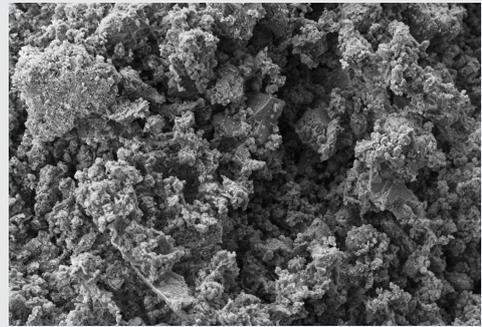


Immagine al microscopio elettronico del materiale prodotto da Marble Ecodesign.

Infine si inserisce tabella riepilogativa riportante le tecnologie e le varie possibilità di lavorazione per la pietra e i marmi:



⁵ Le resine fotopolimeriche hanno la capacità di polimerizzarsi, cioè di indurirsi attraverso l'apporto di luce con determinate frequenze come quella UV.

Studio di fattibilità settoriale: lavorazione pietre e marmi



Tipo di stampante	Tecnologia	Possibili utilizzi
D-Sape	3D print bicomponente. Messa a punto all'MIT essa circa 10 anni fa la stampante è capace di indurire strati sovrapposti di materiale tramite l'uso di un collante	Costruzione di oggetti di grande scala , come case per ricoveri temporanei, sculture, barriere marine.
Contour crafting	Contour crafting, è il sistema che sovrappone strati di inerti miscelati con collanti l'uno sull'altro attraverso ugelli aventi differenti sezioni e di cui si controlla la posizione nello spazio con sistemi simili a quelli della classica Stampante 3D	Costruzione di grandi oggetti come case, o sistemi di perimetrazione murarie. La stessa tecnologia è stata adoperata su oggetti di scala più piccola cambiando il materiale da estrarre e gli ugelli.
Stone Spry	Sistema controllato da un braccio robotico antropomorfo al cui polso sono stati aggiunti due ugelli che spruzzano rispettivamente inerti e collante. La tecnologia ha la capacità di solidificare nello spazio gli inerti.	Utilizzata per lo più in ambito di ricerca, abilita la costruzione di oggetti con grande resistenza di forme organiche.

Tabella II.1 - Stampanti destinate alla lavorazione della pietra e possibili applicazioni

Per quel che concerne la sezione sottrattiva, di sicuro va annoverata la lavorazione che antropomorfi fino a 6 assi possono eseguire su marmi e pietre.

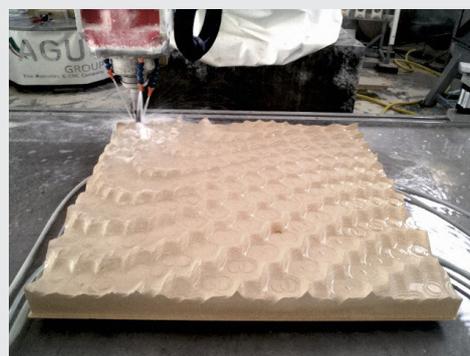
L'avanzamento e la proliferazione di strumenti digitali di progettazione e dei metodi di fabbricazione, incide anche sulla rivalutazione dei processi di progettazione e di costruzione in corso.

Il concorso di progettazione AUTO-Mason è stato avviato per esplorare il potenziale delle applicazioni CAD-CAM nel settore delle costruzioni e promuovere la collaborazione tra il mondo accademico e l'industria, sull'isola di Cipro.

AUTO-Mason-13 si è concentrato su macchine CNC a 7 assi, specializzate nella lavorazione in pietra e marmo. Per i progettisti è stata una sfida affascinante stabilire nuove modalità di comunicazione con tali macchine relativamente vecchie. L'aumento del numero di robot non destinati all'industria automobilistica e aerospaziale ma piuttosto al settore edile, spinge i progettisti ad esplorare le possibilità di quella che sembra un'evoluzione della tecnologia del settore.

Alla luce di quanto sopra, l'azienda Pavlides Marmi, in collaborazione con il Dipartimento di Architettura dell'Università di Nicosia [ARC] e HUB, hanno invitato architetti e designer a presentare le loro proposte progettuali per la prima AUTO-Mason design Competition.

I concorrenti sono stati chiamati a progettare un montaggio lineare di 41 pannelli di pietra che formano il muro di cinta principale della zona industriale di Dali, a Nicosia.



Progetto di Sam Welham, Matthew Gilbert e Era Savvides.





La proposta vincente è arrivata da Sam Welham, Matthew Gilbert ed Era Savvides, avendo soddisfatto con successo la maggior parte degli obiettivi del bando, nonché tutti i requisiti tecnici e tecnologici di AUTO-Mason13. Il team è riuscito a ottenere un risultato fresco ed esteticamente unico, che ha dimostrato la logica intrinseca alla fabbricazione digitale.

La moltiplicazione dell'increspato di una superficie, ha creato un risultato visivamente interessante che è stato ulteriormente celebrato dalla scelta del tipo di pietre. Il progetto riflette mirabilmente paesaggi costieri rocciosi e formazioni geologiche naturali, spesso incontrate nella regione del Mediterraneo orientale.

Il progetto vincitore è stato fabbricato utilizzando la macchina CNC Marbles 7 assi, CNC di Pavlides e, una volta assemblato, diverrà la più grande realizzazione stampata con tecnologie avanzate di Cipro.

Altro esempio da citare, è quello di Satyendra Pakhalé che, pur essendo alla ricerca di forma più classiche, si confronta con tecnologie digitali per la realizzazione dei manufatti.

L'approccio alla fabbricazione digitale è, quindi, una questione di pensiero più che di macchina. Anche nell'ultimo esempio citato, le varie fasi della lavorazione si sono dovute adattare alle macchine già presenti in azienda. In questo caso, il progettista è stato chiamato proprio dall'azienda proprietaria delle tecnologie, per la realizzazione di un oggetto complesso. Naturalmente la parte di finitura è passata alla lavorazione con una 5 assi con raffreddamento ad acqua, che ha smussato la sagoma precedentemente lavorata dalla tagliatrice alternata.



Lavorazione Cigno Nero.

Tale realizzazione, chiamata Cigno nero, è nata, infatti, da una profonda conoscenza degli strumenti utili alla lavorazione delle pietre.

Questo dimostra che un approccio progettuale nuovo, riesce a raggiungere risultati eccellenti anche con tecnologie decisamente obsolete.



Studio di fattibilità settoriale: lavorazione pietre e marmi



Lavorazione della 5 assi per la finitura del pezzo.



Progetto di Sam Welham, Matthew Gilbert e Era Savvides.





Studio di fattibilità settoriale: **agroindustria**



Uno degli ambiti che ha ricevuto maggior interesse da parte della comunità internazionale, sia in termini di attenzione alla ricerca, sia in termini di fondi stanziati, è quello della trasformazione dei cibi eseguita con tecnologie additive.

Tale interesse si muove su due ambiti differenti: il primo riguarda l'attenzione che la FAO e gli organi internazionali approfondono nei riguardi del cibo inteso come diritto alla vita, e verso tutti gli sviluppi sociali e tecnologici che riguardano la produzione e la trasformazione dello stesso. Il secondo ambito, riguarda aspetti inerenti lo stato di salute della razza umana, che passa, in buona parte, come ormai accertato, dal tipo di alimentazione che conduciamo e dalla composizione a livello molecolare dei cibi che ingeriamo.

Sia nel primo che nel secondo caso, gli sviluppi tecnologici della stampa 3D hanno contribuito nella ricerca di possibili approcci ai problemi inerenti tali tematiche.

Infatti, tra tutte le possibili applicazioni per la stampa 3D, sin dall'inizio, quelle alimentari sono state prese in forte considerazione, tanto che persino la NASA ha deciso di investire nella creazione di un prototipo in grado di stampare cibo nello spazio.

Un'esperienza in questo senso, è quella proposta da Foodini, la stampante 3D per il cibo di Natural Machines, lanciata sulla nota piattaforma di crowdfunding Kickstarter ¹, con 129 sostenitori che hanno già garantito 53.620 dollari dei 100.000 richiesti per dare il via al progetto.

Il dispositivo, che funziona con sistema operativo Android ², può essere controllato tramite un display da 7", che permetterà di impostare i cibi da preparare e di consultare tutti i suggerimenti e le ricette della community di Foodini, così come di condividere le proprie idee. Una volta scelta la ricetta da preparare, sarà la stessa Foodini a dire quali e quanti ingredienti inserire nelle capsule.

L'intento di Foodini, è quello di replicare la varietà dell'offerta di cibo presente ora sul mercato, ma fatto con cibo fresco. Inoltre, per au

¹ Kickstarter è un sito web di crowdfunding per progetti creativi. Tramite esso sono stati finanziati diversi tipi di imprese e progetti, tra cui film indipendenti, musica, spettacoli teatrali, fumetti, giornalismo, videogame e imprese legate all'alimentazione.

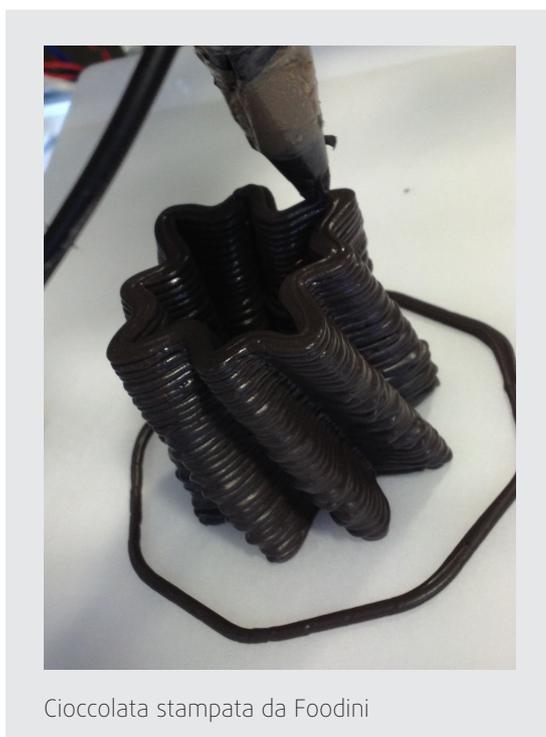
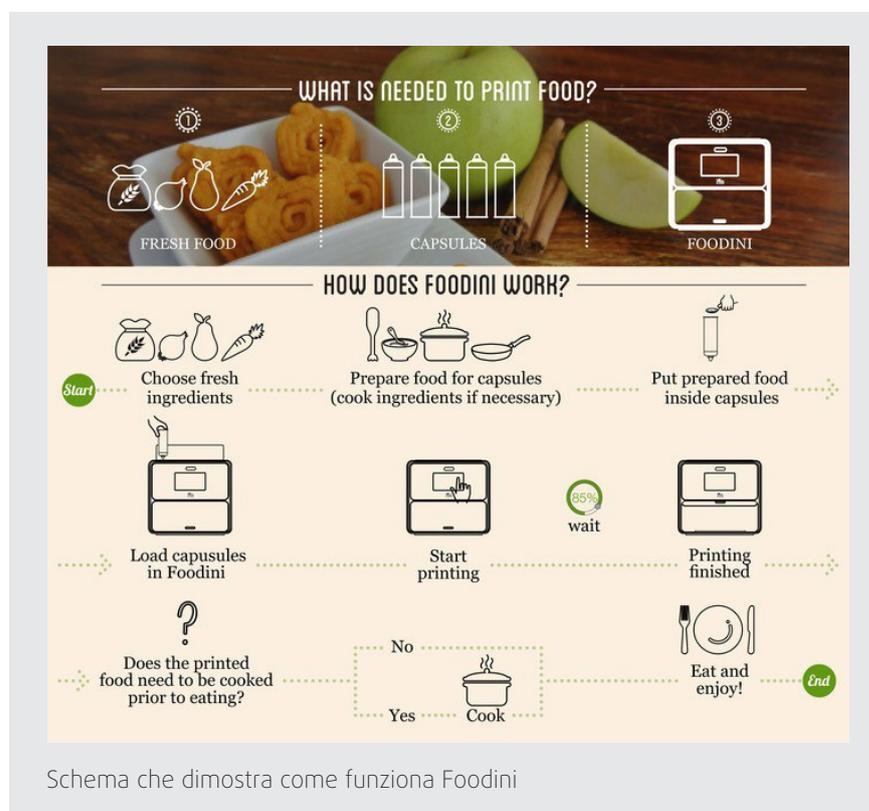
² In informatica Android è un sistema operativo per dispositivi mobili sviluppato da Google Inc. sulla base del kernel Linux. Android è stato progettato principalmente per smartphone e tablet, con interfacce utente specializzate per televisori (Android TV), automobili (Android Auto), orologi da polso (Android Wear), occhiali (Google Glass), e altri.



La stampante per cibo Foodini, di Natural Machine



Studio di fattibilità settoriale: agroindustria



Cioccolata stampata da Foodini



mentare la performance del prodotto, il dispositivo può anche aiutare a presentare il cibo in forme che sarebbe difficile creare a mano.

A volte, infatti, questi strumenti sono utili per creare nuovi piatti, in una versione della cucina 2.0 in cui la qualità degli alimenti è fondamentale nella stessa misura in cui lo è il modo di miscelarli insieme.

Un esempio di alta cucina è da annoverare al ristorante Dos Cielos, di Barcellona premiato con la stella Michelin, dove i due chef, Javier e Sergio Torres, hanno deciso di utilizzare la Foodini per creare i loro raffinati piatti. Da una loro dichiarazione si evince che "Fortunatamente le nostre mani non diventeranno obsolete, la macchina non può dare al cibo un buon sapore: non cucina per te. Ciò che fa è aiutare con l'aspetto visuale a creare forme che altrimenti non sarebbero state possibili prima".



Un secondo caso rilevante, è stato presentato al Consumers Electronics Show 2014³ a Las Vegas, dove per la stampante Chefjet, dispositivo di 3D Systems, prodotto sia in versione consumer che Pro, è stata lanciata la commercializzazione nella seconda metà del 2014.

La direttrice creativa per i prodotti alimentari di 3D Systems, Liz von Hasseln, ha presentato Chefjet in questi termini: "Il cibo è una piattaforma incredibile per la creatività, la sperimentazione e la celebrazione, e siamo elettrizzati per il fatto di mettere queste potenti stampanti 3D nelle cucine dei pasticceri e degli chef". Per la versione consumer della Chefjet, semplice nelle linee, è stato previsto un prezzo al di sotto dei 5.000 dollari (3.625 €), mentre la variante Pro costerà meno di 10.000 dollari e potrà realizzare creazioni di tutti i colori, come quelle in pasta da zucchero dell'immagine sottostante.



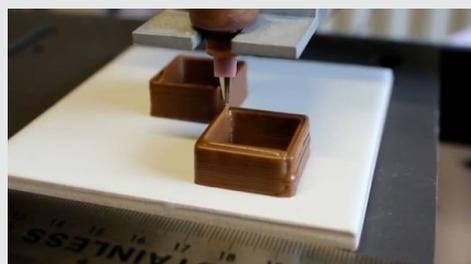
Dolci in Pasta di zucchero - 3D System

Ulteriore esempio di come le tecnologie di stampa si prestino all'uso della trasformazione del cibo, riguarda la lavorazione di un fluido che, per densità, risulta essere simile ai materiali non commestibili che tali tecnologie lavorano con facilità.

Il cioccolato, infatti, si presta all'utilizzo culinario attraverso processi di stampa 3D, poiché, una volta riscaldato, le caratteristiche del mate-

riale sono tali da prestarsi ad un tipo di stampa con tecnologia FDM⁴.

La stampante Chocabyte, dispositivo relativamente a buon mercato (99 dollari, meno di 72 euro), permette di modellare la cioccolata nelle forme che maggiormente si preferiscono o partendo da una foto di un cioccolatino. Il punto critico di tale stampante, sta nelle dimensioni relativamente piccole del piatto di stampa, che impone che le creazioni siano inferiori a 5cm x 5cm x 2,5cm.



Cioccolatini stampati con Chocabyte

Di differente qualità sono i risultati ai quali il progetto BotBQ è giunto. Infatti, l'obiettivo è la creazione di un barbecue con stampante 3D per hamburger.



La stampante per cibo Foodini, di Natural Machine

³ L'International Consumer Electronics Show è una fiera dell'elettronica di consumo allestita dalla Consumer Electronics Association (CEA) negli Stati Uniti d'America.

⁴ FDM è una tecnologia di produzione additiva usata comunemente per la modellazione, la prototipazione e la produzione di applicazioni. La tecnologia fu sviluppata da S. Scott Crump alla fine degli anni ottanta.



Studio di fattibilità settoriale: agroindustria



Progetto di Barilla sulla pasta stampata in 3D

Gli ugelli del dispositivo si stanno rivelando, però, non particolarmente adatti allo scopo, nonostante i molti tentativi effettuati per raffinare il procedimento. Il progetto, open-source, è animato dalla comunità web internazionale, tuttavia, sembra che siano ancora tanti i miglioramenti necessari da apportare, affinché esso risulti coerente con gli obiettivi per i quali è nato.

Oltre alla produzione di stampanti in grado di miscelare gli ingredienti di una ricetta a differenti scale, da quella macroscopica a quella molecolare, grandi case di produzione e di lavorazione di cibo hanno dimostrato un interesse notevole per le tecnologie additive di stampa 3D.

La Barilla, ad esempio, ha in programma di equipaggiare ogni ristorante con una stampante 3D nei prossimi anni e, per fare ciò, ha avviato una partnership con gli olandesi di TNO⁵. La difficoltà maggiore riscontrata in tale progetto sta, al momento, nella velocità di stampa che, secondo Barilla, dovrà quantomeno arrivare a stampare 15-20 pezzi di pasta ogni 2 minuti.

L'aspetto più stimolante di questa idea è l'altissimo livello di personalizzazione, reso pos-

sibile dalla stampa 3D. Basta salvare la forma che si desidera su una chiavetta USB e portarla al ristorante: la 3D printer la stamperà sul posto. Il miglioramento tecnologico, probabilmente, farà sì che, già dai prossimi anni, l'unico vero limite sarà rappresentato dalla fantasia degli utilizzatori.

Infine, è da ricordare come grandi istituti di sviluppo e ricerca investono in tecnologie di stampa per cibo.



Made in Space dimostra la tecnologia di stampa 3D testata nell'ultima missione (credit: Made in Space Inc./NASA)

La NASA insieme a partner privati, ad esempio, sta esplorando la possibilità di utilizzare una stampante 3D per produrre cibo durante le missioni nello spazio. A tale proposito, la NASA ha assegnato uno Small Business Innovation Research (SBIR), per studiare la possibilità

⁵ TNO è un'organizzazione per la ricerca e conoscenza per le aziende, enti governativi e organizzazioni pubbliche. I circa 3.800 dipendenti lavorano per sviluppare e applicare le conoscenze per divenire il più grande istituto di ricerca nei Paesi Bassi.





di utilizzare additivi di fabbricazione, meglio conosciuti come strumenti per la stampa 3D, per stampare il cibo nello spazio. Lo SBIR condurrà uno studio per lo sviluppo di un sistema alimentare 3D, per missioni spaziali di lunga durata.

Il Programma Food Technology della NASA è, quindi, interessato a sviluppare metodi in grado di fornire cibo per soddisfare la sicurezza, la varietà e i requisiti di stabilità nutrizionali per missioni di esplorazione a lungo termine, cercando di utilizzare la minor quantità possibile di risorse e di tempo dell'equipaggio.

L'attuale sistema alimentare utilizzato per le missioni spaziali, non soddisfa le esigenze nutrizionali degli astronauti, né la lunga durata del cibo, essendo caratterizzato da un numero di provviste che garantiscono una conservazione di soli cinque anni a bordo. Se si considerano, però, possibili missioni su Marte o altre missioni di più lunga durata, tale bagaglio risulta insufficiente.

Bisogna escludere, ovviamente, la possibilità di utilizzare la refrigerazione o il congelamento del cibo nello spazio, poiché questi

richiederebbero notevoli risorse spaziali. Inoltre, le attuali dispense utilizzate durante le missioni spaziali, consistono in alimenti preconfezionati con tecnologie che degradano i micronutrienti negli alimenti.

Ulteriore implementazione nel settore di riferimento è da considerarsi l'utilizzo della scheda Arduino⁶ per la gestione in remoto di impianti utili alla coltivazione agroalimentare. Nel maggio del 2012 compare su kickstarter.com il progetto Horto Domi. Esso, è una super-serra a cupola all'interno della quale è possibile coltivare la qualsiasi. Utilizzando Arduino, si riesce a gestire irrigazione, illuminazione, riscaldamento, tramite interfaccia web. Seduti comodamente su un divano, con un laptop sulle gambe o con uno smartphone, con un click è possibile dare la giusta quantità d'acqua alle piante che ne hanno bisogno. Horto Domi ottiene il finanziamento necessario in soli 60 giorni, tramite kickstarter.

⁶ Arduino è una scheda elettronica di piccole dimensioni con un microcontrollore e circuiteria di contorno, utile per creare rapidamente prototipi e per scopi hobbistici e didattici.



La cupola di Horto Domi



Studio di fattibilità settoriale: **agroindustria**



Altro esempio, se pur annoverato solo nell'ambito della ricerca è Prospero, un robot agricolo che lavora in sciami messo a punto da David Dorhout della Iowa State University. Uno sciame di piccoli robot, infatti, ha la capacità di coltivare diverse specie vegetali, centimetro per centimetro, esaminando il terreno prima di piantarle e scegliendo ogni seme in relazione alla varietà di sostanze presenti in quel posto. Idealmente, ciò consente sia di massimizzare la produttività di ogni ettaro, utilizzando meno terra da convertire in terreno agricolo, sia, in ultima analisi, di nutrire più persone. Anche in questo progetto è stato utilizzato Arduino per la gestione dei movimenti del robot.



Progetto Prospero





Studio di fattibilità aziendale



Introduzione

Lo studio di fattibilità ha lo scopo di individuare e redigere un quadro delle opportunità d'innovazione che l'azienda può cogliere grazie all'avvento del digitale nell'ambito della produzione manifatturiera.

Tali opportunità saranno descritte seguendo la comune distinzione che la letteratura applica in merito tra innovazione di processo¹ e innovazione di prodotto². Alle consuete categorie di innovazione è stata aggiunta una terza, funzionale ad esplicitare le intrinseche potenzialità che tecnologie e processi presi in esame portano in luce, identificata come "innovazione diversificante"³.

Al fine di far emergere le opportunità innovative al meglio, ovvero in maniera distinta, per quel che concerne le metodologie d'innovazione applicabili, ed in maniera esaustiva, per quel che concerne tutti i fronti d'innovazione su cui poter operare, lo studio di fattibilità è stato strutturato in quattro sezioni di seguito descritte.



1 Per innovazione di prodotto si intende qualsiasi miglioramento apportato al processo o al prodotto in se che apporti un miglioramento al prodotto finale in termini di prestazioni funzionali, estetiche, strutturali.

2 Per innovazione di processo si intende qualsiasi miglioramento apportato al processo ed a tutte le fasi messe in atto per arrivare al prodotto finale. Esso può avere benefici in termini di riduzione di costi, tempi, ed in generale comporta un aumento delle prestazioni di lavorazione aziendale.

3 Per innovazione diversificante si intende qualsiasi tipo d'innovazione, che sia essa di processo o di prodotto, che miri al raggiungimento di un prodotto estremamente differente da quello normalmente realizzato dall'azienda.





Sezione I: screening aziendale

Una valutazione esaustiva dello stato dell'arte in cui l'azienda si trova ad operare, atta a far emergere il fabbisogno d'innovazione che la stessa esprime in maniera latente o esplicita, richiede un'analisi sia sotto un Profilo Generale (con il titolo di: Dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda) che ne descriva l'organizzazione, il posizionamento e la politica aziendale, sia sotto il Profilo Produttivo (con il titolo di: Aspetti Produttivi) che ne riporti le modalità di lavorazione, l'organizzazione dei processi, le tecnologie coinvolte, gli aspetti progettuali e le criticità rilevate.

Relativamente ad entrambi i profili, Generale e Produttivo, gli elementi rilevati sono classificati e valutati distintamente e si riferiscono ai dati acquisiti durante le visite condotte puntualmente in ogni singola Azienda.

In particolare, per quel che concerne l'indagine degli aspetti Generali dell'azienda, sono stati considerati fattori rilevanti, relativi a:

- descrizione generale;
- mercato: locale, regionale, nazionale, UE, extra UE;
- clienti finali: dettaglio, distribuzione, aziende, privati;
- mercato di approvvigionamento;
- personalizzazione della produzione: su commessa, per linea di prodotto;
- logiche di produzione: just in time, previsioni di mercato;
- Numero di turni: 1, 2, 3
- Durata del turno;
- Numero di operatori;
- Numero di operatori verticalizzati su determinate lavorazioni;
- Lavorazioni: materia prima, semilavorati;
- Cicli di lavorazione: assemblaggio, packaging distribuzione, vendita al dettaglio;
- Conoscenze su aspetti del digitale: open hardware, IoT, design parametrico, digital fabrication;

- Formazione al personale: LBD⁴, interna, esterna, universitaria

Per quel che concerne, invece, gli aspetti Produttivi dell'azienda, sono stati considerati come fattori rilevanti, quelli relativi a:

- Aspetti progettuali: progettazione interna, progettazione esterna.
- Tipologia di prodotto;
- Chiusura dei cicli di produzione: totalmente interni, con interventi esterni;
- Tipologia di software: cad⁵, cam⁶, plc⁷;
- Presenza di scarti: mq, mc (per unità di tempo);
- Tipologia di scarto: legno, compositi, plastiche, metalli, pietra, biologico, altro;
- Destinazione degli scarti;
- Tipologia di macchine presenti in azienda;
- Fasi di lavorazione;
- Tempi di utilizzo macchine: percentuale;
- Età del parco macchine;
- Percorsi d'innovazione già avviati;
- Percorsi d'innovazione suggeriti;
- Certificazioni o brevetti;
- Presenza di filiera.

4 Formazione learning by doing (imparare facendo)

5 Dall'inglese "Computer-Aided Design", "progettazione assistita dal computer".

6 Dall'inglese "Computer-Aided Manufacturing", "fabbricazione assistita dal computer".

7 Il Controllore a Logica Programmabile o Programmable Logic Controller (PLC) è un controllore per industria specializzato in origine nella gestione o controllo dei processi industriali.



Sezione II: potenziale innovativo

La definizione di “potenziale innovativo” è da intendersi peculiare dell’azienda in esame ed ha come unico obiettivo quello di tracciare le sole opportunità legate alle tecnologie e alle metodologie che vanno sotto il nome di “fabbricazione digitale”, fornendo nel loro insieme l’orizzonte di sviluppo al quale l’azienda dovrebbe tendere nelle fasi di programmazione strategica. Esso tiene conto di differenti specificità che, sebbene nel loro complesso costituiscano tutto il ventaglio al quale l’azienda potrebbe far riferimento qualora decidesse di intraprendere percorsi d’innovazione, hanno però natura eterogenea. Infatti, se pur in maniera generale, tali specificità si differenziano per innovazioni di prodotto, di processo o diversificanti, queste ultime da intendersi come percorsi che porterebbero alla creazione di prodotti ex novo o addirittura di spin off aziendali.

Le opportunità d’innovazione proposte, scaturiscono da criteri estremamente differenti ma ben identificabili:

- Criteri dettati dalle caratteristiche del progetto di cui questo report costituisce strumento operativo;
- Aspetti delle lavorazioni valutati come nevralgici ai fini produttivi;
- Criteri di costo-beneficio riguardanti l’acquisto di nuove macchine o software ad hoc;
- Criteri legati all’indirizzo esplicito dell’imprenditore;
- Criteri legati al grado di familiarità da parte dell’azienda con gli strumenti e le politiche della fabbricazione digitale;
- Criteri legati alla versatilità e la massimizzazione delle macchine già in possesso dell’azienda;
- Criteri legati a vantaggi evidenti ed immediati;
- Criteri legati alla carenza di conoscenza in ambito digitale;
- Criteri legati a percorsi d’innovazione già posti in essere.

Sezione III: percorsi di innovazione suggeriti

All’interno del ventaglio di possibilità che si offrono all’azienda, sono stati individuati percorsi singoli o molteplici che se intrapresi da questa stessa, realizzerebbero lo scarto innovativo più alto.

Il presupposto al quale la valutazione dei percorsi tende, è quello di far giungere l’azienda dal suo stato attuale alla fine dell’iter d’innovazione nel minor tempo possibile, sfruttando il maggior numero di risorse già esistenti e ottenendo, in comparazione con altri percorsi, il più alto valore del prodotto innovato alla fine della lavorazione.

L’approccio seguito per l’individuazione dei percorsi, segue la modellistica di ambito valutativo per la realizzazione di scelte di percorso ed utilizza una commistione di criteri soggettivi e oggettivi, trasformati in indici, al fine di ottenere dei rating numerici di guida nella scelta.

Fase I

Il primo passo effettuato riguarda l’extrapolazione degli indicatori dai dati rilevati durante le visite aziendali, che descrivessero lo stato dell’arte delle aziende relativo alla fabbricazione digitale.

In tal senso, sono stati individuati 6 indicatori:

A. Livello di digitalizzazione della produzione: dalla rilevazione delle macchine a controllo numerico presenti in azienda, si è cercato di distinguere le macchine monoscopo da quelle che invece possiedono una flessibilità tale da poter essere usate per vari tipi di lavorazione. Il dato estrapolato, dunque, consiste nel rapporto tra il numero di macchine multiscopo (MP) e il numero di macchine monoscopo (MU): MP/MU;

B. Flessibilità: nell’ambito delle macchine a controllo numerico multiscopo, è stata rilevata per ognuna il livello di flessibilità, assegnando un punteggio da 0 a 1 in relazione alla capacità delle macchine di eseguire lavorazioni differenti

studio di fattibilità aziendale

da quelle a cui attualmente è preposta, e considerando a titolo di esempio un braccio antropomorfo a sei assi più flessibile di un pantografo 3 assi. In questo esempio dunque il braccio robotico a 6 Assi avrà punteggio 1.

Macchine	Peso assegnato
bordatrice	0
sagomatrice	0
3 assi	0,6
3 +1 assi	0,8
5 assi	1
6 assi	1
laser scanner	1
levigatrice	0
robot verniciatura	0,6
sezionatrice	0
antropomorfo	1
plotter ad intaglio	0,4
sega a nastro	0
saldatrice	0,6
pulitrice	0

Tabella 1: indice di flessibilità delle macchine

C. Livello di conoscenza di uno o più software: con tale indicatore è stato rappresentato il livello di conoscenza proprio delle aziende visitate, relativo ai software utili alla fabbricazione digitale. Da una panoramica generale delle aziende, è stata rilevata la griglia delle seguenti peculiarità, a cui si è assegnato peso ponderato:

Livello di conoscenza del software	Peso assegnato
Nessuna conoscenza di software CAD/CAM	0
Conoscenza di uno o più software CAD generici	0.3
Conoscenza di Alphacam	0.6
Conoscenza di Rhinoceros	1

Tabella 2: livello di conoscenza dei software

D. Consapevolezza della fabbricazione digitale: durante la visita aziendale è stato compreso il livello di conoscenza esistente sui temi della fabbricazione digitale e, in particolare, sulle tematiche dell'open hardware, dell'IoT (Internet of Things), del design parametrico, della fabbricazione digitale. Dalla rilevazione del livello di ognuno di questi parametri si è potuto stimare tale livello in una scala da 0 a 4;

E. Attitudine alla fabbricazione digitale: con tale indicatore sono state considerate le richieste provenienti dall'azienda in termini di upgrade tecnologico, considerando tali richieste anzitutto come delle necessità riscontrate dalle imprese e, in secondo luogo, come una sensibilità da parte delle aziende a recepire i temi della fabbricazione digitale. Tale parametro verrà considerato in una fase successiva del sistema di valutazione, in modo tale considerare la specificità della richiesta pervenuta.

F. Difficoltà del progetto: dall'esperienza sulla fabbricazione digitale, dalla rilevazione delle richieste di cui all'indicatore precedente e dalla rilevazione di fabbisogno tecnologico in tema di fabbricazione digitale dedotta dall'analisi delle aziende visitate, sono state stabilite le seguenti categorie d'intervento o parametri:

1. Miglioramento performance macchine CNC
2. Ottimizzazione file di fabbricazione
3. Avviamento entry level ad altri software
4. Arduino per automazione processo
5. Realizzazione di un nuovo prodotto
6. Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale
7. Acquisto nuova macchina CNC
8. Arduino per prodotti intelligenti
9. Hacking hardware
10. Costruzione nuova macchina CNC
11. Nuovo approccio al Computational Design
12. Sviluppo nuovo software



13. Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale

Come già avvenuto per l'indicatore precedente, anche tale indicatore entrerà in gioco in una fase successiva del sistema di valutazione.

Fase II

A seguito della creazione degli strumenti di valutazione, si è avviata la prima fase di studio definendo per ogni azienda un rating relativo agli indicatori da A a D.

Successivamente, è stato considerato il peso con cui ognuno di questi parametri costituisce una leva che indirizzasse la scelta verso uno dei percorsi individuati nella descrizione dell'indicatore F – Difficoltà del Progetto.

Più precisamente, per ognuno dei parametri descritti all'indicatore F, si sono stabilite delle soglie di accesso così come descritto nella seguente tabella:

	Parametri	Indicatori e pesi assegnati			
		A.	B.	C.	D.
1	Miglioramento performance macchine CNC	0,3	0,6	0,6	0,7
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,2	0,2	0,6	0,3
3	Avviamento entry level ad altri software	0,1	0	0,7	0,3
4	Arduino per automazione processo	0	0	0,6	0,7
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,7	0,7	0,7	0,7
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0	0	0,2	0,8
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,2	0	0,5	0,9
8	Arduino per prodotti intelligenti	0	0	0,8	0,9
9	Hacking hardware	0,8	0,5	0,8	0,9
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,2	0	0,5	0,5
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,8	0,2	0,8	0,6
12	Sviluppo nuovo software	0	0	0	0,6
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0	0	0,8	0,5

Tabella 3: pesi di ogni indicatore sugli specifici percorsi



studio di fattibilità aziendale



Per ogni azienda, dunque, vengono sommati i valori dei singoli indicatori (A, B, C; D) relativamente ad ogni parametro individuato dall'indicatore F: qualora l'indicatore sia uguale o al di sopra della soglia prevista per quel parametro, il valore dell'indicatore viene sommato. Qualora l'indicatore sia al di sotto di tale soglia, il contributo dell'indicatore sarà pari a zero.

Quest'analisi consentirà di ottenere un quadro generale in grado di fornire una propensione delle aziende ad un percorso d'innovazione piuttosto che ad un altro.





Fase III

Successivamente sono stati pesati i valori ottenuti con la difficoltà oggettiva di progetto, stabilendo 3 ordini di difficoltà:

	Ordini di Difficoltà	Peso assegnato
1	Intervento non complesso	1
2	Intervento mediamente complesso	0,9
3	Intervento molto complesso	0,8

Tabella 4: gradi di difficoltà dei percorsi

I 3 ordini di difficoltà opportunamente ponderati sono stati così distribuiti sui parametri attinenti l'indicatore F:

	Indicatore F – Parametri	Peso assegnato
1	Miglioramento performance macchine CNC	0,9
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	1
3	Avviamento entry level ad altri software	1
4	Arduino per automazione processo	0,8
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,9
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,8
7	Acquisto nuova macchina CNC	1
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,8
9	Hacking hardware	0,8
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,8
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,9
12	Sviluppo nuovo software	0,8
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	1

Tabella 5: grado di difficoltà assegnati ai singoli percorsi



studio di fattibilità aziendale

Fase IV

Si è deciso di comporre il risultato finale con diversi contributi provenienti da diversi dati di input:

Tipo di input	Peso
Input di rilevazione	50%
Richieste dirette delle aziende	20%
Valutazione interna al report	30%

Tabella 6: pesatura dei punteggi rispetto alle valutazioni oggettive, soggettive e misurate

In questa fase si è dunque proceduto alla normalizzazione dei valori finora ottenuti facendo in modo che pesassero per un totale del 50% del risultato finale.

Fase V

In questa fase è stato introdotto l'indicatore E sommando al risultato finora ottenuto, relativo ai parametri corrispondenti alle tipologie di progetto indicate dalle aziende, un coefficiente di 0,2.

Fase VI

Infine, è stato espresso un giudizio soggettivo sui progetti maggiormente indicati, in relazione a parametri più generali e complessi difficilmente rappresentabili in indici. Pertanto, è stato sommato un valore di 0,3 ai parametri corrispondenti alle tipologie di progetto ritenute maggiormente indicati per l'azienda esaminata.

Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

La valutazione dei percorsi di innovazione suggeriti, infine, è accompagnata dalla sezione IV denominata Possibili ostacoli al percorso d'innovazione dove si è tracciato un quadro dei possibili ostacoli da superare che naturalmente accompagnano qualsiasi percorso. Tali ostacoli possono essere sia di carattere endogeno, cioè interno all'azienda, sia di carattere esogeno, cioè dovuti a fattori esterni quali la mutata politica dell'azienda, le oscillazioni dei mercati di approvvigionamento e di riferimento, le difficoltà di posizionamento dei nuovi prodotti.

In linea generale, tale paragrafo va inteso solo come alert senza minare in alcun modo la fattibilità dei progetti proposti. In tal modo, le criticità connaturate ai percorsi d'innovazione potranno essere preventivamente risolte.



Azienda:

Lady Cucine srl

Sezione I: screening aziendale

Dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

L'azienda colpisce, dal primo istante, per la sua identificazione con la proprietà che si manifesta brillante e particolarmente dotata di visione e immaginazione. Tali caratteristiche, danno subito la percezione del salto esistente tra una generica azienda di arredi e Lady Cucine srl. L'azienda in questione, si occupa di fornire soluzioni finite di arredo ai propri clienti. Il prodotto viene seguito in tutto il suo iter, che va dalle richieste del cliente, all'installazione presso l'abitazione dello stesso. Il tutto viene gestito attraverso un flusso di lavoro determinato e chiaro.

La progettazione, gestita in maniera modulare dall'azienda, soddisfa in modo convincente le specifiche esigenze dei suoi clienti. Lady Cucine è in grande espansione, essendo alla ricerca di nuovi mercati, nuove soluzioni, nuovi prodotti, innovative strategie di approccio al cliente e nuovi modi di pensare la progettazione modulare, senza dover imporre limiti alle possibilità di richiesta da parte dei clienti finali.

La conoscenza delle tematiche riguardanti la fabbricazione digitale non è particolarmente spiccata, eppure l'avvicinamento ad esse, da parte della proprietà, ha lasciato tracce intense che sollecitano nuove immaginazioni.

L'azienda dispone di risorse, in termini di macchinari, di personale e di conoscenze, che esprimono un potenziale sommerso così alto da essere facilmente portato ad emersione, generando una ricaduta in termini di efficienza e di possibilità d'implementazione del prodotto.

Aspetti produttivi

Lady Cucine dispone di un numero molto alto di tecnici preposti all'utilizzo dei software, grazie alla verticalizzazione sul prodotto: l'azienda segue l'intero ciclo produttivo, a partire dalla rete di vendita autonoma, infatti, non si tratta di una classica rete vendita di soluzioni finite o di moduli assemblabili, ma di una rete di progettazione e consulenza.

L'azienda vanta, inoltre, diversi punti vendita (in particolare nella regione Puglia) i quali sono dei veri e propri uffici di progettazione, in grado di accogliere e recepire le istanze dei clienti trasformandole in progetti preliminari.

La bozza di progetto così realizzata, dà un impulso alla squadra di rilevazione misure, che si reca presso l'abitazione del cliente per un rilievo esatto delle quote utili all'intervento. Successivamente, i dati rilevati e la bozza progettuale concorrono alla realizzazione di un prospetto definitivo che tiene conto anche dell'ingegnerizzazione e, quindi, della reale possibilità di lavorazione di quanto progettato. Già le fasi su descritte, danno la misura della quantità di persone che partecipano al ciclo di progettazione.

Le schede di lavorazione passano, poi, dalla fase di progettazione definitiva e dall'ingegnerizzazione, agli addetti alle macchine presenti nel reparto produttivo, settore quest'ultimo, che appare subito piuttosto ordinato e ben gestito, sebbene la fase di messa in macchina venga gestita totalmente a bordo da un operatore che, grazie alla scheda di lavorazione cartacea, viene a conoscenza delle lavorazioni necessarie e può, così, decidere i parametri di queste.

Alcune criticità emerse durante la visita in azienda, riguardano la forte discrezionalità degli operatori in produzione. Le fasi di nesting¹, ad esempio, vengono eseguite totalmente dalla mente esperta dell'operatore della

¹ Il nesting è il processo di ottimizzazione dei percorsi di lavorazione delle macchine a controllo numerico.

Studio di fattibilità aziendale



sezionatrice. Allo stesso modo, gli operatori delle macchine CNC 3 assi, ricreano autonomamente con i software a disposizione a bordo macchina, la geometria del pezzo da lavorare e programmano le lavorazioni necessarie. Tutto ciò espone il processo produttivo a margini di errore non controllabili e, soprattutto, limita significativamente le possibilità di prodotto.

In merito al magazzino, è stato fatto un lavoro molto attento sui temi della flessibilità e dello smobilizzo di capitale di materia prima. L'azienda col tempo ha iniziato a rifornirsi di prodotti grezzi da rifinire opportunamente durante le varie fasi, compresa la verniciatura.

La lavorazione non sembra fornire materiale di risulta in quantità tali da costituire un problema.



Sezione II: potenziale innovativo

Innovazione di prodotto

Categoria: nuovo approccio al Computational Design

Acquisizione delle conoscenze specifiche per la progettazione complessa del prodotto cucine, dalla consulenza alla fabbricazione

Sulla base delle risultanze emerse nel corso della visita aziendale, si ritiene utile l'implementazione di un percorso finalizzato all'adozione di un approccio progettuale complesso che consentirebbe di esaltare aspetti commerciali e di progettazione ad oggi già attivati dall'azienda. L'obiettivo è quello di facilitare l'ingegnerizzazione del prodotto e di migliorare la capacità di resa visiva al cliente in fase di vendita.

Il percorso è ipotizzato in funzione alle possibilità di fabbricazione possedute ad oggi dall'azienda, ma, tuttavia, potrebbe risultare necessario l'acquisto di una nuova macchina CNC² le cui caratteristiche saranno valutate nella fase iniziale di tale iter.

L'azienda dovrà prioritariamente individuare, all'interno o all'esterno dell'impresa:

- Una figura dotata di skills adatte alla progettazione architettonica e al design;
- Agenti progettuali e di vendita che dovranno utilizzare i nuovi tools.

L'obiettivo è quello di:

- Aumentare l'efficienza in fase progettuale;
- Supportare le fasi di ingegnerizzazione di prodotto;
- Favorire il confronto con il cliente, sin dalle fasi progettuali.

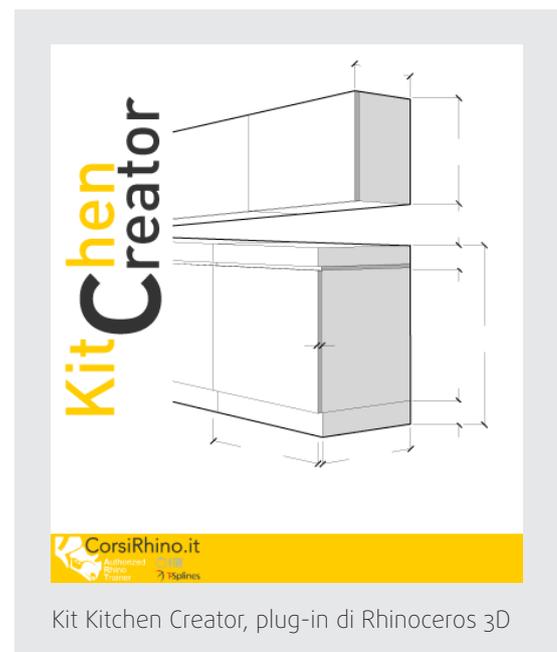
Si consiglia una formazione sui software di modellazione e rendering³ che, attraverso una

² Le CNC (Computer Numerical Control, in inglese) sono macchine utensili programmabili e controllabili attraverso un calcolatore.

