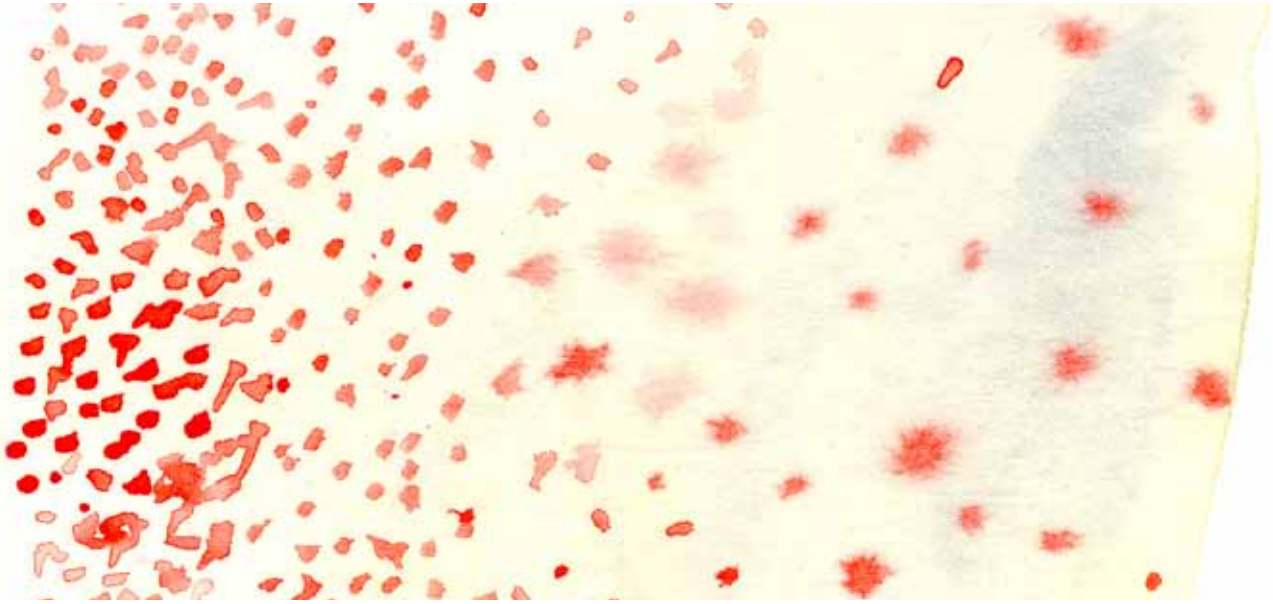
Granicolor



POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
Design del prodotto per l'innovazione

Relatore: Giulio Ceppi
Dario Contessotto 768587
A.A. 2011/2012

Granicolor

POLITECNICO DI MILANO
Facoltà del Design
Design del prodotto per l'innovazione

Relatore: Giulio Ceppi
Dario Contessotto 768587
A.A. 2011/2012

Indice

Abstract 7

Introduzione 8

1. Le stampanti 3D 10
- Sviluppo della tecnologia 12
- Le fasi del ciclo di stampaggio 13
- Processi e modelli 15
- Sondaggi sulla tecnologia 28

2. Materiali 34
- Polimeri 36
- Metalli 38
- Altro 40

3. Applicazioni 44
- Medicina 46
- Food 48
- Arte 50
- Fashion 52
- Design 54

4. D-shape 62
- Progresso 64
- Funzionamento 66
- Materiale 70
- Caratteristiche 72
- Ambiti progettuali 76
- Punti deboli 82

5. Le nuove finiture ---- **86**

Le suggestioni 88
Sabbia colorata 94
Vetro colorato 96
I provini 100

6. Le possibilità progettuali ---- **114**

Granulometria 116
Rugosità 120
Rapporto sabbia, colore 130
Prossemica 138
Indicazioni progettuali 146

Conclusioni ---- **40**

Abstract

Negli ultimi decenni le stampanti tridimensionali hanno conosciuto un grande sviluppo sia dal punto di vista tecnologico, sia dal punto di vista del loro utilizzo. Le possibilità di stampa con materiali diversi, infatti, hanno portato questi macchinari ad una sempre maggiore diffusione. La strada da percorre è però ancora molto lunga, in quanto, spesso, il materiale stampato non riesce tutt'oggi ad esprimere alte valenze estetiche.
Questa tesi si pone l'obiettivo di valorizzare il materiale utilizzato dalla stampante tridimensionale D-shape: macchinario capace di stampare con la sabbia oggetti e strutture architettoniche di grandi dimensioni.

Introduzione

Prima di entrare nel vivo dell'introduzione credo sia necessario specificare che questa tesi non vuole entrare nel merito della progettazione di un prodotto ma si pone come tesi di design primario sul materiale stampato da un macchinario tridimensionale.
Con il termine design primario si indica una serie di esperienze progettuali volte al recupero, al controllo e alla valorizzazione di quelle percezioni sensoriali (colore, finiture, illuminazione, decorazione, odore) che costituiscono un insieme di qualità del progetto.
Il design primario cerca di valorizzare le reali sensibilità percettive dell'utente, prodotte e consumate direttamente dal corpo umano.

Considerando nello specifico gli argomenti trattati in questa tesi si può dire che essa si suddivide principalmente in tre parti: nella prima, vengono analizzati gli aspetti generali delle stampanti tridimensionali, quindi le tipologie esistenti, il loro funzionamento e la loro progressiva diffusione nel mercato;

Nella seconda parte, in seguito ad un'analisi approfondita sui materiali stampabili, tema molto attuale e sentito tra i consumatori, si focalizza l'attenzione sui settori nei quali i macchinari riescono a stampare dei prodotti finiti, pronti per essere inseriti nel mercato;

Proseguendo quindi verso la terza, ed ultima parte della tesi, si arriva alla presentazione della tecnologia proposta e utilizzata dalla Dinitech, azienda che ha realizzato un macchinario tridimensionale capace di stampare strutture architettoniche fino a sei metri. Il materiale da loro utilizzato è una mescola composta principalmente da sabbia che, a contatto con del collante liquido, solidifica.

In questo elaborato si è voluto riportare e analizzare, anche con spirito critico, i punti deboli di questa tecnologia, ossia la possibilità che con essa si ha di stampare solamente pezzi di colore sabbia, che rende inevitabilmente tutti gli oggetti creati freddi e duri.

E' da questa osservazione che nasce l'idea ispiratrice per questo progetto di tesi che, andando a modificare la mescola da loro utilizzata aggiungendo sabbia o vetro colorato vuole ottenere risultati estetici vivaci e capaci di portare a valorizzazione il materiale stampato.
Il risultato è stato subito entusiasmante; già dai primi test si è potuto percepire e dimostrare la grande potenzialità di questa idea.
Si è deciso, quindi, di realizzare altri provini cambiando per ognuno di essi tre parametri fondamentali: granulometria, rugosità della superficie e quantità di colore presente nella mescola.
Il risultato dei provini uscenti da questa seconda fase ha palesato che al variare dei tre fattori l'estetica della finitura cambia notevolmente.

Arrivati a questo punto l'elaborato di tesi non sembrava ancora concluso. Difficile era capire e far capire, in quale ambito progettuale queste finiture potessero essere utilizzate. Per risolvere questo problema si è quindi deciso di costruire uno strumento valutativo per l'azienda,

capace, attraverso un grafico, di guidare il designer nella scelta della finitura in base agli usi progettuali del pezzo da stampare.

In ultima battuta, consapevoli che la grandezza dell'oggetto incide sulla scelta della finitura, si è deciso di inserire un parametro aggiuntivo che, in base al diagramma della prossemica di Hall identifica la granulometria più appropriata date le dimensioni e la natura del pezzo da stampare.

1. Le stampanti 3D

Funzionamento e sviluppo delle stampanti

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 tridimensionale. Inoltre essa è considerata una forma di produzione additiva mediante cui vengono creati oggetti tridimensionali da strati di materiali successivi.
Le stampanti offrono la possibilità di stampare e assemblare parti composte da diversi materiali con diverse proprietà fisiche e meccaniche in un singolo processo di costruzione.
Diversamente dalla prototipazione rapida che viene utilizzata in fase di studio progettuale. Le stampanti 3D, che comunque funzionano con lo stesso principio, offrono un grande potenziale per la produzione di prodotti finiti pronti ad essere utilizzati dal consumatore.
Negli ultimi anni il costo delle stampanti è crollato, rendendole economicamente accessibili alle piccole e medie imprese, favorendo l'ingresso in case e uffici.

Sviluppo della tecnologia

I primi sistemi di stampaggio tridimensioale furono progettati alla fine degli anni Sessanta con l'obiettivo di aiutare le aziende nello sviluppo di prototipi che venivano impiegati nelle verifiche di stile, prove funzionali e di montaggio.
Nello scenario attuale, questo sistema, chiamato prototipazine rapida si è ramificato. Infatti non viene solamente utilizzato per la realizzazioni di prototipi ma anche nella realizzazione di prodotti finiti.

Gli sviluppi di questa tecnologia sono così sintetizzabili:

Fine anni Sessanta: gli americani A. Herbert. C. Hull e il Giappionese Kodama. Lavorano in modo indipendente per sviluppare un sistema di solidificazione selettiva di un foto polimero per costruire un oggetto tridimensionale per strati successivi.

1986: C. Hull brevetta un sistema che battezza "stereolitografia".

1986: C. Hull e R. Fried fondano la 3D System azienda destinata alla produzione e alla comercializzazionne delle macchine per la sterolitografia.

1986-87: Si sviluppa la maggior parte di sistemi alternativi di prototipazione rapida.

1987: La 3D System presenta la prima macchina (SLA I) e viene avviato il B test con alcune aziende interessate alla sperimentazione della stereolitografia.

1989: La macchina SLA 250 viene posta in commercio dalla 3D System

1991-93: Vengono commercializzate le macchine della Cubital. DTM, EOS, Helysys, Stratasys con tecnologie alternative alla stereolitografia per la costruzione del prototipi.

inizio 2000: Sviluppo di prime stampanti di dimensioni ridotte, adatte per la casa.

2010: Progetto RapRap, stampante tridimensionale capace di autoreplicarsi. Condivisa e sviluppata in Open Surce.