³ "Rendering" è un termine della lingua inglese che, in senso ampio, indica la resa grafica di un oggetto o di un'architettura.

pre-visualizzazione fotorealistica, consentono di aumentare l'efficienza in fase progettuale semplificando le lavorazioni consuete. La formazione riguarderà, quindi, le seguenti tematiche:

- Modellazione 3D: il software utilizzato potrebbe essere Rhinoceros⁴, un CAD che presenta notevoli vantaggi, quali la facilità d'interfaccia, la leggerezza di calcolo, la possibilità di funzionare da supporto per una serie notevole di plug-in anche gratuiti, la modellazione per superfici, la precisione delle lavorazioni su diversi materiali (es. legno). A questo proposito, si segnala l'esistenza



Kit Kitchen Creator, plug-in di Rhinoceros 3D

di Kit Kitchen Creator, un plug-in di Rhinoceros per creare armadi e arredi da cucina. Tale plug-in non è inteso come uno strumento di progettazione, ma è solo per il rendering e l'illustrazione. Il plug-in è uno

⁴ Rhinoceros, comunemente chiamato "Rhino", è un software applicativo commerciale per la modellazione 3D di superfici sculturate (free form) realizzato da Robert McNeel&Associates. Viene normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, per la prototipazione rapida, il reverse engineering e per il design della comunicazione.

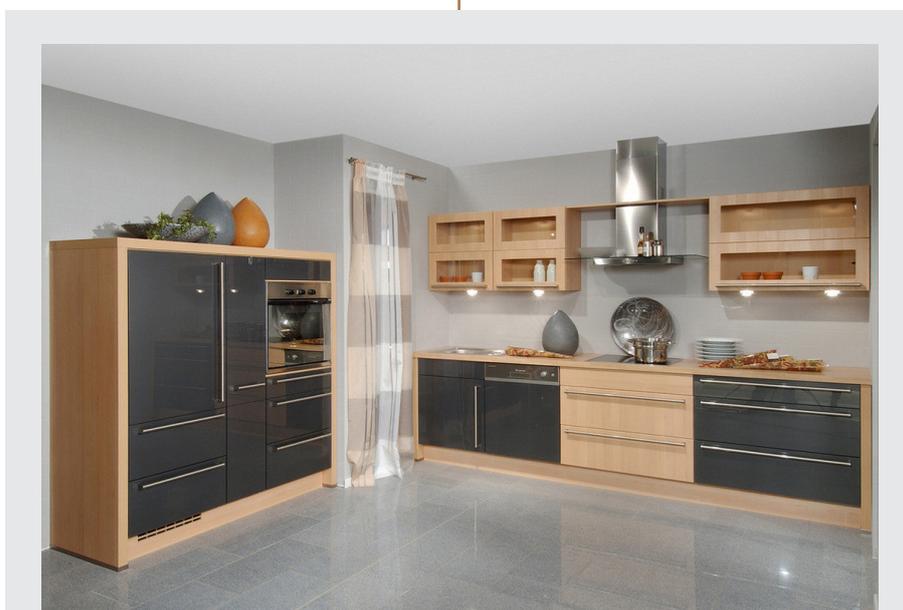
Studio di fattibilità aziendale



script Python⁵ con un'interfaccia utente grafica, in grado di offrire la possibilità di inserimento delle dimensioni dei moduli e di creare cucine con tutti i dettagli necessari per un rendering;

- Renderizzazione: a tal fine si consiglia V-Ray, un software che compare come plug-in di diversi ambienti di modellazione 3D, tra cui Rhinoceros, ed è caratterizzato da un'estrema velocità nel calcolo del Ray tracing⁶, tecnica che segue i raggi partendo dal punto di vista della telecamera piuttosto che dalle sorgenti di luce, semplificando alcuni effetti ottici avanzati, ad esempio un'accurata simulazione della riflessione e della rifrazione, restando efficiente in modo da permetterne l'uso, in caso si voglia ottenere un risultato di alta qualità.

Successivamente, sarà strutturato e realizzato un percorso di formazione che verterà su aspetti progettuali di design computazionale e, in particolar modo, sulla generazione di pattern⁷ da applicare ai pannelli che compongono le attuali cucine. I software computazionali che abilitano a tali scopi, sono strumenti che, attraverso la gestione di parametri endogeni ed esogeni rispetto ad un oggetto, consentono di gestire la complessità di un progetto in tutti i suoi aspetti. Si suggerisce l'adozione di un software di progettazione parametrica come Grasshopper. Attraverso un diagramma a nodi che descrive la relazione tra le parti (logica associativa), Grasshopper consente di generare forme tridimensionali complesse di un qualsiasi progetto. I modelli 3D sviluppati con Grasshopper sono sistemi dinamici modificabili in tempo



Esempio di render di cucina realizzato con V-Ray per Rhinoceros

⁵ Python è un linguaggio di programmazione dinamico orientato agli oggetti, utilizzabile per molti tipi di sviluppo software.

⁶ Il Ray tracing è un algoritmo che produce visualizzazioni modellate matematicamente delle scene usando una tecnica che segue i raggi partendo dal punto di vista della telecamera, piuttosto che dalle sorgenti di luce.

reale mediante la variazione dei parametri definiti durante la costruzione del diagramma, con vantaggi immediati in termini di esplorazione

⁷ "Pattern" è un termine inglese di uso diffuso, che può essere tradotto, a seconda del contesto, in "disegno, modello, schema, schema ricorrente, struttura ripetitiva".



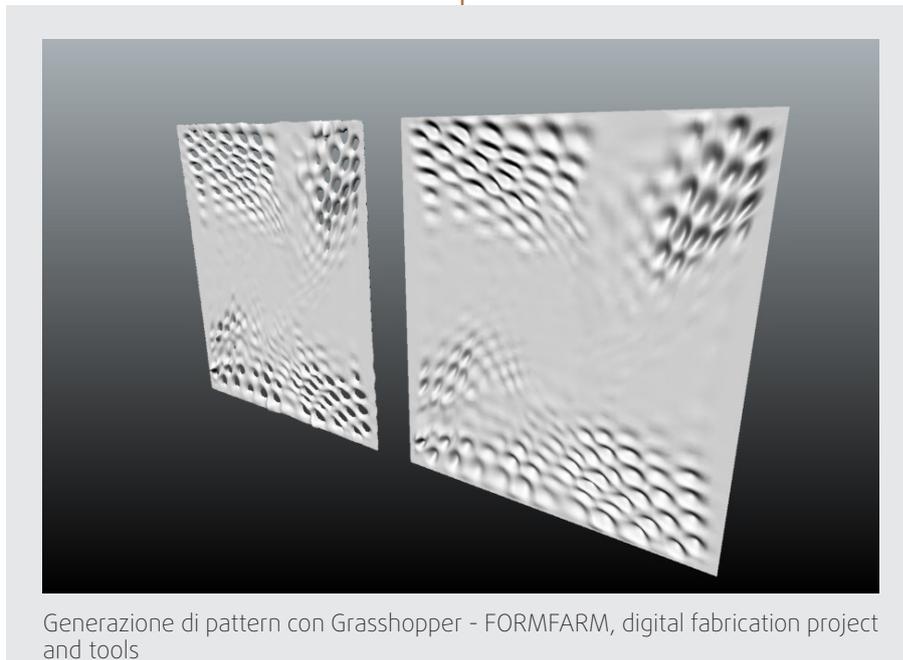


formale e di controllo/razionalizzazione di forme complesse.

Come diretta conseguenza della logica associativa, è possibile creare legami concettuali ed effettivi, tra i diversi livelli di approfondimento progettuale. In altri termini, la modifica di un parametro a scala più ampia, è in grado di gene-

tware come Grasshopper, si consiglia di dotarsi di un software CAM, come RhinoCam, (plug in di Rhinoceros) che consenta la simulazione dei percorsi utensili.

Realizzate le precedenti fasi, bisognerà procedere ad un lavoro di programmazione del percorso, che si esplicita in:



Generazione di pattern con Grasshopper - FORMFARM, digital fabrication project and tools



rare una propagazione di trasformazioni tali da giungere alla congruente ridefinizione di dettagli a piccola scala: è possibile ipotizzare un link diretto tra i parametri relativi alla forma generale di una superficie complessa e le caratteristiche geometriche di un nodo strutturale, il tutto guidato da logiche di relazione definite dal designer. Razionalizzazione della forma, scomposizioni, sviluppo di superfici complesse in elementi piani, grazie a Grasshopper, cessano di essere operazioni "a posteriori", per essere integrate nel medesimo processo di definizione formale. Attraverso la formazione all'utilizzo di Grasshopper, la risorsa sarà in grado di gestire i parametri e le caratteristiche di ogni singola lavorazione, in base alle specifiche esigenze del singolo cliente.

Data la complessità delle lavorazioni a cui si sarà abilitati, a seguito dell'adozione di sof-

- Modellizzazione del catalogo di produzione.

Questa fase è necessaria per capire quali sono gli oggetti che l'azienda produce, con tutte le relative varianti, al fine di costruire, poi, una definizione di Grasshopper che sia in grado di emulare i planner delle principali aziende concorrenti (es. IKEA). In questo modo si favorirà il dialogo con il cliente che avrà possibilità di ottenere una pre-visualizzazione con un buon livello di dettaglio;

- Costituzione di un team di esperti di design parametrico⁸ e tecnici interni all'azienda (o tecnici delle lavorazioni effettuate in azienda) per la progettazione del modello Grasshopper che diventerà il layout dei progettisti/commer-



⁸ Il design parametrico, basa la generazione di forme sulla gestione di dati attraverso algoritmi.

Studio di fattibilità aziendale



ciali dell'azienda.

Tale team lavorerà all'ottenimento di un "prototipo software in Grasshopper", che sarà ottimizzato attraverso opportuni test condotti con l'ausilio di esperti esterni dotati delle skills già citate.

Strumenti come Grasshopper, infatti, abilitano non solo alla generazione di geometrie complesse, ma anche alla creazione di routine di calcolo (simil-software) che possono essere usate come interfaccia tra il commerciale/progettista e gli utenti finali. Tali routine sono, di per sé, complesse definizioni, costruite in Grasshopper in maniera personale, sulle specifiche esigenze aziendali.

Data la complessità dell'intero percorso, si stima un tempo di realizzazione di almeno 12 mesi.



Innovazioni di prodotto

Categoria: acquisto di una nuova macchina CNC

Dotazione di macchina a controllo numerico per la lavorazione di elementi d'arredo in legno, con finiture complesse

L'azienda, per ampliare la gamma di prodotti offerti sul mercato e dotarsi della possibilità di offrire ai propri clienti un prodotto sempre più unico e ricercato, potrebbe intraprendere un percorso caratterizzato dall'acquisto di una Fresa CNC a 3 o più assi.

La CNC consigliata, abiliterebbe l'azienda a lavorazioni con finiture tridimensionali su legno, consentendole non solo di ampliare la gamma produttiva, ma anche di rafforzare il posizionamento competitivo, differenziando le produzioni dal punto di vista delle finiture complesse. L'implementazione di tale percorso richiede che l'azienda:

- Si avvalga della consulenza di addetti al settore, al fine di essere supportata nell'acquisto di una Milling Machine a 3 assi (X, Y e Z) e cambio utensile automatico. Le ulteriori caratteristiche che incideranno sulla scelta del modello da acquistare, saranno definite durante il percorso;
- Proceda all'identificazione di una figura interna al reparto produttivo, dotata delle competenze necessarie per gestire la macchina CNC.

La risorsa individuata, sarà inserita in un percorso di formazione su:

- Software di modellazione tridimensionale come Rhinoceros o Blender⁹, che, dotati di caratteristiche tipiche di sistemi avanzati di modellazione, permettono di realiz-

⁹ Blender è un programma libero per la modellazione e il rendering di immagini ed animazioni tridimensionali. Può essere utilizzato anche per lo sviluppo di oggetti tridimensionali (UV unwrapping), simulazioni di fluidi, di rivestimenti, di particelle, altre simulazioni non lineari e creazione di applicazioni/giochi 3D.



- zate praticamente ogni oggetto;
- Software per la generazione di file percorso utensile;
- Modalità e tecniche di fabbricazione di geometrie, attraverso l'utilizzo di macchine CNC.



Innovazioni di processo

Categoria: avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale

Acquisizione di strumenti per la generazione automatica dei percorsi utensile

Nel corso della visita aziendale sono emersi, all'interno del processo produttivo, dei colli di bottiglia dovuti alla gestione manuale di talune operazioni. In particolare, per quanto riguarda l'immissione manuale di dati nelle macchine CNC, questa comporta tempi di latenza ed aumento della probabilità di errore.

L'azienda potrebbe, quindi, optare per un percorso finalizzato alla semplificazione di tali operazioni. Si rende, pertanto, necessaria:

- L'individuazione di una figura interna al reparto tecnico o esterna al personale, dotata di skills adatte alla progettazione architettonica e al design;
- La formazione su software con spiccata versatilità e facilità d'interfaccia (si consiglia di optare per Rhinoceros);
- La formazione sul software Grasshopper, al fine di ottenere automaticamente le geometrie ed i relativi codici per la generazione del percorso macchina errori di immissione dati.

Il percorso abiliterà, alla generazione del linguaggio macchina direttamente attraverso il software di progettazione, il che permetterà di passare, in tempi ridotti, dalla progettazione alla lavorazione in macchina.

Come descritto per i precedenti percorsi, l'utilizzo di software di gestione delle informazioni come Grasshopper, abilita a differenti tipi di output finali delle informazioni trattate. Uno di questi potrebbe essere la generazione automatica dei codici che gli operatori immettono, ad oggi manualmente, all'interno dei software a bordo macchina.





Sezione III: percorsi d'innovazione suggeriti

L'azienda Lady Cucine srl è sicuramente tra quelle con un potenziale molto alto all'interno del campione regionale analizzato: ha una buona presenza di macchine a controllo numerico, una conoscenza embrionale sul design parametrico, molta immaginazione sulle tecnologie di fabbricazione digitale, un approccio orientato al cliente tramite progettazione parametrica (intesa come possibilità di modifica di quote di moduli predefiniti), e un gran numero di personale aziendale formato sui software.

Tabella III.1 – indicatori

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	0,33
B	Flessibilità	0,6
C	Livello di conoscenza di uno o più software	0,3
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	1,5

Tabella III.2 – Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,18
3	Avviamento entry level ad altri software	0,18
4	Arduino per automazione processo	0,05
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,13
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,05
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,05
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,2
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,2
12	Sviluppo nuovo software	0,28
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,2

Tabella III.3 – Valutazione finale della propensione ai Percorsi di Innovazione (da 0 a 1)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,48
3	Avviamento entry level ad altri software	0,18
4	Arduino per automazione processo	0,05
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,13
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,05
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,05
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,2
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,7
12	Sviluppo nuovo software	0,58
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,7

Quanto riscontrabile empiricamente, è verificato anche dal sistema di valutazione, nell'ambito del quale, l'azienda ha realizzato alcuni tra i punteggi più alti in senso assoluto relativi al campione analizzato.

Quello che, tuttavia, spicca dal grafico sopra riportato, è la grande propensione verso nuovi approcci alla progettazione.

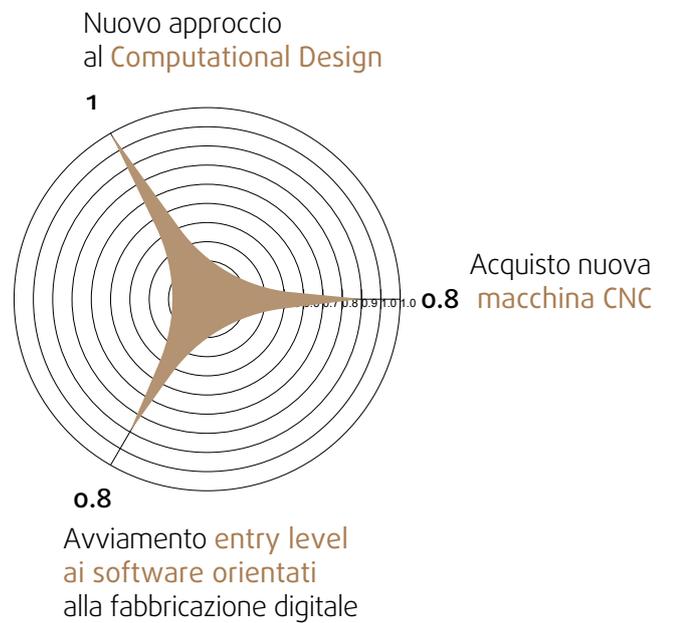
Tale percorso potrebbe essere portato a termine in modo agevole, nonostante la mancanza dei prerequisiti software che hanno fatto emergere una forte propensione ad altri percorsi. Si ritiene, infatti, che la presenza di tecnici qualificati ed esperti presenti in numero elevato, possano rendere relativamente facile il recupero dei prerequisiti necessari (la conoscenza base di Rhinoceros) e consentano di puntare ad un percorso più complesso, strutturato intorno all'apprendimento dell'ambiente Grasshopper.

Tale percorso, dunque, potrebbe rispondere a diverse esigenze, esplicite e implicite dell'azienda.





Lady Cucine srl chiede, infatti, in forma esplicita, la possibilità di poter gestire la commessa in forma modulare, senza rinunciare alla personalizzazione. La risposta a questa esigenza, può essere diversa da quella attesa dall'azienda stessa ma, tuttavia, molto più efficace. L'utilizzo di Grasshopper, infatti, consentirebbe di creare dei preset di moduli già tarati sulle possibilità realizzative della produzione, ma con livelli di personalizzazione molto alti, in grado di soddisfare esigenze estetiche e funzionali molto specifiche, nonché di abbreviare le fasi di ingegnerizzazione e passaggio dalla bozza di progetto al progetto definitivo.



Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale



Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Il percorso delineato è fortemente abilitante e trova una situazione particolarmente favorevole, nonché un potenziale molto alto. Tuttavia, il percorso presenta alcune criticità.

Anzitutto, va specificata la complessità dell'ambiente Grasshopper. La gestione dei dati ai fini della modellazione, è una competenza che, per lo più, esula dal percorso di studi di un tecnico o di un architetto. Questo rende difficoltoso il primo approccio a tale ambiente, ma tuttavia superabile attraverso un impegno massimo e una dedizione costante, durante l'intero percorso di apprendimento.

In secondo luogo, una volta appresa la tecnica, è necessaria una grande consapevolezza dei nuovi orizzonti possibili, per poter ricostruire l'immaginario progettabile, alla luce delle possibilità offerte da nuovi strumenti, e, al contempo, per poter calare tale immaginario nella soluzione dei problemi quotidiani.

Infine, non va trascurato lo scenario successivo in cui i progettisti inizieranno a chiedere di più alle macchine già presenti in azienda, al fine di poter mettere in atto la propria progettazione.

A tale percorso vanno aggiunte, poi, eventuali resistenze interne che potrebbero crearsi in un'azienda strutturata con un flusso di lavoro così ben delineato, come quello di Lady Cucine. Tali possibili ostacoli, per essere superati, richiederanno da parte della proprietà aziendale, una forte motivazione ad intraprendere ed implementare il suddetto percorso di innovazione.





Azienda:

Cooperativa Serramenti Coserplast



Sezione I: screening aziendale

Profilo generale dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

La Cooperativa Serramenti Coserplast produce infissi in PVC, in legno-alluminio e persiane in alluminio. Oltre al PVC, materiale primario, l'azienda esegue anche lavorazioni utili alla rifinitura degli infissi, in alluminio e ferro.

L'azienda, per quanto riguarda l'infisso in PVC, è leader regionale e si propone, da diversi anni, anche a livello nazionale, mediante una strutturata rete commerciale. Per quanto riguarda lo sviluppo tecnologico dei prodotti, la Coserplast ha intrapreso, negli anni, diversi progetti basati sulla ricerca e sull'innovazione, con la finalità di migliorare le prestazioni e le funzioni del prodotto finito.

Il gruppo imprenditoriale, diretto da un management attento alle dinamiche di mercato, è amministrato con una significativa attenzione rivolta al ciclo produttivo, all'ottimizzazione del processo e all'ottenimento di un prodotto di qualità.

Attualmente, il management aziendale non ha una conoscenza approfondita della fabbricazione digitale, ma si è mostrato disponibile ad intraprendere eventuali opportunità di miglioramento qualitativo del prodotto aziendale, mediante tali approcci.

L'esperienza maturata nel settore e un confronto costante col mercato concorrente, hanno portato Coserplast alla lucida riflessione sul raggiungimento dei limiti prestazionali del prodotto realizzato. È per questo motivo che l'azienda, oggi, crede nella necessità di reinventare la funzione complessiva dell'infisso, all'interno del contesto abitativo.

Tra i progetti in corso e quelli accantonati, citiamo quelli che potrebbero maggiormente beneficiare degli interventi di fabbricazione digitale.

L'azienda, al momento, è impegnata nella realizzazione di infissi blindati, dotati di sistema di allarme. Per il passato, invece, ha lavorato su esperimenti di domotica che, tuttavia, sono

stati abbandonati, a causa dell'anti-estetica dei risultati, influenzata dall'eccessivo ingombro dell'elettronica, montata per la realizzazione del sistema.





Aspetti produttivi

Il layout di produzione e magazzino, appare molto ben organizzato, in una forma circolare classica.

I profili, da cui parte sostanzialmente la produzione, arrivano come semilavorati dal magazzino per passare, poi, alle fasi successive di sezionatura, foratura, incollaggio e bordatura.

In seguito, il prodotto è assemblato in tutte le sue parti, insieme alla ferramenta ed al vetro (che viene creato a misura da fornitori esterni), per essere, poi, destinato al magazzino dei prodotti finiti e, successivamente, al mercato.

Una buona parte dell'impianto è automatizzata. Le lavorazioni principali sono eseguite da macchine CNC¹, fortemente orientate al prodotto da realizzare.

Il controllo di processo, al momento, è eseguito in modo analogico ed è affidato agli operatori e agli addetti al controllo della linea e della commessa.

È, tuttavia, in procinto di attuazione un sistema di controllo mediante codice a barre che, al contempo, dovrà gestire la commessa, il magazzino con relativi punti di riordino e la linea di produzione, con un sistema di avvio della lavorazione, a seguito della rilevazione dello stesso codice.

La produzione viene eseguita sostanzialmente su commessa, sebbene l'azienda sia dotata di una propria gamma di prodotti con i quali cerca di rispondere alle richieste del mercato.

L'allestimento della gamma e la progettazione di nuovi sistemi è affidata ad un ufficio tecnico interno, che utilizza strumenti CAD di base e software di gestione di sistemi modulari. A tale ufficio è demandata anche la fase d'ingegnerizzazione per l'avvio della produzione.



¹ Le CNC (Computer Numerical Control, in inglese) sono macchine utensili programmabili e controllabili attraverso un calcolatore.

Sezione II: potenziale innovativo

Innovazioni di prodotto

Categoria: Arduino per automazione

Creazione di sistemi domotici che aumentino le performance del prodotto aziendale

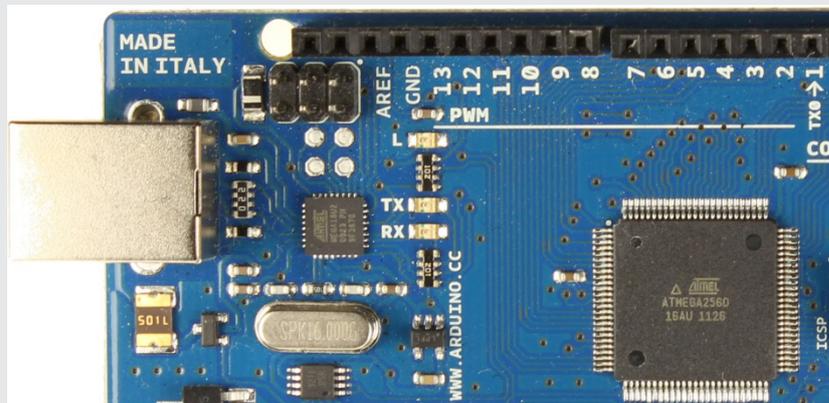
Considerando la tipologia di prodotto realizzata (infissi), si ritiene di grande utilità il ricorso a tecnologie domotiche che consentano di incrementare le performance dei prodotti e, conseguentemente, il posizionamento competitivo degli stessi.

Grazie ad una progressiva riduzione delle dimensioni di componenti elettroniche, la domotica² si sta diffondendo sempre più nel settore degli infissi, proponendo soluzioni che, grazie alla sensoristica per la rilevazione di parametri ambientali e ad attuatori di varia natura, consentono ad esempio:

- ra o apertura in autonomia di sistemi oscuranti;
- Il coordinamento con l'automazione per la ventilazione, in base a parametri di aero-illuminazione;
- La sicurezza antieffrazione.

L'obiettivo del percorso è quello di consentire un'ottimale unione tra tradizione e tecnologia, realizzando sistemi completamente integrati che abilitino al controllo in remoto degli stessi e all'ottimizzazione energetica, attraverso l'interazione con l'ambiente domestico ed esterno.

L'azienda, con l'aiuto di esperti di sistemi domotici esterni, dovrebbe innanzitutto creare un team a cui affidare lo sviluppo del progetto di un nuovo infisso, che inglobi le suddette tecnologie.



Arduino Mega 2560

- Il controllo remoto dell'apertura e chiusura degli infissi;
- L'ottimizzazione energetica, grazie a sistemi che regolano la quantità di luce in ingresso e migliorano l'isolamento termico, attraverso la chiusu-

Il team dovrebbe, poi, individuare la tipologia del nuovo infisso che s'intende sviluppare definendo le caratteristiche domotico-interattive di cui deve essere dotato.

Per contenere i costi d'implementazione e garantire una totale personalizzazione, si consiglia di progettare e sviluppare, attraverso il supporto di professionisti esterni, soluzioni Arduino-based.

Oltre a comandare luci, led, motori ed at-

² La domotica, è la scienza interdisciplinare che si occupa dello studio delle tecnologie atte a migliorare la qualità della vita nella casa e, più in generale, negli ambienti antropizzati.

Studio di fattibilità aziendale



tuatori, grazie ad una grande varietà di sensori, la scheda Arduino, messa a punto da Massimo Banzi, è in grado di interagire con l'ambiente. Il linguaggio di programmazione è basato su Wiring³ e sull'interfaccia Processing⁴. I progetti basati su Arduino possono essere indipendenti, oppure essere interfacciati con altri software come MaxMSP⁵ e Flash.

Tale tecnologia, nonostante sia caratterizzata da bassi costi (intorno ai 60 euro per scheda), può essere utilizzata non solo in fase di prototipazione, ma anche come elemento base della soluzione definitiva.

Dovranno essere individuate una o più risorse interne da formare sui temi della programmazione di Arduino. Sia per la fase progettuale, sia per quella formativa, si renderà necessario l'acquisto di attrezzature hardware (schede e sensoristica), relative al progetto che si vuol portare avanti, da utilizzare per la realizzazione del progetto.

Individuato il prodotto e realizzata la fase progettuale, si passerà alla fase di prototipazione della finestra intelligente. Dopo l'ottimizzazione del progetto, si potrà immaginare di realizzare un'intera linea di soluzioni intelligenti.



3 Wiring è un framework open-source per la programmazione di microcontrollori.

4 Processing è un linguaggio di programmazione che consente di sviluppare diverse applicazioni come giochi, animazioni e contenuti interattivi.

5 MaxMSP è un ambiente integrato di programmazione per la musica, orientato agli oggetti grafici.

Innovazioni di processo

Categoria: avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale

Acquisizione di conoscenze base sull'utilizzo di software, capaci di incrementare l'ingegnerizzazione del prodotto aziendale

Si ritiene che l'azienda possa migliorare l'efficienza produttiva, ricorrendo all'utilizzo di software che ottimizzino le fasi di ingegnerizzazione del prodotto. In particolare, sarebbe indicato il ricorso a software che consentono di modificare i parametri dimensionali di un prodotto a catalogo con estrema rapidità. Questo consentirebbe:

- Di offrire prodotti sempre più vicini al concetto di tailor-made⁶, che rappresenta un importante plus competitivo;
- Di ridurre i tempi che vanno dalla ricezione dell'ordine alla produzione.

L'azienda dovrebbe, innanzitutto, identificare una risorsa interna o esterna che si occupi della programmazione dei sistemi parametrici con cui produrre differenti tipi di finestre, e che sia deputata alla gestione delle istruzioni (generate dal software) per le macchine e per gli operai. Tale risorsa, sarà inserita in un percorso di formazione di almeno 60 giorni, che verterà sui temi della gestione del disegno in maniera parametrica.

In particolare, i software su cui dovrà basarsi la formazione sono:

- Rhinoceros⁷, programma di modellazione 3D che presenta notevoli vantaggi quali la

6 "Tailor-made", dall'inglese, "fatti su misura".

7 Comunemente chiamato Rhino, Rhinoceros è un software applicativo commerciale per la modellazione 3D di superfici sculturate (free form) realizzato da Robert McNeel&Associates. Esso viene normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, per la prototipazione rapida, il reverse engineering e per il design della comunicazione.





facilità d'interfaccia, la leggerezza di calcolo, la possibilità di funzionare da supporto per una serie di plug-in anche gratuiti, la modellazione per superfici, la precisione delle lavorazioni su diversi materiali (es. legno);

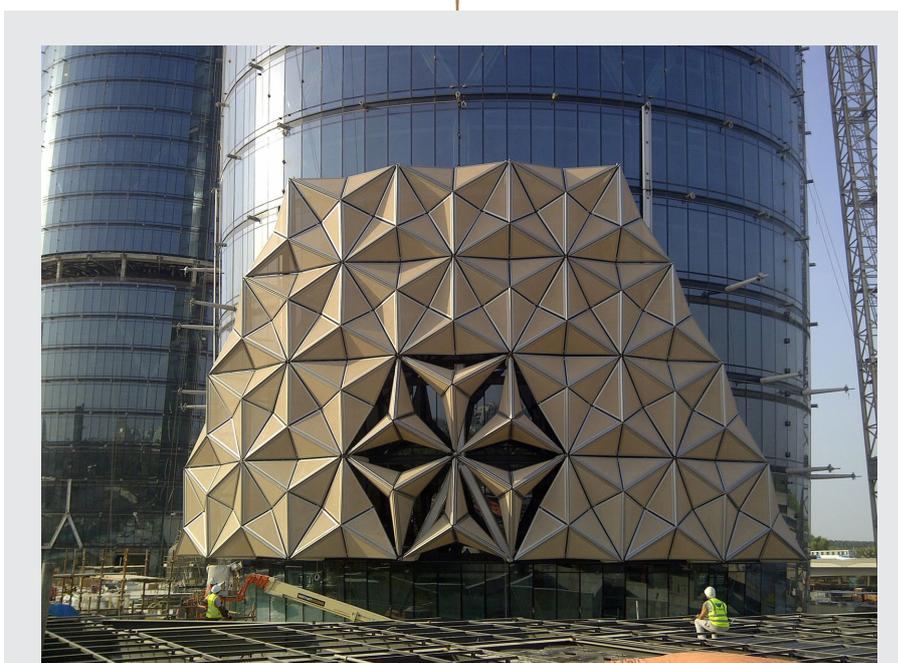
- Grasshopper, plug-in gratuito di Rhinoceros, nonché uno dei più potenti strumenti parametrici per la generazione ed il controllo di forme complesse a qualsiasi scala (dall'architettura al design). Attraverso un diagramma a nodi che descrive la relazione tra le parti (logica associativa), tale software consente di generare forme tridimensionali complesse di un qualsiasi progetto. I modelli 3D sviluppati con Grasshopper sono sistemi dinamici modificabili in tempo reale mediante la variazione dei parametri definiti durante la costruzione del diagramma, con vantaggi immediati in termini di esplorazione formale e di controllo/razionalizzazione di forme complesse.

Come diretta conseguenza della logica associativa, è possibile creare legami concettuali ed effettivi tra i diversi livelli di approfondimento

progettuale. In altri termini, la modifica di un parametro a scala più ampia è in grado di generare una propagazione di modifiche tale da giungere alla congruente ridefinizione di dettagli a piccola scala: è possibile ipotizzare un link diretto tra i parametri relativi alla forma generale di una superficie complessa e le caratteristiche geometriche di un nodo strutturale, il tutto guidato da logiche di relazione definite dal designer.

Razionalizzazione della forma, scomposizioni, sviluppo di superfici complesse in elementi piani, grazie a Grasshopper, cessano di essere operazioni "a posteriori", per essere integrate nel medesimo processo di definizione formale.

A titolo puramente esemplificativo, si cita la realizzazione della facciata costituita per le torri, Al Bahar, in Abu Dhabi, disegnata dallo studio Aedas, che implementa sistemi domotici e progettazione parametrica. I due grattacieli presentano il primo sistema di tendaggi esterni fotosensibili che ne caratterizzano le facciate e



La torre Al Bahar, in Abu Dhabi - by Aedas



Studio di fattibilità aziendale



che hanno permesso ai progettisti degli edifici, di vincere l'Innovation Award 2012 di CTBUH (Council on Tall Buildings Urban Habitat).

Attraverso la formazione all'utilizzo di Grasshopper, la risorsa sarà in grado di gestire i parametri e le caratteristiche di ogni singola commessa, in base alle specifiche esigenze del singolo cliente.

Successivamente, verrà creato un team di progetto che comprenderà la figura formata, un ingegnere della produzione, un programmatore ed un esperto di software parametrici.

Il team lavorerà, tra l'altro, alla realizzazione di una definizione in Grasshopper, che consenta di mandare in lavorazione rapidamente i tipi di prodotti che l'azienda ha in catalogo, ma con le dimensioni definite dai clienti stessi.



Sezione III: percorsi d'innovazione suggeriti

A causa di un livello di conoscenza poco approfondito delle tematiche di fabbricazione digitale, i percorsi valutati e più interessanti per l'azienda, sono fondamentalmente due.

Tabella III.1 - indicatori

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	0,75
B	Flessibilità	1,2
C	Livello di conoscenza di uno o più software	0,3
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	0,25

Tabella III.2 - Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,19
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,25
3	Avviamento entry level ad altri software	0,25
4	Arduino per automazione processo	0,27
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,19
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,27
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,27
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,1
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,27
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,1
12	Sviluppo nuovo software	0,27
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,1

Tabella III.3 - Valutazione finale della propensione ai Percorsi d'Innovazione (da 0 a 1)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,19
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,25
3	Avviamento entry level ad altri software	0,25
4	Arduino per automazione processo	0,27
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,19
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,27
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,27
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,6
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,27
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,1
12	Sviluppo nuovo software	0,27
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,4

Tra i percorsi risultanti, sembra interessante quello relativo all'utilizzo di Arduino e dei sistemi open hardware in genere, per la riapertura di un percorso già tentato in passato dall'azienda.

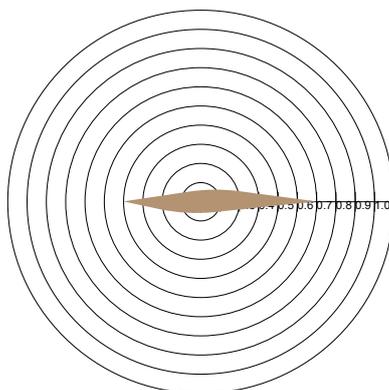
Il sistema Arduino, infatti, grazie alle sue ridotte dimensioni, potrebbe fornire una chance per la realizzazione di un progetto che l'azienda aveva in cantiere e, per il quale, aveva trovato limiti prevalentemente estetici. Al contempo, la scheda elettronica open-source, potrebbe consentire la realizzazione del prodotto desiderato a costi molto contenuti.

L'ampia sensoristica a disposizione, può facilmente permettere la realizzazione di sistemi che comunicano con un server domestico centrale preposto alla ricezione dei parametri rilevati dall'ambiente esterno, in valore assoluto o differenziale, e all'attuazione delle risposte a tali parametri in termini di governo delle utenze interne all'abitazione.

Studio di fattibilità aziendale



Avviamento **entry level**
ai software orientati **0.4**
alla fabbricazione digitale



Arduino
per automazione

Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale



Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Tale percorso, con un significativo impatto potenziale sull'azienda, presenta alcune importanti criticità. Richiede all'impresa uno sforzo significativo nella comprensione dei sistemi elettronici programmabili, in modo da poter progettare un sistema funzionante e replicabile, tale da poter essere implementato in modo seriale sui propri prodotti.

È necessaria, dunque, al termine di un percorso così strutturato, l'acquisizione di competenze di elettrotecnica, di elettronica e di programmazione.

La chiave di volta risiede nel reperimento di risorse interne che abbiano già conoscenze di base, o che, comunque, possano avere un'attitudine e una motivazione spiccata verso tali tematiche, in modo da poter affrontare e concludere il percorso ed avviarsi alla realizzazione della soluzione di un prodotto finito.





Azienda:

GR Sistemi Holzindustrie srl

Sezione I: screening aziendale

Profilo generale dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

La realtà di GR Sistemi Holzindustrie srl risulta, dal primo sguardo, particolarmente interessante. L'azienda si occupa di legno lamellare per la costruzione di strutture in legno. Il prodotto finito che viene consegnato al cliente, risulta completo di tutto quanto necessario per poter essere utilizzato, compresa la parte impiantistica, sebbene quest'ultima sia progettata per lo più esternamente.

L'azienda si mostra particolarmente sensibile alle tematiche di carattere energetico: ha lavorato, infatti, su progetti di edifici in legno off-grid¹. L'attività viene condotta con professionalità e mentalità imprenditoriale. Lo si evince dalla forte attitudine agli investimenti materiali e immateriali che l'azienda compie per innovare i processi e ampliare le soluzioni, ma anche dalla continua ricerca di assestamento del reparto progettazione che, a causa di vicende alterne degli ultimi anni, non è stato ancora portato a compimento.

Il vero punto di forza dell'azienda, risiede nel significativo patrimonio di conoscenze accumulato sui materiali legnosi. L'azienda possiede un laboratorio di prove di carico su legno che costituisce un'eccellenza rara, tanto da essere punto di riferimento per centri di ricerca ed università, con cui vengono intrattenuti rapporti costanti. La dirigenza, seppur non particolarmente formata sui temi della fabbricazione digitale, si dimostra molto aperta a nuove prospettive e soluzioni.

Aspetti produttivi

L'azienda possiede un parco macchine molto ampio e fortemente automatizzato. Questo consente di eseguire le lavorazioni necessarie, con pochissimo personale. Le macchine sono in buona parte flessibili e sono destinate, per lo più, alle lavorazioni di elementi di grandi dimensioni. Il ciclo di lavoro non è strettamente organizzato in linea. La materia prima viene opportunamente tagliata e incollata per l'ottenimento di pezzi lamellari i quali vengono, poi, sottoposti a lavorazioni lineari o curvilinee. Tutti i pezzi vengono, poi, preparati per l'assemblaggio sul posto.

La tensione dell'azienda verso la soluzione di problemi specifici è massima. Ciò è anzitutto rilevabile dall'approccio scarsamente "modulare" alla produzione che ogni volta prevede una progettazione dedicata, oltre che dalla presenza di un laboratorio di rapid tooling², che consente all'azienda di produrre internamente gli strumenti necessari ad ogni lavorazione. Inoltre, come ulteriore contributo nella medesima direzione, si nota anche la presenza in azienda di uno scanner 3D, utilizzato per rilevare "la scena" su cui verrà operato l'intervento.

Tutti questi fattori mostrano, insieme al ricco parco macchine, un forte orientamento alla soddisfazione del cliente e un'implicita predisposizione alla fabbricazione digitale che trova proprio nella concezione del "tailor-made"³, uno dei principali motori di applicazione.

Si osserva, infine, una presenza di quantità significative di scarti, costituiti esclusivamente da materiale legnoso che, a seconda della forma in cui si trova, ha finalità differenti: il truciolo viene destinato alla caldaia per la generazione del fabbisogno termico, le parti solide vengono cedute ai dipendenti.

¹ Off-grid, ossia disconnessa dalla rete (elettrica).

² Rapid tooling, insieme di tecniche mirate alla costruzione in tempi brevi di attrezzature industriali.

³ Tailor-made dall'inglese, "fatto su misura".



Sezione II: potenziale innovativo

Innovazioni di prodotto

Categoria: realizzazione di un nuovo prodotto

Prototipazione di un'intera abitazione in legno, progettata per la sostenibilità off-grid

Considerando l'elevato know-how aziendale, il parco macchine attualmente disponibile, la marcata vocazione alla ricerca ed i progetti che sono stati sviluppati di recente, si intravede l'opportunità di intraprendere un percorso finalizzato alla progettazione e prototipazione di un nuovo prodotto: una completa struttura abitativa in legno improntata alla sostenibilità off-grid.

customizzabile⁴ in relazione alle esigenze dei suoi "abitanti" e, allo stesso tempo, adattabile alle condizioni ambientali.

Alimentata esclusivamente da energia solare, la Solar house è un'abitazione costruita per l'ottimizzazione energetica sia dal punto di vista del consumo, sia della produzione (è in grado, infatti, di produrre un'energia 3 volte superiore a quella consumata), grazie ad un approccio progettuale parametrico e al ricorso ad un insieme di tecnologie avanzate, utili allo scopo.

La casa, inoltre, dispone di un orto domestico per la produzione di cibo, è dotata di strumentazioni tecnologicamente avanzate e consente di produrre utensili e oggetti



FabLab House - Solar House, Barcelona (Spagna)

L'esempio di prodotto realizzabile attraverso il percorso ipotizzato, è la Fab Lab House - Solar House di Barcellona: si tratta di un'unità abitativa in legno progettata dall'Institute of Advanced Architecture of Catalonia (IAAC) e realizzata, grazie ad un network di laboratori di fabbricazione, attraverso l'utilizzo di macchinari CNC.

La Solar house è progettata per essere

utili alla vita quotidiana. È una struttura flessibile, progettata tramite software computazionali che consentono di ottimizzarla in relazione al contesto ambientale (dal punto di vista morfologico, climatico e sociale). Il nuovo prodotto proposto, sarà destinato ai mercati nazionali ed internazionali, consenten-

⁴ Customizzabile, derivato dall'inglese, "personalizzabile".





do all'azienda di implementare una strategia di diversificazione delle produzioni.

Sarà necessario individuare preliminarmente i membri da inserire in un team di progetto che dovrà disporre di tutte le competenze specialistiche necessarie per sviluppare il progetto e realizzarne un prototipo. Il team sarà, pertanto, costituito da:

- Componenti del settore tecnico interno;
- Esperti esterni in digital fabrication e design parametrico/computazionale da reperirsi sul mercato di riferimento;
- Tecnici specializzati (strutturisti, impiantisti tecnici, arredatori, etc).

La fase di progettazione sarà improntata al design parametrico/computazionale⁵, ricorrendo all'utilizzo di software di gestione parametrica del disegno e delle informazioni come Grasshopper.

Plug-in gratuito di Rhinoceros⁶, Grasshopper è uno dei più potenti strumenti parametrici per la generazione ed il controllo di forme complesse a qualsiasi scala (dall'architettura al design). Attraverso un diagramma a nodi che descrive la relazione tra le parti (logica associativa), tale software consente di generare forme tridimensionali complesse di un qualsiasi progetto.

I modelli 3D sviluppati con Grasshopper, sono sistemi dinamici modificabili in tempo reale, mediante la variazione dei parametri definiti durante la costruzione del diagramma, con vantaggi immediati in termini di esplorazione formale e di controllo/razionalizzazione di for-

me complesse. Come diretta conseguenza della logica associativa, è possibile creare legami concettuali ed effettivi tra i diversi livelli di approfondimento progettuale.

In altri termini, la modifica di un parametro a scala più ampia, è in grado di generare una propagazione di trasformazioni tale da giungere alla congruente ridefinizione di dettagli a piccola scala: è possibile ipotizzare un link diretto tra i parametri relativi alla forma generale di una superficie complessa e le caratteristiche geometriche di un nodo strutturale, il tutto guidato da logiche di relazione definite dal designer. Grazie a Grasshopper, la razionalizzazione della forma, le scomposizioni e lo sviluppo di superfici complesse in elementi piani, cessano di essere operazioni "a posteriori" per essere integrate nel medesimo processo di definizione formale.

Conclusa la fase di progettazione, si passerà alla realizzazione del prototipo ricorrendo all'utilizzo dei macchinari CNC presenti in azienda. Il prototipo sarà realizzato inizialmente in scala ridotta, per testare i vari elementi, le parti strutturali, nonché le operazioni di montaggio e smontaggio delle parti assemblabili.

Validata la versione in scala ridotta, si passerà poi alla realizzazione di una versione in scala 1:1, verificando e risolvendo le possibili criticità connesse al passaggio di scala.

Alla fine del percorso, l'azienda disporrà un nuovo prodotto, industrializzabile con il proprio parco macchine.

L'azienda dovrà progettare ed implementare una strategia di comunicazione del progetto identificando e partecipando ad almeno un contest di architettura e/o evento internazionale, in modo da dare rilevanza internazionale al nuovo prodotto sviluppato.

Uno dei contest suggeriti è il Solar Decathlon Europe, un concorso sul tema della progettazione e della costruzione di abitazioni a basso consumo di risorse naturali e in grado di ridurre al minimo la produzione di rifiuti nel corso di tutto il proprio ciclo di vita,



⁵ Il Design computazionale sfrutta la potenza di calcolo dei computer per la gestione ed elaborazione di dati, parametri ed informazioni che concorrono a definire il design di un oggetto.

⁶ Rhinoceros, comunemente chiamato Rhino, è un software applicativo commerciale per la modellazione 3D di superfici sculturate (free form) realizzato da Robert McNeel&Associates. Viene normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, per la prototipazione rapida, il reverse engineering e per il design della comunicazione.



Studio di fattibilità aziendale



il tutto con una particolare attenzione all'utilizzo di energie alternative provenienti da fonte solare.

Considerando la complessità del percorso, si stima un tempo medio di 12 mesi di lavoro.

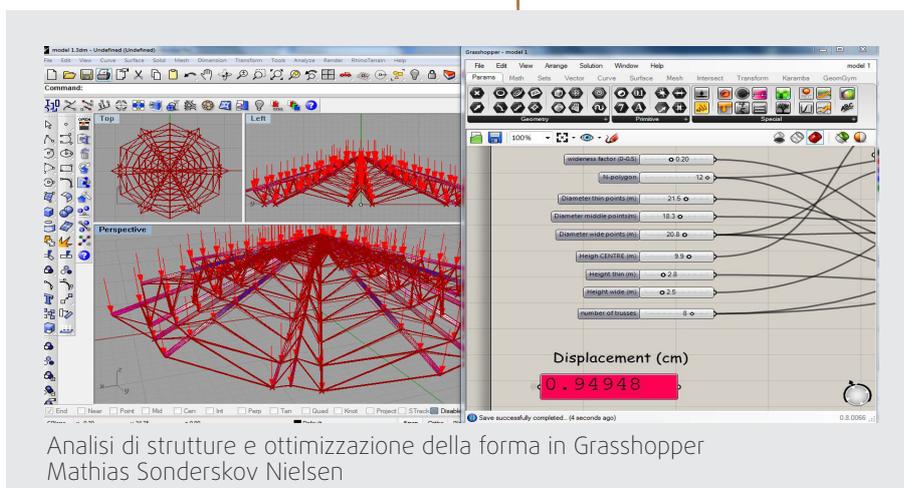
Categoria: miglioramento performance macchine CNC

Implementazione delle possibilità di lavorazioni delle macchine a controllo numerico per la realizzazione di geometrie complesse

Per la massimizzazione delle attrezzature già presenti in azienda e al fine di produrre miglioramenti strutturali e/o formali dei prodotti ad oggi realizzati, l'azienda dovrebbe intraprendere un percorso finalizzato all'acquisizione di competenze sulle tecniche di fabbricazione digitale.

Al fine di migliorare gli aspetti strutturali e le performance degli elementi prodotti dall'azienda, tali risorse saranno inserite in percorsi di formazione specializzata (da svolgersi presso strutture esterne) o in master. I temi su cui saranno formate sono quelli della fabbricazione digitale (e le sue tecniche) e quelli del form finding⁷. In particolare, si ritiene di grande interesse il tema del "digital form finding", tecnica computazionale utilizzata per sviluppare superfici free-form che escludono sforzi di flessione e, pertanto, possono essere realizzate con materiali tradizionali.

Il personale sarà formato anche sui temi



⁷ Il form finding è un metodo orientato a "trovare" un'ottimale configurazione spaziale tale da consentire il minor impiego di materiale per un determinato sistema di forze e vincoli.





del design parametrico ed in particolare sul software Grasshopper.

In alternativa, si potrà ricorrere ad esperti esterni di questo software.

Scopo finale del percorso è quello di produrre un prototipo spazialmente articolato, espressione delle qualità dei materiali impiegati, delle forze coinvolte e della strategia di costruzione sviluppata.

L'azienda dovrà, infine, impegnarsi nello sviluppo di una strategia di marketing appropriata, nonché nella commercializzazione del prodotto.



Innovazioni di processo

Categoria: nuovo approccio al Computational Design

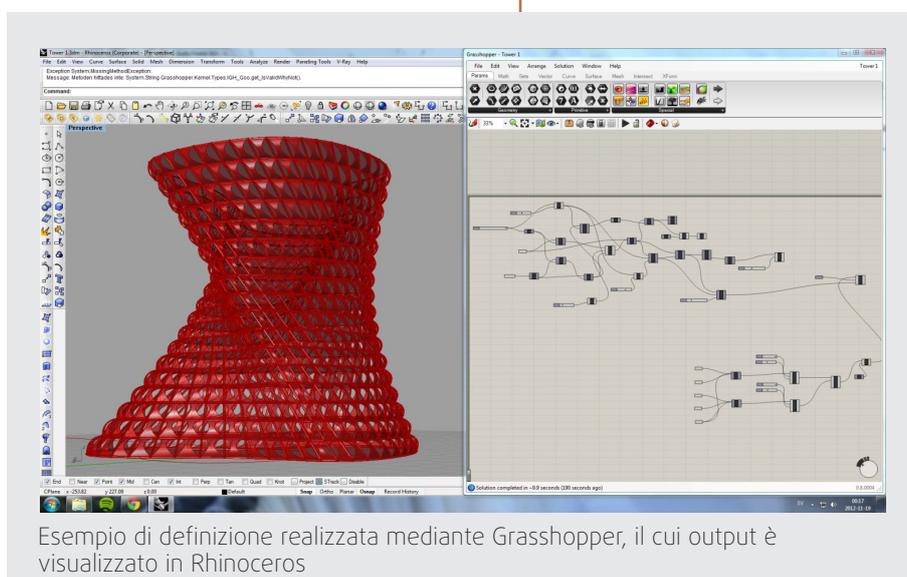
Acquisizione di nuovi approcci alla progettazione di tipo parametrico e computazionale

Dato il contesto riscontrato in azienda, si ritiene utile un percorso che, attraverso un nuovo approccio alla progettazione di tipo parametrico, conferirebbe all'azienda la possibilità di snellire il processo produttivo e migliorare le performance dei suoi prodotti.

Un approccio parametrico al design porterebbe grandi vantaggi all'azienda, grazie all'enorme versatilità dei software di design parametrico/computazionale come Grasshopper. Tali programmi possono essere utilizzati sia per la progettazione, sia per la generazione di percorsi utensili, sia per la gestione di dati provenienti da qualsiasi tipo di device.

Si consiglia di condurre tale percorso in affiancamento a un team di esperti.

Sarà necessaria l'identificazione di figure già presenti in azienda o da reperire, con skills sia ingegneristiche che architettoniche, e che abbiano propensione all'uso della modellazio-



Esempio di definizione realizzata mediante Grasshopper, il cui output è visualizzato in Rhinoceros

Studio di fattibilità aziendale



ne assistita da computer.

Le risorse identificate, saranno formate sui temi della generazione parametrica e, in generale, del computational design. Il percorso dovrebbe assicurare conoscenze di tipo trasversale, dalla programmazione alla progettazione parametrica.

Il software oggetto della formazione sarà Grasshopper, di cui si è già parlato al paragrafo precedente.



Categoria: Arduino per automazione processo

Ottimizzazione delle fasi delle lavorazioni, attraverso Arduino, di macchine a controllo numerico gestite da PLC, o realizzazione di ulteriori nuove lavorazioni

Il PLC (Programmable Logic Controller, ossia controllore logico programmabile) è uno degli strumenti più intensamente utilizzati in ambito industriale per l'automazione dei processi.

Tuttavia, i PLC sono sistemi piuttosto costosi che richiedono una progettazione eseguita da team di specialisti e vanno, inoltre, integrati in sistemi mecatronici complessi sia nella progettazione, sia nella messa in opera, che nella manutenzione successiva. Tale complessità rende non semplice anche il reperimento di figure adatte.

Tutto ciò determina due situazioni: anzitutto si verifica un costo particolarmente alto dovuto, in parte, all'hardware, in parte, al costo di progettazione necessario per l'ottenimento della funzione richiesta; in secondo luogo, molto spesso si preferisce cercare sul mercato soluzioni flessibili da adattare alle esigenze specifiche, eventualmente con interventi di modifica che permettano di ottenere un adattamento ancora più spinto alla soluzione del problema posto.

Le tecnologie open hardware⁸ attualmente diffuse, in particolare, Arduino⁹ e tutte le sue derivazioni - tra le quali si segnala, a titolo di esempio, un progetto attualmente in fase di crowdfunding su Kickstarter¹⁰ denominato Controllino -, possono migliorare tale approccio in modo molto significativo.

Arduino è una scheda programmabile low

⁸ Il termine viene principalmente usato per esprimere la libera divulgazione di informazioni riguardanti il progetto stesso dell'hardware, comprendente gli schemi, la lista dei materiali, il layout dei dati del circuito stampato.

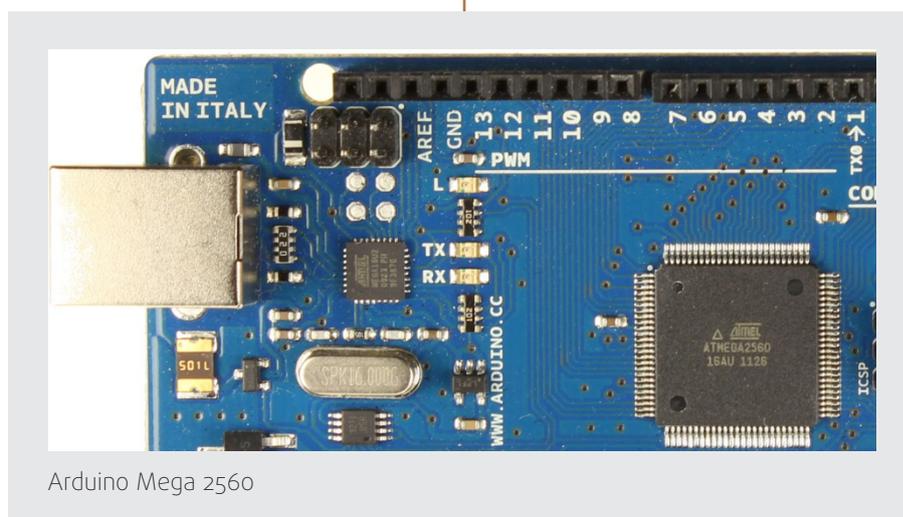
⁹ Arduino è la scheda elettronica open-source messa a punto da Massimo Banzi e dal suo team.

¹⁰ È il più popolare portale di crowdfunding, cioè per la raccolta fondi a sostegno di progetti creativi.



cost che consente una quantità pressoché infinita di applicazioni per la rilevazione di parametri mediante sensori e il comando di attuatori. Esso, dunque, è una sorta di controllore

mazione ad oggetti. Senza questi prerequisiti, i tempi di formazione si allungano a dismisura ed entrano in campi di formazione complessa di alto livello, difficilmente sostenibili in ter-



Arduino Mega 2560



programmabile universale: seppure sia solo il "core" e nasca per applicazioni generiche con un hardware esterno (essenzialmente interfacce in grado di trasferire segnali da sensori verso attuatori, abbattendo i disturbi e le interferenze che possono danneggiarne il microcontrollore) e un opportuno software, Arduino è in grado di diventare qualcosa di molto simile a un PLC, pur costando un decimo rispetto al costo di quest'ultimo.

Un percorso che si muove in questa direzione, deve affrontare 3 tipologie di problemi:

1. Anzitutto va fatta un'analisi attenta delle problematiche aziendali di processo che sarebbero risolvibili mediante un PLC/Arduino. Tali problematiche devono essere analizzate mediante una rappresentazione puntuale dei controlli e delle operazioni da svolgere. È necessaria un'ottimizzazione logica di tale flusso, per poter arrivare ad una soluzione progettuale da trasformare poi in automazione;

2. In secondo luogo va eseguito un percorso di formazione su Arduino o su strumenti analoghi, che richiede delle conoscenze pregresse di elettrotecnica, elettronica e program-

mini economici ed in termini di tempistica richiesta. È, dunque, preferibile partire da figure che hanno già delle conoscenze pregresse nei suddetti campi, in modo da somministrare loro una formazione specifica riguardo la programmazione delle logiche e le possibilità di utilizzo;

3. A quanto detto sopra, si aggiunge la necessità di affiancamento di un team di progettazione meccanica per l'individuazione e il dimensionamento dei giusti attuatori, per il disegno della struttura complessiva e per una verifica di carattere ingegneristico del funzionamento del sistema da realizzare.

A valle di questo percorso si potrà procedere alla realizzazione di un sistema/prototipo che risolva un caso reale e che rappresenti, quindi, la soluzione ad un problema attualmente sentito dall'azienda, ma che, al contempo, sia un modello da cui attingere l'approccio, per poter risolvere ulteriori problemi presenti o futuri.





Sezione III: percorsi d'innovazione suggeriti

L'azienda ha realizzato alcuni dei rating più alti all'interno del campione analizzato per questo studio.

Tale fenomeno è da ricercare anzitutto nell'ampio e flessibile parco macchine.

Il potenziale riscontrato è molto alto e suggerirebbe diversi percorsi nell'ambito della fabbricazione, tutti interessanti e abilitanti per l'azienda in oggetto. Alcuni di questi sono stati accennati durante la visita aziendale e hanno riscontrato un evidente interesse da parte dell'azienda stessa.

Tabella III.1 - indicatori

	Indicatore	Valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	1
B	Flessibilità	2,6
C	Livello di conoscenza di uno o più software	0,3
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	1

Tabella III.2 - Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5).

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,5
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,5
3	Avviamento entry level ad altri software	0,5
4	Arduino per automazione processo	0,45
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,5
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,45
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,45
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,45
9	Hacking hardware	0,5
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,45

11	Nuovo approccio al Computational Design	0,45
12	Sviluppo nuovo software	0,45
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,45

Tabella III.3 - Valutazione finale della propensione ai Percorsi di Innovazione (da 0 a 1).

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,8
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,5
3	Avviamento entry level ad altri software	0,5
4	Arduino per automazione processo	0,65
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	1
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,45
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,45
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,45
9	Hacking hardware	0,5
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,45
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,95
12	Sviluppo nuovo software	0,45
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,65

Tra le diverse alternative, sono sicuramente da mettere in evidenza i tre indicatori che hanno ottenuto un punteggio più alto, sia relativo al caso in esame, sia assoluto rispetto alle aziende visitate.

Uno dei lavori possibili sicuramente riguarda un approccio ad un migliore sfruttamento delle possibilità delle macchine CNC, sia in termini di saturazione, che in termini di possibilità di lavorazione.

Una spinta ancora più forte, riguarda



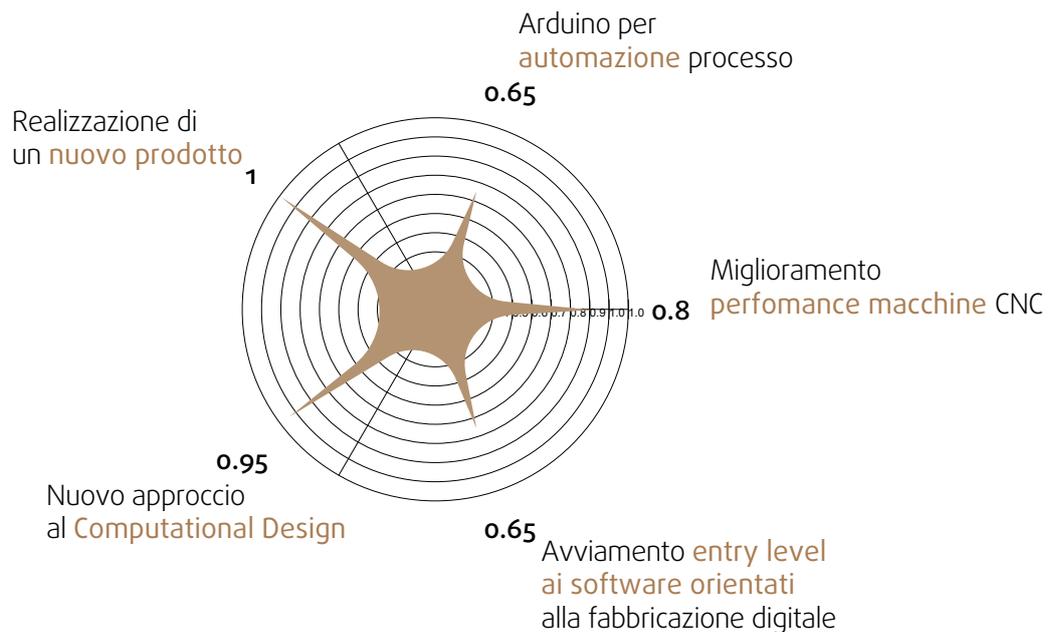


un percorso che, ancora prima di un migliore sfruttamento delle macchine, porti nell'azienda nuovi approcci alla progettazione attraverso l'utilizzo di software parametrici, tramite cui generare elementi complessi che sfruttano meglio il potenziale delle macchine presenti.

L'iter ritenuto più opportuno, tuttavia, è quello relativo alla realizzazione di un nuovo prodotto che si aggiunga all'offerta di mercato dell'azienda. In tale senso, il percorso già individuato riguarda la costruzione di una struttura abitativa in legno off-grid, da proporre ad un contest di risonanza internazionale, come il Solar Decathlon.

Si tratta di un percorso che si addice all'azienda, la quale ha già avviato da tempo una riflessione su queste tematiche. È una sfida avvincente e interessante che porta la GR Sistemi Holzindustrie srl al confronto con realtà internazionali stimolando la competitività verso prodotti più complessi. È un'opportunità in termini di marketing ed estensione delle relazioni per un possibile ampliamento del mercato. Tale percorso, inoltre, fornisce all'azienda la possibilità di affrontare, durante la fase di

progettazione, un ampio range di tematiche di fabbricazione digitale e di sperimentare nuove soluzioni, che rimarranno patrimonio dell'azienda alla fine del progetto.



Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale



Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Va evidenziato che quello proposto, rischia di essere uno dei percorsi più complessi: giungere alla realizzazione e alla messa in produzione di un nuovo prodotto, può essere un percorso che racchiude in sé svariati iter.

È evidente, infatti, che arrivare ad un nuovo prodotto richiede un salto nell'idea di progettazione, così come nella modalità di utilizzo delle macchine. Tale percorso, malgrado l'ottima predisposizione dell'azienda in termini di risorse materiali e di attitudine verso tali argomenti, potrebbe quindi rivelarsi eccessivamente "stressante" per un'azienda, il cui reparto di progettazione è ancora in fase di assestamento.

Da un punto di vista ancora più specifico, la costruzione di un progetto come quello ipotizzato richiede diversi tipi di sforzi: anzitutto è necessario assimilare e mettere in pratica, nei tempi previsti, nuovi strumenti, nuovi metodi e nuovi orizzonti per la progettazione e la produzione. In secondo luogo, la sfida si gioca sul terreno di frontiera dell'innovazione nei campi della progettazione parametrica e delle tecnologie energetiche.

Affrontare, dunque, un percorso fatto di tante sfide è avvincente, ma al contempo richiede particolari motivazioni.





Azienda:
Creatica srl

Sezione I: screening aziendale

Profilo generale, dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

L'azienda Creatica srl, ha come sua attività principale la prototipazione nell'ambito della filiera del mobile imbottito.

Si presenta come un laboratorio strutturato, dotato di macchinari e attrezzature tecnologicamente all'avanguardia per il settore di riferimento, in grado di effettuare tutte le lavorazioni che portano all'ottenimento di un prodotto finito, dal fusto in legno all'imbottitura, dai piedi ai rivestimenti, dalla progettazione, fino al marketing.

L'azienda trova il suo punto di forza proprio nella capacità di risposta a tutte le richieste che provengono dal mercato, attraverso un nucleo operativo fortemente specializzato. Ogni addetto ha sviluppato una particolare destrezza nelle mansioni relative alla fase di produzione alle quali è assegnato. Allo stesso modo, gli uffici preposti alla progettazione e al marketing, hanno un forte orientamento al supporto del cliente, nelle diverse fasi della filiera.

La caratterizzazione dell'azienda, dunque, va cercata nel modello che essa propone, piuttosto che nella specifica attività che realizza. Il supporto integrato alle diverse fasi di una filiera (che spesso non sono direttamente collegate tra loro) è un'idea unica, almeno nell'ambito in cui è posizionata. Pertanto l'azienda si trova ad operare in un contesto che non ha, di fatto, una concorrenza diretta. Tale valore è ben percepito dal management aziendale che ambisce alla strutturazione dello stesso modello, in altri mercati geografici.

Aspetti produttivi

Il processo produttivo si articola in diverse fasi parallele. La progettazione è il primo step e, solo nella minoranza dei casi, viene affidata all'azienda, mentre più spesso viene già fornita dal committente.

L'ufficio progettazione dell'azienda è dotato di personale tecnico specializzato ed esperto, in grado di affrontare la progettazione con diversi strumenti software di base. In tal modo, viene sviluppata l'idea di bozzetto fornita dal cliente o viene ingegnerizzato il progetto già fornito.

L'avvio alla prototipazione comincia dalla produzione delle sagome di taglio (le "dime") mediante l'unica CNC¹ presente in azienda, un piccolo banco fresa in grado di montare anche un utensile di scrittura, grazie al quale sulle dime vengono riportati altri dati utili all'identificazione della commessa.

Il processo prosegue sulle linee relative all'imbottitura del divano e al taglio e montaggio dei fusti, per giungere, infine, alla rifinitura dei rivestimenti e dei piedi. La macchina a controllo numerico è destinata esclusivamente al taglio delle dime. Manca nel processo una fase di pre-prototipazione in scala, per la comprensione degli eventuali problemi e la ricerca di soluzioni alternative.

¹ Le CNC (Computer Numerical Control, in inglese) sono macchine utensili programmabili e controllabili attraverso un calcolatore.



Sezione II: potenziale innovativo

Innovazioni di prodotto/processo

Categoria: nuovo approccio al Computational Design

Acquisizioni di conoscenze specialistiche, per l'implementazione delle caratteristiche prestazionali ed estetiche dei prodotti aziendali

Date le competenze presenti in azienda e le caratteristiche del settore di riferimento, si ritiene utile un percorso che, attraverso l'acquisizione di ulteriori specifiche competenze in tema di progettazione di arredi con particolare grado di complessità, consenta all'azienda di migliorare il posizionamento competitivo, entrando in fasce di mercato più alte ed offrendo servizi sempre più specialistici. L'obiettivo è quello di dotare l'azienda della capacità di proporre soluzioni d'arredo innovative, nel design complesso e nelle capacità prestazionali (grazie ad un approccio progettuale innovativo). Un possibile output del percorso di formazione, potrebbe essere la progettazione di forme complesse, attraverso il ricorso alla tecnologia

di Brain Scan EEG².

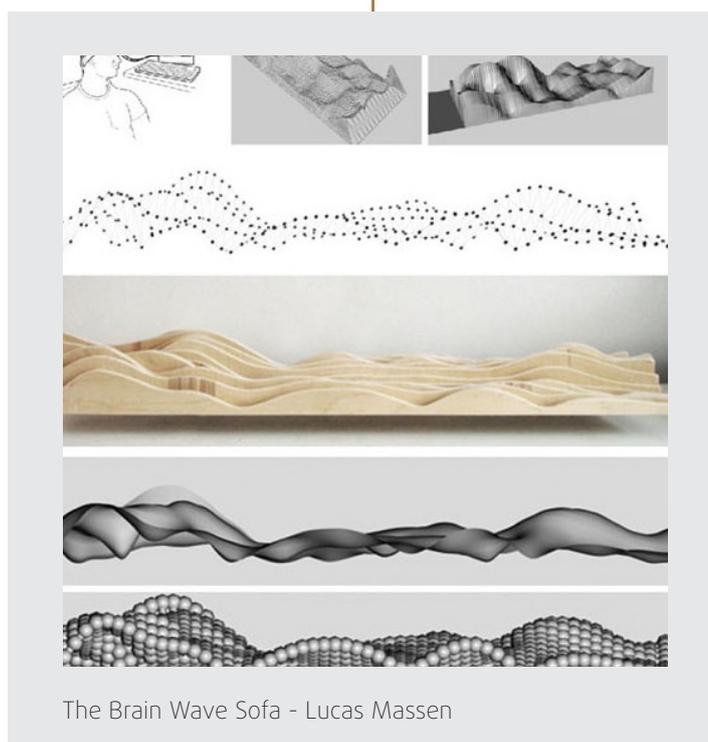
Infatti l'esempio degno di nota, è il Brainwave Sofa, il cui design è stato realizzato da Lucas Maassen attraverso l'elaborazione delle onde cerebrali.

Il Brainwave Sofa è realizzato attraverso la tecnica Brain Scan EEG. Le onde cerebrali vengono registrate attraverso un elettroencefalogramma che, grazie ad elettrodi posizionati sulla fronte di un soggetto, effettua l'acquisizione dell'attività cerebrale di quest'ultimo.

Attraverso BioExplorer, software che registra le informazioni biofisiche, i dati acquisiti vengono processati e visualizzati, e viene generata una forma ondulata tridimensionale direttamente legata agli stati di benessere percepiti dall'utente in varie posture.

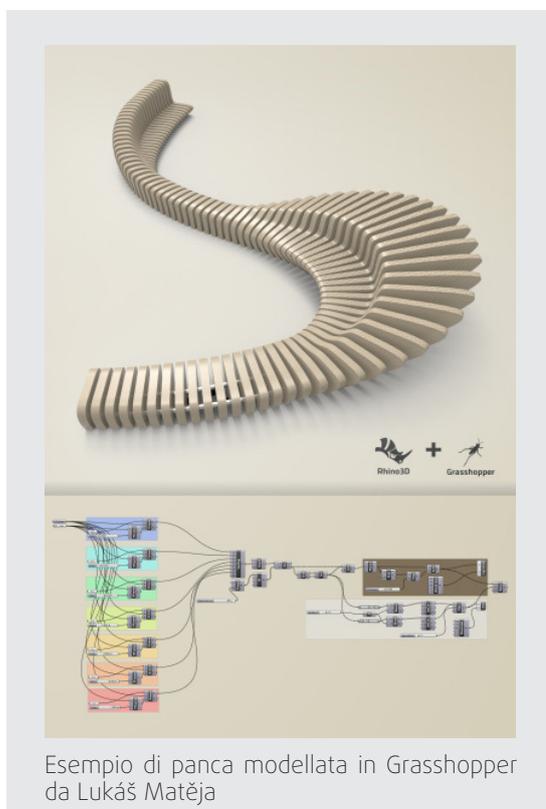
Con le tecnologie di Brain Scan EEG e i relativi software di acquisizione, è possibile realizzare oggetti dalle forme nuove, frutto

² L'elettroencefalografia, EEG, è la registrazione dell'attività elettrica dell'encefalo.





delle “emozioni” soggettive, racchiuse nelle onde cerebrali registrate. Inoltre, l’elaborazione dei dati acquisiti, può passare attraverso un software di design parametrico, come Grasshopper, che amplifica le potenzialità di utilizzo dell’EEG nel design.



Esempio di panca modellata in Grasshopper da Lukáš Matějka

Per l’implementazione del percorso, l’azienda dovrà prioritariamente individuare, all’interno o all’esterno, una figura dotata di competenze adatte sia alla progettazione architettonica, che al design. La risorsa individuata andrà, poi, inserita in un percorso formativo ad-hoc, la cui durata va tarata in fase esecutiva, grazie al quale acquisirà conoscenze su aspetti progettuali di design computazionale e verrà introdotta all’utilizzo di software di gestione parametrica³ del disegno e delle in-

³ Il design parametrico/computazionale sfrutta la potenza di calcolo dei computer per la gestione ed elaborazione di dati, parametri ed informazioni che concorrono a

formazioni.

Dalle evidenze scaturite nel corso della visita aziendale, si suggerisce l’adozione del software di progettazione parametrica Grasshopper.

Plug-in gratuito di Rhinoceros⁴, Grasshopper è uno dei più potenti strumenti parametrici per la generazione e il controllo di forme complesse a qualsiasi scala (dall’architettura al design). Attraverso un diagramma a nodi che descrive la relazione tra le parti (logica associativa), tale software consente di generare forme tridimensionali complesse di un qualsiasi progetto. I modelli 3D sviluppati con Grasshopper sono sistemi dinamici modificabili in tempo reale, mediante la variazione dei parametri definiti durante la costruzione del diagramma, con vantaggi immediati in termini di esplorazione formale e di controllo/razionalizzazione di forme complesse.

Come diretta conseguenza della logica associativa è possibile creare legami concettuali ed effettivi tra i diversi livelli di approfondimento progettuale. In altri termini, la modifica di un parametro a scala più ampia, è in grado di generare una propagazione di modifiche tale da giungere alla congruente ridefinizione di dettagli a piccola scala: è possibile ipotizzare un link diretto tra i parametri relativi alla forma generale di una superficie complessa e le caratteristiche geometriche di un nodo strutturale, il tutto guidato da logiche di relazione definite dal designer. Razionalizzazione della forma, scomposizioni, sviluppo di superfici complesse in elementi piani, grazie all’uso di Grasshopper, cessano di essere operazioni “a posteriori”, per essere integrate nel medesimo processo di de-

definire il design di un oggetto.

⁴ Comunemente chiamato “Rhino”, Rhinoceros è un software applicativo commerciale per la modellazione 3D di superfici sculturate (free form) realizzato da Robert McNeel&Associates. Esso viene normalmente utilizzato per il disegno industriale, l’architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, per la prototipazione rapida, il reverse engineering e per il design della comunicazione.



Studio di fattibilità aziendale

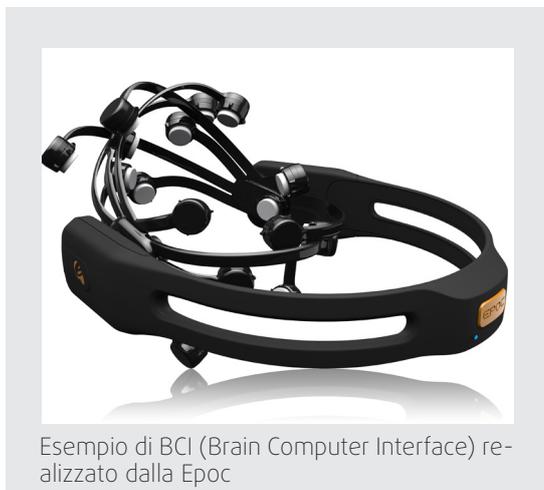


finizione formale.

Attraverso la formazione all'utilizzo di Grasshopper, la risorsa sarà in grado di gestire i parametri e le caratteristiche di ogni singola commessa in base alle specifiche esigenze del singolo cliente. Potrebbe, inoltre, essere affrontato il tema della progettazione attraverso sistemi di Brain Scan EEG.

Data la complessità delle lavorazioni a cui si sarà abilitati, a seguito dell'adozione di Grasshopper, si consiglia di dotarsi di un software CAM, come RhinoCam, che consenta la simulazione dei percorsi utensili.

Il percorso prevedrà, poi, la formazione sulle modalità e sulle tecniche di fabbricazione di geometrie complesse, al fine di garantire la fattibilità, in termini produttivi, delle iniziative progettuali.



Esempio di BCI (Brain Computer Interface) realizzato dalla Epoc



Innovazioni di processo

Categoria: acquisto nuova macchina CNC

Dotazione di macchina a controllo numerico, perla prototipazione di elementi utili alla realizzazione dei prodotti aziendali

Dato l'impegno dell'azienda nell'attività di prototipazione per alcune grandi imprese della filiera del mobile imbottito, si ritiene utile un percorso che consenta di internalizzare le fasi di ottenimento del prototipo, che attualmente vengono realizzate all'esterno. Ricorrendo all'acquisto di una macchina CNC per l'Early prototyping⁵, si avrebbe un incremento dell'efficienza, in quanto si potrebbero svolgere test a basso costo, al fine di verificare la corrispondenza tra le risultanze progettuali e le esigenze del singolo cliente.

Al contempo, l'adozione di uno strumento di prototipazione, come una stampante 3D, può aprire l'azienda verso nuove alternative e nuovi strumenti. A tal fine, dunque, l'azienda dovrà dotarsi di una stampante 3D in grado di soddisfare le esigenze interne.

Le tecnologie di prototipazione additiva sono tante e tutte con caratteristiche molto diverse, sia relativamente alla tecnologia utilizzata, sia rispetto al prodotto finale. Tra le principali, si riportano le seguenti:

- FDM (Fused Deposition Material): è una tecnologia di estrusione che, a partire da un file G-Code⁶, utilizza un sistema di deposizione, mediante estrusione, di strati successivi di materiale per realizzare prototipi e modelli finiti. Il materiale e il supporto, sono portati alla testa di un estrusore che ne consente il cambio di stato, da solido a fluido, attraverso l'aumento della temperatura dello stesso, per poi essere depositati, strato dopo strato, sul

⁵ L'early prototyping è la tecnica di prototipazione che si applica negli stadi iniziali di progetto.

⁶ Il Codice G (dall'inglese G-code) è una funzione nel linguaggio di programmazione del controllo numerico.



piano di stampa. Il prodotto, una volta finito, in ragione della sua destinazione, può risultare già pronto per un uso funzionale o per una fruizione estetica, oppure può necessitare di post-lavorazioni o post-trattamenti. Tra la varietà di materiali in commercio ci sono il PLA⁷, l'ABS⁸ e il Nylon. Sinterizzazione laser selettiva (SLS): è un processo che, a differenza del procedimento FDM, utilizza un laser per favorire la compenetrazione di grani polimerici o metallici, realizzando, strato dopo strato, oggetti tridimensionali dotati di elevata definizione e di grande resistenza;

- La stereolitografia laser (SLA). Essa si basa sul fenomeno della foto polimerizzazione: una soluzione liquida di resina plastica immersa in una vasca a base mobile è esposta in modo selettivo, in superficie, all'azione di un laser a luce ultravioletta. Il raggio provvede a scansionare la superficie del liquido muovendosi in relazione alle coordinate della sezione trasversale

⁷ Il PLA, abbreviazione di acido polilattico, è una plastica fatta di amidi rinnovabili come il mais o la canna da zucchero. È, quindi, un materiale biodegradabile. Tuttavia, rispetto all'ABS, risulta meno duraturo e resistente.

⁸ L'ABS (abbreviazione di acrilonitrile-butadiene-stirene) è una termoplastica derivata dal petrolio.

della base dell'oggetto solidificando, in tal modo, il primo strato di materiale. La sezione consolidata è, poi, immersa nel liquido, in misura pari al suo spessore, prima di ripetere l'operazione per ogni singolo strato successivo. In ciascun passaggio, il laser disegna la sezione trasversale dell'oggetto che solidifica e si unisce alla precedente, fino al completamento del modello.

Con l'ausilio di esperti del settore, sarà individuata la tecnologia e il materiale più rispondenti alle esigenze aziendali in termini di prezzo, performance e flessibilità, tarati sulle caratteristiche del prodotto da prototipare.

Dalle evidenze emerse durante la visita aziendale, il ricorso alla tecnologia FDM, che è la più accessibile tra le tecnologie di stampa 3D, potrebbe essere già sufficiente.

In tal senso, prodotti validi potrebbero essere:

- Wasp⁹ Delta 20x40;
- Wasp Delta 40x70.

Entrambi sono due modelli dotati di buona risoluzione, (100 micron), considerando le

⁹ La Wasp è un'azienda italiana specializzata nella produzione di stampanti 3D, con particolari capacità di estrusione (per dimensioni e materiali estrusi).



Modello Delta dell'azienda Wasp

Studio di fattibilità aziendale



esigenze dell'azienda. Inoltre, il piano riscaldato, l'ambiente a temperatura controllata e il bowden¹⁰ ammortizzato, garantiscono un ritiro controllato del materiale e risultati migliori a livello di stampa finale.

A seguito dell'individuazione della giusta tecnologia, l'azienda dovrà individuare una figura interna al reparto produttivo, in grado di gestire il macchinario CNC, preposto allo scopo. Tale risorsa sarà formata attraverso un ciclo di formazione, della durata di 30 giorni, che verte- rà sui software per la generazione file percorso utensile con software.

Il software utilizzato a tale scopo è Cura.



Schermata del software Cura

Si tratta di un software open source caratterizzato dalla semplicità e dall'ottima user-experience, che consente di ottenere eccellenti risultati pur agendo su un numero essenziale di parametri.

Le finalità formative cercheranno, infine, di dotare il personale coinvolto di specifiche skills relative alla modellazione 3D del prodotto, che consentano una realizzazione del prototipo in maniera ottimale.



¹⁰ Il bowden è un sistema di alimentazione della bobina di materiale, realizzato mediante un collegamento indiretto tra motore di estrusione ed estrusore.

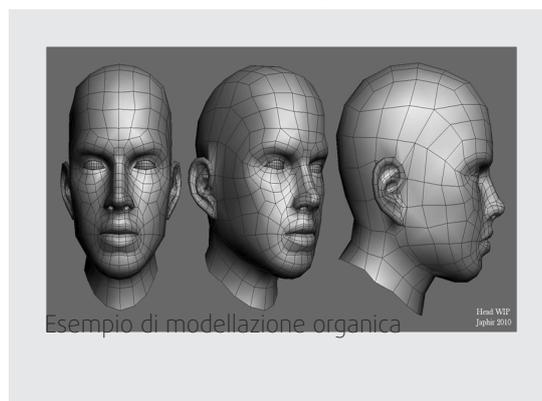
Categoria: avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale

Acquisizione delle conoscenze base, per l'ottimizzazione del processo di produzione dei prodotti aziendali

L'azienda, per aumentare la sua efficienza in fase di realizzazione dei prototipi di mobili imbottiti ed in vista di nuovi modelli di divani, potrebbe attivare un percorso finalizzato all'acquisizione di competenze in tema di modellazione 3D. Sarà necessario individuare una figura interna al reparto tecnico, o esterna al personale aziendale, con skills adatte alla progettazione di elementi di design, da inserire in un percorso di formazione sul tema della modellazione 3D.

A riguardo, va detto che esistono due grandi tipologie di modellazione per creare modelli 3D:

1. La modellazione organica: è utilizzata per realizzare forme naturali, umane o creature. Questi oggetti 3D sono caratterizzati da una grande quantità di dettagli, così come di forme morbide e arrotondate che ne esaltano la componente organica;



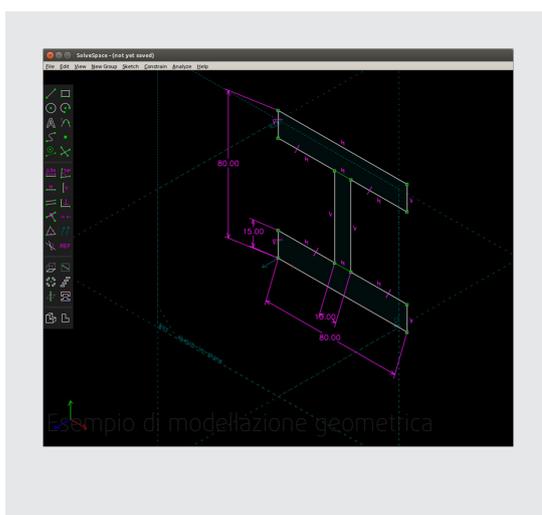
Esempio di modellazione organica

2. La modellazione geometrica: è utilizzata per creare oggetti di natura più tecnica, come parti meccaniche o prodotti d'industria. In genere, questi oggetti 3D sono di tipo artificiale e vengono modellati seguendo delle forme di base che, essendo unite e



modificate, realizzano il modello.

La tipologia del modello 3D da realizzare, renderà necessaria la scelta di un tipo di modellazione virtuale, in modo da permettere di arrivare al risultato nel modo più semplice e veloce possibile. Sulla base delle evidenze emerse nel corso della visita aziendale, si suggerisce la formazione su software di modellazione geometrica come Rhinoceros, programma che presenta notevoli vantaggi quali la facilità d'interfaccia, la leggerezza di calcolo, la possibilità di funzionare da supporto per una serie notevole di plug-in anche gratuiti, la modellazione per superfici, la precisione delle lavorazioni su diversi materiali (es. legno).





Sezione III: percorsi d'innovazione suggeriti

Per l'azienda Creatica srl, emerge con forza la scelta di un percorso specifico rispetto agli altri, quello cioè relativo all'acquisto di una macchina per la prototipazione rapida.

Tabella III.1 – indicatori

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	1
B	Flessibilità	0,4
C	Livello di conoscenza di uno o più software	0,6
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	0,25

Tabella III.2 – Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,25
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,2
3	Avviamento entry level ad altri software	0,24
4	Arduino per automazione processo	0,26
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,25
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,26
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,26
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,26
9	Hacking hardware	0,25
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,26
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,22
12	Sviluppo nuovo software	0,26
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,06

Tabella III.3 – Valutazione finale della propensione ai Percorsi di Innovazione (da 0 a 1)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,25
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,2
3	Avviamento entry level ad altri software	0,24
4	Arduino per automazione processo	0,26
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,25
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,25
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,76
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,26
9	Hacking hardware	0,25
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,26
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,52
12	Sviluppo nuovo software	0,26
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,56

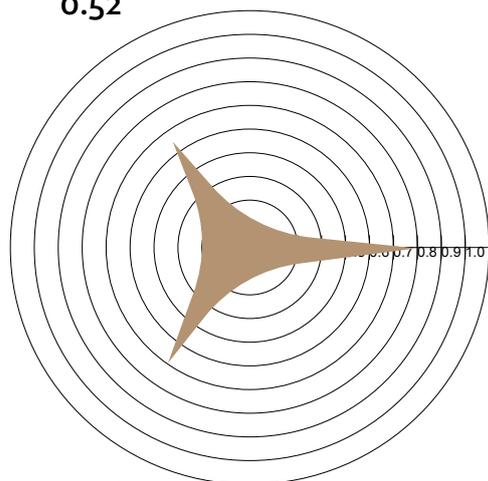
Ciò è da attribuire, in parte, ad una insufficiente predisposizione pregressa alla fabbricazione digitale (in termini di macchine, di software e di conoscenze particolari), in parte, alla stessa richiesta esplicita pervenuta dalla proprietà, di introdurre una fase di prototipazione formale mediante tecnologie di stampa 3D.