Le fasi del ciclo di stampaggio

Le varie fasi che permettono il passaggio della matematica dell'oggetto definita su di un sistema CAD tridimensionale all'oggetto sono le seguenti(inserimento immagine):

1. trasformazione dell'oggetto progettato al CAD in un formato compatibile con il software di gestione della stampante. Lo standard grafico attualmente impiegato è l' .STL (solid to layer) ma ormai quasi tutti i programmi riescono a leggere differenti formati tridimensionali uno tra questi è l' .JGS, compatibile su molte stampanti. L'oggetto tridimensionale consiste in una rappresentazione semplificata delle superfici interna ed esterna del pezzo tramite faccette triangolari che per definizione sono piane;

2. lettura del file da parte del software della macchina per l'esecuzione di:
-orientamento del pezzo per una costruzione ottimale in termini di precisione dimensionale e rugosità superficiale;
-generazione dei supporti, operazione necessaria per alcune tecniche, per sostenere le parti sporgenti del pezzo. Con le nuove tecniche di stampaggio questo problema non viene ormai più considerato;

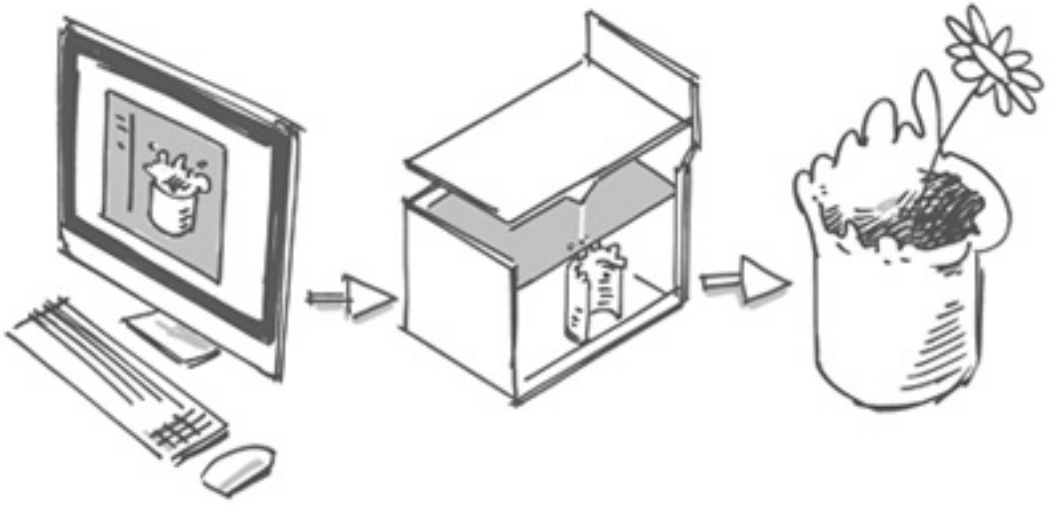
3. esecuzione slicing: operazione comune a tutte le tecnologie e consiste nell'intersezione del modello completo di supporti con una serie di piani la cui normale è parallela alla direzione deltas variabile tra 0,05 e 0,5 mm;

4. definizione del file dati da inviare al calcolatore di gestione della macchina consistente nelle coordinate dei punti delle singole sezioni;

5. costruzione fisica delle varie sezioni dell'oggetto sulla stampante;

6. esecuzione dell'eventuale post-trattamento, operazione necessaria solo per alcuni processi, al fine di migliorare le caratteristiche meccaniche del prototipo;

7. rimozione dei supporti e finitura manuale del pezzo.



Stampare tridimensionalmente è un processo che trasforma un disegno tridimensionale in un oggetto reale. Per prima cosa, il software sezione il disegno in strati, dopo di che viene reso fisico strato per strato dalla stampante.

Processi e modelli

Le differenze principali nel funzionamento riguardano il modo in cui sono costruiti gli strati per creare le parti. Alcuni metodi usano materiali che si fondono o si ammorbidiscono per produrre gli strati, mentre altri depongono materiali liquidi che sono fatti indurire con tecnologie diverse. Tutto viene gestito da un personal computer che controlla il processo di costruzione del pezzo partendo dai dati di ciascuna sezione; Ricavati a loro volta con una workstation da file CAD tridimensionale.

Nel paragrafo verranno illustrate le tecniche di stampaggio tridimensionale ormai consolidate e ampliamente diffuse sul mercato. Questi processi sono stati industrializzati per un impiego sicuro, rapido ed affidabile, per soddisfare le esigenze delle aziende operanti nel settore.
I prodotti sono caratterizzati da un'elevata dinamica che li porta ad un continuo miglioramento delle varie tecniche e allo studio di nuovi materiali nell'ottica della realizzazione di prodotti sempre più funzionali.
Di ciascun processo sono ormai ben note le prestazioni dell'oggetto costruito in termini di precisione dimensionale, di rugosità superficiale e di caratteristiche meccaniche che ciascuna azienda può scegliere, con sufficiente semplicità, la tecnologia che meglio si presta a soddisfare le proprie esigenze.

I processi consolidati sul mercato sono:

-Stereolitografia (SLA): basata sulla fotopolimerizzazione di una resina liquida sensibile alla radiazione ultravioletta emessa da una sorgente laser e focalizzata sul pelo liquido con un sistema di specchi. Sistema datato, molto diffuso, ma sicuramente non all'avanguardia.

-Selective Laser Melting: un altro approccio è la fusione selettiva di un mezzo stampato in un letto granulare. Si tratta del processo SLM (Selective Laser Melting) che porta a fusione granuli di polvere metallica.

-Fused deposition modelling (FDM): ciascuna sezione del prototipo viene realizzata mediante la deposizione di un polimero termoplastico tramite un ugello di estrusione. La società americana Stratasys è una delle più importanti nel settore.

-Three dimensional printing (3DP): la macchina deposita uno strato di polvere sottile, dopo di che ugello spostato da una piattaforma mobile, rilascia un collante che solidifica la polvere.

Ogni metodo ha i suoi vantaggi e inconvenienti, e conseguentemente alcune società offrono una scelta tra polvere e polimero come materiale dal quale l'oggetto è ricavato. Generalmente, i fattori principali presi in considerazione sono la velocità, il costo del prototipo stampato, il costo della stampante 3D, la scelta dei materiali e le colorazioni disponibili.

I prodotti realizati hanno generalmente buone proprietà meccaniche e permettono verifiche funzionali, di montaggio e possono essere impiegati, previa finitura manuale, come master per la produzione di attrezzaggi rapidi. Mentre nello specifico tolleranze dimensioni, di forma e di rugosità superficilae sono diverse per le varie tecniche di stampaggio.

Stereolitografia

E' stato il primo sistema per la prototipazione rapida commercialmente disponibile (la SLA I della 3D System fu presentata nel 1987) ed è attualmente il più diffuso sul mercato mondiale con più di 700 installazioni di costruttori differenti. All'americana 3D System si è aggiunta la EOS GmbH società tedesca.
Il processo stereolitografico (SLA e la sigla per sterealitagraphic apparatus) coinvolge quattro differenti tecnologie: laser, ottica, chimica dei fotopolimeri e software.
Il fondamento del metodo consiste nella polimerizzazione di un monomero liquido sottoposto ad una radiazione luminosa.
Il processo è suddiviso in quattro fasi principali partendo dal file tridimensionale CAD:

• preparazione del file macchina: consiste nell'esecuzione dello slicing per ricavare le sezioni del pezzo e nella generazione dei supporti per il sostegno del pezzo durante la fase di costruzione;

• fotopolimerizzazione: è la fase di costruzione del prototipo sotto il controllo del calcolatore. Il fascio di una sorgente laser a gas o allo stato solido viene focalizzato, mediante un sistema di ottiche, sulla superficie della vasca contenente il monomero allo stato liquido.

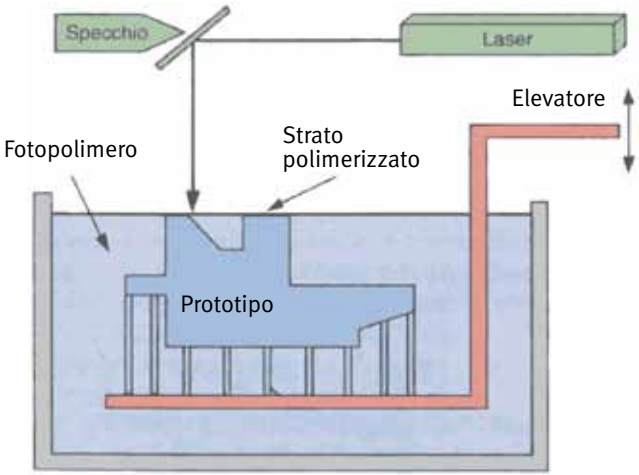
L'interazione della radiazione laser con il fotopolimero innesca una reazione chimica che ha come effetto la solidificazione di quest'ultimo. Il movimento nel piano del fascio laser consente la realizzazione della prima sezione del pezzo su di una piastra di acciaio forata, denominata elevatore. A questo punto inizia la fase di ricoprimento, al fine di avere un film di liquido sopra la sezione appena costruita. Ottenuto il corretto livellamento, il processo riprende con la costruzione di uno strato successivo, tale che aderisca stabilmente a quello sottostante. E da sottolineare che alcuni μm dello strato indurito a contatto con l'atmosfera rimangono liquidi, poiché l'ossigeno inibisce la reazione chimica e questo comportamento agevola la successiva adesione tra gli strati. Il processo continua fino alla completa costruzione del prototipo che alla fine verrà estratto dalla vasca per mezzo dell'elevatore. E' chiaro che per ragioni di tempo il laser non può solidificare integralmente la sezione ma si limitera al suo profilo e ad un certo numero di linee che congiungono il perimetro interno con quello esterno. Al termine di questa fase, la parte prodotta (green part), contiene ancora del liquido intrappolato all'interno e inoltre le sue pareti non sono completamente polimerizzate.
Questi due fattori pregiudicano la consistenza meccanica del prototipo che dovrà essere migliorata con un ulteriore