In tale direzione, l'azienda potrebbe arrivare a prototipare in scala i singoli pezzi, per verificarne l'assemblaggio e la corretta progettazione. Tuttavia, potrebbe anche utilizzare la stampa 3D per la realizzazione del prototipo finale, in economia di parti.





Nuovo approccio
al **Computational Design**
0.52



0.76 Acquisto nuova
macchina CNC

0.56
Avviamento **entry level**
ai software orientati
alla fabbricazione digitale

Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale



Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Il percorso individuato non dovrebbe presentare grandi problemi per un'azienda che ha già al suo interno, personale formato su software, sebbene basilari, di disegno 3D.

Gli ostacoli maggiori possono presentarsi, anzitutto, nell'individuazione delle risorse da impiegare, in relazione alla saturazione dell'azienda rispetto alle commesse, ma anche rispetto alle risorse da assegnare a tali mansioni, una volta introdotte del processo produttivo.

Va specificato, poi, che oltre alle competenze di modellazione 3D e di processing della stampa, sono necessarie delle fasi di rifinitura sul prodotto realizzato mediante le tecnologie di stampa 3D. Tali fasi hanno un carattere artigianale e sono rivolte alla creazione della giusta finitura superficiale cercata, all'assemblaggio di parti realizzate separatamente e all'attribuzione dei giusti parametri cromatici. Le diverse fasi, data la loro natura molto differente, molto probabilmente non trovano risposta nella medesima risorsa.

Un altro aspetto da considerare, consiste nell'investimento da parte dell'azienda: prima di poter avviare un percorso in tal senso, infatti, è necessario che l'azienda scelga tra le diverse possibilità tecnologiche offerte oggi dal mercato, quella ad essa più opportuna e, in seguito, che proceda all'acquisto, al fine di poter avviare il percorso ipotizzato.





Azienda:

Fratelli Cornacchia S.r.l.

Sezione I: screening aziendale

Profilo generale, dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

L'azienda "Fratelli Cornacchia S.r.l." ha un modello organizzativo piuttosto strutturato ed è posizionata da tempo nella filiera delle realizzazioni necessarie al prodotto divano/poltrona. Il suo core business, infatti, consiste nella produzione delle strutture interne ai divani/poltrone, che in gergo vengono chiamate "fusti", ottenuti lavorando sostanzialmente legno massello e compositi. Tutto il materiale lavorato viene acquisito dal mercato europeo.

La produzione, dunque, è sostanzialmente su commessa e just in time, realizzata cioè per clienti specifici su impulso di questi ultimi. La struttura fisica dell'azienda è di grandi dimensioni e presenta un'organizzazione interna studiata per ottimizzare i cicli di lavorazione.

Nell'ultimo anno l'azienda ha maturato la volontà di intervenire in mercati affini a quello del divano, e ha dedicato una parte delle proprie energie allo sviluppo di un prodotto per il mercato del letto imbottito.

La progettazione di tale prodotto è totalmente interna. Al momento il prodotto, realizzato in un numero contenuto di esemplari, è nella fase di ricerca dei potenziali canali di vendita. Tuttavia, esso costituisce una novità evidente per un'azienda che fino ad oggi ha lavorato per commessa, che in questo caso dovrebbe riorganizzare una parte della propria produzione per linea di prodotto, just in time o su lotti.

Va sottolineato che, a differenza dei fusti per divani, nel caso dei letti imbottiti, l'azienda è in grado di realizzare il prodotto finito. In merito alla promozione del nuovo prodotto, l'azienda ha avviato una forte attività di internazionalizzazione del mercato cercando un posizionamento sia su quello europeo, sia su quello extra UE.

L'ottimizzazione del prodotto letto, ha richiesto all'azienda un anno di attività di ricerca e sviluppo.

Aspetti produttivi

La lavorazione parte dagli elementi in legno o composito così come spediti dai fornitori e successivamente, attraversa differenti fasi che vanno dalla definizione in dimensioni prestabilite, alla lavorazione effettuata con macchine 3 assi che ne definiscono la forma finale in maniera univoca. Queste ultime eseguono lavorazioni relativamente semplici.

Infine si passa alla rifinitura del prodotto e al relativo imballaggio. Tutte le fasi di lavorazione non sono monitorate in remoto anche se l'azienda ha mostrato già interesse in tal senso.

Il progetto dei fusti da realizzare proviene essenzialmente dal cliente in diversi formati. Nel caso delle aziende più strutturate e più forti sul mercato il progetto arriva sotto forma di file, in genere in formato .dxf¹; nel caso di aziende meno strutturate, spesso localizzate nel territorio, la casistica è disparata, e arriva, al limite, ad una semplice idea di massima trasmessa tramite colloquio diretto con l'azienda.

In entrambi i casi, il progetto deve essere acquisito dall'azienda e, nel caso in cui si tratti di una semplice idea descritta verbalmente, l'azienda interviene con la progettazione del fusto così come richiesto; in ogni caso l'ufficio tecnico dell'azienda deve intervenire per una fase di ingegnerizzazione ed una successiva preparazione alla messa in macchina.

All'interno dello stesso ufficio si genera direttamente il file G-code² che verrà poi inviato alla macchina e caricato dall'operatore specializzato. In questo momento l'ufficio tecnico non applica operazioni di Nesting per il lancio della lavorazione.

L'ufficio tecnico disegna un elaborato digitale tridimensionale del prodotto da realizzare, mediante l'utilizzo di Rhinoceros 3D versione 4,

¹ AutoCAD DXF (Drawing Interchange Format, o Drawing Exchange Format) è un formato per i file di tipo CAD, sviluppato da Autodesk come soluzione per scambiare dati tra il programma AutoCAD e altri programmi.

² I Codici G (dall'inglese G-code), sono funzioni nel linguaggio di programmazione del controllo numerico.

Studio di fattibilità aziendale



in modo da poter verificare già in ambiente virtuale le possibili difficoltà di assemblaggio.

Il layout di produzione appare ben organizzato per seguire la nascita del prodotto attraverso le diverse fasi di lavorazione.

Il parco macchine è costituito da ben sette macchine in grado di eseguire lavorazioni su 3 assi, su elementi di grandi dimensioni, a volte con più teste per lavorazioni simultanee, sia su laminati che su massello. In aggiunta sono presenti una sagomatrice, due sezionatrici e una sega nastro, controllate numericamente.

Si tratta di macchine fortemente orientate alla lavorazione del legno per le specifiche esigenze dell'azienda: tali macchine sono in grado di lavorare con grande efficienza e con ritmi elevati, ma con scarsa flessibilità di output. Infatti, esse sono destinate sostanzialmente alla lavorazione bidimensionale alla profondità di passata richiesta. Inoltre, pur trovandosi in un mercato che risente di fasi stagionali, la saturazione delle macchine è piuttosto elevata.

In generale, il parco macchine non sembra essere stato innovato di recente ed è sicuramente sottoutilizzato rispetto alle potenzialità dello stesso. Il numero delle macchine attive, a detta della proprietà, è superiore alle esigenze di produzione.

L'ufficio tecnico risulta piuttosto impegnato nella fase di progettazione, ingegnerizzazione e preparazione per la messa in macchina. Questo in parte, è dovuto alla localizzazione delle conoscenze software in due risorse umane dell'azienda.

Il software prevalentemente usato in azienda è Alphacam: si tratta di un programma molto utilizzato dalle aziende in possesso di macchine a controllo numerico, che consente diverse operazioni eseguibili a bordo macchina o in postazione da ufficio, dal disegno 2D e 3D, alla gestione dei parametri di lavorazione di un ampio range di macchine CNC, grazie all'esistenza di numerosi moduli forniti separatamente dall'azienda sviluppatrice.

Tuttavia, Alphacam è un software le cui

possibilità di modellazione sono piuttosto limitate. Ugualmente, la grande versatilità d'uso, che consente, con un unico software (sebbene corredato di moduli diversi), la gestione di diverse macchine, va a discapito della gamma di controlli realizzabili. In azienda è riscontrabile l'uso di conoscenze, seppur limitate, di Rhinoceros.

Gli scarti e gli sfridi di lavorazione sono composti da legno e compositi. Ad oggi, tali materiali di risulta non vengono valorizzati, ma non costituiscono un costo vivo dal momento che vengono, per lo più, resi al fornitore di materie prime che li cambia in materiali nuovi.

La buona attitudine imprenditoriale dei Fratelli Cornacchia li ha più volte condotti alla ricerca di nuovi mercati. Tale ricerca, tuttavia, fino ad oggi si è orientata sui mercati prossimi a quelli della filiera del divano o del legno in genere (letti, costruzione di case in legno, energia da biomasse lignee).

Dal colloquio, tuttavia, è emersa la curiosità per la ricerca di nuovi ambiti di prodotto e di mercato su cui provare l'utilizzo di ulteriori potenzialità legati alla digital fabrication e di risorse, in termini di macchine già presenti nell'azienda.

La conoscenza del mondo della fabbricazione digitale e delle tecnologie open hardware è molto limitata, eppure la curiosità verso tale settore dell'innovazione pare alta.



Sezione II: potenziale innovativo

Innovazione di prodotto

Categoria: miglioramento performance macchine CNC

Miglioramento delle performance formali e strutturali del prodotto attraverso l'utilizzo completo delle possibilità offerte dalle CNC a 3 assi

Il percorso di innovazione mira a raggiungere quelle conoscenze progettuali e tecniche tali da abilitare il controllo macchina a nuovi tipi di lavorazione dei componenti in legno che definiscono il fusto finale.

Le possibilità di lavorazione di macchine 3 assi, allorché ancora usate con movimenti bidimensionali ad altezza di lavorazione predefinita, potrebbero implementare le caratteristiche dei giunti con cui i singoli componenti vengono assemblati tra di loro.

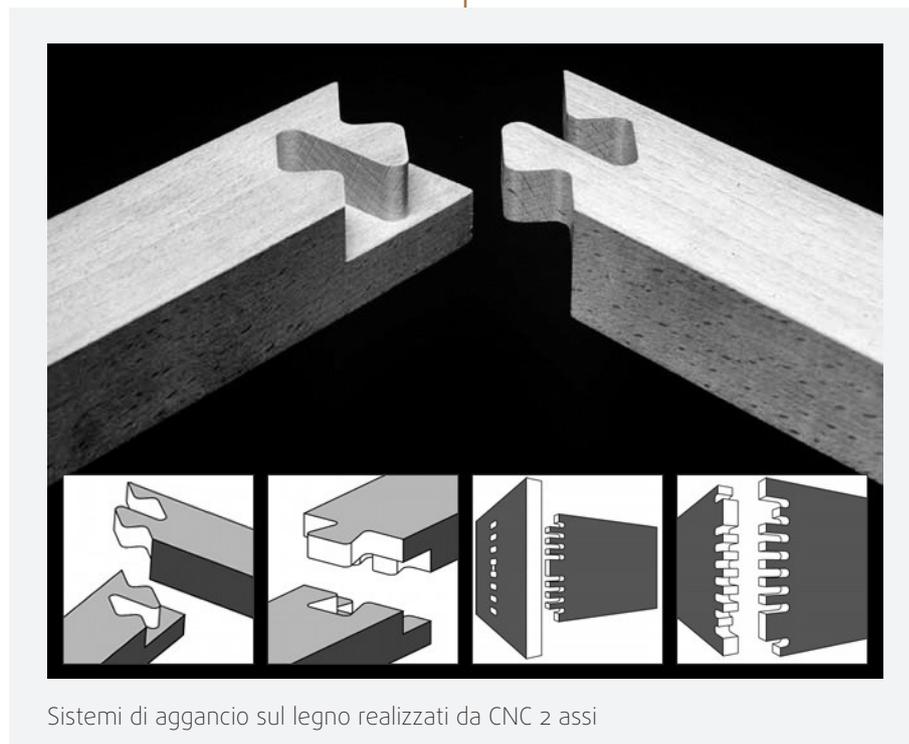
A titolo esemplificativo riportiamo le immagini di seguito che mostrano la notevole gamma di possibili attacchi e la particolare fini-

tura estetica che ne deriva. Inoltre, per le macchine dotate di movimentazione dinamica sul terzo asse sarebbe possibile ipotizzare sagomature tridimensionali che renderebbero variabile in una dimensione la sezione trasversale di un elemento del fusto.

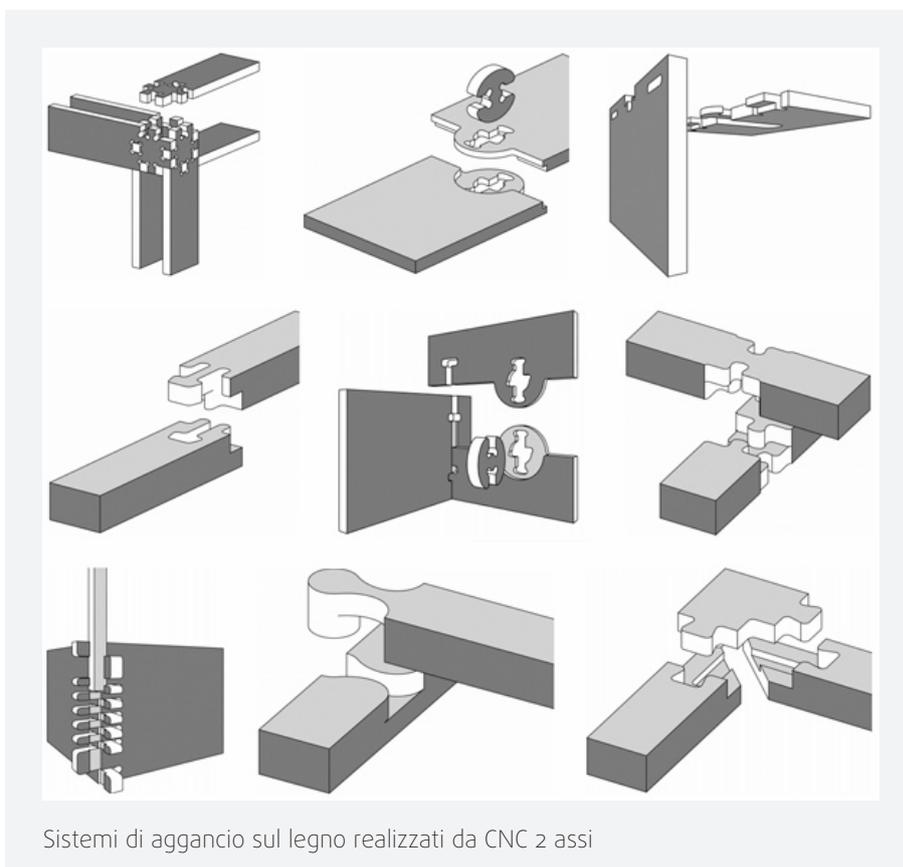
Il percorso d'innovazione potrebbe prendere le mosse dall'analisi dei sistemi ora in uso dall'azienda cercando di migliorarne caratteristiche prestazionali in termini di flessibilità, assemblaggio, resistenza e ottimizzazione degli sfridi.

Una volta identificata la criticità sulla quale intervenire, si passa alla progettazione tridimensionale del giunto. In questo caso si consiglia di intraprendere un periodo di formazione offerto ai tecnici dell'azienda che risultano avere propensione più alta alla modellazione tridimensionale con software CAD di disegno specializzato tipo SolidWorks o SolidEdge.

Tale percorso è fondamentale per la progettazione e la verifica di elementi complessi e con lavorazioni non consuete. Alla fine della suggerita formazione, gli addetti dovranno es-



Sistemi di aggancio sul legno realizzati da CNC 2 assi



Sistemi di aggancio sul legno realizzati da CNC 2 assi



sere capaci di gestire il processo di modellazione 3D dall'ideazione, alla verifica di assemblaggio, alla gestione delle tolleranze. Una volta conclusa la fase virtuale, si procede alla formazione degli stessi operatori o di differenti figure (scelta consigliata), su programmi di generazione di file di percorso utensile in formato G-Code.

In questo caso potrebbe essere utile lavorare con moduli CAM, come RhinoCam, che usano come piattaforma di base gli stessi software scelti per la modellazione in modo da non stressare troppo il flusso di lavoro forzandolo su piattaforme differenti.

La formazione, una volta conclusa, dovrà garantire ai discenti la possibilità di generare il percorso utensile più adatto al tipo di risultato da raggiungere.

Attuato il trasferimento di conoscenze indispensabili per la lavorazione, si procede alla re-

alizzazione dei relativi test di lavorazione al fine di verificare se il modello materico corrisponde a quello virtuale e se le ipotesi fatte in fase di modellazione risultano valide. Molto probabilmente si dovrà ritornare in fase progettuale per apportare le dovute correzioni ai prototipi prodotti.

Tale modalità operativa richiede un tempo di assestamento in cui gli operatori acquisiscono sensibilità con i software e con le macchine all'interno del nuovo processo. Superato tale tempo di assestamento i tentativi di prototipazione si riducono drasticamente.

Una volta ottimizzato il nuovo giunto, si suggerisce di realizzare un intero fusto inserendo tutte le nuove lavorazioni per utilizzarlo come modello esplicito nella comunicazione ai clienti dell'azienda dell'intrapresa del suddetto percorso innovativo.





Innovazione di processo

Categoria: ottimizzazione file di fabbricazione

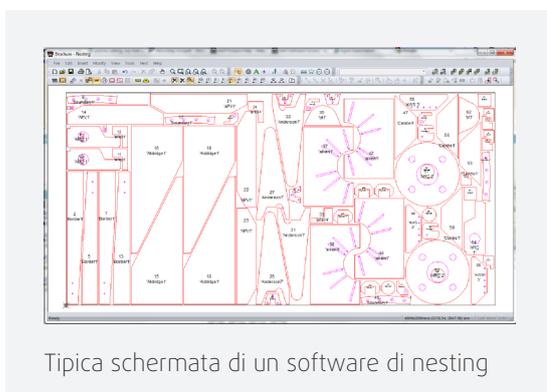
Utilizzo di software per il Nesting

Durante la lavorazione dei pannelli di legno di dimensioni prestabilite provenienti direttamente dalle aziende che forniscono i Fratelli Cornacchia o direttamente preparati lungo il ciclo di lavorazione, la quantità di sfrido e di tempo macchina è molto elevata.

Questo dipende dalla disposizione che i singoli pezzi da fresare assumono in relazione alla morfologia del pannello, a quella degli altri pezzi da fresare durante la stessa lavorazione, ed ai perimetri comuni di differenti lavorazioni che potrebbero essere ottimizzati con un unico taglio.

Il percorso di innovazione suggerito consiste nell'alterare l'attuale flusso di lavoro inserendo in fase di post progettazione e prima della generazione del file G-Code una fase di ottimizzazione del posizionamento degli oggetti all'interno delle dimensioni del pannello da lavorare.

Ad uso esemplificativo si riportano le seguenti immagini che mostrano la fase di ottimizzazione a processo eseguito.



Tipica schermata di un software di nesting

Il Nesting - così viene chiamato normalmente il processo di ottimizzazione dei percorsi di lavorazione delle macchine a controllo numerico - è un'operazione che viene effettuata da

differenti software che cercano proprio di lavorare per la "nidificazione" delle geometrie. Differenti sono gli algoritmi che si possono utilizzare per il calcolo del miglior percorso che partono da una versione leggera in termini di quantità di volume computazionale procedendo ad una nidificazione per rettangoli, fino ad arrivare ad algoritmi di calcolo molto elaborati e pesanti che sfruttano i reali profili delle sezioni da fresare.

In generale, durante l'ottimizzazione di Nesting si devono prendere in considerazione differenti fattori quali:

- Il controllo della lavorazione (il percorso di lavorazione di tutti i pezzi non deve causare la perdita di aderenza del pannello alla struttura sul piano di lavorazione);
- Il diametro dell'utensile con cui si procede alla lavorazione;
- La finitura del lato interno ed esterno della stessa linea di taglio se essa è condivisa da più pezzi.

Oltre queste accortezze è possibile configurare l'algoritmo di calcolo in modo da tener conto di:

- Difetti del materiale da eliminare;
- Differenti aree di qualità dello stesso pannello;
- Vincoli relativi alla direzione delle fibre.

In media, su lavorazioni con profili a predominanza lineare si stima una riduzione dello sfrido del 15% e un'aggiunta percentuale del 13% in più di profili da poter posizionare in relazione allo spazio liberato.

Il percorso d'innovazione parte dalla formazione di alcuni tecnici dedicati all'ottimizzazione dei percorsi. Tali tecnici possono essere ricercati tra il personale già presente all'interno dell'ufficio tecnico, che può essere allocato a tale mansione, o in figure esterne appositamente dedicate.

Tale scelta è da ponderare con attenzione poiché, data la sua natura spiccatamente computazionale, il processo di nesting, per giungere a risultati soddisfacenti, richiede un notevole



Studio di fattibilità aziendale



impiego di tempo e di una macchina computazionale (pc o work station) performante. Una volta identificata la figura è necessario dedicarle un periodo di formazione su un software per il nesting. A questo proposito sarebbe opportuno per l'azienda utilizzare RhinoNest, un software di nesting che si installa come plug-in per Rhinoceros, programma, quest'ultimo, già presente in azienda.

RhinoNest permette di ottimizzare la posizione e l'orientamento per il taglio di materiale in diversi settori, come l'architettura, la scultura, la falegnameria, il mobili-making, la lavorazione dei metalli, il taglio del vetro. Esso permette l'ottimizzazione di qualsiasi tipo di geometria, con tantissime opzioni per la riduzione massima, ovvero:

- Più pannelli;
- L'uso di forme reali o rettangolari;
- Le priorità tra gli oggetti;
- L'identificazione avanzata che mostra le parti in base a criteri differenti;
- Il tag;
- Il fissaggio delle parti del materiale.

RhinoNest possiede anche strumenti di gestione del pannello, consentendo di ottimizzare le rimanenze ed i pezzi in magazzino.

Una volta completata la formazione del personale, è opportuno riscrivere le fasi con cui si arriva dall'idea, o ottimizzazione del progetto, al file G-Code, inserendo il lavoro di ottimizzazione dei percorsi utensile subito dopo la fase di progettazione e tenendo conto degli effettivi tempi di calcolo del software. Sarebbe opportuno, per un'effettiva messa a regime di questo percorso, affiancare la sezione progettuale per l'ottimizzazione dei percorsi, alla normale lavorazione dell'ufficio tecnico, per un periodo di prova di almeno due mesi.

Questo consentirebbe di poter testare gli effettivi tempi di calcolo con buon grado di veridicità. Tale passaggio consente di conoscere quanta differita, in termini di tempo, è necessaria tra le lavorazioni in atto e il lavoro di Nesting.



Categoria: avviamento entry level ad altri software

Utilizzo di software performanti per la verifica dell'assemblaggio 3D

Durante la lavorazione che porta dall'idea di progetto alla generazione del file per la lavorazione con macchine a controllo numerico, l'azienda genera, per tutte le commesse, un file di verifica tridimensionale, in modo da monitorare che l'assemblaggio di tutti i pezzi sia stato correttamente previsto, evitando sprechi dovuti a rilavorazioni o possibili reclami da parte dei clienti. In questo momento, il programma utilizzato dall'azienda per la verifica dell'assemblaggio è Rhinoceros nella sua release 4.

Il programma di modellazione utilizzato ad oggi in azienda pur presentando notevoli vantaggi quali la facilità di interfaccia, la leggerezza di calcolo, la possibilità di funzionare da supporto per una serie notevole di plug-in anche gratuiti, la modellazione per superfici, la precisione in relazione alle lavorazioni su legno per gli aspetti trattati, non è tuttavia al momento il CAD più indicato per la fase di verifica assemblaggio. In effetti, questa prerogativa nasce con un tipo particolare di CAD pensati per la modellazione tridimensionale di parti meccaniche, che di solito, hanno due ambienti separati: uno dedicato alla modellazione ed uno dedicato all'assemblaggio delle parti.

Il percorso di innovazione proposto consiste, dunque, nella sostituzione Rhinoceros con un CAD meccanico. A tal proposito e ad uso esemplificativo riportiamo alcune immagini che mostrano la fase di verifica di assemblaggio realizzata con un software ad hoc.

In particolare, il percorso di innovazione proposto tende a ridurre i tempi di realizzazione del modello 3D, la facilitazione della verifica dell'assemblaggio e l'ottimizzare della morfologia finale del pezzo da fresare in considerazione delle tolleranze.

Il percorso parte con l'individuazione all'interno dell'ufficio tecnico delle professionalità



con conoscenze CAD già acquisite e con la strutturazione di un corso di formazione finalizzato alla modellazione tridimensionale in SolidWorks. Quest'ultimo è un software di disegno e progettazione tridimensionale parametrico, prodotto e commercializzato dalla Dassault Systèmes.

Solidworks nasce come software appositamente dedicato per l'ingegneria meccanica ed è, quindi, particolarmente utile per la progettazione di sistemi meccanici, anche complessi, rivelandosi utilissimo anche per un tipo di assemblaggio di componenti lignee statico. Il software prevede la creazione di disegni 2D e 3D di solidi e superfici, attraverso un sistema geometrico di tipo parametrico e completamente personalizzabile. Inoltre, Solidworks è in grado di importare ed esportare geometrie in una grande varietà di formati tridimensionali.



Tipica schermata di un software per la verifica dell'assemblaggio di parti



Innovazione diversificante

Categoria: nuovo approccio al computational design

Realizzazione di una linea di arredo con tecnologia ad assemblaggio

Le conoscenze che l'azienda ha acquisito negli anni, riguardanti la progettazione di elementi in legno per il loro assemblaggio, la conoscenza della materia e dei modi migliori in cui può essere trattata, la dotazione di macchine a controllo numerico con un discreto grado di flessibilità, la non saturazione di tutte le macchine in azienda e, non ultima, l'esperienza già avviata dall'azienda di realizzazione di uno spin-off che produce e commercializza letti imbottiti, offre a Fratelli Cornacchia la possibilità di affacciarsi sul mercato con una linea di arredi in legno realizzata all'interno della stessa fabbrica ed assemblata utilizzando i sistemi propri degli agganci per i fusti.

Ad oggi, data la mancata presenza in azienda di macchine utili per la rifinitura cromatica o l'impiallacciatura degli elementi lignei, la linea d'arredo dovrebbe posizionare i propri prodotti all'interno di un mercato che li possa accogliere e che internazionalmente è occupato già da grandi marchi della distribuzione come Ikea o Brico.

A titolo puramente esemplificativo si riporta l'esempio del Synthesis Designs Chelsea Workspace che descrive le possibilità realizzative e le finiture medie dei prodotti.

Il percorso d'innovazione proposto, tende alla realizzazione di elementi d'arredo che possano essere facilmente collocati in un mercato già esistente fatto di prodotti la cui produzione a regime è raggiungibile con il minor investimento in termini di tempo e risorse.

In tale ottica, il percorso apre due canali di lavoro paralleli: il primo, dovrebbe concentrarsi su aspetti riguardanti il mercato ed il posizionamento della nuova linea d'arredo in legno; il secondo, riguarda la messa a punto dei prototipi che, una volta ingegnerizzati, dovranno inne-

Studio di fattibilità aziendale



starsi nella linea produttiva già presente.

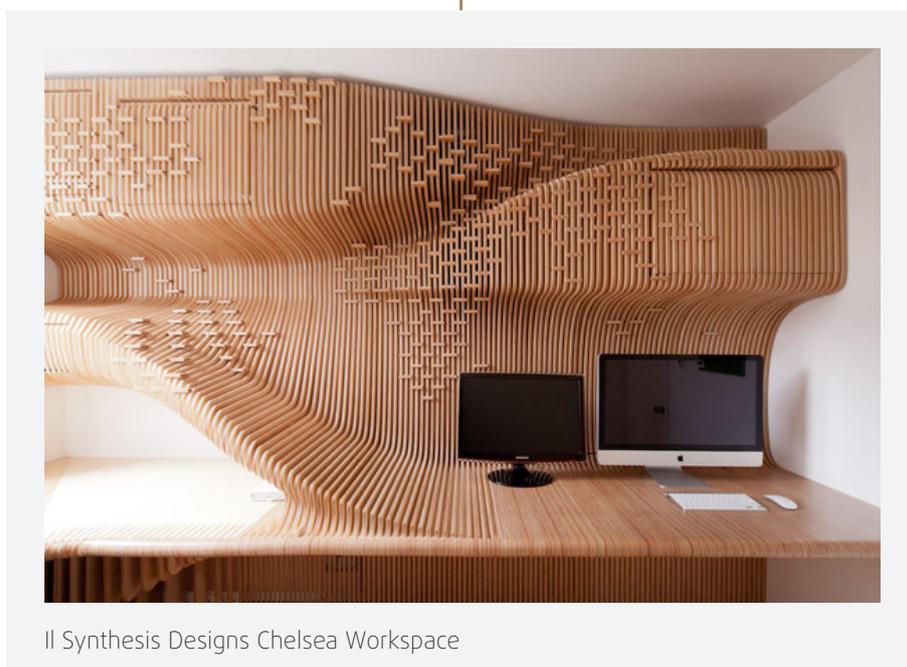
Per quel che concerne gli aspetti legati al posizionamento del prodotto si rimanda l'eventuale valutazione al personale di Basilicata Innovazione.

In merito agli aspetti progettuali, invece, il percorso dovrebbe individuare delle risorse esterne con competenze specifiche sul design del legno realizzato con un approccio legato alla fabbricazione digitale. Una volta individuate, tali risorse vanno affiancate ad una figura già interna all'ufficio tecnico, in modo da favorire il travaso di conoscenze utili ad una progettazione fortemente orientata alla realizzazione del concept. La stessa dovrebbe rifarsi alle più comuni tecniche di assemblaggio implementate dall'uso di macchine a controllo numerico che sfruttino in pieno le possibilità offerte da software di progettazione parametrica come Grasshopper, per poter realizzare elementi facilmente modulabili in dimensioni e particolari.

Tale software, pur non essendo di facile utilizzo, è uno dei più potenti strumenti parametrici per la generazione ed il controllo di forme complesse a qualsiasi scala: dall'architettura al

design. Distribuito gratuitamente come plug-in di Rhinoceros, Grasshopper è in grado di generare forme tridimensionali complesse attraverso la definizione di un diagramma a nodi che descrive le relazioni tra le parti (logica associativa) di un qualsiasi progetto. I modelli 3D sviluppati con Grasshopper sono sistemi dinamici modificabili in tempo reale mediante la variazione dei parametri definiti durante la costruzione del diagramma, con vantaggi immediati in termini di esplorazione formale e di controllo/razionalizzazione di forme complesse.

Inoltre, la fase finale del percorso dovrebbe essere corredata dalla realizzazione di un portale web che trasferisca, in modo diretto, il plus offerto grazie all'uso dei suddetti software ai clienti finali, determinando per essi la possibilità di customizzare la stessa linea secondo le proprie esigenze, in coerenza con il proprio gusto ma sempre all'interno di un range di modifiche precedentemente fissate in fase progettuale.



Il Synthesis Designs Chelsea Workspace





Categoria: realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale

Realizzazione di un nuovo materiale per la stampa 3D estruso in filamenti

La notevole quantità di scarti in legno presenti in azienda sia di tipo solido sia sotto forma di truciolo e polveri non costituisce in questo momento un costo notevole per l'azienda. Infatti pur avendo verificato l'utilizzo di questo materiale per la generazione di calore attraverso impianti di termogenerazione e cogenerazione, la successiva trasformazione di questo in energia è risultato, a detta della proprietà aziendale, ancora poco conveniente.

Viceversa, l'utilizzo degli stessi scarti per la realizzazione di materiali utili alle lavorazioni effettuate con stampanti tridimensionali e condotte in sinergia con aziende specializzate, ha trovato nella proprietà un notevole interesse.

Il percorso di innovazione proposto tende ad arrivare alla produzione di un filamento attualmente utilizzato nei processi di 3D Printing che utilizzano la tecnologia FDM.

Questa, a partire da un file G-Code, utilizza un sistema di deposizione successiva di strati di materiale termoplastico per realizzare prototipi e modelli finiti. Il materiale e il supporto - sotto forma di fili contenuti in bobine - sono portati alla testa di un'estrusore che ne consente il cambio di stato, da solido a fluido, attraverso l'aumento della temperatura dello stesso, per poi essere depositati strato dopo strato sul piano di stampa.

Il sistema di posizionamento degli ugelli segue il modello STL³ e deposita gli strati di materiale e di supporto, dove richiesto, fino ad ultimare l'oggetto desiderato. Il prodotto, una volta finito, in ragione della sua destinazione, può risultare già pronto per un uso funzionale o per una fruizione estetica, oppure può necessitare di post-lavorazioni o post-trattamenti. Tra

³ STL (Standard Triangulation Language) è un formato di file, binario o ASCII, nato per i software di stereolitografia CAD.

la varietà di materiali in commercio come il PLA, l'ABS, il Nylon, esiste già una tipologia denominata laywood: si tratta di un composito realizzato con una percentuale variabile di fibre di legno riciclato in una matrice di termoplastiche.

Di seguito, a titolo esemplificativo, si riportano le immagini che mostrano il filamento di legno e resina nella sua veste di presentazione al cliente.

Il percorso di innovazione prevede innanzitutto l'individuazione di un'azienda che nelle sue lavorazioni abbia disponibilità di scarti o materie prime di polimeri plastici o di resine, adatte alla lavorazione con tecnologia FDM.

Una volta individuata l'azienda e le relative intenzioni d'investimento, si dovrebbe procedere alla verifica delle esatte percentuali di materiale per la realizzazione dell'impasto che verrà, successivamente, trasformato in filamenti.

Una volta messa a punto la fase preparatoria dell'impasto, il cartello di aziende dovrà esporsi nell'acquisto di una trafilatrice adatta alla lavorazione del composto, in modo da renderlo immediatamente utilizzabile dalle stampanti a tecnologia FDM.

Si tralasciano in questa sezione gli studi di settore necessari per valutare l'investimento necessario per la realizzazione del filamento.



Filamento in laywood





Sezione III: percorsi di innovazione suggeriti

La valutazione per indicatori di percorso, ha permesso di analizzare le proposte d'innovazione illustrati nella Sezione II – Potenziale innovativo aziendale - che, coerentemente con quanto espresso dal sistema di valutazione, costituiscono i percorsi più indicati per l'azienda in oggetto. Tra questi risulta prevalente, sebbene con uno scarto basso, il percorso di innovazione sulla creazione di un materiale per la stampa 3D.

Tabella III.1: indicatori

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	0.64
B	Flessibilità	0.6
C	Livello di conoscenza di uno o più software	1
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	0.25

Tabella III.2: Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,16
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,18
3	Avviamento entry level ad altri software	0,05
4	Arduino per automazione processo	0,2
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,2
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,2
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,05
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,2
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,05
12	Sviluppo nuovo software	0,2
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,05

Tabella III.3 – Valutazione finale della propensione ai Percorsi di Innovazione (da 0 a 1)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,46
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,48
3	Avviamento entry level ad altri software	0,35
4	Arduino per automazione processo	0,2
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,3
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,5
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,2
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,05
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,2
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,05
12	Sviluppo nuovo software	0,2
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,05

Le ragioni di tale risultato sono articolate nel seguente modo.

Sono stati riscontrati i valori più alti nella digitalizzazione del parco macchine, così come nelle capacità di utilizzo dei software. Questo ha sicuramente generato un valore molto alto, sebbene non determinante, nella direzione di un percorso di ottimizzazione dell'ampio parco macchine presente. Tuttavia, i bassi livelli di conoscenza delle tecnologie di fabbricazione digitale non hanno dato a tale percorso un aspetto dominante.

Lo stesso si può dire del percorso relativo al Nesting. A riguardo, sulla scorta di quanto detto in precedenza, il percorso del nesting affronta quella che è una delle criticità dell'azienda in oggetto.

Il percorso relativo alla ricerca sui materiali di stampa 3D, invece, sebbene particolarmente complesso, non richiede particolari caratteristiche, in termini di risorse e conoscenze specifiche, all'azienda e finisce per assumere un carattere prevalente.

Tale risultanza ci risulta coerente





con altre osservazioni meno analitiche pur tuttavia descritte nelle sezioni precedenti. In particolare, ci si riferisce alla grande presenza di scarti di lavorazione di natura lignea che, sebbene in qualche modo costituiscano, in qualche modo, un problema parzialmente risolto per l'azienda, rimangono una criticità su cui l'azienda ha più volte tentato di agire.



Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale



Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Gli ostacoli al percorso di innovazione indicato con il titolo "Materiali per la stampa 3D", sono sostanzialmente di due nature: difficoltà di percorso e competitività di mercato.

Un percorso che arriva alla formulazione di un prodotto adatto alla stampa 3D, ricavato da plastica e legno, è oggettivamente complesso. Oltre alla materia prima, è necessario dotarsi di macchine specifiche per l'estrusione calibrata con buone tolleranze del filamento da bobinare.

Inoltre sono necessari dei test di natura reologica⁴ in funzione della temperatura, delle percentuali di legno e plastica, della composizione della matrice plastica, delle condizioni di umidità dell'ambiente e, non ultime, delle diverse tipologie di estrusori presenti oggi sul mercato.

È evidente che tale considerazione si declina nella necessità di laboratori (non riscontrati in alcuna azienda visitata) in possesso di risorse hardware e scientifiche tali da sostenere tale percorso, ma anche in investimenti da parte della azienda.

In merito al mercato, pur essendo quest'ultimo in forte espansione, di pari passo alla diffusione di tali macchine tra i consumatori finali, esso si è mostrato da subito molto aggressivo, con una forte competizione sui prezzi, al netto delle altre variabili che invece sono piuttosto costanti all'apparenza. In realtà, il problema della qualità del materiale è particolarmente sentito dagli utilizzatori di stampanti 3D. Dunque, l'idea di attestarsi come competitor di mercato, con prodotti di alta qualità, corredati di schede tecniche, con un servizio di testing sui diversi hardware, e con un buon servizio di customer care, potrebbe costituire una buona scelta. Ovviamente in tale circostanza il laywood dovrebbe costituire solo uno dei prodotti della gamma di consumabili per stampa 3D.

Valutazioni più approfondite sulle tematiche di mercato esulano tuttavia dalla natura di

questo documento.



⁴ La reologia è la scienza che studia gli equilibri raggiunti nella materia deformata per effetto di sollecitazioni.



Azienda:

Tex imbottiti srl

Sezione I: screening aziendale

Dati rilevanti l'inquadramento dell'azienda

La società Tex Imbottiti srl si occupa della produzione di imbottiture per il settore del mobile imbottito materano, lavorando prevalentemente blocchi di poliuretano espanso.

L'azienda appare molto operosa, a cominciare dal management che partecipa attivamente alla produzione sulla linea di prodotto. Come solitamente accade per aziende che fanno parte di una filiera, Tex Imbottiti lavora sostanzialmente su commesse provenienti dalle aziende di assemblaggio e commercializzazione del prodotto finito che, il più delle volte, detengono il controllo della progettazione.

Aspetti produttivi

La linea principale è dedicata al taglio e alla sagomatura di blocchi di poliuretano. Tali lavorazioni avvengono mediante macchine CNC¹, programmate a bordo macchina. L'input per le macchine arriva, per lo più, in maniera analogica, sotto forma di sagome disegnate dal cliente e tagliate in azienda, o sotto forma cartacea, per poi passare alla digitalizzazione a bordo macchina.

La scelta del taglio, a partire dai blocchi di materia prima, viene eseguita dall'operatore senza supporto computazionale. Un'altra operazione gestita manualmente, consiste nell'incollaggio dei rivestimenti al poliuretano tagliato. I prodotti realizzati, che compongono una quantità unitaria di commessa, sono imballati automaticamente, sebbene il controllo del numero di pezzi, sia a monte per il caricamento della macchina, sia a valle per la verifica, venga fatto dall'operatore.

La produzione viene gestita, essenzialmente, grazie alla forte presenza della proprietà sulla linea che fa da elemento integratore tra le postazioni, per la gestione del processo.

¹ Le CNC (Computer Numerical Control, in inglese) sono macchine utensili programmabili e controllabili attraverso un calcolatore.



Sezione II: potenziale innovativo

Innovazioni di processo

Categoria: acquisto di una nuova macchina CNC

Dotazione di uno o più bracci antropomorfi, dotato di sistema di taglio per spugna

Considerando l'attuale processo di realizzazione delle imbottiture, si ritiene che il ricorso ad opportune tecnologie di fabbricazione digitale, consentirebbe di migliorare l'efficienza delle attuali lavorazioni e di realizzare nuove forme complesse. Infatti, una produzione impostata sull'utilizzo di macchinari CNC, se da un lato può godere di tutti i benefici dell'automazione, dall'altro lato rischia di incontrare ostacoli dovuti alle operazioni di programmazione, specie se ripetute per ogni macchinario coinvolto. Il percorso prevede di intervenire su specifiche fasi del processo, con l'obiettivo di ridurre il numero di macchinari attualmente utilizzati per lavorazioni che, diversamente, potrebbero essere mono-macchinario.

Preliminarmente, l'azienda dovrà individuare una figura interna al reparto produttivo, in grado di effettuare lavorazioni con macchinari CNC.

Sarà, poi, necessario avviare, con l'assistenza di addetti al settore, uno screening delle esigenze connesse alla fase di lavorazione e di trasformazione del poliuretano, nonché una mappatura degli step, con l'obiettivo di confermare le evidenze scaturite nel corso della visita aziendale. Tale fase, è finalizzata a definire le caratteristiche tecniche del macchinario CNC da acquistare.

Al fine di ridurre il numero degli step (di programmazione e produzione) e dei macchinari coinvolti per la realizzazione di questa fase, risulta adeguato allo scopo un braccio robotico antropomorfo, capace di montare al "polso" un utensile per la sagomatura della spugna o, in alternativa, di lavorare in coppia con un suo doppione dotato dello stesso utensile.

Un braccio antropomorfo è un robot impiegato per l'automazione di processi produttivi. Grazie alle svariate tipologie di lavorazioni in cui è impiegabile (specie se dispone di cambio automatico dell'utensile), risulta un macchinario dotato di estrema flessibilità di impiego, soprattutto in relazione al numero e al tipo dei gradi di libertà che determinano le capacità del braccio di articolarsi in posizioni ed orientazioni



Due antropomorfi Kuka al lavoro sul telaio di un'auto





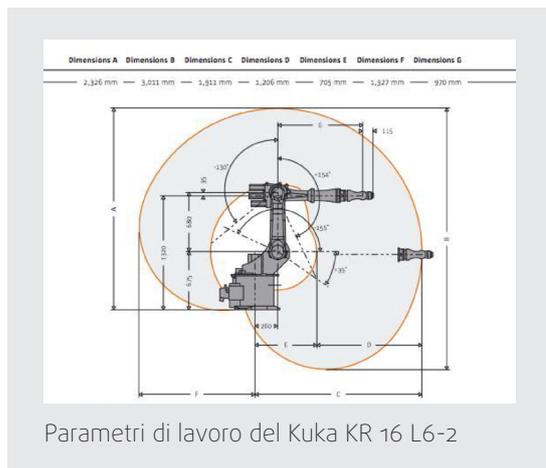
diverse dell'end effector (la sua "mano"). È un sistema complesso, costituito da una struttura meccanica per l'interazione con l'ambiente, in grado di essere programmato per eseguire compiti e acquisire informazioni.

Il principale vantaggio di tale macchinario consiste nel non effettuare con diverse CNC, come accade invece attualmente, le singole lavorazioni che compongono la fase produttiva in questione.

Nello specifico, non solo si dovrà utilizzare un unico macchinario, ma bisognerà anche generare un unico codice macchina, senza dover programmare o controllare ogni singolo macchinario coinvolto.

Si consiglia di optare per l'acquisto di una macchina KUKA² e, in particolare, per uno dei seguenti modelli:

- KR 16 L6-2: è un robot a 6 assi, con raggio d'azione fino a 1,9 m; ha una portata a 6 kg e carico aggiuntivo di 10 kg; il montaggio è a pavimento o a soffitto.



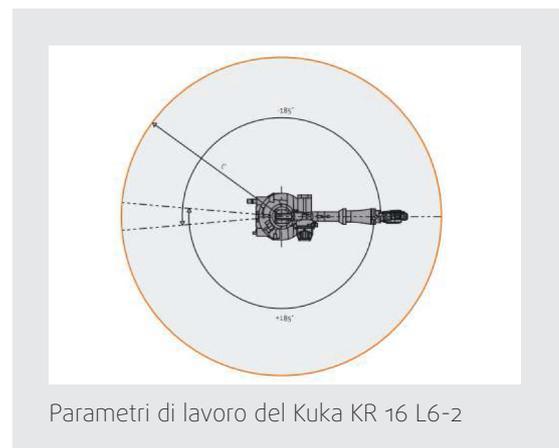
Queste macchine, opportunamente attrezzate, consentono di montare al polso utensili non standard, come quelli utilizzati per la sagomatura delle spugne. L'azienda Kuka Roboter, inoltre, propone collaborazioni con



² Kuka Roboter è pioniere nel campo della robotica e dell'automazione, nonché uno dei più grandi costruttori di robot industriali a livello mondiale.

aziende per le quali progetta e realizza utensili su misura. Una tale dotazione consentirebbe una riduzione notevole dei tempi di lavorazione, con una resa del prodotto finito molto alta.

Il personale tecnico coinvolto nel percorso, dovrà essere formato sui temi dei software di generazione di file di percorso utensile. In questo caso, potrebbe essere utile lavorare con moduli CAM, che usino come piattaforma di base, gli stessi software scelti per la modellazione, in modo da non stressare troppo il flusso di lavoro, forzandolo su piattaforme differenti.





Innovazioni di processo

Categoria: ottimizzazione file di fabbricazione

Ottimizzazione dei profili da tagliare con software di nesting

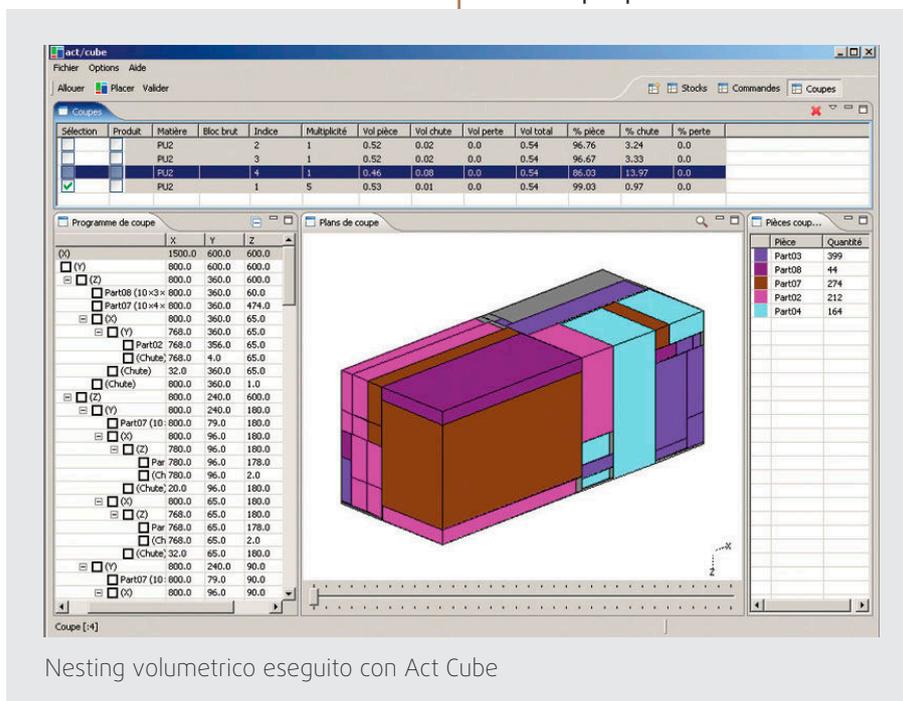
L'azienda, per ottimizzare la lavorazione dei prodotti all'interno dell'attuale ciclo produttivo, potrebbe dotarsi di sistemi di ottimizzazione del file di percorso utensile.

Il percorso proposto, consiste nell'alterare l'attuale flusso di lavoro, inserendo, in post progettazione e prima della generazione del file di G-Code³, una fase di ottimizzazione del posizionamento degli oggetti all'interno delle dimensioni volumetriche di spugna da lavorare.

Il nesting⁴ è un'operazione effettuata da differenti software che cercano di lavorare per

del miglior percorso, si possono utilizzare diversi algoritmi che partono da una versione leggera, in termini di quantità di volume computazionale, procedendo ad una nidificazione per rettangoli, fino ad arrivare ad algoritmi di calcolo molto elaborati e pesanti che sfruttano i reali profili delle sezioni da fresare. In generale, durante l'ottimizzazione di Nesting, bisogna prendere in considerazione differenti fattori, quali:

- Il controllo della lavorazione (il percorso di lavorazione di tutti i pezzi non deve causare la perdita di aderenza alla struttura del pannello sul piano di lavorazione);
- Il diametro dell'utensile con cui si procede alla lavorazione;
- La finitura del lato interno ed esterno della stessa linea di taglio, se essa è condivisa da più pezzi.



Nesting volumetrico eseguito con Act Cube

la "nidificazione" delle geometrie. Per il calcolo

³ Il Codice G (dall'inglese G-code) è una funzione nel linguaggio di programmazione del controllo numerico

⁴ Il nesting è il processo di ottimizzazione dei percorsi di lavorazione delle macchine a controllo numerico.

Oltre a queste accortezze è possibile, inoltre, configurare l'algoritmo di calcolo in modo da tener conto:

- Dei difetti del materiale da eliminare;
- Delle differenti aree di qualità dello stesso





pannello;

- Dei vincoli relativi alla direzione delle fibre.

Su lavorazioni con profili a predominanza lineare, si stima una riduzione media dello sfido del 15% e un'aggiunta percentuale del 13% in più di profili da poter posizionare, in relazione allo spazio liberato. Il percorso d'innovazione parte dalla formazione di alcuni tecnici, preposti all'ottimizzazione degli iter. Tali figure possono ricercarsi tra il personale già presente all'interno dell'ufficio tecnico che può essere allocato a tale mansione, o tra professionisti esterni. Si tratta di una scelta da ponderare con attenzione, poiché, data la sua natura spiccatamente computazionale, il processo di nesting, per giungere a risultati soddisfacenti, richiede un notevole impiego di tempo e di una macchina computazionale (pc o work station) performante. Una volta identificata la figura, è necessario dedicarle un periodo di formazione su un software per il nesting.

A questo proposito, sarebbe opportuno per l'azienda utilizzare RhinoNest, un software che si utilizza come plug-in per Rhinoceros⁵, programma, quest'ultimo, già presente in azienda.

RhinoNest permette di ottimizzare la posizione e l'orientamento per il taglio di materiale in diversi settori, come l'architettura, la scultura, la falegnameria, il mobili-making, la lavorazione dei metalli, il taglio del vetro. Esso consente l'ottimizzazione di qualsiasi tipo di geometria, con tantissime opzioni per la riduzione massima, come:

- Un numero maggiore di pannelli;
- L'uso di forme reali o rettangolari;
- Le priorità tra gli oggetti;
- L'identificazione avanzata che mostra le

parti in base a criteri differenti;

- Il tag;
- Il fissaggio delle parti del materiale.

RhinoNest, inoltre, presenta anche strumenti di gestione del pannello, consentendo di amministrare le rimanenze e i pezzi in magazzino.

Una volta completata la formazione del personale, è opportuno rivedere le fasi con cui si arriva dall'idea o dall'ottimizzazione del progetto al file G-Code, inserendo il lavoro di ottimizzazione dei percorsi utensile, subito dopo la fase di progettazione e tenendo presente gli effettivi tempi di calcolo del software. Sarebbe opportuna, per un'effettiva messa a regime di questo percorso, affiancare la sezione progettuale per l'ottimizzazione degli iter, alla normale lavorazione dell'ufficio tecnico, per un periodo di prova di almeno un mese. Questo consentirebbe di poter testare gli effettivi tempi di calcolo con un buon grado di veridicità.

Tale passaggio permetterebbe di conoscere quanta differita, in termini di tempo, è necessaria tra le lavorazioni in atto e il lavoro di nesting.



⁵ Comunemente chiamato Rhino, Rhinoceros è un software applicativo commerciale per la modellazione 3D di superfici sculturate (free form) realizzato da Robert McNeel&Associates. Esso viene normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, per la prototipazione rapida, il reverse engineering e per il design della comunicazione.





Sezione III: percorsi suggeriti

L'azienda non ha ancora sviluppato un interesse particolare verso i temi della fabbricazione digitale e, del resto, il parco macchine presente, seppur decisamente alto in numero, annovera macchine particolarmente orientate alla tipologia di prodotto realizzata.

L'azienda, nonostante abbia manifestato l'intenzione di passare a macchine più flessibili con lavorazioni a più assi in grado di produrre diverse operazioni con un unico programma di produzione, non ha ancora maturato tale scelta.

Tabella III.1 – indicatori

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	0
B	Flessibilità	0
C	Livello di conoscenza di uno o più software	0,3
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	1,25

Tabella III.2 – Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,11
3	Avviamento entry level ad altri software	0,11
4	Arduino per automazione processo	0
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0
7	Acquisto nuova macchina CNC	0
8	Arduino per prodotti intelligenti	0
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,13
11	Nuovo approccio al Computational Design	0

12	Sviluppo nuovo software	0
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,13

Tabella III.3 – Valutazione finale della propensione ai Percorsi di Innovazione (da 0 a 1)

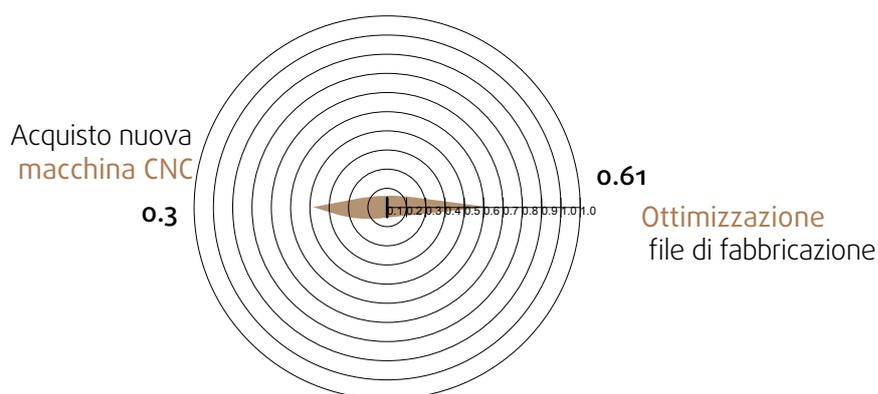
1	Miglioramento performance macchine CNC	0
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,61
3	Avviamento entry level ad altri software	0,11
4	Arduino per automazione processo	0
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,3
8	Arduino per prodotti intelligenti	0
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,13
11	Nuovo approccio al Computational Design	0
12	Sviluppo nuovo software	0
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,13





Tali riflessioni hanno generato una valutazione polarizzata su due percorsi possibili. In particolare, il percorso che sembra maggiormente opportuno nel caso dell'azienda Tex Imbottiti srl, è quello relativo all'ottimizzazione delle lavorazioni e nello specifico al nesting.

L'adozione di questa procedura sembra particolarmente utile in questo momento, rispetto ad altre possibilità, al fine di un'ottimizzazione delle fasi di taglio dei blocchi di poliuretano.



Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale



Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Il percorso individuato può risultare difficile per un'azienda come Tex Imbottiti S.r.l. che è, di fatto, sprovvista di un ufficio di progettazione strutturato.

L'implementazione di tale iter d'innovazione passa, pertanto, in prima istanza, per l'individuazione, di necessarie risorse che, da quanto desunto dalla visita aziendale, vanno formate sull'utilizzo di software in grado di gestire la modellazione degli elementi, prima ancora che sul nesting. Ciò ha ripercussioni sia a monte che a valle del processo produttivo: a monte, perché diventa indispensabile introdurre la modellazione degli elementi da realizzare, operazione già di per sé complessa; a valle perché tale processo influenza inevitabilmente la messa in macchina.

Sarà necessario, pertanto, individuare un sistema di comunicazione, in termini di compatibilità di file, tra gli strumenti di nesting e quelli di gestione della lavorazione del taglio dei blocchi in poliuretano.





Azienda:

**Falegnameria Colacicco sas
di Luca Colacicco & C.**

Sezione I: screening aziendale

Profilo generale dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

La Falegnameria Colacicco sas, si presenta come una falegnameria artigiana di rilevanti dimensioni, in cui non è formalizzata una vera e propria linea produttiva, in quanto il coordinamento del lavoro avviene per opera degli stessi addetti e sotto la supervisione del proprietario che è, di fatto, in prima linea nell'espletamento delle mansioni concernenti la produzione. Il prodotto prevalente, quasi esclusivo, è costituito dalle strutture interne ai divani, comunemente dette "fusti in legno".

La Falegnameria Colacicco è inserita all'interno della filiera del mobile imbottito materano. Le macchine presenti in azienda, sono in gran parte manuali, ad esclusione del pantografo 3 assi che entra in funzione, principalmente, per lavorazione di pannelli per conto terzi.

Ciò che colpisce dopo la visita aziendale, non è tanto quello che l'azienda attualmente realizza, quanto le potenzialità della stessa e del proprietario, in primis. Quest'ultimo non solo ha una buona conoscenza di alcune tematiche relative alla fabbricazione digitale, ma ciò che più conta è che, senza averne totale coscienza, egli utilizza già diverse tecniche di fabbricazione digitale, seppure con un approccio che oscilla tra il digitale e l'analogico. È proprio in questo aspetto che risiede la grande potenzialità del caso: la capacità di risolvere problemi a volte complessi con metodi analogici, dimostra un'evidente e promettente predisposizione ad un salto digitale.

Dimostrazioni di quest'approccio sono disseminate per l'azienda, a volte come ornamenti, altre volte come pezzi riposti in magazzino, come ad esempio vasi realizzati per layer¹, attraverso operazioni di nesting², o pannelli lavorati con superfici curve. Si evince, infine,

una forte tensione verso l'emancipazione da una filiera, rispetto alla quale l'azienda ha una posizione di mercato debole e particolarmente instabile.

¹ Il layer è un sistema costruttivo che realizza oggetti per sezioni parallele.

² Il nesting è il processo di ottimizzazione dei percorsi di lavorazione delle macchine a controllo numerico.



Aspetti produttivi

Non esiste una linea di produzione ben definita. La capacità di adattamento, l'esperienza del personale e, in particolare, quella del titolare, consentono al lavoro di arrivare ad un buon esito, nei tempi previsti.

La capacità dell'azienda di rispondere alle esigenze specifiche del mercato è alta, nonostante il flusso di lavoro sia sostanzialmente analogico e, solo occasionalmente, gestito con il centro di lavoro CNC³ che, seppur non di ultima generazione, è particolarmente performante e flessibile. Esso viene gestito a bordo macchina mediante l'utilizzo di Alphacam.

L'unico operatore del centro di lavoro, è il titolare stesso che dimostra una buona destrezza nell'utilizzo della macchina e del software relativo. In aggiunta al centro di lavoro, esiste un'altra macchina CNC che, tuttavia, ha un basso livello di flessibilità ed è utilizzata per la sezionatura dei laminati di legno. La fase di progettazione dei prodotti da realizzare, viene per lo più ideata dal cliente. L'azienda, tuttavia, ha la capacità di affrontare la risoluzione di problemi progettuali, sia mediante l'utilizzo di software di progettazione, sia direttamente col supporto dell'esperienza durante la lavorazione stessa.

Nel caso di commesse da parte di clienti non afferenti alla filiera del divano, l'azienda è in grado di affrontare internamente tutta la fase di progetto, grazie alla buona volontà e alla naturale capacità di apprendimento del titolare.

La risulta delle lavorazioni è sostanzialmente costituita da legno, sia massello che pannelli compositi, in quantità anche significative (circa 200 kg al giorno), che, al netto del riutilizzo per altre applicazioni, costituisce un costo vivo per l'azienda dovendo essere smaltito.



³ Le CNC (Computer Numerical Control, in inglese) sono macchine utensili programmabili e controllabili attraverso un calcolatore.

Sezione II: potenziale innovativo

Innovazioni di prodotto

Categoria: realizzazione di un Nuovo Prodotto

Realizzazione di un nuovo prodotto all'interno della produzione che già l'azienda mette in atto per conto terzi, implementando conoscenze già presenti

Considerando il settore di riferimento e le potenzialità, talora inesprese, presenti all'interno dell'azienda, è possibile ravvisare l'opportunità di intraprendere un percorso finalizzato alla realizzazione di un nuovo prodotto, attraverso l'utilizzo di macchinari CNC da affiancare a quelli attualmente realizzati dall'azienda.

La Falegnameria Colacicco dovrà, innanzitutto, individuare, tramite screening effettuato dal management interno, una linea di prodotti coerenti con le conoscenze tecniche e con la sensibilità artigianale già acquisita, che possano essere sviluppati adottando approcci progettuali, tecniche e tecnologie connesse alla digital fabrication.

Con la fabbricazione digitale, ciascun oggetto, o parte di esso, è un ciclo di lavoro a sé stante che abbandona completamente il concetto di standardizzazione e serialità delle produzioni. Ciascun oggetto deriva da un file 3D che si tramuta poi in un file di percorso utensile. La realizzazione di oggetti diversi l'uno dall'altro, risulta relativamente semplice, in quanto è sufficiente cambiare i percorsi o il file nativo, per ottenere immediatamente un oggetto diverso. Tale concetto, è diametralmente opposto a quello utilizzato in una linea di produzione tradizionale che, invece, mira alla serialità e alla ripetitività su larga scala.

Le macchine a controllo numerico, tra cui le frese, il taglio laser, il taglio ad acqua, i pantografi, gli antropomorfi e le stampanti 3D, rappresentano una classe di prodotti inizialmente pensati per applicazioni industriali che, via via, al decrescere dei costi d'acquisto e al miglioramento delle interfacce di control-

lo, sono diventati strumenti sempre più diffusi nell'artigianato, nelle piccole industrie e in service specializzati. Si delinea, quindi, una nuova figura di artigiano, ovvero l'artigiano digitale, figura nata a seguito dell'avvento delle tecnologie di fabbricazione digitale all'interno delle botteghe artigiane.

A prescindere dalla distinzione tra artigianato tradizionalmente inteso e "artigianato 2.0", l'artigiano è colui che è in grado di passare dall'invenzione al manufatto direttamente con le proprie abilità nel fare, sia che esse siano capacità manuali, sia che si riferiscano a capacità di utilizzo di un determinato software o di macchine che facilitano la realizzazione del progetto.

Gli artigiani digitali possono essere definiti come i maestri che utilizzano la propria creatività e la propria maestria manuale, fondendole con le tecnologie di fabbricazione digitale.

Il ricorso alla Digital Fabrication consentirebbe alla Falegnameria Colacicco sas di:

- Realizzare nuovi prodotti dalle geometrie complesse;
- Ridurre i tempi di lavorazione (ad oggi medio-lunghi) del prodotto aziendale;
- Enfatizzare la creatività, la conoscenza dei materiali e la capacità di tramutarli in prodotto, attraverso il ricorso a software di progettazione CAD;
- Ottenere direttamente un prodotto finito, senza dover effettuare numerose lavorazioni di post produzione per le finiture.

Il percorso mira a realizzare un nuovo prodotto, attraverso la sapiente combinazione di know-how e tecniche diffuse in azienda, con le tecnologie di Digital Fabrication.

A titolo esemplificativo, si riporta di seguito il progetto denominato "Tavolo per Ostriche", realizzato dallo studio Stacklab⁴, in quanto costituisce una buona sintesi tra lavorazioni

⁴ Stacklab è uno studio multidisciplinare di design con sede a Toronto.



Studio di fattibilità aziendale



effettuate con macchine CNC e la conoscenza artigianale, sintesi a cui la Falegnameria Colacicco può sicuramente tendere.

Il percorso di cui sopra, richiede una serie di attività preliminari, tra cui l'individuazione della tipologia di prodotto su cui focalizzare gli sforzi progettuali.

- scritti nel dettaglio tali software);
- Software per la generazione di file percorso utensile;
- Modalità e tecniche di fabbricazione di geometrie attraverso l'utilizzo di macchine CNC.



Esempio di prodotto ottenuto con la fusione di tecniche tradizionali e digitali - Tavolo per Ostriche realizzato dalla Stacklab (<http://www.blogto.com/design/stacklab-toronto>)



Bisognerà, poi, individuare una figura in grado di seguire l'iter innovativo (presumibilmente potrebbe essere il titolare). Tale risorsa verrà inserita in un percorso di formazione, della durata di almeno 90 giorni, sui temi della fabbricazione digitale e del design computazionale. In particolare, tale figura sarà formata su:

- Software di modellazione tridimensionale come Rhinoceros⁵ o Blender⁶ (si rimanda alle sezioni successive dove vengono de-

⁵ Comunemente chiamato "Rhino", Rhinoceros è un software applicativo commerciale per la modellazione 3D di superfici sculturate (free form) realizzato da Robert McNeel&Associates. Esso viene normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, per la prototipazione rapida, il reverse engineering e per il design della comunicazione.

⁶ Blender è un programma libero per la modellazione e per il rendering di immagini ed animazioni tridimensionali. Può essere utilizzato anche per lo sviluppo di oggetti tridimensionali (UV unwrapping), per simulazioni di fluidi, di rivestimenti, di particelle, per altre simulazioni non lineari e per la creazione di applicazioni/giochi 3D.

La risorsa sarà coinvolta nel percorso di progettazione e realizzazione del nuovo prodotto. A seguito della fase formativa e progettuale, si realizzerà un prototipo del prodotto attraverso un mix di lavorazioni tradizionali e digitali. Terminata la fase di prototipazione, si passerà all'ottimizzazione progettuale del prototipo replicando, se necessario, le operazioni di prototipazione, al fine di validare le modifiche apportate in ottica migliorativa.

Parallelamente all'ingegnerizzazione del prodotto, l'azienda dovrà curare lo sviluppo e l'implementazione della relativa strategia di commercializzazione. Si consiglia di optare per una strategia commerciale supportata da un'attività di comunicazione ben strutturata che, attraverso il web ed i social network, sia in grado di:

- Creare attività di marketing a costi contenuti;
- Dare visibilità all'azienda, e ai suoi prodotti, a livello internazionale;





- Favorire l'individuazione di creativi e partner da coinvolgere nelle successive produzioni.



Innovazioni di processo/prodotto

Categoria: nuovo approccio al Computational Design

Acquisizioni di conoscenze specifiche per la progettazione di un tipo d'artigianato realizzato con macchine CNC

L'azienda, al fine di caratterizzare i suoi prodotti e sfruttare al meglio la propensione progettuale già esistente al suo interno, dovrebbe intraprendere un percorso finalizzato all'acquisizione di conoscenze e competenze in materia di design computazionale⁷. Ciò le consentirebbe di proporre soluzioni di prodotto innovative nel design complesso e nelle capacità prestazionali, grazie ad un approccio progettuale parametrico⁸, valorizzando il parco macchine ad oggi presente in azienda.

La risorsa interna cui sarà destinata la formazione ad-hoc, andrà inserita in un percorso istruttivo di almeno 120 giorni, attraverso il quale acquisirà conoscenze su aspetti progettuali di design computazionale.

Considerando le finalità del percorso, ossia la realizzazione di manufatti dall'elevato livello di complessità funzionale ed estetica, si suggerisce l'adozione del software di progettazione parametrica Grasshopper. Plug-in gratuito di Rhinoceros, Grasshopper⁹ è uno dei più potenti strumenti parametrici per la generazione ed il controllo di forme complesse a qualsiasi scala (dall'architettura al design). Attraverso un diagramma a nodi che descrive la relazione tra le parti (logica associativa), tale software consente di generare forme tridimensionali complesse di un qualsiasi progetto.

I modelli 3D sviluppati con Grasshopper, sono sistemi dinamici modificabili in tempo reale mediante la variazione dei parametri definiti durante la costruzione del diagramma, con

⁷ Il design computazionale sfrutta la potenza di calcolo dei computer, per la gestione ed elaborazione di dati, parametri ed informazioni che concorrono a definire il design di un oggetto.

⁸ Vedi nota 49, "design computazionale".

⁹ Grasshopper è un software open source.

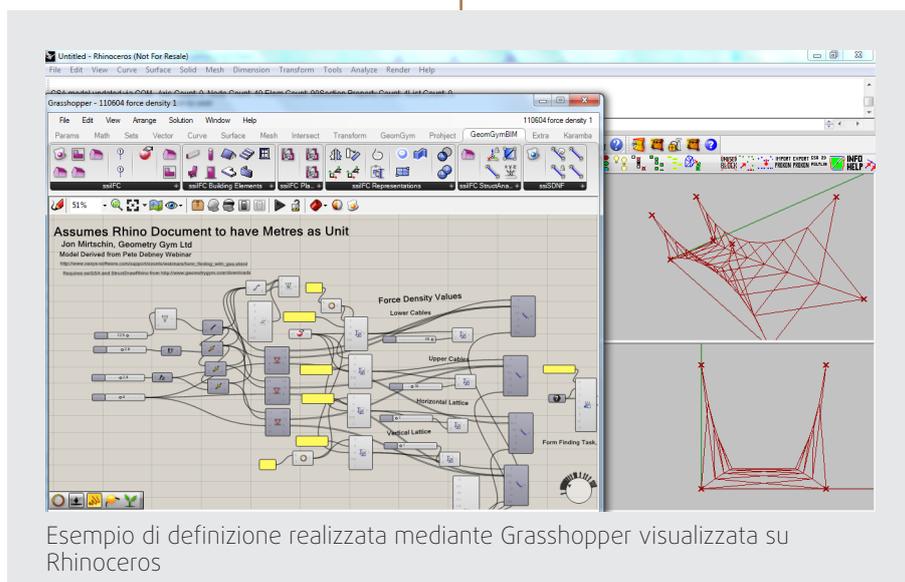
Studio di fattibilità aziendale

vantaggi immediati in termini di esplorazione formale e di controllo/razionalizzazione di forme complesse.

Come diretta conseguenza della logica associativa, è possibile creare legami concettuali ed effettivi tra i diversi livelli di approfondimento progettuale. In altri termini, il cambiamento di un parametro a scala più ampia, è in grado di generare una propagazione di modifiche tale da giungere alla congruente ridefinizione di dettagli a piccola scala: è possibile ipotizzare un link diretto tra i parametri relativi alla forma generale di una superficie complessa e le caratteristiche geometriche di un nodo strutturale, il tutto guidato da logiche di relazione definite dal designer. Razionalizzazione della forma, scomposizioni, sviluppo di superfici complesse in elementi piani, grazie a Grasshopper, cessano di essere operazioni "a posteriori", per essere integrate nel medesimo processo di definizione formale.

Data la complessità delle lavorazioni cui si sarà abilitati a seguito dell'adozione di Grasshopper, si consiglia di dotarsi di un software CAM, come RhinoCam (che lavora anch'esso su Rhinoceros 3D) che consenta la simulazione dei percorsi utensili.

Il percorso prevedrà, poi, la formazione sulle modalità e le tecniche di fabbricazione di geometrie complesse, al fine di garantire la fattibilità, in termini produttivi, delle iniziative progettuali.



Esempio di definizione realizzata mediante Grasshopper visualizzata su Rhinoceros



Innovazioni di processo

Categoria: avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale

Acquisizioni delle conoscenze base per l'ottimizzazione delle produzioni attualmente in lavorazione

L'azienda, per aumentare l'efficienza produttiva, potrebbe implementare un percorso finalizzato ad elevare le conoscenze interne in tema di ingegnerizzazione dei prodotti.

Sarà necessario, innanzitutto, individuare una figura interna al reparto tecnico o esterna al personale aziendale, con competenze adatte alla progettazione architettonica e al design. Tale risorsa sarà, poi, formata su software dotati di elevata versatilità e facilità d'interfaccia, come Rhinoceros, per un periodo di almeno 30 giorni. Rhinoceros è un programma che abilita l'utente alla modellazione per superfici, prodotto dalla McNeel, azienda americana che da più di dieci anni è attiva nella programmazione di software per il design. La formazione verte sui temi della modellazione 3D per l'arredo. Quest'ultima, in generale, va distinta in:

1. **Modellazione organica:** è utilizzata per realizzare forme naturali, umane o creature. Tali oggetti 3D sono caratterizzati da una grande quantità di dettagli, così come di forme morbide e arrotondate che ne esaltano la componente organica;
2. **Modellazione geometrica:** è utilizzata per creare oggetti con finalità tecniche, come parti meccaniche o prodotti d'industria. In genere, questi oggetti 3D sono di tipo artificiale e vengono modellati seguendo delle forme di base che, essendo elaborate attraverso un flusso di operazioni successive, realizzano il modello finale.

A titolo esemplificativo, si riporta una struttura in legno modellata in Rhinoceros, esempio classico di modellazione effettuata nei corsi entry level su tale software.

La tipologia del modello 3D da realizzare, renderà necessaria la scelta di una modellazione virtuale, piuttosto che un'altra, per arrivare al risultato finale nel modo più semplice e veloce possibile. Il focus sarà incentrato sull'acquisizione di conoscenze e competenze utili alla progettazione di arredi, in particolar modo, dei "fusti" per il settore del mobile imbottito.



Esempio di struttura realizzata mediante modellazione in Rhinoceros 3D

L'obiettivo del percorso, consiste nella formazione su nuovi strumenti software, che consentano immediatamente una maggiore capacità realizzativa relativamente ai prodotti già lavorati.

Al contempo, tali programmi costituiscono la premessa necessaria per una futura diversificazione di prodotto, grazie ad innovative capacità progettuali e alla proiezione verso nuovi orizzonti di manifattura artigianale digitale.





Sezione III: percorsi d'innovazione suggeriti

La valutazione di quest'azienda, esprime una situazione piuttosto chiara e delinea un percorso nettamente marcato.

Tabella III.1 - indicatori

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	0,5
B	Flessibilità	0,6
C	Livello di conoscenza di uno o più software	1
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	1,5

Tabella III.2 - Valutazione della propensione ai Percorsi d'Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,11
3	Avviamento entry level ad altri software	0,11
4	Arduino per automazione processo	0
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0
7	Acquisto nuova macchina CNC	0
8	Arduino per prodotti intelligenti	0
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,13
11	Nuovo approccio al Computational Design	0
12	Sviluppo nuovo software	0
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,13

Tabella III.3 - Valutazione finale della propensione ai Percorsi d'Innovazione (da 0 a 1)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,3
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,18
3	Avviamento entry level ad altri software	0,18
4	Arduino per automazione processo	0,05
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,5
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,16
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,16
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,05
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,31
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,7
12	Sviluppo nuovo software	0,31
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,5

La conoscenza, seppur basilare di Rhinoceros, riscontrata all'interno dell'azienda in esame, è un caso ritrovato di rado nelle aziende. Questa caratteristica si aggiunge alle altre già sopra citate, ovvero, la presenza di una macchina a controllo numerico molto flessibile, la forte predisposizione del titolare alle soluzioni di fabbricazione digitale e l'insofferenza percepita per un lavoro di routine.

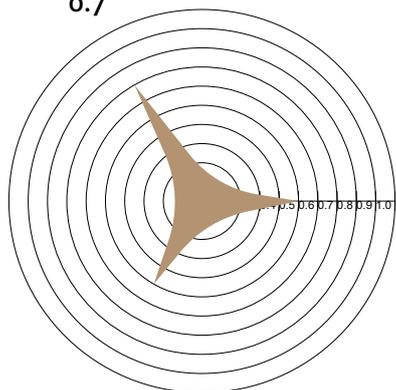
Tutto ciò contribuisce, in vari modi, a delineare un quadro che indirizza l'azienda verso uno sviluppo delle capacità software già preesistenti e un approccio a nuovi strumenti di progettazione.

La Falegneria Colacicco sas, lungo un percorso così delineato, ha le potenzialità per diventare un punto di riferimento, nell'ambito della fabbricazione digitale, per il sistema produttivo locale.





Nuovo approccio
al **Computational Design**
0.7



0.5 Realizzazione di
un **nuovo prodotto**

0.5
Avviamento **entry level**
ai software orientati
alla fabbricazione digitale

Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale



Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito



Le difficoltà riscontrabili in un percorso così delineato sono diverse. Anzitutto, va sottolineata la complessità organizzativa che si verifica nel caso di un passaggio da un prodotto di filiera, o prodotto su commessa, rispetto ai quali si conosce già la casistica delle problematiche riscontrabili, alla realizzazione di nuovi prodotti che mettano a frutto il salto digitale compiuto dell'azienda in questione.

In secondo luogo, va evidenziata la difficoltà oggettiva di un percorso verso l'acquisizione di strumenti complessi, come Grasshopper, che utilizza l'elaborazione dei dati per la creazione di forme. L'apprendimento potrebbe risultare difficile da affrontare per un'azienda come Colacicco che, nell'immediato, continuerebbe ad aver necessità di svolgere il lavoro quotidiano, seppure in previsione di un cambio di prodotto.

L'ultimo ostacolo è relativo alle macchine a controllo numerico. Il centro a 3 assi ha necessità di essere governato da strumenti software più flessibili, come quelli descritti all'interno percorsi d'innovazione, di quelli attualmente utilizzati dall'azienda. Dunque, a valle del percorso, un ulteriore ma necessario sforzo, sarebbe la messa in macchina dei prodotti ideati mediante nuovi strumenti e nuovi approcci alla progettazione.

I possibili ostacoli descritti in questo paragrafo sono da intendersi solo ed esclusivamente come "alert", non costituiscono, cioè, nessuna preclusione all'intrapresa del percorso d'innovazione. Sono invece criticità che, se conosciute in tempo utile, aiutano a programmare un corretto sviluppo del percorso innovativo.





Azienda:

I.P.M.

Industria Porte Meridionale srl

Sezione I: screening aziendale

Dati rilevanti l'inquadramento dell'azienda.

L'azienda I.P.M. srl si presenta con una forte mentalità imprenditoriale, grazie alla quale la proprietà manifesta una particolare apertura verso nuove soluzioni, prodotti innovativi o addirittura nuovi segmenti di mercato. L'azienda, attualmente, realizza porte in legno e in laminato, con inserti in metallo o finiture superficiali. I prodotti coprono, per l'80%, le richieste di un mercato d'impresе che lavorano nel campo edile e, per il restante 20%, le richieste che provengono direttamente da privati. Sebbene l'azienda presenti uno spazio espositivo che offre una visione piuttosto ampia della sua gamma di soluzioni e, quindi, del ventaglio di possibilità che è in grado di realizzare, i prodotti vengono creati esclusivamente su commessa, in relazione alle esigenze specifiche del cliente.

Aspetti produttivi

Il processo produttivo attraversa una linea ben configurata, capace di evadere dai 30 ai 40 ordini al giorno, che parte dal semilavorato in ingresso, costituito prevalentemente da laminati, per giungere, attraverso fasi di sezionatura, foratura e bordatura, all'assemblaggio del prodotto finito. Alcune di queste macchine sono state raddoppiate nel numero, al fine di velocizzare processi produttivi che, a causa dei tempi di lavorazione, rappresentavano un collo di bottiglia all'interno della linea.

Il cuore del processo dell'azienda I.P.M. risiede nelle macchine CNC¹ a 3 assi che eseguono le lavorazioni principali sul pannello, il quale costituirà la porta, in aggiunta a quelle concernenti il taglio, ovvero la foratura, lo scavo e l'alloggio di parti da applicare.

Il processo si svolge con l'utilizzo di CAM a bordo macchina già pre-configurati per le principali lavorazioni svolte dall'azienda. I differenti programmi sono stati accumulati nel tempo, all'interno di una libreria che l'operatore richiama di lavorazione in lavorazione. Pur coprendo la maggior parte delle operazioni ad oggi eseguite in azienda, la gestione della macchina CAM risulta essere poco agevole, sia perché il processo di immissione dati consente facili errori di battitura o di distrazione, sia perché la fase di verifica e controllo effettuata con la simulazione della lavorazione, non avviene quasi mai.

Le parti nevralgiche del processo sono gestite dal responsabile di produzione, che ha accumulato una grande esperienza sulla lavorazione del tipo di prodotto aziendale e sull'ottimizzazione del processo. L'ingegnerizzazione dei prodotti, l'organizzazione della produzione, la supervisione dei processi e la messa a punto delle procedure viene, invece, eseguita da un ingegnere di produzione.

Il sistema di comunicazione con le macchi-

¹ Le CNC (computer numerical controll) sono macchine utensili programmabili e controllabili attraverso un calcolatore.

Studio di fattibilità aziendale



ne dovrebbe essere rinnovato, ma, nonostante ciò, l'azienda ha trovato un suo equilibrio nella realizzazione di quei prodotti che rientrano nella casistica da essa conosciuta.

Uno dei punti nevralgici che rallentano molto le fasi di lavorazione, riguarda la bordatura degli elementi che compongono le chiusure. Infatti, le macchine al momento utilizzate dall'azienda non sono adatte alla lavorazione su profili complessi e richiederebbero un aggiornamento hardware o, addirittura, una loro completa sostituzione con utensili pensati ad-hoc.

La fase di progettazione è svolta tutta internamente da un ufficio tecnico, con l'utilizzo di un CAD tradizionale: Autocad⁴⁵. La progettazione viene poi passata in forma cartacea al responsabile di produzione per la messa in macchina. L'azienda lamenta la difficile modellizzazione delle tipologie di prodotti che può lavorare. Ciò incide notevolmente sui tempi d'ingegnerizzazione del prodotto.

Il processo produttivo genera due tipi di sfridi di lavorazione: materiale ligneo e compositi. I volumi di sfrido non sono elevati (circa 1 metro cubo al giorno) e il legno è in buona parte reimpiegato; viceversa il composito viene destinato a smaltimento.



⁴⁵ Autocad, un software introdotto nel 1982 da Autodesk (azienda software statunitense), è il primo software CAD al mondo.

Sezione II: potenziale innovativo

Innovazioni di prodotto

Categoria: miglioramento performance macchine CNC

Acquisizione di conoscenze tecniche e di progettazione volte alla massimizzazione delle macchine presenti in azienda

Il percorso mira a fornire conoscenze progettuali e tecniche tali da consentire un'adeguata combinazione di tecnologie CAD e CAM, al



Possibili lavorazioni realizzate con macchine a 3 assi su porta. Design di Artyom Maxim

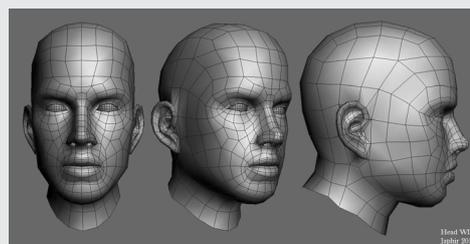
fine di recuperare efficienza produttiva attraverso la riduzione dei tempi progettuali e produttivi, e tale da incrementare le opportunità di differenziazione e diversificazione delle produzioni (es. realizzazione nuove finiture), riuscendo ad eseguire lavorazioni altrimenti non possibili e rafforzando il posizionamento competitivo dell'azienda, oltre che favorendo il suo ingresso in nuovi mercati. L'interessante dotazione di

macchinari CNC attualmente presenti nel ciclo di produzione, non risulta, infatti, adeguatamente valorizzata dall'azienda.

A titolo esemplificativo, ma con una pertinenza specifica rispetto a quanto precedentemente detto, si illustra la lavorazione realizzata dal designer Artyom Maxim che rappresenta un caso di particolare interesse e, al contempo, un paradigma di salto concettuale nella produzione e nella progettazione degli elementi in oggetto.

Il percorso potrebbe prendere le mosse dall'analisi dei sistemi attualmente utilizzati dall'azienda, cercando di migliorarne caratteristiche prestazionali in termini di flessibilità di assemblaggio, resistenza e ottimizzazione degli sfridi.

In questo caso, l'azienda potrebbe intraprendere un periodo di formazione offerto a quei tecnici che risultano avere propensione più alta alla modellazione tridimensionale con software CAD di disegno specializzato come SolidWorks³ o SolidEdge⁴.



Esempio di modellazione organica

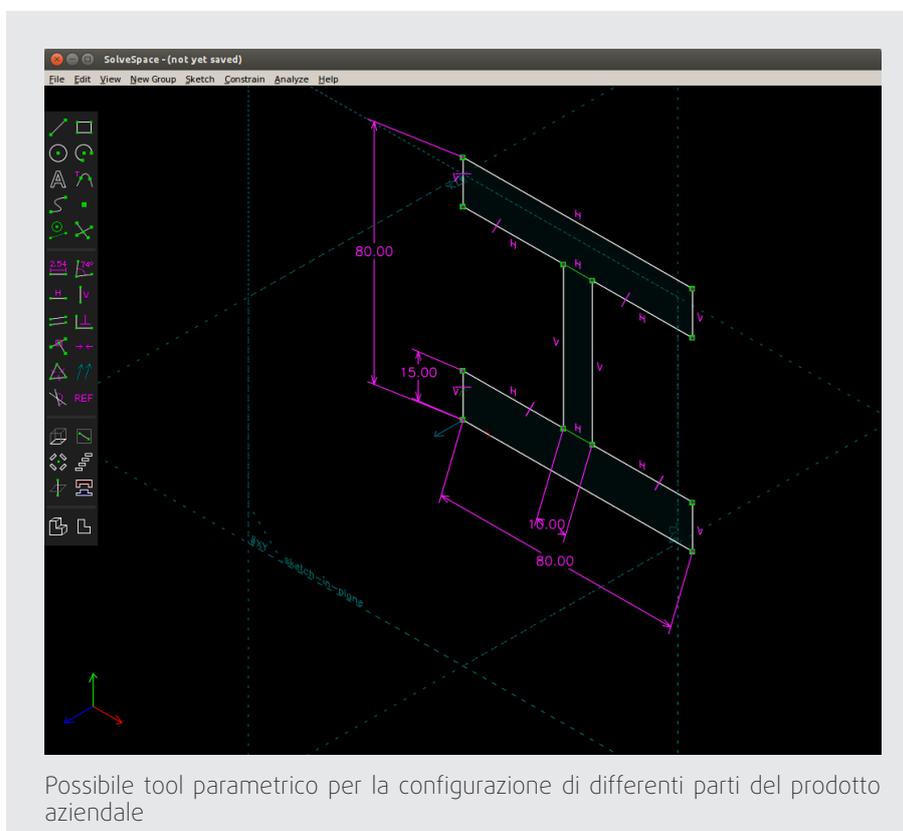
Va precisato che esistono due grandi tipologie di modellazione 3D:

1. La modellazione organica che è utilizzata per realizzare forme naturali, umane o creature. Questi oggetti 3D sono caratterizza-

³ SolidWorks è un software di disegno e progettazione tridimensionale parametrica, prodotto e commercializzato dalla Dassault Systèmes, azienda francese specializzata e leader mondiale nella produzione di software PLM, CAD e 3D.

⁴ SolidEdge è un software di progettazione ibrida 2D/3D sviluppato da Siemens PLM Software.