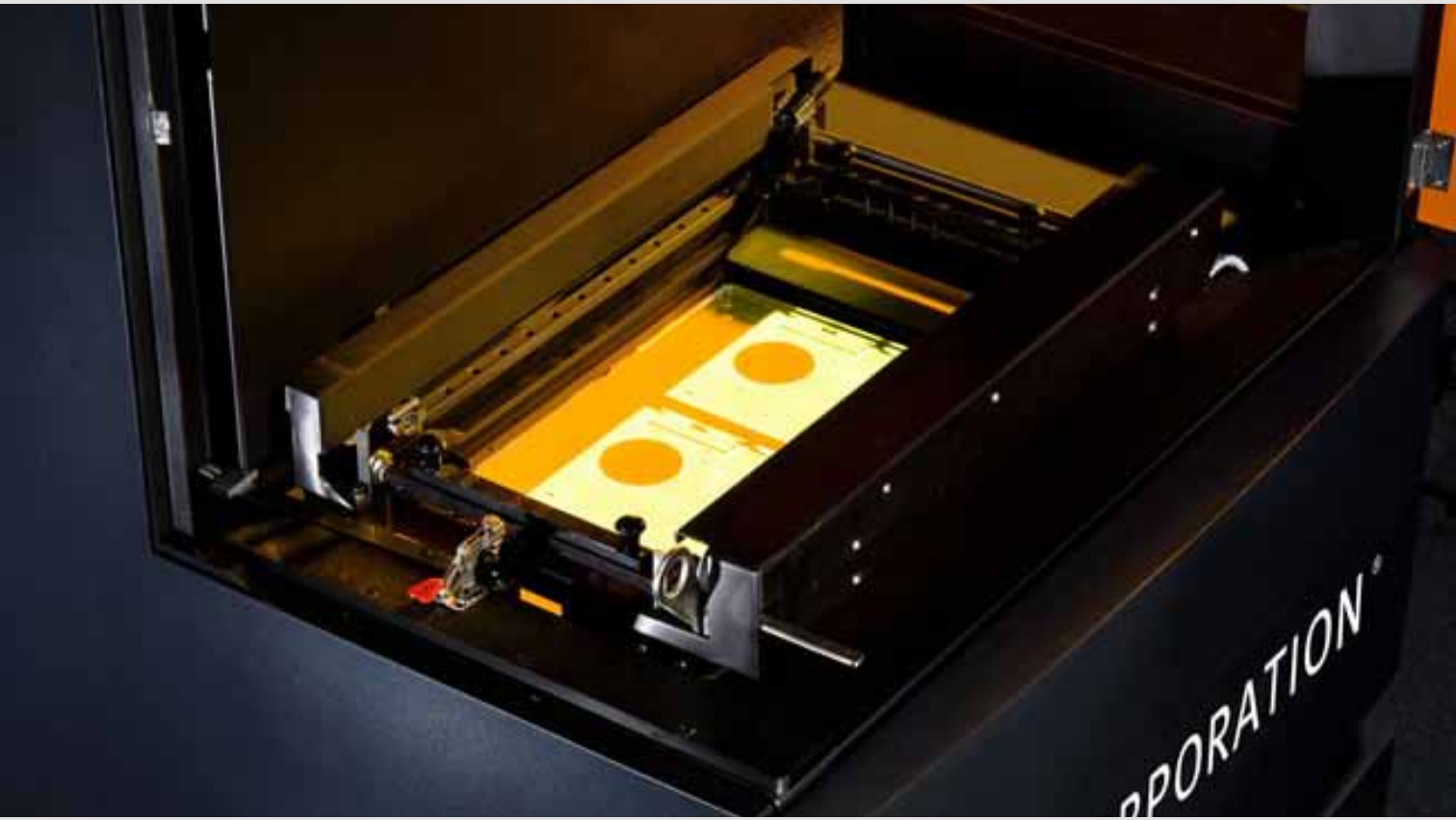
trattamento agli ultravioletti;

• post-trattamento: si completa il processo di fotopolimerizzazione sia delle parti gia solidificate dal laser che della resina liquida ancora intrappolata all'interno del pezzo. Esso consiste nell'esposizione del particolare ad una lampada ad ultravioletti la cui durata e funzione del tipo di resina utilizzata e della complessità della geometria. Al termine si ottiene la cosiddetta red part;

• pulizia e finitura: ultimato il post-trattamento si provvede all'asportazione dei supporti e alla finitura manuale del prototipo.

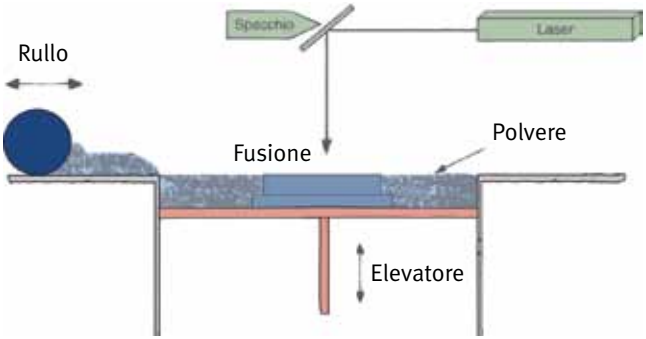
La qualita di un pezzo prodotto con la stereolitografia è influenzata da molteplici fattori legati alle condizioni ambientali (umidita, temperature, vibrazioni ecc.), alla geometria del pezzo, alla preparazione dei dati, alla macchina, al tipo di materiale, al processo di costruzione, al post-trattamento e alle operazioni di fmitura manuale. Lo ZBuilder Ultra è un esempio di sistema di prototipazione rapida DLP.




PORATION

Selective Laser Melting

Un altro approccio è la fusione selettiva di un mezzo stampato in un letto granulare. Si tratta del processo SLM (Selective Laser Melting) che si contrappone al già noto processo SLS (Selective Laser Sintering) : molto simile nel principio e nella procedura, il SLM non "sinterizza" i singoli granuli di polvere metallica bensì li porta a fusione completa determinandone l'agglomerazione senza necessità di elementi bassofondenti generalmente presenti nel sistema SLS. Ciò fa sì che la polvere di pardi tenza utilizzata per il processo possa essere purissima e, insieme alla finissima granulometria, fornisca un materiale deposto (con l'aiuto del laser come mezzo di apporto termico) di gran lunga più compatto e omogeneo rispetto ai sinterizzati tradizionali. La sua densità arriva addirittura al 99,5% di quella del materiale base in lingotto. Ne derivano proprietà meccaniche equivalenti e anche strutture superficiali estremamente regolari e compatte, con microporosità praticamente insistente e quindi possibilità di ottenere sulla stessa superficie finiture superficiali speculari esattamente come sul metallo base. Il processo in sé e per sé è strettamente analogo alla sinterizzazione laser convenzionale: su un piano di lavoro viene steso uno strato di polvere metallica a bassa granulometria e di purezza praticamente assoluta (nessun additivo bassofondente e simili) con uno spessore di circa 30 micron. Un fascio laser di opportune caratteristiche viene guidato da un CNC sullo strato predetto e che, con un'alternanza controllata di accensioni e spegnimenti, determina la fusione di certe parti dello strato (corrispondenti ai "pieni" del futuro pezzo) lasciando invece intatta la polvere nelle zone corrispondenti alle parti cave del pezzo stesso. Completata l'operazione sul primo strato di polvere, se ne deposita un secondo e si ripete il ciclo strato dopo strato, fino alla creazione del pezzo completo. Il processo è quindi davvero analogo a quello di sinterizzazione già noto e largamente sfruttato sia per resine sia per polveri metalliche (ma che fornisce, però, risultati metallurgicamente inferiori).



Fused depositing modelling:
modellazione tramite estrusione di filamenti

E' una tecnologia che utilizza materiali differenti (termoplastici, cera per microfusione) sotto forma di fili per la costruzione del prototipo con l'obiettivo di generare elementi funzionali con prestazioni del tutto analoghe a quelli ottenuti con le tecnologie convenzionali.
Il colore viene dalla polimero che viene inserito nel macchinario.
In questi ultimi anni è cresciuta esponenzialemnte la vendita di queste stampanti, perché la semplice progettazione le porta avere dimesioni ridotte, basso costo e gestibili all'interno di uffici e case.
Le modalità operative del processo sono suddivise nelle seguenti fasi:

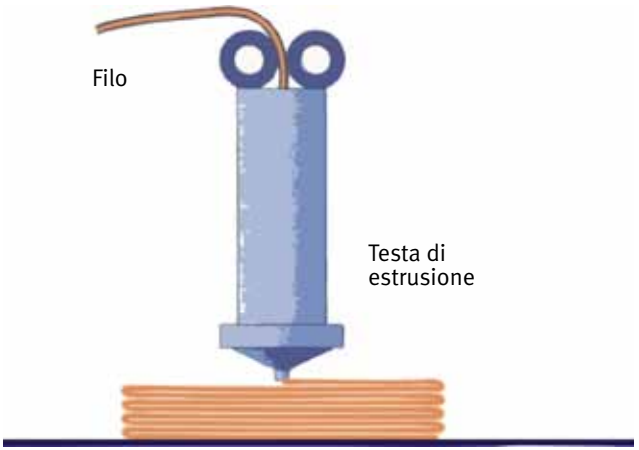
• preparazione del file macchina: vengono predisposti i supporti laddove vi siano parti sporgenti e successivamente eseguito lo slicing per determinare la geometria delle singole sezioni;

• costruzione delle sezioni: è la fase di costruzione dell'oggetto sotto il controllo del calcolatore di processo. Il sistema realizza le sezioni con la deposizione di un filo di materiale termoplastico allo stato fuso tramite una testa di estrusione che si muove nel piano X-Y; la temperatura di estrusione è tale che il materiale deposto si aggrappa stabilmente alla seziorle inferiore. La testa dell'estrusore costruisce strato per strato il modello verso l'alto, partendo da una base fissa e analogamente a quanto avviene con la stereolitografia occorrerà collegare i profili interno ed esterno della sezione con un certo numero di nervature, per incrementare la resistenza meccanica del prototipo.
Come gia anticipato questa tecnica necessita di supporti dove vi siano parti sporgenti, supporti che vengono generati mediahte un secondo ugello presente sulla testa di estrusione. Gli ugelli estrudono due materiali che devono essere leggermente differenti per consentire l'eliminazione dei supporti una volta terminato il processo di deposizione. Per agevolare il distacco della zona di contatto pezzo-supporto viene realizzata una sezione ristretta a limitata resistenza meccanica. In questi ultimi anni però si sono fatti grandi passi in avanti e molte stampanti ad estrusione di filamenti non necessitano più di supporti. Il materiale viene depositato a strati sottilissimi uno sopra l'atro dove il materiale indurisce istantaneamente.
Le temperature della testa di estrusione e della camera di lavoro sono parametri fondamentali: il materiale deve essere mantenuto ad una temperatura appena al di sopra del punto di plastificazione, pena la formazione di gocce che riducono la precisione del prototipo mentre il gradiente termico, tra l'elemento in costruzione ed il

materiale estruso, non deve essere troppo elevato per evitare problemi di adesione con conseguenti riduzioni delle proprietà meccaniche;

• pulizia e finitura: il particolare non necessita di post-trattamento e al termine del processo di costruziorie si devono solamente elimirlare i supporti ed eseguire la finitura manuale per migliorare la rugosità delle superfici del pezzo.

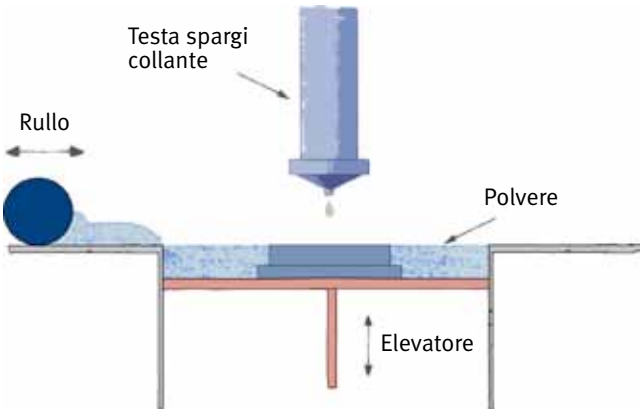
Questa tipologia non garantisce grandi qualità superficiali, cambi radicali di inclinazioni e differenti colorazioni nello stesso pezzo. Ciò nonostante i prezzi contenuti e la semplice tecnologia rendono la stampante molto interessante, infatti gran parte delle stampatni da casa/ ufficio usano questa tecnologia.