Studio di fattibilità aziendale



- ti da una grande quantità di dettagli, così come di forme morbide e arrotondate che ne esaltano la componente organica;
2. La modellazione geometrica, che si utilizza per creare oggetti tecnici che richiedono un maggiore rispetto di range dimensionali, come parti meccaniche o prodotti d'industria.

In genere questi oggetti 3D vengono modellati seguendo delle forme di base – primitive – che, attraverso operazioni successive di unione, sottrazione, intersezione e modifica punto per punto, realizzano una forma complessa.

Nel caso in esame e per il percorso suggerito, è preferibile l'utilizzo di un software di modellazione geometrica e, più in particolare di un CAD come Rhinoceros che, offre una modellazione semplice ed intuitiva. Rhinoceros è un software applicativo commerciale per la

modellazione 3D che viene normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, per la prototipazione rapida.

Alla fine della suggerita formazione, gli addetti dovranno essere capaci di gestire il processo di modellazione 3D dall'ideazione, alla verifica di assemblaggio, fino alla gestione delle tolleranze. Una volta conclusa la fase virtuale, si procede, poi, alla formazione degli stessi operatori o di differenti figure (scelta che sembra più appropriata), e alla formazione su programmi di generazione file di percorso utensile in formato G-Code⁵. In questo caso, potrebbe essere utile lavorare con moduli CAM che utilizzano come piattaforma di base, gli stessi software scelti per la modellazione, come ad esempio Rhinocam, in

⁵ Il Codice G (dall'inglese G-code) è un insieme di funzioni nel linguaggio di programmazione del controllo numerico.





modo da non stressare troppo il flusso di lavoro forzandolo su piattaforme differenti.

La formazione, una volta conclusa, dovrà garantire ai discenti la possibilità di generare il percorso utensile più adatto al tipo di risultato da raggiungere.

Attuato il trasferimento di conoscenze indispensabili per la lavorazione, si procederà alla realizzazione dei relativi test di lavorazione, al fine di verificare se il modello materico corrisponde a quello virtuale, e se le ipotesi fatte in fase di modellazione risultano valide. Molto probabilmente si dovrà ritornare in fase progettuale per apportare le dovute correzioni ai prototipi prodotti. Tuttavia, tale modalità operativa richiederà un tempo di assestamento, durante il quale gli operatori acquisiranno sensibilità con i software e con le macchine all'interno del nuovo processo. Superato il tempo di assestamento, i tentativi di prototipazione si riducono drasticamente.

Una volta ottimizzato il nuovo sistema di aggancio, o la nuova finitura, si suggerisce di realizzare un'intera gamma di prodotti, inserendo tutte le nuove lavorazioni, per utilizzarli come modelli esplicativi nella comunicazione ai clienti dell'azienda dell'intrapresa del suddetto percorso innovativo.



Innovazioni di processo

Categoria: nuovo approccio al Computational Design

Utilizzazione di sistemi parametrici per la diminuzione dei tempi d'ingegnerizzazione dei prodotti e per la generazione automatica del file di percorso utensile, relativi alle CNC presenti in azienda

Tale percorso è finalizzato ad incrementare sensibilmente l'efficienza produttiva, riducendo le difficoltà ad oggi incontrate dall'azienda durante la fase di messa in macchina delle lavorazioni sui pannelli che compongono le chiusure. Inoltre, il percorso affronta uno dei punti nevralgici della lavorazione, sia perché incide su una delle macchine insostituibili in azienda (il pantografo), sia perché riguarda una tipologia di lavorazione che, ad oggi, viene gestita da un solo dipendente, il quale risulta essere il solo detentore del know-how necessario.

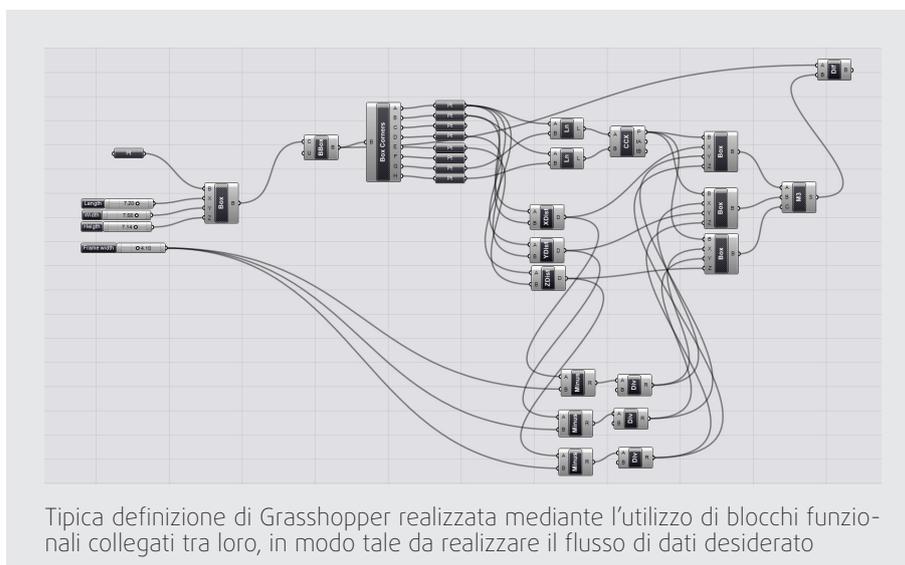
Un sub-obiettivo sarebbe, poi, quello di andare incontro ad una delle esigenze dell'azienda, ovvero realizzare cover che possano "vestire" la porta, introducendo così un nuovo prodotto nel proprio portfolio.

L'implementazione del percorso richiede, innanzitutto, la codifica delle lavorazioni ad oggi eseguite manualmente dall'unico operatore abilitato allo scopo. Tale attività di codifica, è prepedeutica all'implementazione e all'utilizzo di software di gestione parametrica del disegno. La supervisione di esperti di programmazione nella fase di codifica, garantirebbe l'ottenimento degli input che andranno, poi, inseriti in software parametrici, al fine di incrementare il grado di automazione del processo.

Successivamente alla codifica, si renderebbe necessario un ciclo di formazione (di circa 30 giorni), del personale tecnico individuato, riguardo l'utilizzo di software di gestione parametrica del disegno e delle informazioni.

Tale percorso, parte dalla necessaria introduzione ad un ambiente di progettazione parametrica denominato Grasshopper, plug-in gratu-

Studio di fattibilità aziendale



Tipica definizione di Grasshopper realizzata mediante l'utilizzo di blocchi funzionali collegati tra loro, in modo tale da realizzare il flusso di dati desiderato



ito di Rhinoceros⁶, uno dei più potenti strumenti parametrici per la generazione ed il controllo di forme complesse a qualsiasi scala (dall'architettura al design). Attraverso un diagramma a nodi che descrive la relazione tra le parti (logica associativa), Grasshopper consente di generare forme tridimensionali complesse per qualsiasi progetto. I modelli 3D sviluppati con Grasshopper sono sistemi dinamici modificabili in tempo reale mediante la variazione dei parametri definiti durante la costruzione del diagramma, con vantaggi immediati in termini di esplorazione formale e di controllo/razionalizzazione di forme complesse.

Come diretta conseguenza della logica associativa, è possibile creare legami concettuali ed effettivi tra i diversi livelli di approfondimento progettuale. In altri termini, la modifica di un parametro a scala più ampia, è in grado di generare una propagazione di modifiche tale da giungere alla congruente ridefinizione

⁶ Comunemente chiamato Rhino, è un software applicativo commerciale per la modellazione 3D di superfici scultoree (free form) realizzato da Robert McNeel&Associates. Viene normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, per la prototipazione rapida, il Reverse engineering e per il design della comunicazione.

di dettagli a piccola scala. È possibile ipotizzare un link diretto tra i parametri relativi alla forma generale di una superficie complessa e le caratteristiche geometriche di un nodo strutturale, il tutto guidato da logiche di relazione definite dal designer.

Grazie a Grasshopper, ed in genere all'approccio al disegno tramite un software parametrico, la razionalizzazione della forma, le scomposizioni e lo sviluppo di superfici complesse in elementi piani, cessano di essere operazioni "a posteriori", per essere integrate nel medesimo processo di definizione formale.

Attraverso la formazione all'utilizzo di Grasshopper, il personale sarà quindi in grado di gestire i parametri e le caratteristiche di ogni singola lavorazione, in base alle specifiche esigenze del singolo cliente.

Il percorso di formazione potrà anche abilitare il personale coinvolto alla generazione di G-code direttamente attraverso il software di progettazione parametrica, e questo gli permetterà di passare, in tempi ridotti, dalla progettazione alla lavorazione in macchina.

Data la complessità delle lavorazioni a cui l'azienda sarà abilitata a seguito dell'adozione di software come Grasshopper, si consiglia di do-





tarsi di un programma CAM⁷ che consenta la simulazione non in macchina dei percorsi utensili, come ad esempio RhinoCAM.



Description	Current	New
Depth of the EXTERNAL border:	0.000	0.000
Top border - external:	0.100	0.100
Left border - external:	0.100	0.100
Right border - external:	0.100	0.100
Top sloping - external:	0.000	0.000
Left sloping - external:	0.000	0.000
Right sloping - external:	0.000	0.000

Possibile tool parametrico per la configurazione di differenti parti del prodotto aziendale



⁷ RhinoCAM è un plug-in per Rhinoceros completamente integrato all'interno di Rhino stesso, ed è un CAM per le lavorazioni meccaniche in generale.

Studio di fattibilità aziendale



Categoria: costruzione nuova macchina CNC

Realizzazione di una nuova macchina bordatrice capace di portare a termine lavorazioni su profili non planari

Il percorso mira a ridurre l'inefficienza produttiva dovuta al fatto che talune lavorazioni vengono, ad oggi, eseguite soltanto manualmente, a causa dell'assenza di opportuni macchinari CNC. Dalle evidenze emerse nel corso della visita aziendale, è da ritenersi fattibile l'automazione di alcune di queste fasi.

L'azienda dovrebbe, innanzitutto, individuare univocamente le caratteristiche delle lavorazioni che si vogliono automatizzare, ovvero il tipo di lavoro che le macchine dovranno effettuare. Una volta chiarite le esigenze produttive, poi, si eseguirà uno screening delle possibilità di mercato, indagando caratteristiche e costo dei macchinari individuati.

In caso di mancanza di alternative valide, in termini di costo beneficio dei prodotti individuati sul mercato, si valuterà l'investimento necessario per la costruzione del nuovo macchinario.

A tale scopo, si renderà necessaria l'identificazione di un team di progettisti (interni e/o esterni) a cui affidare l'iniziativa. Il primo compito di tale team, sarà quello di realizzare uno studio di fattibilità, tecnica ed economica del progetto.

Qualora lo studio di fattibilità tecnica ed economica abbia esito positivo, si procederà alla progettazione del macchinario. Si consiglia di coinvolgere in questa fase anche coloro che, ad oggi, sono addetti alla relativa lavorazione manuale, in modo da valorizzare il know-how detenuto e codificare esattamente gli step della lavorazione, al fine di non intaccare, con l'automazione, la qualità del prodotto.

Il progetto sarà ottimizzato attraverso test sulle lavorazioni eseguite dalla nuova macchina.

Realizzato il macchinario, sarà necessario

coinvolgere il personale, preventivamente individuato in un percorso di formazione, volto all'utilizzo del nuovo macchinario. Si consiglia, qualora possibile tecnicamente, di coinvolgere nel percorso di formazione il personale che ad oggi effettua la lavorazione manuale oggetto dell'intervento, in modo da evitare che questo generi disoccupazione tecnologica. L'inserimento del macchinario nel flusso di lavoro, sarà graduale e su produzioni pilota, per evitare di compromettere l'operatività generale dell'azienda.



Sezione III: percorsi suggeriti

Il sistema di valutazione descrive una situazione, in qualche modo contraddittoria all'interno dell'azienda.

La IPM S.r.l., infatti, è dotata di un buon parco macchine, di buoni tecnici, di un buon know how di settore; tuttavia, ciò che si evince è un non sufficiente sfruttamento delle possibilità effettive dell'azienda, in termini di fabbricazione digitale. Tali possibilità sono latenti, ma potrebbero essere fatte emergere con relativa semplicità.

Tabella III.1: indicatori

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	0,6
B	Flessibilità	1,2
C	Livello di conoscenza di uno o più software	0,3
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	1

Tabella III.2: Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,15
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,31
3	Avviamento entry level ad altri software	0,18
4	Arduino per automazione processo	0,24
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,24
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,24
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,1
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,24
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,1
12	Sviluppo nuovo software	0,24
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,1

Tabella III.3: Valutazione finale della propensione ai percorsi di innovazione (da 0 a 1)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,45
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,31
3	Avviamento entry level ad altri software	0,18
4	Arduino per automazione processo	0,24
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,24
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,24
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,1
9	Hacking hardware	0,2
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,44
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,4
12	Sviluppo nuovo software	0,24
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,1

Da quanto si evince dal sistema di valutazione su descritto, uno dei punti chiave dell'azienda sui quali agire, consiste proprio nell'insufficiente sfruttamento delle potenzialità delle macchine presenti.

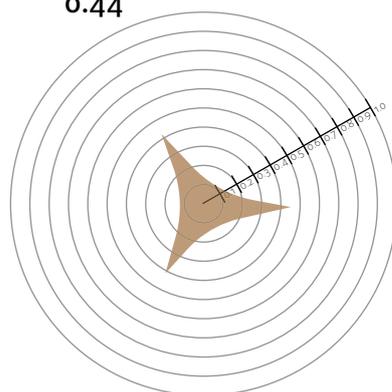
Le macchine CNC a 3 assi, in particolar modo, sarebbero in grado di eseguire lavorazioni molto più complesse di quelle attualmente realizzate dall'azienda, o potrebbero eseguire le medesime lavorazioni attualmente in uso, ma non con un dispendio di risorse umane molto più basso. Il collo di bottiglia risiede nei software di controllo a bordo macchina.

Dunque, le macchine presenti in azienda potrebbero fornire margini di produttività più alti, ma a tal fine è necessaria, anzitutto, una maggiore consapevolezza delle possibilità delle macchine e dei potenziali obiettivi possibili, e inoltre, una graduale ma indispensabile migrazione a nuove soluzioni software.

Studio di fattibilità aziendale



Costruzione
nuova **macchina**
CNC
0.44



Miglioramento
performance
macchine **CNC**
0.45

0.4
Nuovo
approccio al
Computational
Design

Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale

Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

La relativa bassa saturazione della lavorazione, mette l'azienda in grado di seguire percorsi anche impegnativi.

Tuttavia, il percorso specificato presenta non poche insidie dovute prevalentemente ad eventuali resistenze interne, che una conoscenza ben consolidata inevitabilmente oppone alle innovazioni.

Al netto di queste, rimane la difficoltà di un percorso che deve definire le sue finalità e che deve approcciare differenti aspetti col supporto di specifici professionisti, cosa che richiede sicuramente una forte determinazione e chiarezza degli obiettivi.

In prima istanza, è necessario dotarsi di supporto informatico specializzato in automazione, cioè un team di esperti in tale ambito, per la comprensione dei limiti degli attuali software. Da tale studio deve emergere se i limiti sono intrinseci ai sistemi software, o al modo in cui questi sono utilizzati.

In secondo luogo, è necessario iniziare a testare le nuove possibilità realizzative con un dispendio di risorse umane e materiali.

Infine, è necessario introdurre nella propria progettazione, e quindi nei prodotti offerti al mercato, la maggiore capacità realizzativa di cui l'azienda è entrata in possesso.





Azienda:

Vitalegno di Giuseppe Vitale

Sezione I: screening aziendale

Profilo generale dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

La ditta Vitalegno di Giuseppe Vitale ha le caratteristiche di una piccola azienda che si muove sul mercato locale dell'arredo, verso clienti privati prevalentemente locali, e che è fortemente orientata alla soddisfazione delle esigenze specifiche del clientela. L'azienda predilige il reperimento di componentistica presente sul mercato e, tuttavia, trova il suo valore nella capacità di rispondere alla domanda di mercato con prodotti realizzati su misura, grazie al laboratorio artigiano di cui è dotata.

L'azienda dimostra una buona conoscenza sia delle esigenze del mercato, sia delle soluzioni possibili, maturata dal titolare nelle sue esperienze pregresse a servizio di altre imprese del settore.

La ditta Vitalegno, inoltre, ha una forte attenzione verso le problematiche di carattere funzionale dei propri prodotti. Il titolare, in prima persona, e tutti i dipendenti dell'azienda sono annualmente aggiornati attraverso formazione inerente l'ottimizzazione energetica. Grazie a tale attenzione, l'azienda ha sviluppato prodotti specifici per l'abbattimento dei ponti termici di porte e finestre.

Aspetti produttivi

Il punto di forza dell'azienda è la grande capacità di risposta alle esigenze della clientela. Ciò è dovuto, anzitutto, alla dimensione artigianale con cui l'azienda si avvicina ai problemi. La Vitalegno, in primis, ricerca componenti nei cataloghi delle tante aziende partner e, in secondo luogo, progetta su misura le soluzioni non standard o non reperibili sul mercato.

La risposta ai problemi specifici, proviene dalla forte attenzione alla progettazione. Tale attività è svolta da un progettista esterno, un architetto, che tuttavia si può considerare all'interno dell'organico all'aziendale. Il lavoro di progettazione è visto dall'azienda come un costo che non genera direttamente profitto, eppure rappresenta quel valore aggiunto principale che la differenzia dalle aziende di vendita di arredi, conferendole la capacità di risolvere problemi che altre società non sono in grado di risolvere.

L'output della progettazione viene elaborato dalla piccola falegnameria artigiana di cui l'azienda dispone, che non è dotata di strumenti di fabbricazione digitale e che affronta il lavoro nel modo più tradizionale riuscendo a soddisfare ogni esigenza funzionale che possa presentarsi.





Sezione II: potenziale innovativo

Innovazioni di prodotto

Categoria: realizzazione di un nuovo prodotto

Realizzazione di un nuovo prodotto all'interno della produzione che già l'azienda mette in atto per conto terzi

Considerando il settore di riferimento, i clienti attuali e i partner, è possibile ravvisare l'opportunità di intraprendere un percorso finalizzato alla realizzazione di un nuovo prodotto da affiancare a quelli attualmente realizzati dall'azienda. Questo consentirebbe di ampliare il portfolio di prodotto di Vitalegno e rafforzare la sua presenza sul mercato. L'obiettivo è quello di alimentare nuove visioni progettuali e sostenere lo sviluppo di un approccio progettuale proattivo, capace, cioè, di rispondere ed anticipare le esigenze stilistiche dettate dal settore arredo.

Tale percorso richiede una serie di attività preliminari, come l'individuazione, da parte dell'azienda, della tipologia di arredo su cui focalizzare gli sforzi progettuali attraverso uno screening¹ dei prodotti messi in lavorazione fino ad oggi, individuando quella con i parametri migliori (es. volumi realizzati e venduti, impiego di risorse produttive relativo margine di contribuzione, etc).

Individuata la tipologia di prodotto che s'intende sviluppare, con l'assistenza di esperti di fabbricazione digitale, si passerà alla fase progettuale. Nel team di progetto, saranno coinvolti anche coloro che in azienda risultano detentori di competenze artigianali, sapienti e preziose ai fini del percorso. La successiva fase, è quella di prototipazione che si consiglia di realizzare in-house per valorizzare il know-how detenuto. La prototipazione interna richiede, tuttavia, l'acquisto di una macchina CNC². In alternativa, si potrebbe ricorrere a service esterni

(anche FabLab³).

Qualora si decidesse di ricorrere all'acquisto di nuove macchine, la scelta dovrebbe ricadere su una fresa CNC o una laser cutter.

La fresa CNC è una macchina in grado di gestire un utensile (es. trapano, fresatore, etc.) su tre assi (X, Y e Z) per realizzare lavorazioni (incisione e taglio) su diverse tipologie di materiale. La fresa CNC può essere a ponte fisso (asse X fisso), caratterizzata da elevata stabilità ma da un ridotto piano di lavoro (consigliata per lavorazioni con materiali duri, come l'alluminio), o a ponte mobile (asse X che scorre avanti e indietro), con un'area di lavoro più ampia a scapito, però, della stabilità. I movimenti per gli assi Y e Z sono uguali per entrambi i sistemi.



Fresa 3 assi - Correa

La laser cutter, invece, è un macchinario che, attraverso il taglio laser, consente di riprodurre con estrema precisione, disegni vettoriali generati con tecnologie CAD su diversi materiali in foglio (es. plexiglass, legno, alluminio, cartoncino). Per la sua versatilità e per le sue performance, è un macchinario sempre più diffuso nell'industria manifatturiera e ha costi oscillanti tra i cinquemila e i settantamila euro.

Terminata la fase di prototipazione, si passerà all'ottimizzazione progettuale del prototipo replicando, qualora necessario, le operazioni di prototipazione per validare le modifiche apportate in ottica migliorativa.

¹ "Screening", significa "controllo".

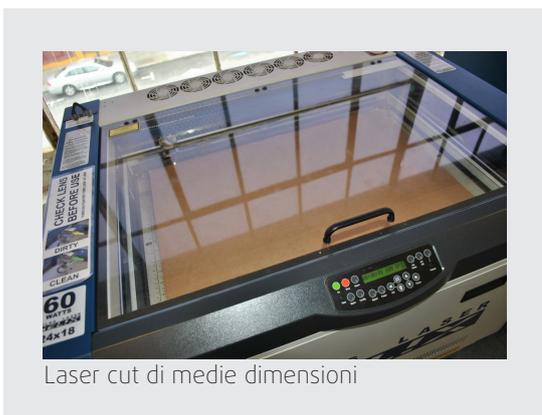
² Le CNC (Computer Numerical Control) sono macchine utensili programmabili e controllabili attraverso un calcolatore.

³ FabLab è l'acronimo di fabrication laboratory, usato per indicare laboratori di fabbricazione digitale.





Parallelamente all'ingegnerizzazione del prodotto, l'azienda dovrà curare lo sviluppo e l'implementazione della relativa strategia di marketing.



Laser cut di medie dimensioni



Innovazioni di processo/prodotto

Categoria: nuovo approccio al Computational Design

Acquisizioni delle conoscenze specifiche per la progettazione di arredi con particolare grado di complessità

Date le competenze presenti in azienda e le caratteristiche del settore di riferimento, si ritiene utile un percorso che, attraverso l'acquisizione di specifiche skills in tema di progettazione di arredi con un particolare grado di complessità, consenta all'azienda di migliorare il posizionamento competitivo, entrando in fasce di mercato più alte. L'obiettivo è quello di dotare l'azienda della capacità di realizzare soluzioni d'arredo innovative, nel design (complesso) e nelle capacità prestazionali (grazie ad un approccio progettuale parametrico).

Potrebbe risultare necessario l'acquisto di una nuova macchina CNC le cui caratteristiche dovranno essere valutate nella fase iniziale del percorso. L'azienda dovrà prioritariamente individuare, all'interno o all'esterno, una figura dotata di skills adatte alla progettazione architettonica e al design.

La risorsa individuata andrà, poi, inserita in un percorso formativo ad-hoc, con cui acquisirà conoscenze sugli aspetti progettuali di design computazionale e verrà introdotta all'utilizzo di software di gestione parametrica⁴ del disegno e delle informazioni. Dalle evidenze scaturite nel corso della visita aziendale, si suggerisce l'adozione del software di progettazione parametrica Grasshopper, plug-in gratuito di Rhinoceros⁵, uno dei più po-

⁴ La gestione delle informazioni, rientra nel concetto di Design computazionale che sfrutta la potenza di calcolo dei computer per la gestione ed elaborazione di dati, parametri ed informazioni che concorrono a definire il design di un oggetto.

⁵ Rhinoceros, comunemente chiamato Rhino, è un software applicativo commerciale per la modellazione 3D di superfici sculturate (free form) realizzato da Robert McNeel&Associate,. Viene normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM,



Studio di fattibilità aziendale



tenti strumenti parametrici per la generazione e il controllo di forme complesse a qualsiasi scala (dall'architettura al design). Attraverso un diagramma a nodi che descrive la relazione tra le parti (logica associativa), Grasshopper consente di generare forme tridimensionali complesse di un qualsiasi progetto.

I modelli 3D sviluppati con Grasshopper sono sistemi dinamici modificabili in tempo reale, mediante la variazione dei parametri definiti durante la costruzione del diagramma, con vantaggi immediati in termini di esplorazione formale e di controllo/razionalizzazione di forme complesse.

Come diretta conseguenza della logica associativa, è possibile creare legami concettuali ed effettivi tra i diversi livelli di approfondimento progettuale. In altri termini, la modifica di un parametro a scala più ampia, è in grado di generare una propagazione di variazioni tali da giungere alla congruente ridefinizione di dettagli a piccola scala: è possibile ipotizzare un link diretto tra i parametri relativi alla forma generale di una superficie complessa e le caratteristiche geometriche di un nodo strutturale, il tutto guidato da logiche di relazione definite dal designer. Grazie a Grasshopper, la razionalizzazione della forma, le scomposizioni e lo sviluppo di superfici complesse in elementi piani, cessano di essere operazioni "a posteriori" per essere integrate nel medesimo processo di definizione formale.

Attraverso la formazione all'utilizzo di Grasshopper, la risorsa sarà in grado di gestire i parametri e le caratteristiche di ogni singola lavorazione in base alle specifiche esigenze del cliente.

Data la complessità delle lavorazioni a cui si sarà abilitati a seguito dell'adozione di software come Grasshopper, si consiglia di dotarsi di un software CAM, come RhinoCam, che consenta la simulazione non in macchina dei percorsi utensili. Il percorso potrà prevedere, poi,

una fase di formazione sulle modalità e tecniche di fabbricazione di geometrie complesse, al fine di garantire la fattibilità in termini produttivi delle iniziative progettuali.



per la prototipazione rapida, il reverse engineering e per il design della comunicazione.



Innovazioni di processo

Categoria: avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale.

Acquisizioni delle conoscenze base per la realizzazione di modelli tridimensionali e render

Tale percorso è finalizzato a dotare l'impresa di conoscenze base per la modellazione 3D e la realizzazione dei relativi render, per meglio supportare le visioni progettuali che attualmente la divisione tecnica sta portando avanti.

Questo consentirebbe di:

- Aumentare l'efficienza in fase progettuale;
- Supportare le fasi di ingegnerizzazione di prodotto;
- Favorire il confronto con il cliente, sin dalle fasi progettuali.

Ai fini dell'implementazione del percorso, si rende necessaria l'individuazione di una figura interna al reparto tecnico o esterna al personale, con skills dedicate alla progettazione architettonica e al design. Tale risorsa potrà essere inserita in un ciclo di formazione, della durata di 90 giorni, calibrato sulla necessità di formare competenze specialistiche in tema di modellazione di arredi per la casa, integrati da sistemi d'illuminazione o di movimentazione.

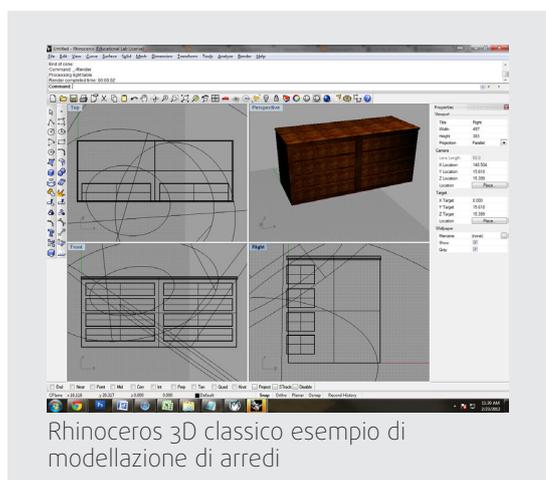
Il ciclo partirà con la formazione sui temi della modellazione 3D, che si distingue in due grandi tipologie:

a. La modellazione organica, che è utilizzata per realizzare forme naturali, umane o creature. Questi oggetti 3D sono caratterizzati da una grande quantità di dettagli così come di forme morbide e arrotondate che ne esaltano la componente organica;

b. La modellazione geometrica, che viene utilizzata per creare oggetti di natura più tecnica come parti meccaniche o prodotti d'industria. In genere, questi oggetti 3D sono di

tipo artificiale e vengono modellati seguendo delle forme di base o primitive, che vengono opportunamente modificate con gli strumenti di modellazione a disposizione, realizzando un modello complesso.

La tipologia del modello 3D da realizzare renderà necessaria la scelta di una tipologia di modellazione virtuale, per permettere di arrivare al risultato nel modo più semplice e veloce possibile.



Rhinoceros 3D classico esempio di modellazione di arredi

Sulla base delle evidenze emerse nel corso della visita aziendale, si suggerisce la scelta del software Rhinoceros. Questo è un software che, grazie a una spiccata versatilità, facilità di interfaccia e leggerezza di calcolo, può funzionare da supporto per una serie notevole di plug-in anche gratuiti, consente la modellazione per superfici e la lavorazione su diversi materiali, con estrema precisione.

La formazione si focalizzerà, poi, sui temi della renderizzazione e, nello specifico, sull'utilizzo del software V-Ray.

Plug-in di Rhinoceros, V-Ray è caratterizzato da un'estrema velocità nel calcolo del Ray tracing⁶, tecnica che segue i raggi partendo dal punto di vista della telecamera piuttosto che

⁶ Ray tracing è un algoritmo di Rendering che produce le visualizzazioni modellate matematicamente delle scene usando una tecnica che segue i raggi partendo dal punto di vista della telecamera piuttosto che dalle sorgenti di luce.

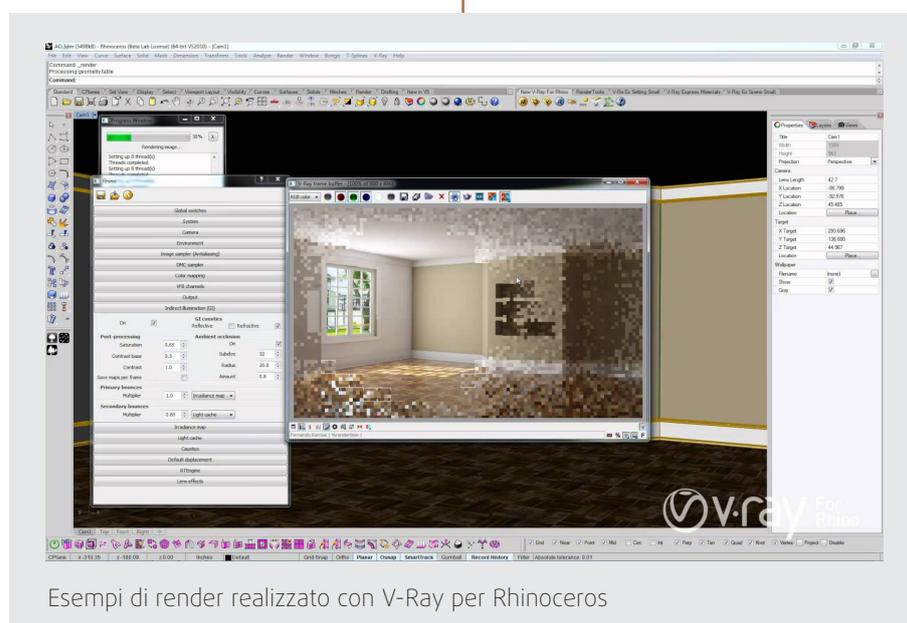


Studio di fattibilità aziendale



dalle sorgenti di luce, semplificando alcuni effetti ottici avanzati, ad esempio realizzando un'accurata simulazione della riflessione e della rifrazione.

Infine, si ritiene utile la formazione della risorsa anche sul software usato per il fotoritocco delle immagini e per la cura della post-produzione, come ad esempio Adobe Photoshop⁷.



Esempi di render realizzato con V-Ray per Rhinoceros



⁷ Adobe Photoshop, software proprietario prodotto dalla Adobe Systems Inc., è specializzato nell'elaborazione di fotografie (fotoritocco).



Categoria: acquisto di una nuova macchina CNC

Dotazione di macchina a controllo numerico per la lavorazione di elementi d'arredo in legno

Sulla base delle esigenze emerse nel corso della visita in azienda, partendo dalle lavorazioni attualmente realizzate, grazie all'introduzione di macchine CNC nel ciclo di produzione, si ritiene di poter migliorare il livello di efficienza produttiva riducendo i tempi di lavorazione ed aumentando, quindi, la rapidità di consegna del prodotto finale. Grazie all'intervento delle macchine CNC, si potrà enfatizzare uno degli aspetti peculiari dell'azienda: la capacità di risposta alle esigenze specifiche del cliente.



Laser cutter a banco

In quest'ottica, le macchine che probabilmente meglio si adattano alle lavorazioni necessarie, pur rimanendo accessibili economicamente, sono la fresa CNC e la laser cutter con piano di lavoro al di sopra di 200 cm x 200 cm.

L'implementazione di tale percorso, richiede che l'azienda:

- Individui l'ambito produttivo più idoneo al miglioramento dell'efficienza produttiva, attraverso al ricorso a sistemi meccanici gestiti da computer (macchinari CNC);
- Richieda la consulenza di addetti al

settore per essere supportata nell'acquisto di una Milling Machine (Fresa CNC) con 3 assi (X, Y e Z) e cambio utensile automatico.

L'azienda dovrà poi procedere all'identificazione di una figura interna al reparto produttivo dotata delle competenze necessarie per gestire la macchina CNC.

La risorsa individuata, dovrà essere inserita in un percorso di formazione, di circa 20 giorni, riguardante:

- Il software per la generazione di file percorso utensile;
- Le modalità e le tecniche di fabbricazione di geometrie attraverso l'utilizzo di macchine CNC.

Tale iter è da consigliarsi integrato ai percorsi "avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale" e "nuovo approccio al Computational Design".





Sezione III: percorsi d'innovazione suggeriti

La ditta Vitalegno di Giuseppe Vitale ha un approccio produttivo che coniuga l'artigianato e la ricerca di nuove soluzioni, con una consolidata fase progettuale, legata all'artigianato e ad un approccio consolidato alla progettazione.

L'azienda non ha una particolare familiarità con la fabbricazione digitale e, in generale, mira a ridurre gli aspetti produttivi quanto più possibile, esternalizzando fasi della lavorazione.

Tutto ciò ha determinato punteggi bassi nel sistema di valutazione.

Tabella III.1 - indicatori

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	0
B	Flessibilità	0
C	Livello di conoscenza di uno o più software	0,3
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	1

Tabella III.2 -Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5)

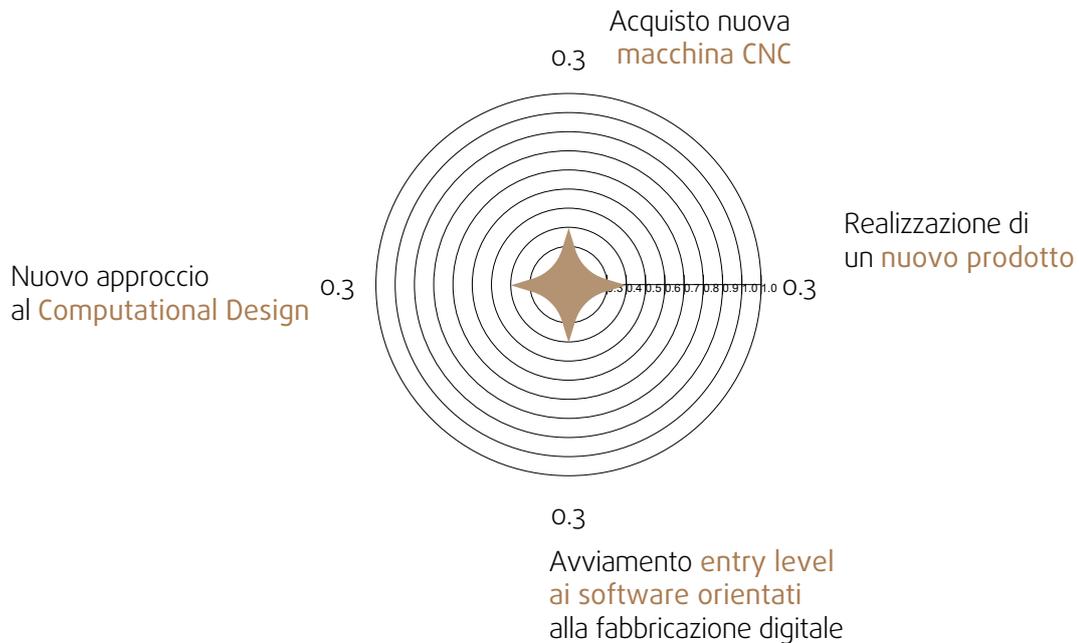
1	Miglioramento performance macchine CNC	0
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,09
3	Avviamento entry level ad altri software	0,09
4	Arduino per automazione processo	0
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0

7	Acquisto nuova macchina CNC	0
8	Arduino per prodotti intelligenti	0
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0
11	Nuovo approccio al Computational Design	0
12	Sviluppo nuovo software	0
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0

Tabella III.3 – Valutazione finale della propensione ai Percorsi di Innovazione (da 0 a 1)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,09
3	Avviamento entry level ad altri software	0,09
4	Arduino per automazione processo	0
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,3
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,3
8	Arduino per prodotti intelligenti	0
9	Hacking hardware	0
10	Costruzione nuova macchina CNC	0
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,3
12	Sviluppo nuovo software	0
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,3





Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale



Quello che si evince dal sistema di valutazione di cui sopra, è un'equa utilità dei diversi percorsi immaginabili. Ciò si traduce in un ampio e promettente ventaglio di opportunità che l'azienda ha davanti a sé, nel campo della fabbricazione digitale.

Tutti i percorsi individuati sono di potenziale interesse per l'azienda e tutti conferirebbero ad una azienda come Vitalegno, con elevate doti di risposta alla domanda di mercato, la capacità di esaltare ulteriormente questa prerogativa, proiettandola verso mercati più ampi e impegnativi.

In particolare, è opportuno che un percorso di avvicinamento alla fabbricazione digitale parta dall'approccio a nuovi sistemi software che abilitino a nuove possibilità nel campo della progettazione.

Questo percorso sembra il più indicato tra quelli possibili, vista la già consolidata presenza in azienda di una figura professionale dedicata alla progettazione. Tale percorso per Vitalegno richiede investimenti contenuti, ma

è fortemente abilitante a soluzioni del tutto nuove.

Da un punto di vista del mercato, lo sviluppo di nuove conoscenze software e di approcci alternativi alla progettazione, potrebbe aprire un nuovo scenario rispetto al quale l'azienda inizia a valorizzare in modo diretto la propria capacità progettuale nonché la capacità di soddisfare esigenze molto specifiche.

Il percorso, inoltre, apre la prospettiva di avvio ad altri percorsi in fasi successive, attraverso l'acquisto di macchine utili alla fabbricazione digitale a cui destinare le nuove capacità progettuali.



Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Lo sforzo richiesto all'azienda per poter implementare il percorso suggerito, è evidentemente importante e l'inerzia da vincere per l'avvio di un tale percorso che parte dalle fasi iniziali, è significativa.

L'azienda, che attualmente ha il carico della progettazione su una sola risorsa, potrebbe trovarsi con grande facilità in un collo di bottiglia in cui si incastrerebbero sia la risposta quotidiana alle problematiche poste, sia la necessità di mettere a frutto le nuove prospettive.

Inoltre, per quel che concerne l'approccio a nuovi software da parte di Vitalegno, è necessario prevedere un percorso più complesso che giunga fino allo sviluppo di nuove capacità progettuali, attraverso l'utilizzo di strumenti parametrici di progettazione e la conoscenza, delle principali tecniche di fabbricazione digitale a cui indirizzare l'output di progettazione.

È evidente che la complessità di tale percorso per un'azienda già prossima alla saturazione di alcune risorse, può divenire difficoltosa e, in ogni caso, richiede una forte motivazione e una grande consapevolezza degli obiettivi che s'intendono raggiungere.

Infine, per l'azienda, la naturale conseguenza di questo nuovo approccio progettuale, consiste nel passaggio a lavorazioni CNC, il che si traduce nell'esigenza di acquistare una macchina in grado di realizzare la nuova progettazione. Infine, i suddetti ostacoli sono da intendersi non preclusivi alla scelta del percorso, piuttosto vanno intesi come alert da tener presente per evitare, già in fase di start, possibili criticità.





Azienda:
Tecnoblend srl

Sezione I: screening aziendale

Profilo generale, dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

Tecnoblend produce semilavorati in polvere, liquidi e pasta, per gelaterie, pasticcerie e forni.

Il controllo che la proprietà ha sui diversi aspetti dell'azienda, appare saldo e profondo, e ciò trova conferma subito nell'impressionante organizzazione di Tecnoblend, che va dagli spazi, alla produzione, al magazzino, fino al laboratorio interno.

Si evince con forza la presenza di procedure progettate ed applicate con attenzione, e si nota una bassissima presenza di personale, dovuta proprio alla forte organizzazione del lavoro.

L'azienda, inoltre, dimostra una simile attenzione anche dal punto di vista del prodotto.

I semilavorati, destinati alla lavorazione artigianale, vengono realizzati in diverse varianti, in funzione delle specifiche esigenze del cliente, con una forte attenzione ai prodotti funzionali.

L'azienda, per sua natura, non ha particolari conoscenze, né attitudini alla fabbricazione digitale, tuttavia, è incuriosita dalla possibilità di prototipazione formale offerta dalle stampanti 3D.

Aspetti produttivi

Le macchine presenti in azienda sono reperite sul mercato, ma non necessariamente rispondono alle esigenze di Tecnoblend e, spesso, vengono adattate alle funzionalità a cui sono destinate.

Non esistono in azienda macchine CNC¹.

Il magazzino, pur avendo una forte organizzazione, manca di un controllo digitale di giacenze e di strumenti di correlazione tra depositi e commesse.

È presente un laboratorio di ricerca e sviluppo che svolge una attività continua nel campo degli alimenti funzionali, così come nella valutazione sia di nuova materia prima da inserire nella produzione, sia di nuove macchine per il miglioramento dei processi.

¹ Le CNC (Computer Numerical Control, in inglese) sono macchine utensili programmabili e controllabili attraverso un calcolatore.

Sezione II: potenziale innovativo

Innovazioni di processo

Categoria: acquisto di una nuova macchina CNC

Acquisto di una stampante 3D per la realizzazione di modelli tridimensionali per fini pubblicitari

Durante la visita aziendale, è emersa la possibilità di ricorrere a tecnologie di stampa tridimensionale per migliorare la capacità di vendita. Infatti, fornendo agli operatori commerciali dell'azienda modelli fisici tridimensionali che replicano il colore e la forma dei prodotti finali, realizzabili mediante i semilavorati commercializzati, si agevolerà il lavoro di promozione, sia all'interno di eventi fieristici, sia durante le visite presso i clienti.

Il ricorso a tecnologie di stampa 3D permetterebbe, quindi, di aumentare la capacità dimostrativa dell'agente di vendita (si pensi, ad esempio, a modelli fisici 3D della gelateria su stecco), risolvendo le problematiche tipiche del settore, connesse all'impossibilità di trasportare prodotti dimostrativi.

L'implementazione del percorso richiede che l'azienda definisca le caratteristiche di finitura (es. colorazioni e livello di dettaglio) del prodotto che s'intende realizzare attraverso la stampante 3D.

Le tecnologie di stampa alternative, tra cui verterà la scelta, sono:

- **FDM (Fused Deposition Material):** è una tecnologia che, a partire da un file G-Code², utilizza un sistema di deposizione mediante estrusione di strati successivi di materiale, per realizzare prototipi e modelli finiti. Il materiale e il supporto sono portati alla testa di un estrusore che ne consente il cambio di stato, da solido a fluido, attraverso l'aumento della temperatura dello stesso estrusore, per poi essere depositati, strato dopo strato, sul

piano di stampa. Il prodotto, una volta finito, in ragione della sua destinazione, può risultare già pronto per un uso funzionale o per una fruizione estetica, oppure può necessitare di post-lavorazioni o post-trattamenti. Tra la varietà di materiali in commercio come il PLA³, l'ABS⁴, il Nylon, gli elastomeri, esistono già molti altri materiali compositi, realizzati, ad esempio, a partire da metalli, pietra, legno, inseriti in matrici termoplastiche;

- **PolyJet:** è una stampa 3D simile alla stampa a getto d'inchiostro, ma, invece che gettare gocce d'inchiostro su carta, deposita su un vassoio strati di fotopolimeri liquidi che successivamente si solidificano. Tale tecnologia, sebbene esistente in diverse soluzioni, così denominata, è un brevetto di Stratasys⁵.

Va specificato che le lavorazioni con tecnologia FDM risultano lente e intrinsecamente imprecise, a causa della tecnologia stessa di lavorazione del materiale, e richiedono necessarie fasi di post produzione per l'ottenimento della giusta finitura e colorazione delle superfici. Il vantaggio della tecnologia FDM consiste, invece, nei bassi costi di investimento e manutenzione, essendo questi realizzati con strumentazione non specializzata.

Viceversa, la tecnologia PolyJet, ha alti costi di acquisto e una difficoltà di manutenzione alta, tuttavia, consente l'ottenimento di prodotti finiti che non richiedono interventi. In particolare, tale tecnologia permette di ottenere prodotti con zone colorate in maniera non omogenea.

In relazione a queste ultime considerazioni e alle esigenze espresse dall'azienda, si ritiene preferibile l'adozione di una stampante

³ PLA, abbreviazione di acido polilattico, è una plastica fatta di amidi rinnovabili come il mais o la canna da zucchero. È, quindi, un materiale biodegradabile. Tuttavia, rispetto all'ABS, risulta meno duraturo e resistente.

⁴ L'ABS, abbreviazione di acrilonitrile-butadiene-stirene, è una termoplastica derivata dal petrolio.

⁵ Azienda leader mondiale nella produzione di macchine per la produzione digitale diretta, per la stampa 3D e per la prototipazione rapida.

² Il Codice G (dall'inglese G-code) è una funzione nel linguaggio di programmazione del controllo numerico.



Objet500 Connex 3 della Stratasys

PolyJet. Ad esempio, la scelta potrebbe ricadere su una Objet500 Connex3 della Stratasys di cui, di seguito, si riporta la scheda tecnica:

- Materiali dei modelli;
- Materiali opachi, incluse resine colorate (gamma Vero);
- La gamma Tango consta di materiali flessibili simili alla gomma;
- Settore medicale: MED610;
- Materiali ABS e ABS⁶ digitali color avorio e verde;
- DurusWhite RGD430;
- RGD525 per alte temperature, bianco;
- Materiale trasparente: VeroClear e RGD720;
- Materiali per modelli digitali;

È possibile produrre all'istante, centinaia di materiali compositi tra cui:

- ABS digitale;
- Materiali simil-gomma in diversi valori Shore-A⁷;
- Materiali rigidi opachi in colori intensi miscelati;
- Materiali traslucidi colorati;
- Materiali in simil-Polipropilene con maggiore conducibilità termica;
- Materiale di supporto;
- SUP705 (fotopolimero atossico simile a un gel).

L'azienda dovrà, inoltre, individuare una figura interna al reparto produttivo, in grado di gestire la stampante in tutte le fasi. Tale risorsa

⁷ Un durometro Shore è uno strumento che misura la durezza degli elastomeri e di certi polimeri termoplastici. Determina la profondità di sfondamento di un penetratore normalizzato mediante semplice applicazione sul campione. I più comuni sono di tipo Shore A e D, portatili o no.

⁶ ABS² è un ABS più performante.

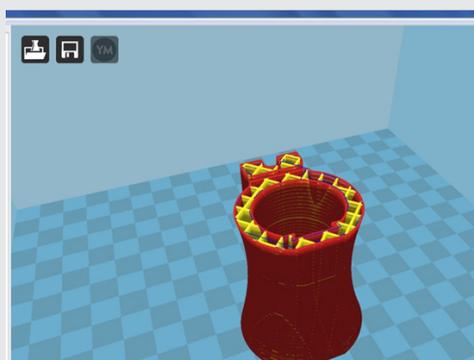


studio di fattibilità aziendale

verrà istruita attraverso un ciclo di formazione, di almeno 30 giorni, che verterà sui programmi per la generazione file percorso utensile con software adatti. Tali programmi dipenderanno dalla tecnologia individuata. Stratasys, ad esempio, mette a disposizione dei software proprietari per la messa in macchina, mentre le stampanti FDM, nella grande maggioranza dei casi, utilizzano software freeware⁸.

A titolo di esempio, si descrive il software consigliato qualora l'azienda optasse per una FDM: Cura.

Si tratta di un software open source, caratterizzato dalla semplicità e dall'ottima



Esempio di schermata del software Cura

user-experience che consente di ottenere eccellenti risultati, pur agendo su un numero essenziale di parametri.

Le finalità formative, doteranno il personale coinvolto di specifiche skills relative alla modellazione 3D del prodotto.

Per quanto riguarda la realizzazione delle fasi di modellazione 3D, si consiglia il ricorso a professionisti esterni. In alternativa, si renderebbe necessaria la formazione del personale appositamente individuato (all'interno o all'esterno dell'azienda), su tematiche di modellazione 3D e sui relativi software (es. Rhinoceros⁹). Considera-

ando, però, l'attuale core business dell'azienda, le finalità dimostrative del prototipo e la frequenza con cui si ricorrerebbe alla modellazione software, si sconsiglia la prima opzione.

⁸ Il termine freeware indica un software che viene distribuito in modo gratuito.

⁹ Comunemente chiamato Rhino, Rhinoceros è un software applicativo commerciale per la modellazione

3D di superfici sculturate (free form) realizzato da Robert McNeel & Associates. Esso è normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, per la prototipazione rapida, il reverse engineering e per il design della comunicazione.

Sezione III: percorsi di innovazione suggeriti

Pur essendo copiosa la casistica d'impiego degli strumenti di fabbricazione digitale nel campo dell'industria agroalimentare, è evidente che l'azienda in oggetto, nonostante la grande attenzione all'innovazione, attualmente, può attingere in maniera parziale a tali tematiche.

Tabella III.1: indicatori

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	0
B	Flessibilità	0
C	Livello di conoscenza di uno o più software	0
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	0

Tabella III.2: Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0
3	Avviamento entry level ad altri software	0
4	Arduino per automazione processo	0
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0
7	Acquisto nuova macchina CNC	0
8	Arduino per prodotti intelligenti	0
9	Hacking hardware	0
	Costruzione nuova macchina CNC	0
11	Nuovo approccio al Computational Design	0
	Sviluppo nuovo software	0
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0

Tabella III.3 - Valutazione finale della propensione ai Percorsi di Innovazione (da 0 a 1)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0
3	Avviamento entry level ad altri software	0
4	Arduino per automazione processo	0
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,5
8	Arduino per prodotti intelligenti	0
9	Hacking hardware	0
	Costruzione nuova macchina CNC	0
11	Nuovo approccio al Computational Design	0
12	Sviluppo nuovo software	0
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,3

Al momento, l'unico percorso immaginabile per Tecnoblend, è quello proposto dall'azienda stessa: l'utilizzo di una stampante 3D per la prototipazione formale dei prodotti finali dell'azienda, le cui realizzazioni potrebbero essere un valido supporto per la rete commerciale.

Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Il percorso immaginato per l'azienda, non è esente da ostacoli. Esso dovrebbe vertere sull'acquisizione delle necessarie competenze software e hardware per l'utilizzo di una stampante 3D. Tutto ciò ovviamente richiede una o più risorse dedicate a tali mansioni, da inserire in un percorso di formazione.

Ciò che deve destare maggiori attenzioni, tuttavia, è il raggiungimento di un prototipo che sia quanto più possibile vicino al vero, il che deve essere affrontato, anzitutto, nella scelta della giusta macchina.

Una stampante FDM è particolarmente economica, facile da usare e mantenere, tuttavia, l'output richiede una necessaria e spesso lunga fase di post produzione per l'assegnazione del giusto livello di finitura e della corretta distribuzione dei colori.

Si tratta di un lavoro artigianale non strettamente codificato, che va affrontato con lo spirito rivolto alla risoluzione di problemi mediante l'inventiva, e con una forte presenza di spirito da parte di chi ci lavora.

Una stampante PloyJet, invece, ha costi base decisamente più alti e, comunque, fortemente variabili. È, inoltre, più complessa nell'uso e nella manutenzione e prevede costi di materia prima decisamente più alti. Tuttavia, consente di avere un prodotto sicuramente migliore.





Azienda:

Plasticform s.r.l.

Sezione I: screening aziendale

Dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

Plasticform è un'azienda che opera, da più di 20 anni, nel settore dello stampaggio di materie termoplastiche.

Il core business risulta, ad oggi, costituito dallo stampaggio ad iniezione e dall'assemblaggio di componenti per il settore Automotive. Tale specializzazione è favorita anche dalla prossimità fisica con lo stabilimento di Melfi, SATA, della Fiat.

La forte attitudine imprenditoriale della dirigenza, ha spinto l'azienda, inoltre, verso strategie di diversificazione grazie al suo ingresso in nuovi mercati, in qualità di fornitori di componenti (per il settore degli elettrodomestici e dell'arredo), e tramite prodotti propri (soluzioni per l'edilizia e per l'ambiente). Alcune di queste strategie col passare del tempo sono state abbandonate, altre sopravvivono, altre ancora sono incipienti.

Il quadro d'insieme che se ne evince, è quello di un'azienda dinamica, che è alla ricerca delle possibilità che la propria esperienza consolidata offre, e che è cosciente dei rischi che un'impresa si assume nell'identificare il proprio mercato in un unico grande cliente.

Tale quadro risulta ancor più attendibile di fronte alla forte richiesta di un sistema territoriale di impresa che la dirigenza ha espresso esplicitamente durante la visita. Le proposte di servizi alle imprese del territorio, declinabili in spin-off che l'azienda ipotizza, o in idee per imprese nascenti, sono tante e tutte focalizzate a realizzare una filiera autonoma territoriale.

Nonostante la prossimità fisica a distretti industriali altamente specializzati, l'azienda ha vocazione nazionale ed internazionale, come testimoniato, tra l'altro, dalle certificazioni ISO, che le consentono di equiparare la qualità produttiva agli standard dei competitors internazionali. L'azienda presenta, inoltre, una spiccata attenzione all'efficienza produttiva e all'ambiente, attraverso la valorizzazione degli scarti di produzione.

Aspetti produttivi

La produzione è interamente realizzata su commessa da parte del cliente.

La fase di progettazione è del tutto assente, in quanto è espletata dal cliente stesso per cui è generata la commessa. Tuttavia, l'azienda ha manifestato l'intenzione di dotarsi di ruoli interni preposti alla progettazione, in modo da includere le fasi che vanno dall'idea progettuale, all'ingegnerizzazione di prodotto.

La fase di realizzazione degli stampi viene eseguita all'esterno, da aziende non connesse al territorio. Al netto di tali operazioni esterne all'azienda, il resto del processo si svolge all'interno dello stabilimento di produzione. Si tratta di un processo per sua natura fortemente automatizzato, che è gestito da macchine acquistate sul mercato e successivamente adattate dall'azienda stessa a seconda delle proprie esigenze o, in alcuni casi, progettate internamente.

Da tali osservazioni, si verifica una forte predisposizione dell'azienda alla risoluzione dei problemi.

La natura delle lavorazioni eseguite, non prevede una forte adozione di macchine a controllo numerico, fatta eccezione per i numerosi PLC¹ industriali al servizio delle macchine monoscopo presenti, e per un antropomorfo utilizzato per l'incollaggio di componenti.

Gli scarti di lavorazione sono costituiti prevalentemente da materie plastiche che, non essendo reinseribili nel ciclo produttivo a causa delle impurità, vengono venduti ad aziende e destinati ad usi differenti.

¹ PLC, ovvero Programmable Logic Controller (Controllore a Logica Programmabile), è un controllore per industria specializzato in origine nella gestione o controllo dei processi industriali.

Sezione II: potenziale Innovativo

Innovazioni di prodotto

Categoria: realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale.

Realizzazione di materiali per le stampanti 3D

Il percorso mira a favorire una strategia di diversificazione di prodotto, attraverso la valorizzazione delle conoscenze e delle competenze possedute dall'azienda in tema di lavorazione di materie termoplastiche, nonché in tema di scarti prodotti dagli attuali cicli di lavorazione di altre aziende del territorio.

La diversificazione sarà implementata attraverso l'ingresso nel mercato di materiali da estrusione per stampanti 3D (nella forma di filamenti o di pellet). Si tratta di un mercato dall'interessante potenziale, in termini di volumi e tassi di crescita: nel 2013 il mercato ha registrato un fatturato di circa 600mln di dollari, di cui, circa la metà, relativo a materiali termoplastici, ed il trend risulta crescente per il prossimo triennio.

Gli scarti di materiale plastico, sia solido che in polveri, potrebbero dunque essere uti-

lizzati per la realizzazione dei suddetti materiali da estrusione.

Il percorso, da implementare in sinergia con aziende specializzate, tende ad arrivare alla produzione di un filamento attualmente utilizzato nei processi di 3D printing che usa la tecnologia FDM² la quale, a partire da un file G-Code³, utilizza un sistema di deposizione successiva di strati di materiale termoplastico per realizzare prototipi e modelli finiti.

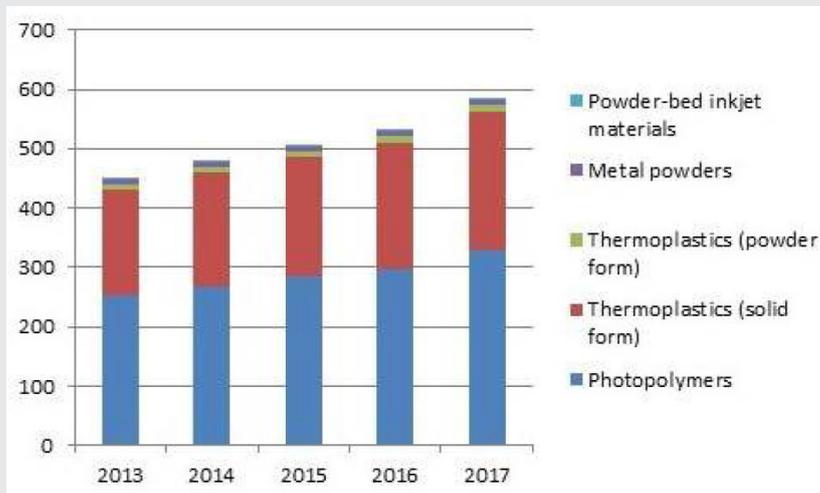
Il materiale ed il supporto - sotto forma di filamenti distribuiti su bobine - sono portati alla testa di un estrusore che ne consente il cambio di stato, da solido a fluido, attraverso l'aumento della temperatura dello stesso, per poi essere depositati, strato dopo strato, sul piano di stampa.

Il sistema di posizionamento degli ugelli, segue la geometria del modello STL⁴ e deposita gli strati di materiale e/o di supporto, laddove è

² La FDM (Fused Deposition Modeling) è una tecnologia di produzione additiva.

³ Il Codice G (dall'inglese G-code) o codice preparatorio o funzione, è un linguaggio di programmazione del controllo numerico.

⁴ È un formato di file binario utilizzato dai software CAD e fa riferimento ad un solido la cui superficie è stata discretizzata in triangoli.



Mercato dei materiali per la stampa 3D. Fonte 3D Hub.



richiesto, fino ad ultimare l'oggetto desiderato.

Il prodotto, una volta finito, in ragione della sua destinazione, può risultare già pronto per un uso funzionale o per una fruizione estetica, oppure può necessitare di post-lavorazioni o post-trattamenti. Tra la varietà di materiali in commercio come il PLA⁵, l'ABS⁶ e il Nylon, esistono molti compositi realizzati con materiali vari, quali ad esempio il legno, il carbonato di calcio e i metalli in forma di polveri inseriti in una matrice termoplastica.

L'implementazione di tale percorso, richiede innanzitutto l'individuazione di aziende che, per tipologia di lavorazioni, producono altri scarti utili allo scopo (es. legno, metalli, pietra, etc), con cui condividere l'investimento e da cui attingere le competenze complementari necessarie per lavorazione con tecnologia FDM. In particolare, la produzione di materiale laywood⁷ o di compositi realizzati con carbonato di calcio, potrebbero essere implementate attivando sinergie con altre imprese, oggetto dell'intervento.



Esempio di prodotto realizzato in laywood; attualmente in fase di crowdfunding su Indiegogo

Una volta individuate le aziende partner ed acquisite le relative intenzioni d'investimento, occorrerà procedere alla verifica delle

⁵ PLA, abbreviazione di acido polilattico, è una plastica fatta di amidi rinnovabili come il mais o canna da zucchero. E' quindi biodegradabile. Tuttavia, rispetto all'ABS, risulta meno duraturo e resistente.

⁶ L'ABS (abbreviazione di "Acrlonitrile-Butadiene-Stirene") è una termoplastica derivata dal petrolio dotata di un buon grado di robustezza e resistenza.

⁷ Il laywood è un composito realizzato con una percentuale variabile di fibre di legno riciclato in una matrice di termoplastiche.

esatte percentuali di materiale per la realizzazione dell'impasto che verrà successivamente trasformato in filamenti. Una volta messa a punto la fase preparatoria dell'impasto, il cartello di aziende dovrà esporsi nell'acquisto di una trafilatrice adatta alla lavorazione del composto, in modo da renderlo immediatamente utilizzabile dalle stampanti a tecnologia FDM.

Si tralasciano, in questa sezione, gli studi di settore atti a valutare l'investimento necessario per la realizzazione del filamento.

Al fine di poter sviluppare il percorso, l'azienda dovrà necessariamente:

- Acquisire conoscenza del mercato delle stampanti 3D e dei relativi materiali grazie alla consulenza offerta da specialisti;
- Acquisire conoscenza delle tecnologie di stampa 3D e degli scenari di sviluppo tecnologico;
- Mettere a punto una macchina per la realizzazione del filamento nei materiali più consoni all'azienda ed ai partner coinvolti, che garantiscano il miglior margine remunerativo attuale e prospettico.





Innovazioni di processo

Arduino per automazione processo

Realizzazione di un sistema di controllo magazzino, attraverso hardware a basso costo

Sulla base delle istanze emerse nel corso della visita aziendale, si prospetta l'opportunità di sviluppare una soluzione ritagliata sulle specifiche esigenze connesse alla gestione e al controllo del magazzino. L'obiettivo è quello di dotare il management di uno strumento finalizzato:

- Alla conoscenza in tempo reale della composizione del magazzino;
- Alla conoscenza in tempo reale della disposizione dei materiali/articoli;
- Alla conoscenza in tempo reale del ciclo di produzione della commessa;
- Alla massimizzazione dell'efficienza connessa alla logistica in entrata, garantendo accuratezza nella gestione dei livelli di riordino (reorder point) e riduzione dei tempi di movimentazione in entrata ed in uscita.

Per contenere i costi d'implementazione e garantire una totale personalizzazione, si sconsiglia il ricorso alle soluzioni plug-in disponibili ad oggi sul mercato, sviluppando in-house, con il supporto di professionisti esterni, come una Arduino-based⁸.

Oltre a comandare luci, led, motori e ri-attuatori, grazie ad una grande varietà di sensori, la scheda Arduino è in grado di interagire con l'ambiente. Il linguaggio di programmazione è basato su Wiring (un linguaggio C-based) e sull'interfaccia Processing⁹. I progetti basati su Arduino possono essere indipendenti, oppure essere interfacciati con altri software

8 Arduino è una scheda elettronica open source di piccole dimensioni con un microcontrollore e circuiteria di contorno, utile per creare rapidamente prototipi e per scopi hobbistici e didattici.

9 Processing è un linguaggio di programmazione che consente di sviluppare diverse applicazioni come giochi, animazioni e contenuti interattivi.

come Processing, MaxMSP¹⁰, Flash, etc.

Nel sistema ipotizzabile, è opportuna l'a-



Arduino Mega 2560.

dozione di un'altra tecnologia: quella RFID¹¹, ossia una sorta di codice a barre capace di scambiare informazioni via radio e di aggiornarsi nel corso del tempo. È una tecnologia connessa con quello che viene definito "mondo dell'IoT (Internet of Things)". L'identificazione dei tag RFID, avviene usando un'antenna per leggere un chip digitale - chiamato tag o transponder - che è applicato sull'oggetto.

Il tag contiene un certo numero di informazioni relative all'oggetto su cui è applicato (come il codice, la data di produzione, il produttore), che possono essere statiche oppure cambiare nel corso del tempo. Il tag non ha bisogno di fonti di alimentazione (elettricità) per funzionare, grazie ad un fenomeno chiamato "induzione magnetica": quando viene "illuminato" dal campo magnetico dell'antenna, il tag è, infatti, in grado di accumulare quella poca energia che gli serve per trasmettere a breve distanza le informazioni che contiene. Questo tipo di tag viene chiamato "passivo". Nel caso in cui sia necessaria una potenza maggiore per trasmettere a lunga distanza, il tag dev'essere alimentato da una sorgente di energia elettrica, ad esempio una batteria. In questo secondo caso, il tag viene chiamato "attivo".

10 MaxMS è un ambiente integrato di programmazione per la musica, orientato agli oggetti grafici.

11 Il termine RFID significa "identificazione a radiofrequenza" (Radio Frequency Identification) e si riferisce a un insieme di sistemi che permettono di identificare gli oggetti in modo automatico.



I settori in cui la tecnologia RFID può essere applicata sono tantissimi. I tag si stanno diffondendo in modo notevole nei campi della produzione industriale, della logistica e dell'abbigliamento, ma non mancano presenze nei settori della sanità, delle pubbliche amministrazioni, del controllo degli accessi, etc.

A differenza di tecnologie alternative (si pensi ai codici a barre), l'RFID non deve essere a contatto con il lettore per essere rilevato e letto, e soprattutto si possono aggiungere sempre maggiori informazioni ed aggiornamenti, mentre l'identificazione e la verifica avvengono in un decimo di secondo e la comunicazione può avvenire in chiaro o cifrata.

L'implementazione di tale soluzione per il controllo del magazzino richiede:

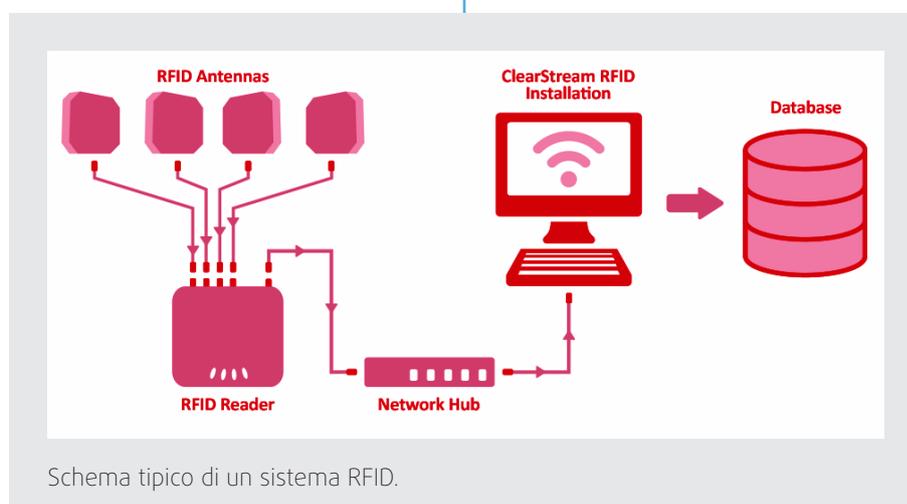
- La mappatura e la modellazione dei movimenti di magazzino;
- La progettazione della soluzione hardware e software;
- L'acquisto di attrezzature hardware (schede, sensoristica, tag e lettori RFID e altri materiali) per l'installazione delle soluzioni sviluppate sulle attrezzature presenti in azienda ed utilizzate per la movimentazione e lo stoccaggio in generale;
- L'acquisto, l'adattamento, o la progettazione ex-novo del software per la gestione del magazzino.

Il percorso procederà con la realizzazione di un prototipo hardware e software per il controllo da sperimentare, in una fase di test, su un unico settore del magazzino evitando, così, di intralciare l'ordinaria operatività.

A seguito di questa fase di test, seguirà la messa a punto del prototipo e, parallelamente, si procederà al cablaggio dell'intero magazzino.

Il personale addetto alla gestione del magazzino sarà, poi, coinvolto in un percorso di formazione incentrato sull'utilizzo e la programmazione della nuova strumentazione necessaria per utilizzare al meglio la soluzione sviluppata.

Una particolare attenzione dovrà essere rivolta alla fase di "alert" per l'operatore relativamente all'esito della procedura.





Innovazioni di processo

Acquisto nuova macchina CNC

Acquisto di una macchina per la prototipazione rapida dei prodotti aziendali

Una produzione prevalentemente realizzata su commessa come quella di Plasticform, richiede la capacità di rispondere con rapidità, puntualità ed estrema precisione alle richieste dei committenti. Per tale motivo, si ritiene utile il ricorso all'Early prototyping¹².

Tali tecnologie permettono di incrementare:

- L'efficienza della progettazione consentendo di testare, a basso costo e in poco tempo, la corrispondenza tra le risultanze progettuali e le esigenze di mercato, così come le preferenze del singolo cliente. Solo in caso di esito positivo, si procederà allo step successivo e/o alla realizzazione del prodotto finito;
- La qualità del progetto, riducendo drasticamente i costi di produzione ed i tempi di delivery¹³ al cliente.

Preliminarmente, occorrerà che l'azienda effettui:

- Lo screening¹⁴ sulle necessità di finitura e di resistenza dei pezzi oggetto della prototipazione;
- L'acquisto di tecnologie per la stampa 3D.

Data la tipologia di prodotto finito e l'elevata accuratezza del prototipo necessaria sin dalle prime fasi progettuali, risulterebbe poco adeguato allo scopo il ricorso a stampanti 3D che utilizzano la tecnologia di costruzione per stratificazione attraverso, ad esempio, l'estrusione di filamenti di ABS. Tale tecnologia, infatti, non garantisce un alto livello di precisione

¹² L'Early prototyping è la prototipazione negli stadi iniziali di progetto.

¹³ Delivery, dall'inglese, "consegna".

¹⁴ "Screening" ovvero "controllo".

nella lavorazione del manufatto. Viceversa, una qualità decisamente maggiore viene garantita da stampanti 3D che utilizzano la tecnologia SLA (Stereolithography).

La stereolitografia laser è una tecnica di fabbricazione additiva ad alta precisione con cui si realizzano oggetti tridimensionali in ambito industriale, partendo da file digitali generati da un software per la modellazione 3D. Tale tecnologia si basa sul principio della fotopolimerizzazione: una soluzione liquida di resina plastica immersa in una vasca a base mobile, è esposta in modo selettivo, in superficie, all'azione di un laser a luce ultravioletta. Il raggio provvederà a scansionare la superficie del liquido, muovendosi in base alle coordinate della sezione trasversale della base dell'oggetto, solidificando in tal modo, il primo strato di materiale. La sezione consolidata è, poi, immersa nel liquido in misura pari al suo spessore prima di ripetere l'operazione per ogni singolo strato successivo: in ciascun passaggio, il laser disegna la sezione trasversale dell'oggetto che solidifica e si unisce alla precedente, fino al completamento del modello.

Dalle risultanze emerse durante la visita



Versione desktop della Stratasys Objet Pro 3.0

aziendale, si consiglia di optare per la stampa



pante 3D Objet30 Pro dell'azienda Stratasys¹⁵.

Si tratta di una stampante 3D stereolitografica a 2 teste di stampa, in grado di lavorare con sette diversi materiali, tra cui:

- Materiale rigido trasparente (VeroClear), che offre una grande stabilità dimensionale per usi generici, nonché la possibilità di costruire modelli finemente dettagliati e di simulare otticamente una termoplastica trasparente come il polimetilmetacrilato (PMMA);
- Simil-propilene (DurusWhite) per applicazioni a scatto;
- Alte temperature (RGD525) per la prova funzionale avanzata, flussi di aria e acqua calda, applicazioni statiche e modelli da esposizione.

Tutti i materiali della famiglia Vero (prodotto consigliato dalla Stratasys), sono caratterizzati da una stabilità dimensionale e una definizione finemente dettagliata, e sono progettati per la simulazione di plastiche che rispecchiano fedelmente il prodotto finale.

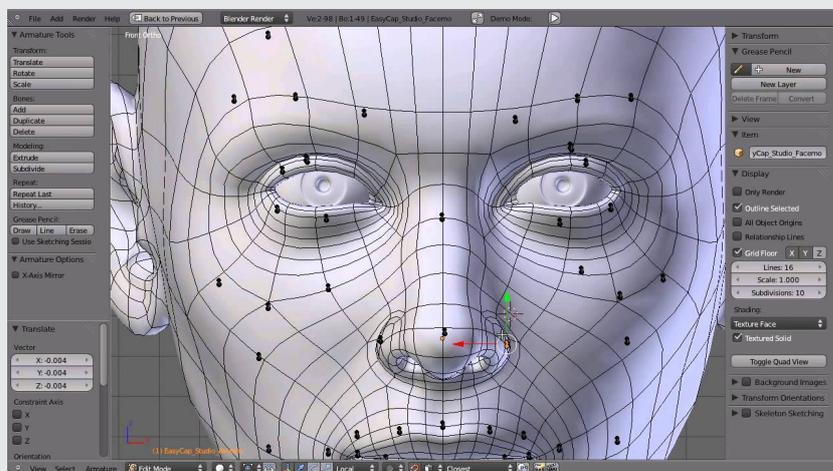
¹⁵ Stratasys è un'azienda che produce macchine per la produzione digitale diretta, stampanti 3D e fa prototipazione rapida.

Le dimensioni del vassoio (300mm × 200mm × 150mm), gli spessori dello strato (28; 16 micron per il materiale VeroClear), la risoluzione (Asse X: 600 dpi; asse Y: 600 dpi; asse Z: 900 dpi) e la precisione (0,1 mm) risultano adeguati allo scopo prototipale.

Oltre alla tecnologia hardware, l'azienda dovrà essere supportata nella scelta del software di modellazione 3D da disegno.

Esistono due grandi tipologie di modellazione per creare modelli 3D:

1. La modellazione organica, utilizzata per realizzare forme naturali, umane o creature. Questi oggetti 3D sono caratterizzati da una grande quantità di dettagli, così come di forme morbide e arrotondate che ne esaltano la componente organica;
2. La modellazione geometrica, utilizzata per creare oggetti di natura tecnica, dotati di maggiore controllo sulla precisione delle quote dei volumi, come parti meccaniche o prodotti d'industria. In genere, questi oggetti 3D vengono modellati seguendo delle forme di base, o primitive, che, con una opportuna sequenza di operazioni, realizzano il modello desiderato.

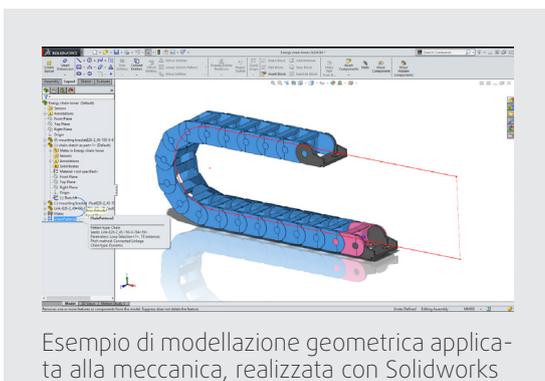


Esempio di modellazione organica antropomorfa realizzata con Blender

studio di fattibilità aziendale

La tipologia del modello 3D da realizzare, renderà necessaria la scelta di una tipologia di modellazione virtuale, in modo da permettere di arrivare al risultato nel modo più semplice e veloce possibile.

Considerando la tipologia di prodotti, si consiglia di optare per Solidworks¹⁶, software di disegno industriale che permette la modellazione 3D, l'assemblaggio e la verifica in tutti i settori che richiedono una progettazione completa dei prodotti.



Individuato il software più rispondente alle necessità aziendali, bisognerà identificare il personale tecnico da coinvolgere in un periodo di formazione.

Il personale sarà formato anche sulla generazione dei file per la stampa: sulla base delle evidenze emerse nel corso della visita aziendale, e a meno di software forniti direttamente



dalla casa madre delle 3D printer acquistate, il software su cui verterà il percorso di formazione è Cura.

Si tratta di un software open source, caratterizzato dalla semplicità e dall'ottima user-experience, che consente di ottenere eccellenti risultati pur agendo su un numero essenziale di parametri.

Le finalità formative cercheranno, infine, di dotare il personale coinvolto di specifiche skills, relative alla modellazione 3D del prodotto.

¹⁶ Solidworks, è un prodotto e commercializzato dalla Dassault Systèmes, azienda francese specializzata e leader mondiale nella produzione di software PLM, CAD e 3D

Sezione III: percorsi suggeriti

In relazione alla natura del processo produttivo e del prodotto che realizza, l'azienda presenta una forte attitudine all'innovazione. Tuttavia, non mostra al momento una specifica attitudine alla fabbricazione digitale.

Tabella III.1 – indicatori.

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	1
B	Flessibilità	1
C	Livello di conoscenza di uno o più software	0,3
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	1

Tabella III.2 – Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5).

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,25
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,37
3	Avviamento entry level ad altri software	0,37
4	Arduino per automazione processo	0,31
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,25
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,31
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,31
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,31
9	Hacking hardware	0,25
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,31
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,31
12	Sviluppo nuovo software	0,31
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,31

Tabella III.3 – Valutazione finale della propensione ai Percorsi di Innovazione (da 0 a 1).

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,25
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,37
3	Avviamento entry level ad altri software	0,37
4	Arduino per automazione processo	0,61
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,25
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,61
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,61
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,31
9	Hacking hardware	0,55
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,51
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,31
12	Sviluppo nuovo software	0,31
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,51

Il sistema di valutazione restituisce per tali motivi tre valori ex-equo rispetto a tre percorsi differenti.

La scelta ipotizzata per Plasticform, si rivela necessaria in relazione sia al contesto verificato presso l'azienda stessa, sia alle esigenze e alle propensioni imprenditoriali verificate presso altre imprese.

Anzitutto, la grande predisposizione dell'azienda a ragionare secondo un sistema territoriale d'impresa, spinge verso la creazione di progetti in sinergia con altre imprese.

Ma, ancor di più, la condizione di Plasticform, unica azienda in grado di lavorare termoplastiche con tecnologie di tipo additivo tra quelle visitate, incoraggia verso le seguenti considerazioni di percorso.

Grazie alla sinergia tra Plasticform e le altre aziende del territorio (in particolare quelle del legno e del marmo/pietra naturale), è ipotizzabile un percorso di creazione di prodotti consumabili destinati alla stampa 3D. Pur non essendo Plasticform specificamente orientata

studio di fattibilità aziendale



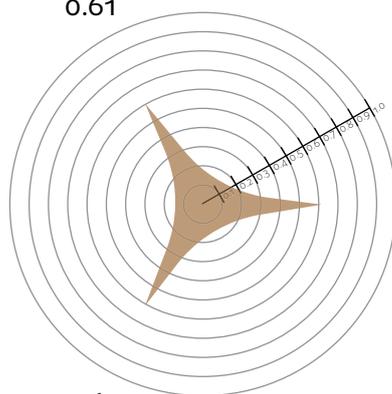
a tale prodotto, possiede, tuttavia, un tale prezioso patrimonio di conoscenze sulle termoplastiche, che porta a orientare tale azienda verso un progetto del genere.

Le imprese del territorio potrebbero fornire materiale di risulta dalle proprie lavorazioni, per la creazione di bobine di filamento di materiale composito.



Realizzazione di un **nuovo prodotto** per il mercato della **fabbricazione digitale**

0.61



Arduino per automazione processo
0.61

0.61
Acquisto nuova macchina **CNC**

Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale



Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Gli ostacoli a tale percorso, indicato con il titolo "Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale", sono sostanzialmente di duplice natura: difficoltà di percorso e competitività di mercato.

Un percorso che arrivi alla formulazione di un prodotto adatto alla stampa 3D, è tutt'altro che banale. Oltre alla materia prima, è necessario dotarsi di macchine specifiche per l'estrusione calibrata, che abbiano buone tolleranze del filamento da bobinare. Inoltre, sono necessari dei test di natura reologica¹⁷, in funzione della temperatura, della percentuale di plastica e di altri materiali, della composizione della matrice plastica, delle condizioni di umidità dell'ambiente e, non ultime, delle diverse tipologie di estrusori presenti oggi sul mercato.

Tale considerazione si declina sia nella necessità di laboratori (che non abbiamo riscontrato in alcuna azienda visitata) dotati di risorse hardware e conoscenze scientifiche tali da sostenere tale percorso, sia in investimenti da parte dell'azienda stessa.

In merito al mercato, pur essendo in forte espansione, di pari passo alla diffusione di tali macchine tra i consumatori finali, esso si è mostrato da subito molto aggressivo con una forte competizione sui prezzi, al netto delle altre variabili che, invece, sono piuttosto costanti all'apparenza. In realtà, il problema della qualità del materiale è particolarmente sentito dagli utilizzatori, per cui l'idea di attestarsi come competitor di mercato con prodotti di alta qualità corredati di schede tecniche, con un servizio di testing sui diversi hardware e con un buon servizio di customer care, potrebbe essere una buona scelta per l'azienda.

Ovviamente, in tale circostanza, i materiali compositi dovrebbero costituire solo uno dei prodotti della gamma di consumabili per stampa 3D, mentre l'azienda dovrebbe dedicarsi alla produzione di una gamma più arti-

colata di prodotti, tra cui quelli costituiti dalle semplici termoplastiche comunemente usate nella stampa 3D, come l'ABS, il PLA, il Nylon. Valutazioni più approfondite sulle tematiche di mercato esulano, tuttavia, dalla natura di questo documento. Tali ostacoli sono da intendersi non preclusivi alla scelta del percorso, piuttosto vanno intesi come alert da tener presente per evitare già in fase di start possibili criticità.

¹⁷ La Reologia è la scienza che studia gli equilibri raggiunti nella materia deformata per effetto di sollecitazioni.



Azienda:

Occhialeria Artigiana sas
di Antonietta Tummolo & C.

Sezione I: screening aziendale

Dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

L'azienda Occhialeria Artigiana sas, attiva nella progettazione e produzione di occhiali da vista e da sole, si basa su un'esperienza imprenditoriale che ha radici profonde, nonostante gli avvicendamenti di proprietà.

Il suo core business è la produzione di occhiali da vista e da sole in acetato di cellulosa, posizionati sul mercato nazionale ed internazionale come prodotti artigianali "Made in Italy".

La produzione in-house e l'utilizzo di materiali provenienti da una filiera certificata Made in Italy consentono di realizzare e proporre un prodotto coerente con i più alti standard qualitativi del settore.

A differenza della produzione, realizzata totalmente internamente, il design del prodotto aziendale è in toto ispirato ai principali trend di mercato.

L'attenzione alla qualità (reale e percepita) del prodotto finale, è confermata dalla cura del packaging (teso ad evidenziare il carattere "artigianale" del prodotto) e degli accessori (portaocchiali, la pezzolina tergi lenti e tutto il materiale accessorio che circonda l'occhiale), realizzati con un buon livello di attenzione verso i dettagli.

Pur non essendo verticalmente integrata a valle con propri punti vendita, l'azienda denota una buona struttura commerciale che consente la distribuzione su scala nazionale del prodotto, il quale arriva al cliente finale attraverso retailers plurimarca.

È stata, inoltre, implementata una strategia di espansione internazionale con un focus particolare sui mercati medio-orientali.

Il team imprenditoriale ha una buona tensione all'innovazione, sia in termini di prodotto che di processo produttivo, e mira a fondere la tradizione artigiana con le attuali opportunità tecnologiche. Grazie a quest'attitudine, l'azienda ha già avviato percorsi d'innovazione

nell'ambito della fabbricazione digitale, che sono in via d'implementazione col supporto di tecnici esterni.





Aspetti produttivi

La produzione avviene, per circa il 60%, su commessa, mentre quella residua è realizzata per linee di prodotto. La quantità annua di pezzi prodotti (circa 15.000) deriva, oltre che dalle commesse, dalle previsioni di mercato tramite il sistema di feedback proveniente dalla rete commerciale che ha un rapporto diretto con i dettaglianti.

Le attività, che vanno dall'ideazione alla realizzazione del prodotto finito, possono essere raggruppate in 3 macro fasi:

- Progettazione;
- Realizzazione del modello;
- Assemblaggio.

Per quanto riguarda la progettazione, l'azienda ad oggi si limita a seguire i trend di mercato "dettati" dai brand leader. La progettazione mira, quindi, a replicare i modelli presenti sul mercato, attraverso l'ottenimento di un modello digitale mediante diverse tecniche, tutte, al momento, piuttosto semplici, sebbene efficaci per le finalità assegnate.

Dal modello digitalizzato si passa alla lavorazione con cui si ricava il profilo degli occhiali, oppure, se la produzione è bassa, la stessa lavorazione viene eseguita a mano attraverso frese su colonna.

La produzione del modello verte, quindi, su 2 tipologie di lavorazioni:

- Manuale, per piccole tarature;
- CNC¹ per grosse tarature.

L'azienda, sebbene di piccole dimensioni, appare con un layout ben organizzato nella classica forma circolare, lungo la quale il prodotto si muove nelle sue diverse fasi che partono dalla sagomatura della materia prima, con l'utilizzo di pantografi manuali, passando per la pressatura fino all'assemblaggio e alla rifinitu-

ra mediante cicli di 72 ore in appositi buratti.

Infine, il prodotto realizzato, viene pulito e fornito di etichette.

Una linea separata sia fisicamente che logicamente, è costituita dal pantografo CNC che viene utilizzato esclusivamente per alcune linee di prodotto.

In questo momento, una delle criticità sentite dall'azienda, consiste nell'eccessiva durata della fase di digitalizzazione del prodotto che sarà poi eseguito dal pantografo CNC. L'operatore impiega circa 8 ore per creare il file necessario alla lavorazione. Ciò è dovuto, in particolare, all'utilizzo di un software di CAD/CAM denominato Alphacam che, se da un lato ha una grande capacità di adattamento a diverse lavorazioni CNC e una quantità elevata di moduli di implementazione, dall'altro lato risulta poco efficace nella creazione di geometrie complesse, sia in fase CAD che in fase CAM.

La presenza di questo software, oltre a generare la durata eccessiva delle fasi suddette, limita molto la capacità progettuale dell'azienda che, mediante altri approcci al medesimo problema, potrebbe essere in grado di affrontare lavorazioni molto più complesse, di modificare i file di partenza ispirati dai trend di mercato, nonché di progettare linee proprie con sforzi relativamente ridotti.

Durante la lavorazione si produce uno sfrido costituito essenzialmente da truciolo di acetato di cellulosa, che oggi viene impiegato per il packaging, e da elementi del medesimo materiale che si cerca di immettere nuovamente nel ciclo di lavorazione.



¹ Le CNC (Computer Numerical Control, in inglese), sono macchine utensili programmabili e controllabili attraverso un calcolatore.