Three dimensional printing (3DP)

Un metodo di stampa 3D consiste in un sistema di stampa a getto d'inchiostro.
Una volta completata la procedura di pre-costruzione, la stampante avvia immediatamente la stampa degli strati creati mediante il software. La macchina deposita la polvere dall'alimentatore situato nella parte posteriore, spargendo uno strato dello spessore di 0,1 mm sulla piattaforma di costruzione. Il carrello di stampa si sposta quindi lungo questo strato, depositando il collante (e i vari inchiostri per il modello a colori) sul pattern della prima sezione inviata dal programma. Il collante solidifica la polvere in quella sezione trasversale del modello, lasciando il resto della polvere asciutta per consentirne il recupero. A questo punto, il pistone situato sotto la camera di lavoro abbassa la base di polvere da 0,1 mm per preparare lo strato successivo. Il ciclo si ripetete fino a quando il modello non è completato.
Questa tecnologia è l'unica che consente la stampa di prototipi interamente a colori. Questo metodo permette anche di realizzare sporgenze. È inoltre riconosciuto come il metodo più veloce.

Una volta completata l'operazione, il modello rimane nella polvere per l'indurimento.
Al termine dell'indurimento, la macchina rimuove automaticamente la maggior parte della polvere attorno



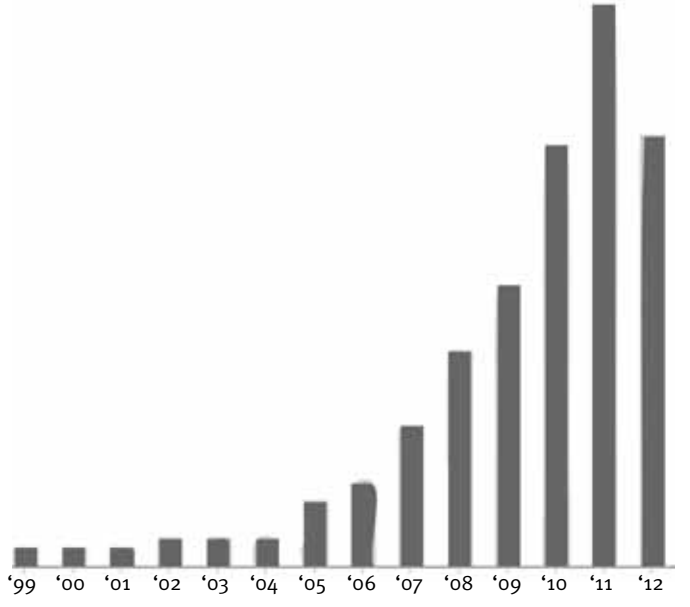
al modello attraverso un sistema di aspirazione e di vibrazione posto nella parte inferiore della camera di lavoro. La polvere non solidificata viene aspirata, filtrata, quindi riportata nell'apposito alimentatore per essere utilizzata in altre costruzioni.
Successivamente, è necessario aprire la parte anteriore della macchina e spostare la parte nella camera di rimozione finale della polvere. Qui viene spruzzata aria compressa sulla parte per rimuovere qualsiasi traccia di polvere residua. Il caricamento, la rimozione e il recupero della polvere fanno parte di un sistema a ciclo chiuso supportato da pressione negativa ininterrotta che permette di catturare le particelle disperse nell'aria all'interno della macchina.

Questa è una delle tecnologie più innovatie. Infatti si riesce a stampare prototipi in alta definizione, colorati in tempi ridotti.

Sondaggio sulla tecnologia

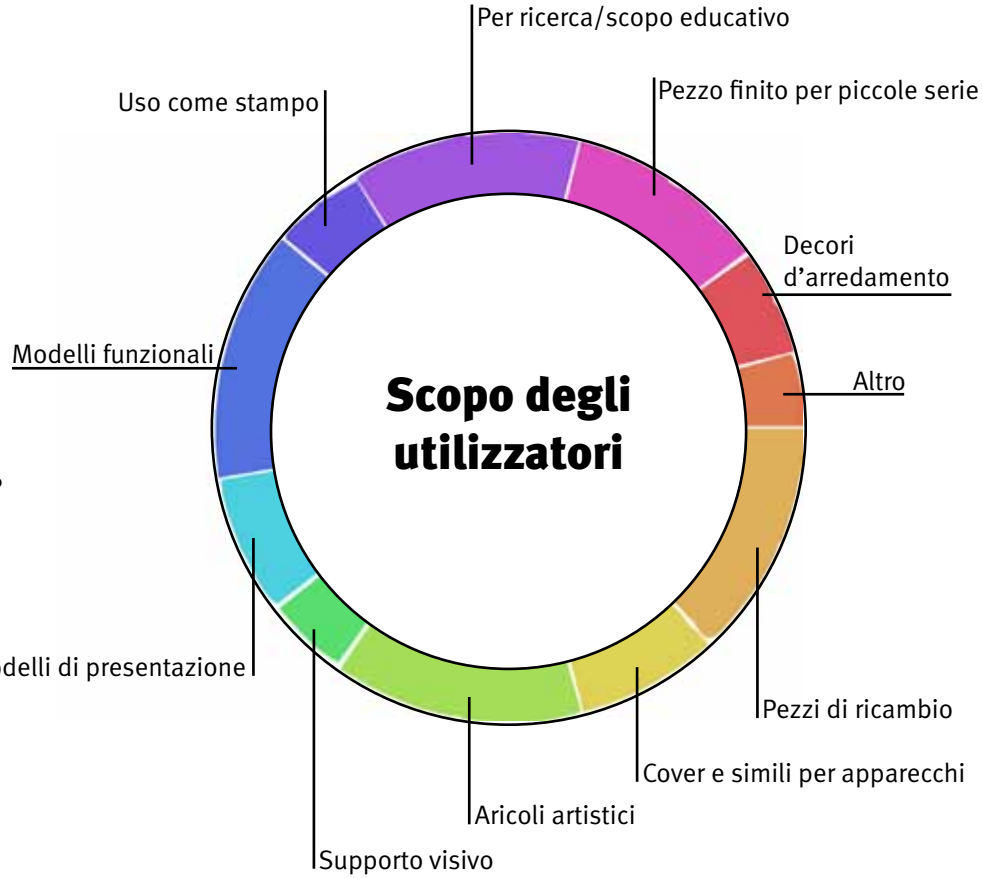
I dati di questa indagine, sono stati tratti da una articolo intitolato Manufactoring in motion: First survey on 3d printing community emesso dal Statistical sudies of peer production.
L'articolo parla prevalentemente dell'uso delle stampanti tridimensioneli in comunità nelle quali vengono scambiati modelli attraverso la rete (Peer 2 Peer). Anche se questo è un tema molto distante da quello di tesi, sono stati riportati dei dati che descrivono lo sviluppo di questa tecnologia.
Nei grafici seguenti verranno analizzati dati riguardanti: la diffusione delle stampanti, i loro scopo principale di utilizzo, i materiali maggiormente usati, i miglioramenti attesi dai consumatori.

Grafico sulla diffusione delle stampanti
I risultati sul diagramma, descrivono un incremento radicala tra il 2005-2006 che continua fino ad oggi. Il dato riguardante l'anno 2012 sembra minore del precedente; per il semplice motivo che il rilevamento dell'indagine è stato fatto alla metà di maggio e di conseguenza il dato del 2012 non è completo.



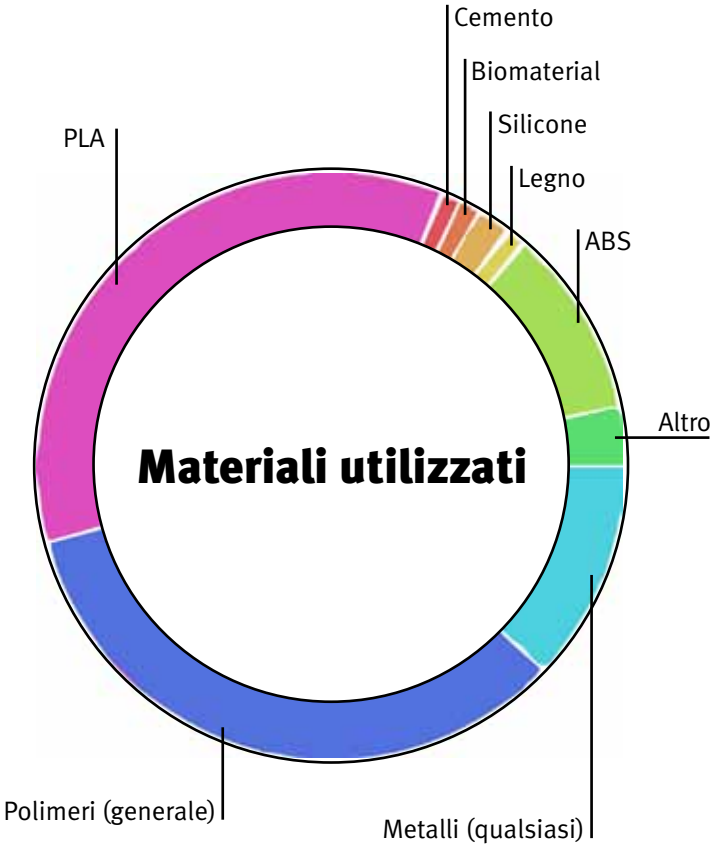
E’ stato chiesto per quale scopo i partecipanti usassero la stampa tridimensionale. Le risposte sono state date su risposte predefinite. Qui sotto le percentuali più significative:

- Modelli funzionali 14%
- Aricoli artistici 14%
- Pezzi di ricambio 13%
- Per ricerca/scopo educativo 13%
- Pezzo finito per piccole serie 11%



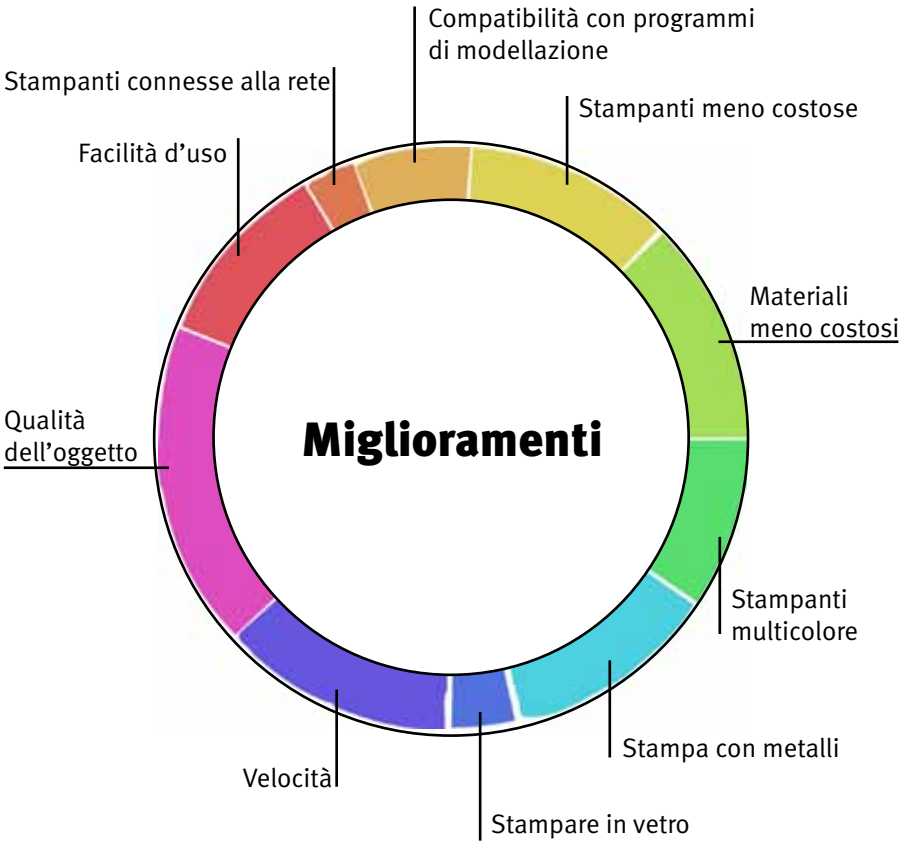
Di conseguenza è stato chiesto quale materiale si utilizza più frequentemente per la stampa. Come si può vedere dalle percentuali indicate, i materiali polimerici sono i più impiegati essendo i più economici.

- PLA 35%
- Polimeri (generale) 34%
- Metalli (qualsiasi) 12%
- ABS 10%



L'ultimo sondaggio riportato, riguarda quali caratteriscitche tecniche dovrebbero essere migliorate nelle stampanti 3d. Qui sotto i miglioramenti desiderati dai partecipanti:

- Qualità dell'oggetto 18%
- Velocità 13%
- Materiali meno costosi 12%
- Stampa con metalli 12%
- Stampanti meno costose 12%



2. Materiali

Caratteristiche dei materiali stampati

Il materiale e la tecnologia sono due binomi che hanno sempre giocato un ruolo importante nel design. E come abbiamo visto nel capitolo precedente, sono fonti di grande discussione all'interno del tema delle stampanti tridimensionali.
Per questo dopo aver analizzato i macchinari disponibili nel mercato, non si poteva tralasciare un capitolo che riguardasse i materiali stampabili e le loro caratteristiche.

Quindi si sono identificate tre macro aree: polimeri, metalli e altri materiali di più difficile classificazione.
Per capirne le caratteristiche intrinseche e aggevolarne il confronto, sono stati fatti dei parametri valutativi in base hai seguenti valori: Il prezzo, la rigidità del materiale dopo la stampa, il dettaglio estetico della superficie stamapta.

Polimeri

Prezzo | Resistenza | Dettaglio

Poliamide

Alumide

Resina ad alta definizione

Resina stampabile

Resina trasparente

ABS

Sillicone

Prototipo colorato stampato con resine stampabili.

Oggetto stampato in resina trasparente.

Metalli

Prezzo

Resistenza

Dettaglio

Titanio

Acciaio inossidabile

Argento

Oro

Ottone

Bronzo

Qui a lato una pedina da scacchi stampata in bronzo, nel particolare si vede la bassa risoluzione della stampa.

Qui sotto un anello stampato in argento, il materiale permette una quasi perfetta finitura superficiale.

Altro

Prezzo

Resistenza

Dettaglio

Ceramica

Vetro

Sabbai

Materiale commestibile

Cellule organiche

La stampa con ceramica ha fatto grandi passi in avanti; poca è la differenza tra la colata e una stampa tridimensionale.

La stampa del vetro è ancora in fase di studio. Come si vede dal dettaglio non si possono ancora ottenere alte trasparenze.

Qui affianco una stampa in sabbia. Essendo un oggetto di grandi dimensioni si vedono bene le linee dei passaggi di stampa.

Negli ultimi anni si sono sviluppati macchinari in grado di stampare materiale commestibile come cioccolato e creme commestibili.

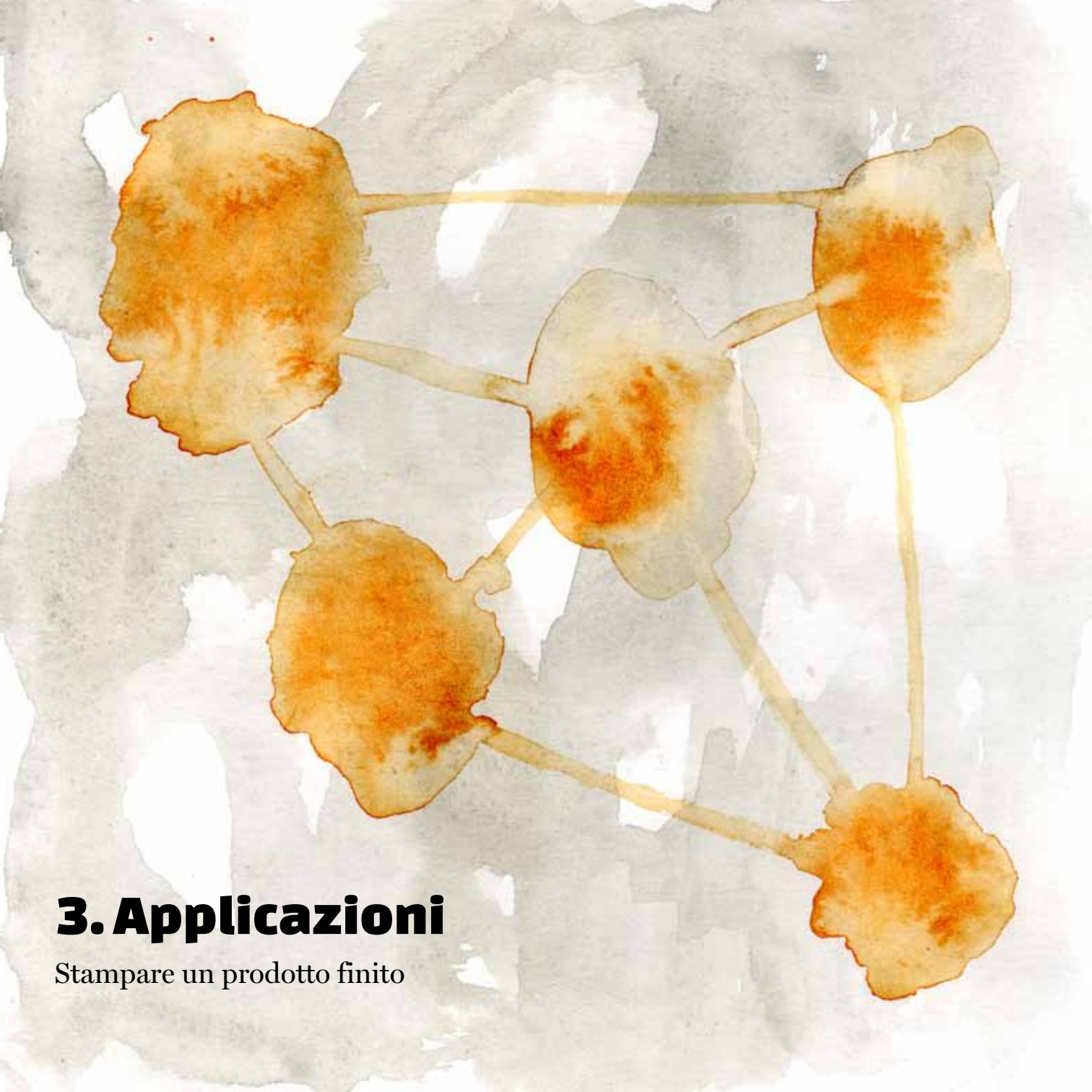
Sviluppo e carenze del materiale

Dagli esempi riportati nelle pagine precedenti possiamo capire come ormai sia possibile stampare qualsiasi materiale. Se guardiamo lo sviluppo delle stampanti ci rendiamo conto che una decina di anni fa era possibile solamente stampare resine polimeriche, mentre oggi si riesce ad avere un oggetto stampato in metallo e molti altri materiali impensabili; come sabbia e vetro. Lo studio sui materiali, dunque, si è diffuso rapidamente in ogni ambito.

Tutto questo è dovuto al fatto che il materiale di stampa è sempre stato motivo di ricerca. Perché oggetto di forte richiesta da parte della cliente. Desiderosa di avere più possibilità di stampa, per produrre i propri progetti.

Ma nonostante questo la strada da percorrere è ancora lunga. La scarsa qualità di definizione e il costo del materiale, rende ancora la vita molto difficile per chi vuole provare e sperimentare.
Molti materiali infatti sono ancora in fase di collaudo e durante la fase di stampa il materiale riporta ancora qualche problematica. A volte, nel momento del raffreddamento, tra uno strato e l'altro si vedono ancora delle pronunciate linee di stratificazione che rendono l'estetica del prodotto ancora troppo prototipo e poco oggetto.

Questo però non ha tolto la fiducia a chi crede fermamente in questa tecnologia. Infatti nel capitolo che segue verranno esposti degli esempi di chi con questa tecnologia è riuscito a creare dei prodotti finiti pronti per esser venduti sul mercato.



3. Applicazioni

Stampare un prodotto finito

Già dagli anni ‘80 le stampanti sono diventate indispensabili per aziende e ricercatori nello sviluppo di prototipi di studio. Nel mondo del design industriale si sono sempre stampati modelli ergonomici per ridurre costi e tempi di produzione. Nell’ambito della medicina legale, invece, i ricercatori cercano di ricostruire ossa e parti di corpo per creare protesi su misura. E ancora tanti altri prototipi sono stati fatti nello studio dall’aerodinamica e nella ricostruzione di reperti archeologici.

Ma quello che sta prendendo piede oggi è diverso. Gli ambiti di utilizzo si stanno sempre più diffondendo e affermando nella realizzazione di prodotti finiti pronti per essere venduti. In questo capitolo, si vuole definire questo nuovo modo di impiegare la tecnologia. Per cui si è deciso di descrivere questa realtà dividendola in quattro aree di applicazione: medicina, food, arte, moda e design.

Medicina

Che le stampanti fossero impiegate nel settore delle protesi si sapeva già, ma che fosse possibile riprodurre una sorta di pelle artificiale che può essere utilizzata per aiutare le persone vittime di ustioni è una realtà testata.

La macchina più straordianria è stata presentata al convegno annuale tenutosi a Washington dell'Aaas – American association for the advancement of science – un team di ricercatori ha studiato un modo per riprodurre della pella mediante la stratificazione di celleule umane. In primo luogo, tramite dei laser, si misura l'estensione e la profondità della parte di cute da riparare. Successivamente viene creato un pezzo di pelle tridimensionale corrispondente. Anche in questo caso la soluzione che viene fornita è del tutto personalizzata, rendendo superflui ulteriori ritocchi successivi. Il pezzo di pelle viene, poi, stampato direttamente sul paziente da una macchina analoga ad una stampante inkjet, ovvero una speciale bioprinter che, invece dell'inchiostro, usa un cocktail di cellule umane, collagene e silicone.
Lo studio è stato finanziato e voluto dal Dipartimento americano della Difesa. Il 30% delle ferite dei soldati nei combattimenti sono ustioni: poter soccorrere le persone sul campo con apparecchiature di questo tipo, aiuterebbe a contenere il rischio di infezioni e la perdita di fluidi che spesso accompagnano le ferite da ustione. Ad oggi, gli scienziati sono in grado di stampare pezzi di pelle di 10×10 cm, ma gli scienziati dicono che la stessa tecnologia potrebbe permettere la progettazione e stampa di interi organi, realizzati da strati di cellule sovrapposti.