Sezione II: potenziale Innovativo

Innovazioni di processo/prodotto

Categoria: nuovo approccio al Computational Design

Utilizzo di sistemi informatici avanzati per la personalizzazione del prodotto offerto ai clienti

L'adozione di nuove strumentazioni (hardware e software) e l'acquisizione di competenze specifiche, consentirebbe di rafforzare la strategia di differenziazione² di prodotto implementata dall'azienda. L'obiettivo è quello di posizionarsi sul mercato come leader nella realizzazione di occhiali tailor-made³, creati cioè sulle specifiche esigenze, estetiche ed ergonomiche, del singolo cliente, come se fosse un vero e proprio prodotto sartoriale realizzato sul viso di uno specifico individuo. Tale percorso, quindi, attraverso l'utilizzo combinato di scansione e modellazione 3D, conferirebbe all'azienda un duplice vantaggio:

1. Realizzazione di prodotti su misura;
2. Accelerazione del processo di reverse engineering⁴.

Per attivare tale percorso, l'azienda ha necessità di dotarsi di due tecnologie indispensabili:

- Sistema di scansione laser 3D da utilizzare per il reverse engineering e/o per la realizzazione di prodotti tailored⁵;
- Software per l'elaborazione della nuvola di punti da utilizzare per la restituzione tridimensionale dei dati acquisiti dallo scanner.

Sistema di scansione laser 3D: gli scanner 3D sono dispositivi che permettono di ottenere

modelli 3D da oggetti esistenti. Questi dispositivi rilevano le superfici che rientrano nel proprio raggio d'azione memorizzando le informazioni ottenute e rielaborandole, producendo così una descrizione matematica per punti dell'oggetto scansionato (detto in altri termini, un modello 3D digitale). Si tratta di una tecnologia che fornisce, come risultato diretto, un insieme di coordinate tridimensionali riferite ad un numero elevatissimo di punti che vengono colpiti dal raggio laser. La nuvola dei punti così generata descrive, dunque, la superficie esterna dell'oggetto scansionato.

I sistemi di scansione laser operano in modo quasi completamente automatico e sono in grado di acquisire un numero notevolissimo di punti al secondo.

Le tecnologie per gli scanner 3D sono diverse e differiscono per due aspetti, quali:

- Meccanica: gli scanner 3D possono essere fissi o mobili. Quelli fissi dispongono generalmente di un piano che ruota, sopra al quale è sistemato l'oggetto da rilevare. Gli scanner mobili sono impugnati da un operatore che deve avere la cura di puntare lo strumento contro l'oggetto interessato, rilevandone le superfici. Data la tipologia di oggetto da "digitalizzare", in questo caso, si consiglia di optare per uno scanner mobile;
- Tipologie di raggi che lanciano verso l'oggetto desiderato. Di seguito le due tipologie:
 1. Scanner 3D laser a tempo di volo: questi dispositivi utilizzano una luce laser che viene riflessa sulla superficie dell'oggetto rilevato. Il sensore del laser cronometra il tempo di volo, ossia il tempo che ci mette il fascio di laser a tornare all'origine dopo essere rimbalzato sulla superficie rilevata, potendo definire se un determinato punto è più o meno vicino al diodo laser⁶ che

² È una strategia competitiva basata sull'esaltazione della qualità (reale e/o percepita) di un prodotto.

³ "Tailor-made" dall'inglese, "fatti su misura".

⁴ L'ingegneria inversa consiste nell'analisi dettagliata del funzionamento di un oggetto (hardware o software) al fine di costruirne uno nuovo che abbia un funzionamento analogo, magari migliorando od aumentando l'efficienza dello stesso.

⁵ Vedi "tailor-made"(nota 50)..

⁶ Il diodo laser è un laser in cui il componente attivo è un semiconduttore simile a quelli impiegati nella produzione di LED (Light Emitting Diode).

studio di fattibilità aziendale

emette l'impulso di luce. Questa misura è possibile, in quanto la velocità della luce è costante. Sarà, quindi, il tempo di andata e ritorno dell'impulso luminoso laser a definire la posizione nello spazio del punto battuto. La precisione di uno scanner 3D laser a tempo di volo, dipende quasi esclusivamente dalla precisione con cui esso riesce a misurare il tempo di volo.



Scanner laser a tempo di volo della RIEGL VZ-400

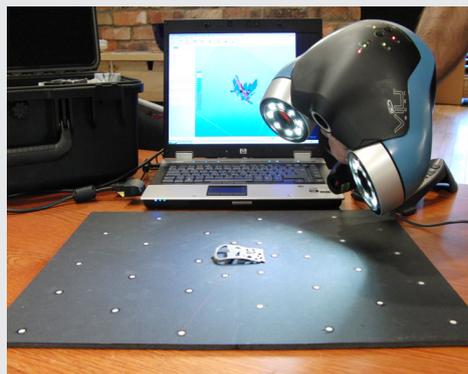
2. Scanner 3D con sistema a luce strutturata: gli scanner 3D con sistema a luce strutturata, proiettano un fascio di luce sulla superficie dell'oggetto da rilevare. La deformazione del pattern⁷ proiettato, definisce la posizione dei punti che compongono l'oggetto, permettendo ad una telecamera



Scanner 3D con sistema a luce strutturale

⁷ "Pattern" è un termine inglese di uso diffuso, che può essere tradotto, a seconda del contesto, in "disegno, modello, schema, schema ricorrente, struttura ripetitiva".

di calcolarne le coordinate tridimensionali attraverso una triangolazione.



Scanner 3D mobile della VIU

Software per l'elaborazione della nuvola di punti: i pacchetti principali in uso sono prodotti autonomi oppure prodotti che lavorano con pacchetti esterni, come i programmi CAD. Tali prodotti coprono una gamma di problematiche che normalmente non sono affrontate da un programma CAD o da un software per la gestione di dati tridimensionali.

Ad esempio, tra le problematiche sopra dette, c'è quella della generazione della mesh (approssimazione triangolare dell'oggetto scansionato) per un oggetto a tutto tondo, o una scultura, dove la gestione del modello deve essere totalmente tridimensionale, con la complessità che ciò comporta dal punto di vista computazionale.

La fase di generazione della mesh, in questo caso, è una delle più delicate ed i risultati a cui i programmi diversi giungono su uno stesso oggetto acquisito, possono differenziarsi significativamente.

Oltre alle suddette tecnologie, l'implementazione del percorso richiederebbe l'identificazione di personale tecnico, interno o esterno all'azienda, con competenze tecniche adeguate o, in alternativa, da formare sui differenti temi, quali:

- Acquisizione tridimensionale attraverso



- l'utilizzo di uno scanner 3D;
- Progettazione tridimensionale attraverso software come Rhinoceros⁸, programma che presenta notevoli vantaggi quali la facilità d'interfaccia, la leggerezza di calcolo, la possibilità di funzionare da supporto per una serie notevole di plug-in anche gratuiti, la modellazione per superfici, la precisione delle lavorazioni su diversi materiali (es. legno);
- Rendering⁹ attraverso l'utilizzo di software come V-Ray, plug-in di Rhinoceros, caratterizzato da un'estrema velocità nel calcolo del Ray tracing¹⁰, tecnica che segue i raggi partendo dal punto di vista della telecamera piuttosto che dalle sorgenti di luce, semplificando alcuni effetti ottici avanzati, come ad esempio un'accurata simulazione della riflessione e della rifrazione;
- Generazione di file di percorso utensile in formato G-Code¹¹. Il software su cui formare il personale è RhinoCAM, un plug-in di lavorazione CAM per Rhinoceros, che combina la capacità di modellazione freeform¹² di Rhino, con un potente strumento di generazione percorsi utensile, in un unico pacchetto.

8 Rhinoceros, comunemente chiamato "Rhino", è un software applicativo commerciale per la modellazione 3D di superfici scultoree (free form) realizzato da Robert McNeel&Associates. Viene normalmente utilizzato per il disegno industriale, l'architettura, il design navale, il design del gioiello, il design automobilistico, il CAD/CAM, per la prototipazione rapida, il reverse engineering e per il design della comunicazione.

9 "Rendering" è un termine della lingua inglese che, in senso ampio, indica la resa grafica di un oggetto o architettura.

10 Il RayTracing è un algoritmo di Rendering.

11 I Codici G (dall'inglese G-code), o codici preparatori, sono funzioni nel linguaggio di programmazione del controllo numerico.

12 Freeform dall'inglese, "forma libera".



Innovazioni di processo

Categoria: avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale

Acquisizione di conoscenze base sull'utilizzo di software abilitanti immediatamente il processo produttivo

Tale percorso è finalizzato ad un significativo recupero di efficienza in fase progettuale. Attraverso l'utilizzo di software per la modellazione 3D, sarebbe possibile conseguire una riduzione di circa il 70% dei tempi di progettazione (ad oggi pari a circa 8 ore), necessari per ottenere il formato digitale del modello cartaceo di un prodotto. Sarebbe, inoltre, possibile apportare successivi aggiustamenti al modello tridimensionale, con impatti pressoché nulli sui tempi di progettazione.

Per l'avvio di questo percorso, l'azienda dovrebbe procedere attraverso differenti step.

Anzitutto, va operata la scelta del software di modellazione 3D più adatto alle esigenze aziendali.

A tal proposito, è bene precisare che esistono due grandi tipologie di modellazione per creare modelli 3D:

- La modellazione organica, utilizzata per realizzare forme naturali, umane o creature. Questi oggetti 3D sono caratterizzati da una grande quantità di dettagli così come di forme morbide e arrotondate che ne esaltano la componente organica;
- La modellazione geometrica, utilizzata per creare oggetti di natura tecnica e maggiormente precisi come parti meccaniche o prodotti d'industria. In genere questi oggetti 3D vengono modellati seguendo delle forme di base che, attraverso successive operazioni di combinazione e rifinitura, realizzano il modello.

La tipologia del modello 3D da realizzare, renderà necessaria la scelta di una tipologia di modellazione virtuale, in modo da permettere

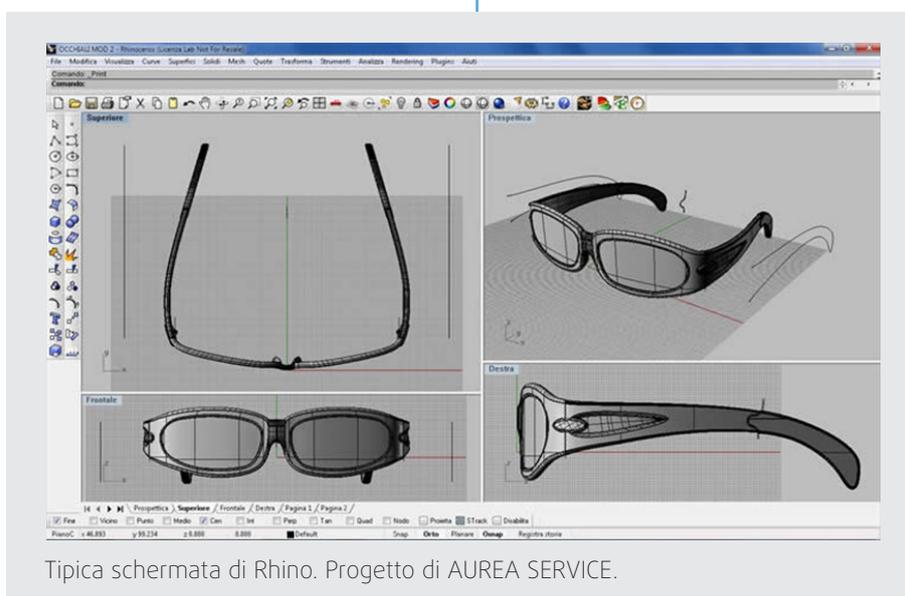
studio di fattibilità aziendale

di arrivare al risultato nel modo più semplice e veloce possibile.

Sulla base delle evidenze emerse nel corso della visita aziendale, si suggerisce la scelta del software Rhinoceros. In Rhino, tutte le entità geometriche sono rappresentate mediante NURBS (acronimo di Non Uniform Rational B-Splines¹³) che sono una rappresentazione matematica, mediante la quale è possibile definire accuratamente geometrie 2D e 3D quali linee, archi e su-

tilizzo di software per la modellazione 3D da disegno.

In seguito, bisognerà procedere alla formazione specifica sulla modellazione tridimensionale di occhiali, che si basi sulla messa a punto di metodologie per la lavorazione tridimensionale di immagini derivanti da schizzi o disegni. Esistono delle precise tecniche e strumentazioni in Rhinoceros, sviluppate per agevolare tale tipo di lavoro. Inoltre, è fondamentale standardizza-



Tipica schermata di Rhino. Progetto di AUREA SERVICE.

perfici a forma libera. I plug-in sviluppati da McNeel comprendono Flamingo (per il rendering ray trace), Penguin (per il rendering non fotorealistico) e Bongo (per le animazioni). Sono disponibili, tuttavia, centinaia di plug-in di terze parti, fra i quali quello di Maxwell Render¹⁴, V-Ray ed altri.

In secondo luogo, sarà opportuno identificare il personale tecnico, interno o esterno, dotato delle competenze adatte allo scopo, o da coinvolgere in un periodo di formazione sull'u-

re il processo di lavorazione del file 3D, in modo da poterne valutare i tempi in maniera corretta.

Infine, sarà necessaria una formazione sulla generazione di file di percorso utensile in formato G-Code (software consigliato: RhinoCAM¹⁵). Anche per questo percorso è di fondamentale importanza chiudere il ciclo di lavorazione, che porta dallo schizzo al percorso utensile, con strumenti adatti a tale scopo e con ampie possibilità di interfaccia.

¹³ Per NURBS si intende una classe di curve geometriche utilizzate in computer grafica per rappresentare curve e superfici.

¹⁴ "Maxwell" è un pacchetto software sviluppato per produrre immagini fotorealistiche, partendo da modelli 3D realizzati al computer.

¹⁵ RhinoCAM è un plug-in di Rhinoceros utilizzato per le lavorazioni meccaniche.



Innovazioni di processo

Categoria: acquisto di una macchina CNC

Acquisto di una stampante 3D che permetta la prototipazione rapida del modello di occhiali progettati

Il ricorso a tecnologie di stampa 3D per l'Early prototyping¹⁶, permetterebbe di aumentare l'efficienza della progettazione consentendo di testare, a basso costo e in poco tempo, la corrispondenza tra le risultanze progettuali e le esigenze di mercato (così come le preferenze del singolo cliente). Solo in caso di esito positivo, si procederebbe alla realizzazione del prodotto finito.

capaci di stampare anche altri materiali come il PLA¹⁹, il nylon e una gamma infinita di compositi.

Il percorso sarà articolato sui seguenti step:

- Il supporto da parte di esperti del settore, per l'individuazione del materiale e della tecnologia più rispondente alle esigenze aziendali in termini di prezzo, performance e flessibilità. Infatti, ogni 3D printer ha peculiarità produttive proprie. L'analisi costi/benefici dovrà essere condotta tenendo presente il tipo di prototipo che si vuol realizzare alla fine della stampa. Per le esigenze di stampa dell'azienda, potrebbe essere



Protos, progettazione e stampa 3D di occhiali su misura

La realizzazione di un prototipo tridimensionale migliora, quindi, la qualità del progetto riducendo drasticamente i costi di produzione e il time-to-market¹⁷.

Le stampanti 3D utilizzano plastica ABS, robusta e duratura, che può essere carteggiata, fresata, forata, verniciata e perfino elettroplaccata. Oltre all'ABS¹⁸, tuttavia, esse sono

interessante orientarsi verso la tecnologia stereolitografica (SLA) che fa sempre parte della stampa additiva, ma utilizza una speciale resina foto-reattiva indurita da un laser UV o da una fonte di alimentazione simile. Segnaliamo, in merito, due soluzioni da considerare: la stampante DigitalWax o2oX, prodotta dalla DWS System, con un'area di lavoro di 130mm x 130mm x 90mm, è capace di lavorare file in input in formato .stl o .slc; o, in alternativa a questa e fascia di prezzo bassa, la formOne della Formlabs, con un volume di stampa di 125mm x 125mm x 165mm;

temperature fino a -40 °C, elevata durezza, resistenza agli urti e alle scalfiture.

¹⁹ Il PLA, abbreviazione di acido polilattico, è una plastica fatta di amidi rinnovabili come il mais o la canna da zucchero. È quindi biodegradabile, tuttavia, rispetto all'ABS, risulta meno duraturo e resistente.

¹⁶ L'Early prototyping è un tipo di prototipazione negli stadi iniziali di progetto.

¹⁷ Il "time to market" è il tempo che va dall'ideazione del prodotto alla sua commercializzazione.

¹⁸ L'ABS (abbreviazione di Acrilnitrile-Butadiene-Stirene) è una termoplastica derivata dal petrolio. Si tratta di un materiale termoplastico amorfo (è un polimero) che presenta un basso assorbimento di umidità e ha una densità che va da 1.03 a 1.07. permette una stampa ottimale per iniezione, estrusione e termoformatura, si incolla e si salda bene e può essere avvitato con viti auto-maschianti. Presenta buona rigidità e tenacità a basse



studio di fattibilità aziendale



- La scelta del software di modellazione 3D;
- Il supporto per l'identificazione di personale tecnico da coinvolgere in un periodo di formazione all'utilizzo di software per la modellazione 3D, di circa 3 mesi.

Sulla base delle evidenze emerse nel corso della visita aziendale, i software su cui verterà il percorso di formazione sono Rhinoceros e Cura, quest'ultimo programma open source è caratterizzato dalla semplicità e dall'ottima user-experience, che consente di ottenere eccellenti risultati pur agendo su un numero essenziale di parametri. Le finalità formative verteranno anche sull'opportunità di dotare il personale coinvolto, di specifiche skills relative alla modellazione 3D del prodotto dell'attività aziendale (gli occhiali).

Si segnala che molte aziende già sono attive in questo campo, come ad esempio la Protos che aggiunge alla stampa degli occhiali, una progettazione su misura.



Sezione III: percorsi d'innovazione suggeriti

L'azienda ha riportato punteggi molto alti in almeno tre dei percorsi possibili. Ciò è dovuto alla grande consapevolezza da parte di Occhialeria Artigiana rispetto ai temi della fabbricazione digitale, ma deriva anche alla visione chiara di come tali temi possono diventare dei plus di mercato significativi, tanto che l'azienda ha già avviato autonomamente percorsi in tal senso.

Tabella III.1 – indicatori.

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	1
B	Flessibilità	0,6
C	Livello di conoscenza di uno o più software	1
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	2,25

Tabella III.2 – Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5).

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,5
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,46
3	Avviamento entry level ad altri software	0,46
4	Arduino per automazione processo	0,5
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,5
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,5
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,5
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,5
9	Hacking hardware	0,5
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,5
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,5
12	Sviluppo nuovo software	0,5
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,5

Tabella III.3 – Valutazione finale della propensione ai Percorsi di Innovazione (da 0 a 1).

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,5
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,46
3	Avviamento entry level ad altri software	0,76
4	Arduino per automazione processo	0,5
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,5
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,5
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,8
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,5
9	Hacking hardware	0,5
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,7
11	Nuovo approccio al Computational Design	1
12	Sviluppo nuovo software	0,5
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,8

Com'è ovvio, si riscontra che alcuni dei percorsi ipotizzabili sono iter che l'azienda in qualche modo ha già in cantiere. È per questo motivo che i percorsi che qui si suggeriscono, col conforto del sistema di indicatori, vanno nella direzione dell'implementazione in ambito software.

Il sistema di valutazione, infatti, indica come più adeguati due percorsi, ovvero quello riguardante l'utilizzo di nuovi software di modellazione e progettazione rispetto a quelli attualmente presenti in azienda, e quello relativo ad un nuovo approccio al computational design²⁰. Si specifica, inoltre, che tali iter sono sostanzialmente sequenziali: il primo è necessario per l'accesso al secondo. Si ritiene, dunque, di spingere, qualora ce ne siano le condizioni, verso un percorso complesso ed in-

²⁰ Il design computazionale sfrutta la potenza di calcolo dei computer per la gestione ed elaborazione di dati, parametri e informazioni che concorrono a definire il design di un oggetto.

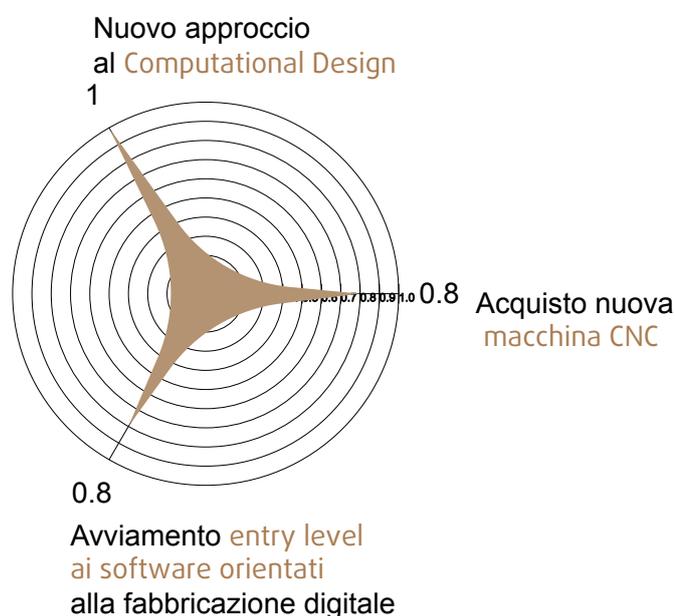
studio di fattibilità aziendale

tegrato che attraversi entrambi i percorsi.

Al contrario, qualora non si riscontrassero le opportune condizioni, si consiglia un approccio più ordinato e semplificato. Tuttavia, le abilitazioni a cui l'azienda avrebbe accesso e la forte attitudine già manifestata verso tali tematiche, fanno propendere per una soluzione più complessa.

molto più alte.

Grazie a tali strumenti, l'azienda potrebbe essere in grado di progettare prodotti totalmente nuovi, pur rimanendo legata allo schema di acquisizione di progetto attuale, o, alternativamente, potrebbe arrivare a produrre progetti del tutto originali che non vadano in competizione con i trend della grande industria



Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale

In sintesi, dunque, il percorso consigliato consiste in una fase di apprendimento che parta dalla conoscenza preliminare e necessaria di Rhinoceros; in seconda battuta l'apprendimento sarà diretto verso l'ambiente di sviluppo parametrico attraverso l'uso di Grasshopper²¹.

Al termine di tale upgrade, le ricadute possibili sono da ricercarsi anzitutto in un'eliminazione di criticità interne all'azienda, relative ai tempi di messa in macchina. In secondo luogo, le ricadute riguarderebbero le potenzialità di approccio al mercato che diventerebbero

di settore con cui, comunque, per motivazioni diverse da quelle progettuali, sarebbe difficile competere. L'azienda, infatti, potrebbe produrre progetti originali che rispondano ad esigenze formali e funzionali specificamente richieste dal cliente.

²¹ Grasshopper è un plug-in gratuito di Rhinoceros, ed è uno dei più potenti strumenti parametrici per la generazione ed il controllo di forme complesse a qualsiasi scala.

Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Il percorso sopra delineato non è privo di criticità. Da un punto di vista oggettivo, l'apprendimento delle conoscenze software suddette, è piuttosto complesso ed è realizzabile in intervalli di tempo che non degradino il ciclo lavorativo e con una grande disponibilità di tempo dedicato dall'azienda, attraverso una o più risorse particolarmente motivate.

Sotto un profilo soggettivo, relativo cioè al contesto riscontrato, in azienda non esiste una vera e propria figura interna di progettista. Pertanto, l'avvio di questo percorso potrebbe essere subordinato alla ricerca di una figura da integrare nella struttura aziendale a cui demandare completamente il reparto di design e prototipazione.





Azienda:

Lito Coop soc. coop.

Sezione I: screening aziendale

Profilo generale, dati rilevanti per l'inquadramento dell'azienda

L'azienda Lito Coop è attiva da molti anni nel campo della lavorazione e trasformazione della pietra naturale ed ha acquisito conoscenze e competenze notevoli.

Tuttavia, a causa di varie vicende, ha subito diversi cambiamenti societari ed oggi si appresta ad una ri-partenza, grazie ai progetti immaginati dall'attuale proprietà.

L'azienda lavora con un basso numero di commesse e con pochi operai, senza una sistematica distribuzione dei turni lavorativi e con un'organizzazione del lavoro quasi stagionale. Tuttavia, grazie alla consolidata esperienza e al parco macchine presente, la Litocoop è in grado di rispondere alle esigenze dei clienti in modo efficace e personalizzato.

L'azienda ha compiuto negli anni molti investimenti con notevole lungimiranza, che però, purtroppo, sono rimasti inattivi, a causa delle vicende sfortunate che hanno segnato il corso della vita aziendale.

Entrando in azienda, quello che colpisce subito è la presenza di molte macchine a controllo numerico, in buona misura soggette all'obsolescenza determinata dal periodo di acquisto e, soprattutto, molte delle quali inutilizzate da tempo: l'ampio parco macchine è, infatti, solo parzialmente in funzione, mentre una parte significativa è completamente ferma.

La proprietà dimostra una forte motivazione verso i progetti che ha avviato e per i quali ha già instaurato relazioni con centri di ricerca, università e altre imprese del settore. Tali progetti, nella prospettiva della proprietà, sono destinati a diventare brevetti industriali e a cambiare significativamente il corso dell'azienda.

Per quanto concerne la conoscenza degli argomenti di fabbricazione digitale, questa risulta bassa ma, nonostante ciò, l'interesse dimostrato nei confronti della digital fabrication è sufficiente ad immaginare alcuni progetti in questo ambito.

Aspetti produttivi

L'azienda dispone di grandi spazi e di un parco macchine significativo, destinato alla lavorazione della pietra. Le macchine hanno importanti potenzialità che, tuttavia, vengono limitate dall'obsolescenza dei sistemi di controllo dedicati, con cui sono gestite.

Non esiste un vero e proprio ciclo di lavorazione del prodotto. Si riscontra la presenza di una risorsa interna che si dedica all'elaborazione delle richieste dei clienti, affrontando una fase di progettazione con strumenti base di disegno come Autocad.

I progetti passano, poi, agli addetti alle macchine a controllo manuale, che li eseguono con la destrezza ed esperienza tipica di chi lavora nel settore da tempo.

Le macchine CNC, invece, sono completamente ferme, prevalentemente per mancanza dei requisiti di convenienza. In alcuni casi, le macchine sono sprovviste del sistema di controllo originale che, a causa di guasti, è stato rimosso e mai sostituito.

Si rileva la presenza di una postazione di reverse engineering, completa di pc con schermi Lacie di grande formato, tastatore laser, software di acquisizione e post produzione. Anche in questo caso, purtroppo, si tratta di apparecchiature tenute ferme e superate dal tempo. L'hardware del tastatore potrebbe essere ancora utilizzato con buoni risultati, a patto di riuscire a recuperare i dati da esso generati con strumenti software più attuali.

Gli sfridi e/o scarti di lavorazione raggiungono volumi non del tutto trascurabili (circa 100 mq/anno). Uno dei progetti su cui l'impresa è impegnata, consiste nel riutilizzo degli scarti per la produzione di elementi di pannelatura modulari.



Sezione II: potenziale innovativo

Innovazioni di prodotto/processo

Categoria: sviluppo nuovo software

Sviluppo di un nuovo software per composizione di rivestimenti a partire da componenti modulari

Il percorso individuato accoglie un'esigenza dell'azienda, in relazione ad un progetto che quest'ultima considera nevralgico. Infatti, l'azienda ha sviluppato un sistema per il riutilizzo degli scarti di lavorazione della pietra, che è in procinto di brevettare. Questo sistema, consente alla stessa di realizzare un taglio opportuno di lastre di pietra di varia natura da cui ricavare 48 moduli dello stesso materiale. Tali moduli possono essere utilizzati per il rivestimento, in modo da generare una composizione all'apparenza "randomica" o, comunque, particolarmente articolata.

Allo stato attuale, infatti, queste composizioni vengono prodotte prevalentemente in due modi: con moduli industriali, che seguono un pattern² individuato, o con composizione ad hoc, eseguite da un artigiano.



Classico rivestimento modulare con utilizzo di moduli differenti

Lito Coop ha individuato una terza solu-

1 Randomica, casuale.

2 "Pattern" è un termine inglese, di uso diffuso, che può essere tradotto, a seconda del contesto, in "disegno, modello, schema, schema ricorrente, struttura ripetitiva".

zione e, quindi, una terza via alle proposte di mercato diffuse. La soluzione di Lito Coop è un ibrido, ma non si tratta né di pannelli a modulo fisso che simulano una composizione complessa, né di una composizione realizzata in situ grazie alle doti di un artigiano.



Il muro a secco è l'esempio tipico di abilità dell'artigiano nel tagliare e assemblare pezzi che non hanno nulla standardizzato

Tuttavia, per tale sistema pensato dalla Lito Coop, successivamente alla fase produttiva, è necessario un software da realizzare ad hoc, che presi in input le dimensioni del rivestimento da realizzare, la dimensione dei moduli da utilizzare, la grandezza dello spazio di separazione tra un modulo e l'altro, sia in grado, mediante algoritmi ricorsivi, di riempire l'area disponibile con diverse soluzioni.

Si specifica, a questo punto, che pur essendo una sfida entusiasmante, il percorso proposto non costituisce specificamente un intervento di fabbricazione digitale, (come descritto nell'introduzione alla fabbricazione digitale) tuttavia condivide con quest'ultima, una certa logica di fondo che appropria i problemi attraverso il ricorso a soluzioni applicate in modo non univoco, generando complessità e organicità, pur partendo da dati di carattere finito.

Il percorso in oggetto suggerisce l'intervento di uno o più consulenti esterni, esperti di programmazione. Sarà necessario anche uno



studio approfondito delle interfacce utente, in modo da consentire la realizzazione di un prodotto user friendly³ che non richieda l'utilizzo di un operatore specializzato. Probabilmente si renderà opportuna anche una fase di sviluppo web, in modo da offrire tale prodotto ad un'utenza remota, e poter realizzare un'ampia commercializzazione.

Litocoop, per il buon esito del progetto, dovrà mettere a disposizione risorse interne che siano in grado di seguirne la parte di sviluppo, in modo tale da realizzare un software in grado di generare soluzioni di copertura esteticamente confacenti all'idea dell'azienda stessa.



Innovazioni di prodotto

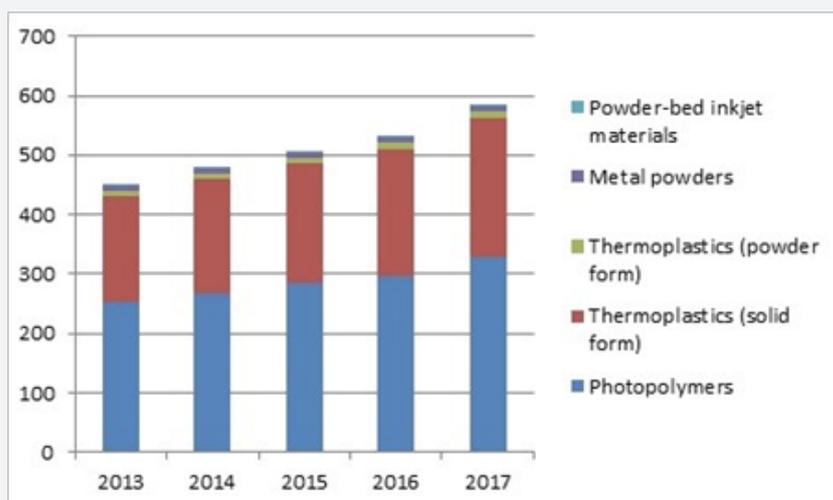
Categoria: materiali per la stampa 3D

Realizzazione di un materiale dalle polveri di scarto, capace di trovare mercato all'interno delle esigenze legate alla fabbricazione digitale

Il percorso mira a favorire una strategia di diversificazione di prodotto attraverso una nuova modalità di valorizzazione degli scarti prodotti dagli attuali cicli di lavorazione.

La diversificazione è da intendersi come ingresso nel mercato dei materiali da estrusione per stampanti 3D. Si tratta di un mercato dall'interessante potenziale in termini di volumi (600mln di dollari, di cui circa la metà di materiali termoplastici) e di tassi di crescita.

L'obiettivo è quello di realizzare un nuovo materiale a base di polveri di marmo, che provengono dallo scarto delle lavorazioni attuali,



Crescita del fatturato dei materiali per stampa 3D- fonte 3D Hub.



³ User friendly, facile da utilizzare.

consentendo l'ingresso dell'azienda nel mercato della prototipazione rapida.

Le tecnologie destinarie del nuovo materiale possono essere la FDM o, in alternativa,



la Sinterizzazione laser selettiva (SLS).

La FDM (Fused Deposition Material) è una tecnologia di estrusione che, a partire da un file G-Code⁴, utilizza un sistema di deposizione mediante estrusione di strati successivi di materiale, al fine di realizzare prototipi e modelli finiti. Il materiale e il supporto sono portati alla testa di un estrusore che ne consente il cambio di stato, da solido a fluido, attraverso l'aumento della temperatura dello stesso estrusore per poi essere depositati, strato dopo strato, sul piano di stampa.

Il prodotto, una volta finito, in ragione della sua destinazione, può risultare già pronto per un uso funzionale o per una fruizione estetica, oppure può necessitare di post-lavorazioni o post-trattamenti.

Tra la varietà di materiali in commercio



Stampante FDM 3Drag

come il PLA⁵, l'ABS⁶, il Nylon, esistono già alcuni esperimenti di realizzazione di filamenti di carbonato di calcio in matrice termoplastica.

4 G-code: Il Codice G (dall'inglese G-code) o codice preparatorio o funzione, è una funzione del linguaggio di programmazione del controllo numerico.

5 PLA è un'abbreviazione di acido polilattico ed è una plastica fatta di amidi rinnovabili come il mais o canna da zucchero. È quindi biodegradabile.

6 L'ABS (abbreviazione di acrilonitrile-butadiene-stirene) è una termoplastica derivata dal petrolio.

In alternativa, potrebbe essere indagato un prodotto in polvere che tratti gli scarti di marmo come malta e che esula dall'uso delle termoplastiche.

Tale sistema è di difficile realizzazione, poiché dovrebbe tener conto di una tecnologia che, ad oggi, è ancora poco utilizzata e va sotto il nome di contour crafting⁷. Essa è una tecnologia di stampa sviluppata da Behrokh Khoshnevis⁸, che utilizza una gru o un portale a controllo computerizzato, per costruire rapidamente ed efficacemente edifici, o parti di esso, con il lavoro automatizzato da macchine CNC.



Sistema di stampa contour crafting.

È stato originariamente concepito come un metodo per costruire stampi per parti industriali. Khoshnevis ha deciso di adattare la tecnologia per la costruzione di casepost disastri naturali. Per quanto riguarda la Sinterizzazione Laser Selettiva (SLS), si tratta di un processo che, a differenza del procedimento FDM, utilizza un laser per fondere piccole particelle di polvere polimerica andando a realizzare, strato dopo strato, oggetti tridimensionali dotati di elevata definizione e grande resistenza.

7 Contour crafting, letteralmente "costruzione per contorni", è una tecnica di stampa 3D, che utilizza bracci robotici e ugelli che depositano strati di cemento uno sull'altro.

8 Behrokh Khoshnevis è direttore del "Center for Rapid Automated Fabrication Technologies" (CRAFT) e del "Manufacturing Engineering Graduate Program" alla University of Southern California (USC).





Il processo FDM, inoltre, rispetto a quello della SLS, risulta lento e intrinsecamente impreciso, per caratteristiche intrinseche al sistema di estrusione, e le lavorazioni avvengono con materiali per lo più termoplastici. Viceversa, la sinterizzazione consente lavorazioni con diversi materiali, purché siano riconducibili in forma granulare e questi ultimi siano sinterizzabili. Va specificato che l'utilizzo della SLS con grani di carbonato di calcio, o altro materiale di origine minerale, contenuto in una matrice termoplastica, non è un prodotto già commercializzato.

Tale percorso costituisce un'ipotesi che, seppur scientificamente realistica, va verificata da un punto di vista sperimentale. In particolare si dovrà fare attenzione che le caratteristiche refrattarie del minerale non influiscano sulla capacità del composito di sinterizzare. Non è ipotizzabile, poi, la sinterizzazione delle polveri minerali presenti nella termoplastica, che richiederebbe sforzi termici non sostenibili dalle macchine attualmente in commercio.

A seconda della tecnologia di prototipazione prescelta, bisognerà individuare la composizione ottimale della miscela di polveri di marmo e dialtri materiali.

L'implementazione di tale percorso richiede, innanzitutto, l'individuazione di aziende che, per tipologia di lavorazioni, producono altri scarti utili allo scopo (es. materie termoplastiche, resine) con cui condividere l'investimento e da cui attingere le competenze necessarie per lavorazione con tecnologia FDM e/o SLS.

Per poter sviluppare tale percorso, l'azienda dovrà necessariamente:

- Modificare il flusso delle lavorazioni, per poter acquisire la quantità maggiore di polvere di scarti ed attivare un processo di eliminazione delle impurità;
- Attivare un laboratorio (interno o esterno all'impresa) di preparazione dell'impasto per la messa a punto di materiale utile alle diverse tipologie di stampanti, dotato di tecnologie e competenze adatte allo sco-

po;

- Ottimizzare le attuali tecnologie di stampa, per il miglioramento delle performance con polvere di marmo;
- Sviluppare sistemi o solventi, per la finitura del marmo, una volta stampato;
- Acquisire conoscenza del mercato delle stampanti 3D e dei relativi materiali, grazie alla consulenza offerta da specialisti presenti sul mercato;
- Impostare la strategia di commercializzazione del prodotto.

Si consiglia di implementare il percorso in sinergia con aziende dotate del know-how complementare o, in generale, specializzate in questo genere di produzioni.



Sezione III: percorsi di innovazione suggeriti

Le difficoltà che hanno influenzato la vita dell'azienda, dalla sua nascita ad oggi, inibiscono inevitabilmente il numero di percorsi ipotizzabili

Tabella III.1: indicatori

	Indicatore	valore
A	Livello di digitalizzazione della produzione	0,75
B	Flessibilità	2
C	Livello di conoscenza di uno o più software	2,3
D	Consapevolezza della fabbricazione digitale	1

Tabella III.2: Valutazione della propensione ai Percorsi di Innovazione, in base ai valori degli indicatori (da 0 a 0,5)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,38
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,4
3	Avviamento entry level ad altri software	0,4
4	Arduino per automazione processo	0,34
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,38
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,34
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,34
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,17
9	Hacking hardware	0,19
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,34
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,17
12	Sviluppo nuovo software	0,34
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,17

Tabella III.3 – Valutazione finale della propensione ai Percorsi di Innovazione (da 0 a 1)

1	Miglioramento performance macchine CNC	0,38
2	Ottimizzazione file di fabbricazione	0,4
3	Avviamento entry level ad altri software	0,4
4	Arduino per automazione processo	0,34
5	Realizzazione di un nuovo prodotto	0,38
6	Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale	0,64
7	Acquisto nuova macchina CNC	0,34
8	Arduino per prodotti intelligenti	0,17
9	Hacking hardware	0,19
10	Costruzione nuova macchina CNC	0,34
11	Nuovo approccio al Computational Design	0,47
12	Sviluppo nuovo software	0,54
13	Avviamento entry level ai software orientati alla fabbricazione digitale	0,17

Al momento, i percorsi sopravvissuti alla selezione del sistema di valutazione, sono sia quello relativo all'introduzione di nuovi strumenti software, sia quello relativo alla realizzazione di un materiale per la stampa 3D. Va detto che, complessivamente, il punteggio realizzato non è trascurabile.

Più in particolare, il percorso maggiormente opportuno per l'azienda è quello concernente lo studio di un nuovo materiale per la stampa 3D. La ragione di tale risultato va cercata, anzitutto, nel fatto che, sebbene complesso, tale percorso non richiede particolari caratteristiche all'azienda, poiché essa dovrebbe solo fornire scarti in grammatura opportuna, e finisce per assumere un carattere prevalente, in termini di indici numerici.

In secondo luogo, è opportuno specificare che tale valutazione è confermata da diverse



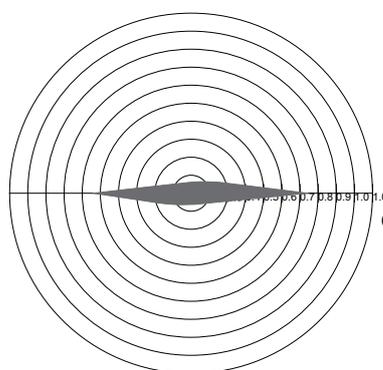
considerazioni meno analitiche, ma pur evidenti. Un percorso che segua questa direzione, può contribuire alla nascita di sinergie con altre aziende lucane e, in particolare, con quelle che lavorano materie plastiche – queste ultime, indispensabili al buon esito del progetto -e quelle del settore legno che, al pari della Litocoop, fornirebbero il materiale di risulta per la realizzazione di compositi.

Va inoltre specificato che, ancor di più del composito ottenuto da plastica e legno, ormai ampiamente diffuso sul mercato, il filamento ottenuto da pietra e plastica è raro. Si tratta di un territorio tutto da esplorare, sia in termini di ricerca, sia in termini di prodotto e di applicazioni, sia in termini di mercato (vedi esempio nell'analisi settoriale).



Sviluppo nuovo software

0.54



0.64

Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale

Infografica sulla propensione ai percorsi di fabbricazione digitale



Sezione IV: possibili ostacoli al percorso d'innovazione suggerito

Gli ostacoli al percorso d'innovazione indicato con il titolo "Realizzazione di un nuovo prodotto per il mercato della fabbricazione digitale", sono sostanzialmente di duplice natura: difficoltà di percorso e competitività di mercato.

Un percorso che arriva alla formulazione di un prodotto adatto alla stampa 3D ricavato da plastica e pietra, è molto impegnativo: oltre alla materia prima, è necessario dotarsi di macchine specifiche per l'estrusione, calibrate con buone tolleranze del filamento da bobinare. Inoltre, sono necessari dei test di natura reologica⁹ in funzione della temperatura, delle percentuali di pietra e plastica, della composizione della matrice plastica, delle condizioni di umidità dell'ambiente e, non ultime, delle diverse tipologie di estrusori presenti oggi sul mercato.

Tale considerazione si declina sia nella necessità di laboratori (che non è stata riscontrata in alcuna azienda visitata) dotati di risorse hardware e conoscenze scientifiche tali da sostenere il suddetto percorso, sia in investimenti da parte dell'azienda stessa.

In merito al mercato, pur essendo quest'ultimo in forte espansione di pari passo alla diffusione di macchine CNC per la stampa 3D, tra i consumatori finali, esso si è mostrato da subito molto aggressivo con una forte competizione sui prezzi, al netto delle altre variabili che invece risultano, all'apparenza, piuttosto costanti. In realtà, il problema della qualità del materiale è particolarmente sentito dagli utilizzatori, quindi l'idea di attestarsi come competitor di mercato con prodotti di alta qualità corredati di schede tecniche, con un servizio di testing sui diversi hardware, e con un servizio di customer care, potrebbe costituire una buona scelta.

Valutazioni più approfondite sulle tematiche di mercato esulano, tuttavia, dalla natura di questo documento e verranno, eventual-

mente, condotte con l'ausilio del personale di Basilicata Innovazione.

Alle istanze di carattere oggettivo vanno aggiunte quelle specifiche relative all'azienda: se da un lato la bassa saturazione dell'impianto e la stagionalità delle commesse rende agevole un intervento anche complesso, le criticità dell'azienda e la relativa presenza di personale specializzato o altamente formato, potrebbero inibire la prosecuzione di un progetto che rischierebbe di portare frutti in un periodo significativamente distante dall'avvio.

Ciò risulta ancor più problematico, in considerazione dell'impegno che l'azienda già profonde nei progetti attivi, nei quali ha riposto molte aspettative.

Tali ostacoli sono da intendersi non preclusivi alla scelta del percorso, piuttosto vanno intesi come alert da tener presente per evitare già in fase di start possibili criticità.

⁹ La Reologia è la scienza che studia gli equilibri raggiunti nella materia deformata per effetto di sollecitazioni