Food

Una 3D food printer a inchiostro al cioccolato è stata progettata alla University of Exeter. Anche se ancora un prototipo, il macchinario ha già suscitato interesse nel mercato. Lianfg Hao, autore del progetto, ha riferito che la stampante ha lo stesso funzionamento di qualsiasi altra stampante tridimensionale. Le prove hanno avuto risultati positivi anche con altri materiali commestibili.

A Palazzo Clerici durante la settimane del salone del mobile 2012 sopra una grande tavola apparecchiata è stata messa una stampante che stampava dolcetti al cioccolato. Questi, uno diverso dell'altro, venivano mandati in stampa da un computer situato in un'altra stanza.

Arte

Più recentemente, si è suggerito l'uso della tecnologia della stampa 3D per espressioni di tipo artistico.
Qui a fianco un'opera dell'Israeliano Eyal Gever che ritrae tridimensionalmente frame di eventi catastrofici. In questo caso una fuoriuscita di petrolio.

Il designer, artista Guto Requena ha realizzato una serie di sedute con il suono delle città. Il progettista ha registrato il rumore delle strade di São Paulo, dopo di che con l'utilizando di un software ha creato degli arredamenti che riflettono la bellezza dei questi suoni.

Fashion

Anche nel mondo della moda sono stati presentati degli abbigliamenti stampati. L'olandese fashion designer Iris Van Herpen ha fatto sfilare alla Paris Sring Summer 2012 la sua seconda collezione stampata.

Ancora nel 2010 la stilista decise di esplorare le possibilità di questa tecnologia, raggiungendo già all'epoca grandi risultati. Van Herpen si innamorò dell'infinite potenzialità dello strumento.
La stampa tridimensionale ha portato alla stilista una marcata impronta futuristica nel suo stile. Diventando il punto di riferimento di questa tecnologia, nel suo ambito.
Un'altro aspetto che la caratterizza, è la capacità di combinare le nuove tecnologie con un diligente lavoro manuale. Proprio questa combinazione tra lavoro manuale e innovazione tecnologica portò la stilista al successo.
Gli abiti sono realizzatii con un'unica stampa in diversi materiali.

Design

Come abbiamo detto in precedenza le stampanti 3D sono sempre state impiegate nel design per la realizzazione di prototipi.

In questo paragrafo si vuole però analizzare un'alto impiego della tecnologia, sviluppatosi principalemte nell'ultimo decennio, ossia la possibilità di stampare dei prodotti finiti in alta definizione, in grado di soddisfare il cliente finale.
Questo impiego è in sviluppo continuo, e ad oggi esistono già piccole realtà capaci di avere un mercato. Nelle pagine seguenti sono riportati i casi più emblematici.

Esempi di prodotti finiti stampati con macchinari tridimensionali.

Endless

Dirk Kooij è un designer olandese che ultimamente sta facendo parlare di sè per la sua sedia Endless, realizzata grazie al recupero di un vecchio braccio industriale. L'idea del designer è stata semplice ma ha sicuramente un sapore interessante dal punto di vista della sostenibilità.

Un'estrusione continua di una plastica riciclata compone, strato dopo strato, l'opera finale. La sedia è prodotta a partire da un'unica lunga estrusione irregolare che dà valore aggiunto alla seduta. Durante la fase di stampa è possibile immettere nell'estrusore dei pallet di colori diversi in questo modo si possono ottenere pezzi con particolari caratteristiche cromatiche.

Co-design

Grazie alla diminuzione dei prezzi di stampa e alle nuove interfacce di personalizzzazione nel web, si sono aperti nuovi scenari progettuali in fase di sviluppo del prodotto capaci di inserire il consumatore all'interno della prgettazione.
Sono state tracciate tre strade principali innovative già esistenti: la costumizzazione del prodotto, co-designing di un prodotto.

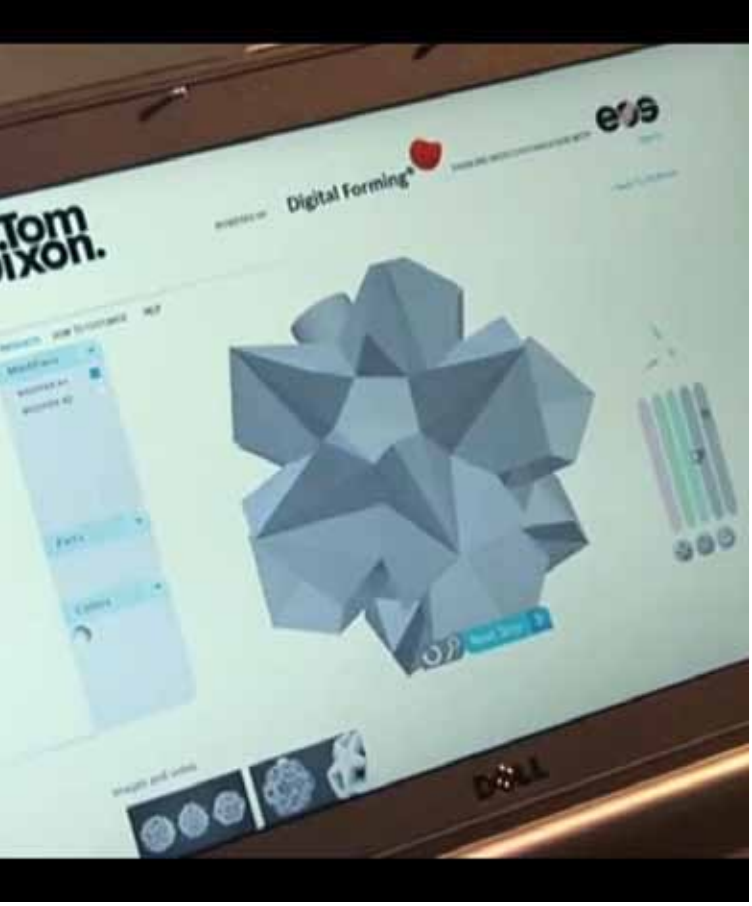
La costumizzazione del prodotto

In questo caso il designer disegna una lampada. Attraverso l'uso di una particolare piattaforma tridimensionale la persona è libera di personalizzazione l'oggetto.
Come funziona? Prima, il designer modella un file tridimensionale attraverso software professionali. Poi, con una piattaforma chiamata Digital Formig, stabilisce dei parametri di gestione della forma. Gli utenti attraverso una toolbar, posto affianco all'immagine tridimensionale, possono modificare dimensioni e ingombri.

Questo esperimento è stato presentato anche nella mostra a Palazzo Clerici durante la settimane del salone del mobile a Milano 2012. Tom Dixon autore dell'esposizione, ha organizzato delle postazioni computer dove in ognuna si poteva modificare e stampare la lampada da lui progettata.
Esistono già tutt'oggi siti internet (Sculpteo, Ponoko, Shapeways) che consentono la stessa medesima gestione di files tridimensionali. Con la possibilità di farsi spedire l'oggetto personalizzato direttamente a casa.

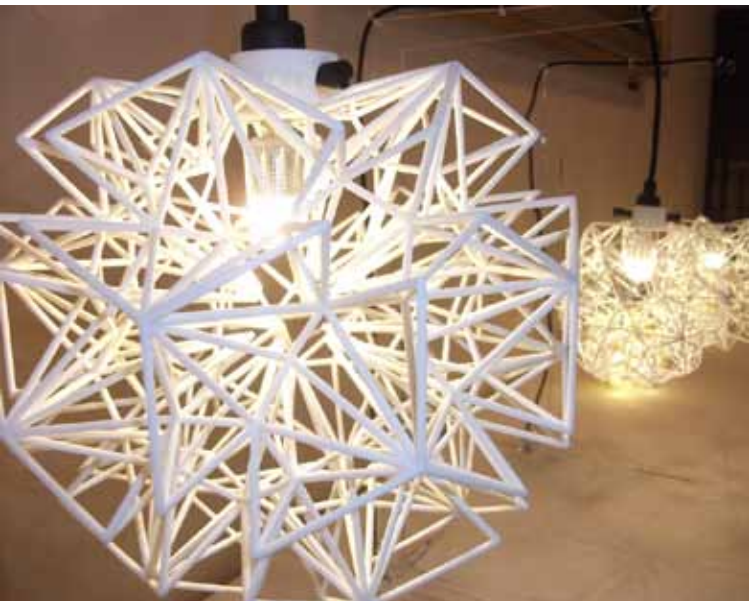
Co-designing di un prodotto

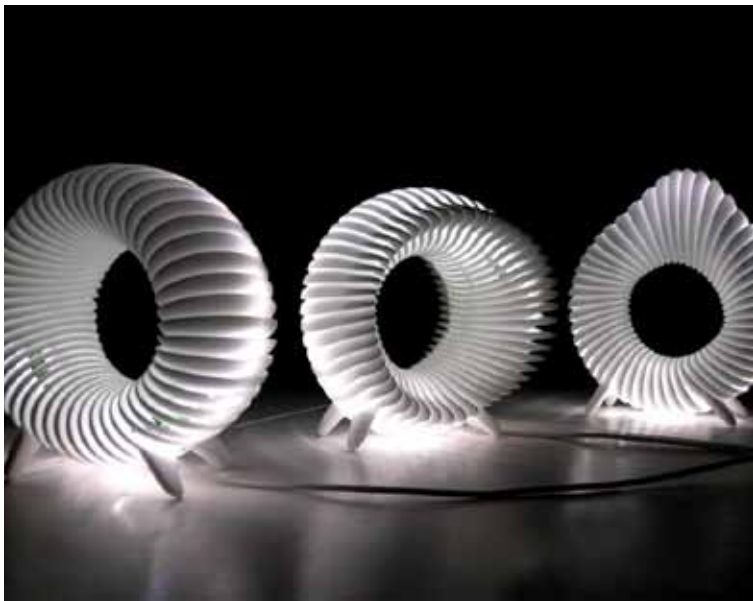
Un'altra interessante modo di fare co-design è quello di far partecipare il consumatore nell'evoluzione del processo progettuale.
Per un marchio o un'azienda, non ci sono soluzioni migliori che coinvolgere persone e consumatori nello sviluppo di co-concept. Questo può aiuta l'impresa nello sviluppo di progetti realmente vicini alle esigenze dell'utente.



A sinistra il programma di modellazione Digital Forming.

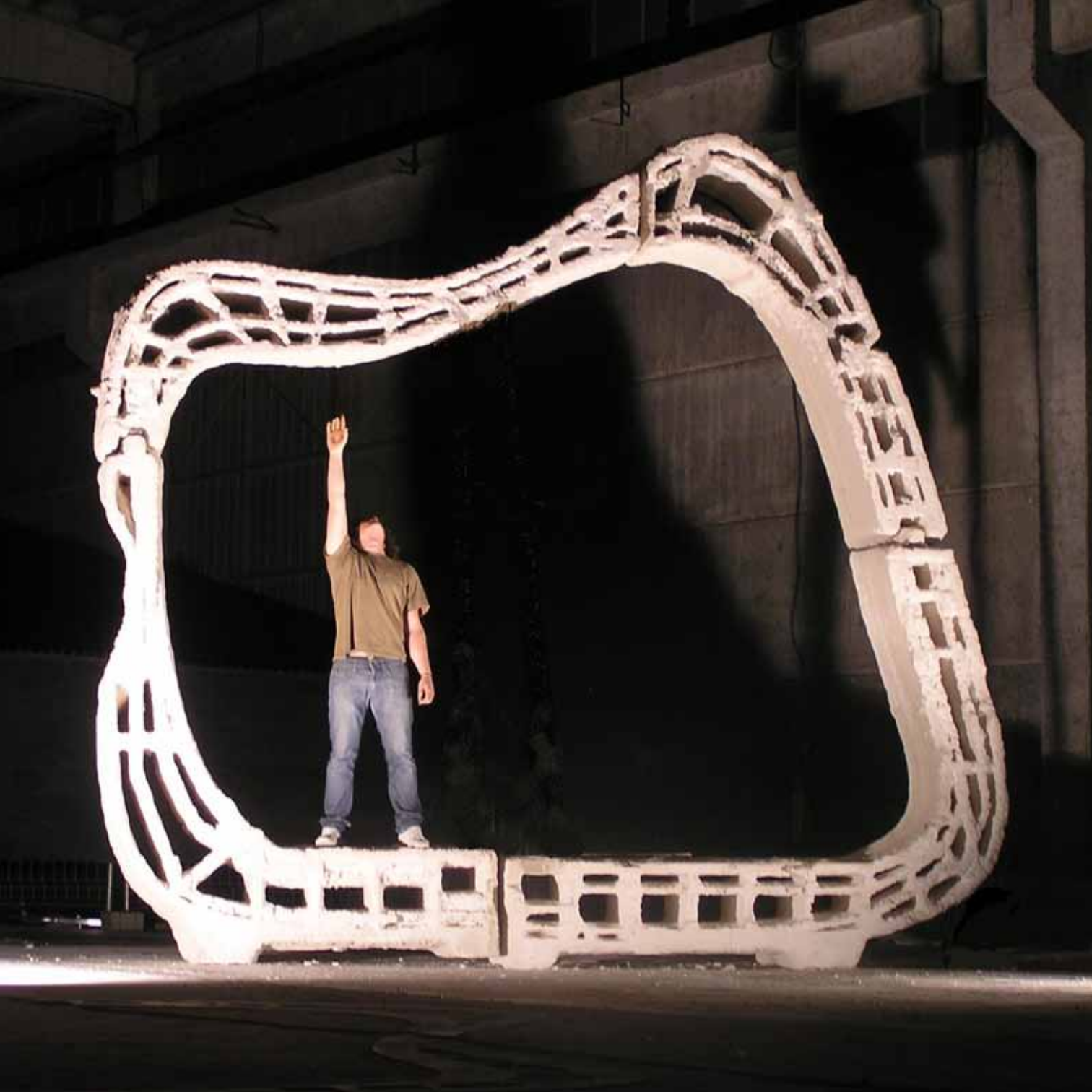
Qui sotto esempi di prodotti realizzati in co-designing.

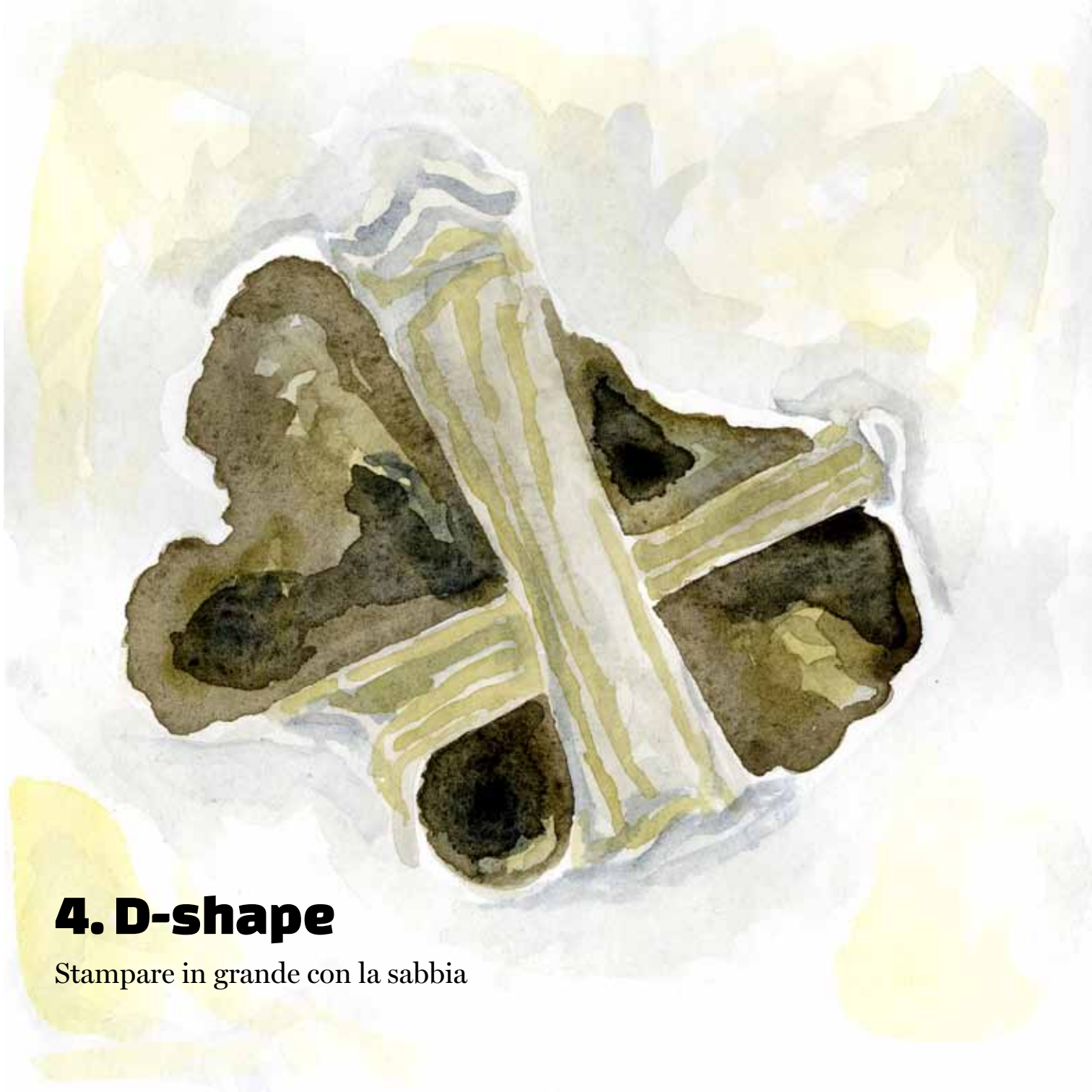




D-shape

La stampante D- Shape della Dinitech è una grande struttura di alluminio di 6 metri di lato che consiste in 4 colonne che sollevano, a passi di alcuni millimetri, un piano che porta un dispositivo spandi sabbia e una testa di stampa che rilascia del legante liquido, il quale a contatto con l'inerte, lo fa diventare roccia.
Con questa enorme macchinario si possono stampare oggetti e strutture di grandi dimensioni.





4. D-shape

Stampare in grande con la sabbia

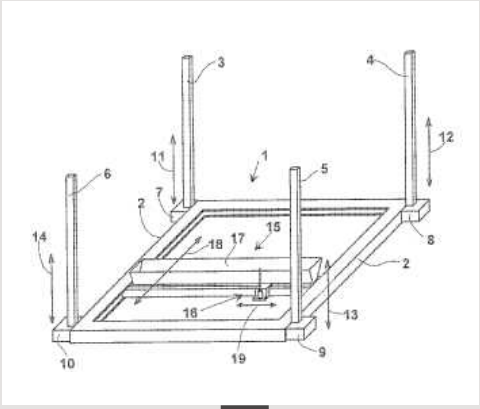
L'ingegner Enrico Dini ha progettato una stampante tridimensionale in grado di stampare modelli di grandi dimensioni in scala 1:1. Questa tecnica utilizza semplice sabbia e uno speciale "inchiostro": un bi-componente inorganico e perfettamente ecocompatibile, che trasforma la sabbia, o un materiale granuloso alternativo, in solida roccia.
Una volta importato il file CAD nel programma della stampante, la struttura in alluminio e la sua "testa di stampa" a 300 ugelli si mettono all'opera, con la stessa libertà di uno scultore.
Il risultato, strato dopo strato, è il progetto finito: pezzi unici o - nel caso di strutture molto grandi - macroblocchi trasportabili e assemblabili in cantiere. Ma la libertà che offre il macchinario non è solo nella forma: è possibile segliere qualsiasi spessore e avere la massima flessibilità nella distribuzione di eventuali cavità interne.
Una tecnologia davvero rivoluzionaria se si pensa al fatto che il prodotto viene realizzato senza bisogno di dasseforme, cetine e stampi, risparmiando tempo e costi di attrezzaggio.

Progresso

2004

L'ingegnere Enrico Dini ebbe l'idea di usare le stampanti tridimensionali per stampare strutture di grandi dimensioni

2005



Brevetto sul macchinario e costruzione della prima stampante

2006

Primi tentativi di stampa 3D impiegando resine epossidiche

2007

Costruzione della primo macchinario in grado di stampare oggetti di grandi dimensioni

La prima struttura architettonica stampata

2008

La stampante D-shape è una tecnologia molto giovane il primo macchinario è stato sviluppato nel 2005 capace di stampare solamente oggetti in piccola scatola.
Il suo sviluppo è stato veloce e ora si posso stampare oggetti di 600x600x800 cm

oggi

Funzionamento

Il funzionamento della stampante è molto simile agli altri strumenti che ci sono in circolazione.
Per prima cosa si prepara un modello virtuale in formato .stl. Dopo di che si inserisce il file all'interno di un piccolo programma che verifica possibili errori strutturali e converte il file in un formato aposito che viene lanciato direttamente alla D-shape printer.

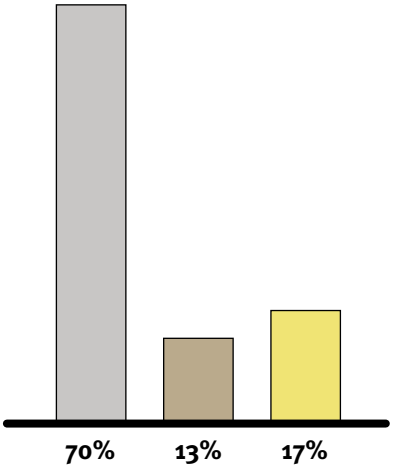
Monolite un software studiato appositamente per questo macchinario divide il modello in strati orizzontali. Per ogni strato l'immagine sezione è divisa in 'voxel', cioè pixel cubici tridimensionali di 5 mm di lato.

Viene depositato uno strato di miscela D- sand, dopo di che la testa di stampa deposita l'inchiostro D-salt secondo il disegno CAD.
L'intera forma è ottenuta tramite passaggi multipli della testa di stampa che solidifica la sabbia in pochi minuti, facendola diventare roccia.
Durante l'operazione è necessaria almeno una persona che controlli il funzionamento. Inoltre prima del passaggio dell'inchiostro la stesura della sabbia viene fatta in maniera semiautomatica.

Alla fine dell'eseguzione l'operatore rimuove la parte di sabbia non solidificata che avvolge l'oggetto fisico stamapto. La superficie esterna viene rifinita con dei trattamenti finali, eventualmente lucidata.

Il materiale

Il materiale ottenuto dalla stampa è formato da tre componenti: sabbia, collante solido, collante liquido. Per prima cosa si crea una miscela composta da sabbia e collante solido; dopo di che, la testa di stampa rilascia il collante liquido, che in giro di ore solidifica. La reazione chimica completa avviene nel giro di 20 ore ottenendo un materiale esteticamente paragonabile alla roccia.
Il processo di formazione è analogo a quello delle rocce sedimentarie in ambiente sottomarino.



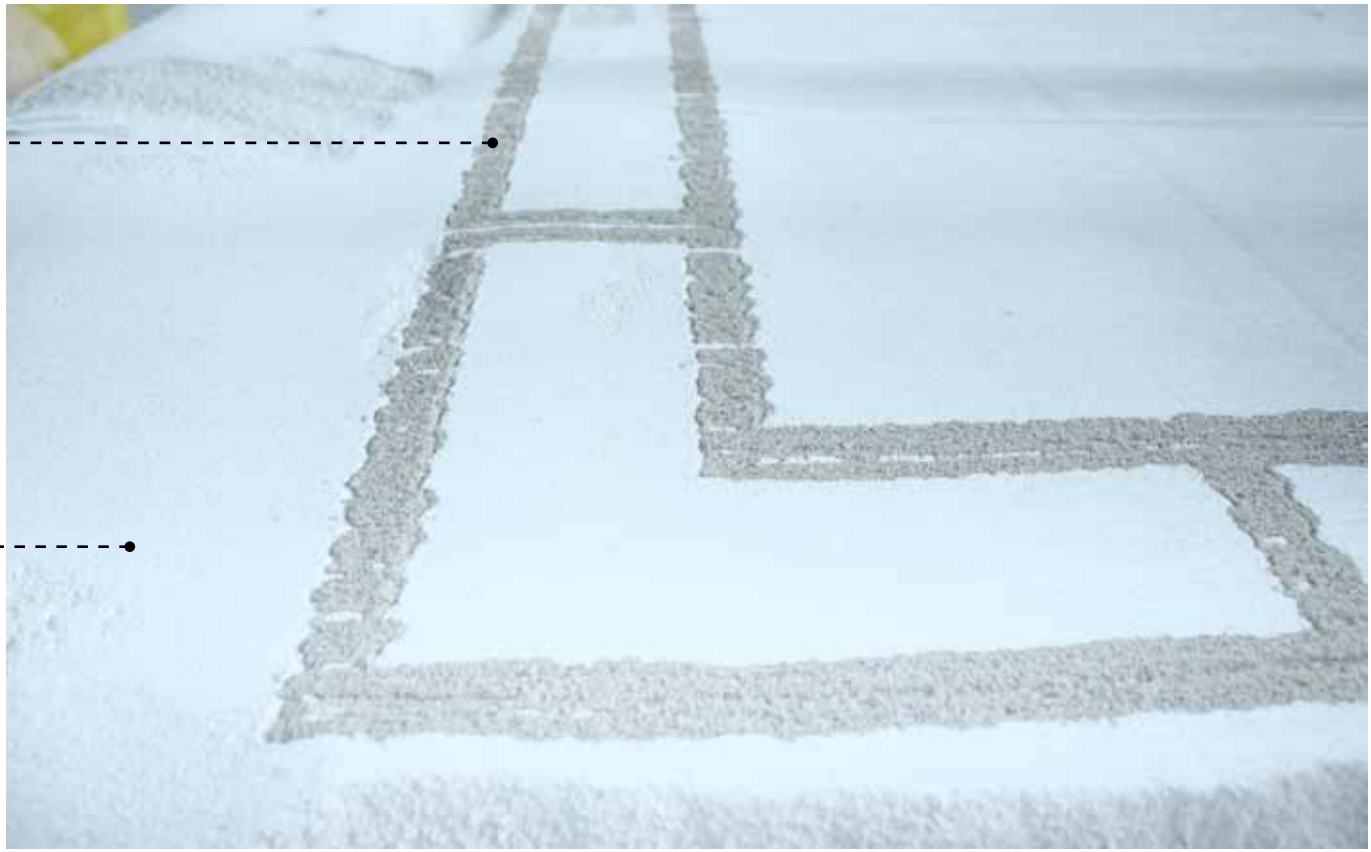
Rilasciato dalla testa di stampa

Collante liquido: a base di sali derivati dall'acqua di mare

Mescola depositata a strati

Collante solido: ossidi metallici

Sabbia di Zandobbio



Caratteristiche

Il cuore della macchina è costituito dalla testa di stampa composta da 300 ugelli servopilotati dal software Monolite. Questi hanno il compito di disperdere il legante liquido, il quale, a contatto con la sabbia la fa diventare roccia.

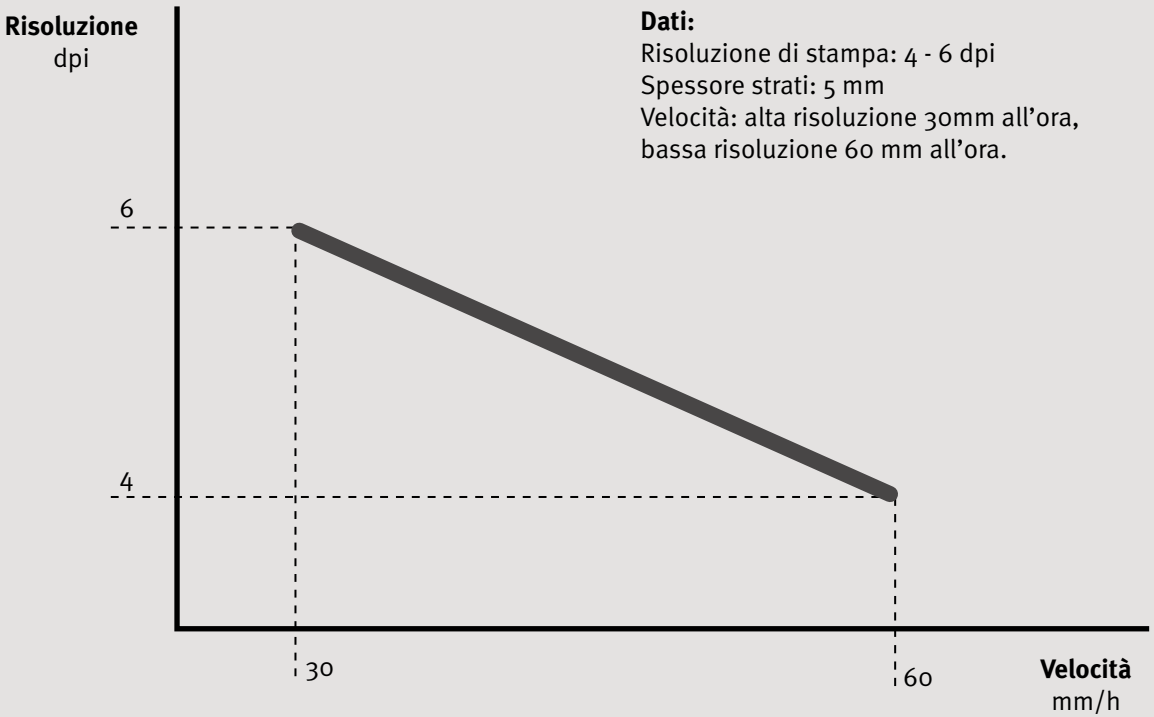
Attualmente l'azienda dispone di due stampanti: la più datata, nonostante la scarsa risoluzione di stampa è ancora la più utilizzata perché affidabile. Mentre la versione più recente è ancora in fase di sviluppo, ma con il passare degli anni diventerà sicuramente motrice dell'azienda, infatti ha velocità di stampa e risoluzione maggiore.
La velocità di stampa è comunque regolabile anche nella versione più vecchia, ma in ogni caso il cambiamento di velocità compromette sempre la risoluzione. Affrettando la stampa si perde di qualità, di conseguenza, le grinze formate tra gli strati si fanno più pesanti e visibili.

In questo paragrafo si vogliamo approfondire due temi importanti che riguardano il binomio materiale stampante. Il primo si prende carico della risoluzione di stampa, mentre il secondo delle caratteristiche meccaniche del materiale stampato.

Risoluzione di stampa

La risoluzione è un tema fondamentale per capire come lavora il macchinario con il materiale. Possiamo dire che la stampante, idealmente, ha la possibilità di realizzare pezzi con una definizione che si aggira tra i quattro e i sei dpi. Però nella realtà non si possono avere spessori al di sotto dei due centimetri.
Questa perdita di risoluzione avviene nel momento in cui le teste di stampa rilasciano l'inchiostro sulla sabbia. Le gocce che entrano a contatto con il materiale vengono assorbite velocemente e il liquido si propaga verso l'esterno fino al suo totale assorbimento.

Questa precisazione vuole entrare nello specifico del funzionamento della stampante, definendone i limiti ancora da superare.



Dati:
Risoluzione di stampa: 4 - 6 dpi
Spessore strati: 5 mm
Velocità: alta risoluzione 30mm all'ora,
bassa risoluzione 60 mm all'ora.

Caratteristiche meccaniche

Viste le ambizioni dell'azienda, di stampare architetture, non si poteva tralasciare le proprietà tecniche che caratterizzano il materiale stampato.
Di conseguenza in queste due pagine si è scelto di sottolineare punti forti e deboli del materiale, partendo dai seguenti dati tecnici di laboratorio:

Massa volumica(UNI EN 1936:2007): 2,4 g/ml
Porosità (UNI EN 1936:2007): 17,1 %
Resistenza a compressione(UNI EN 1926:2007): 15 N/mm²
Resistenza a flessione (UNI EN 12372:2007): 7 N/mm²

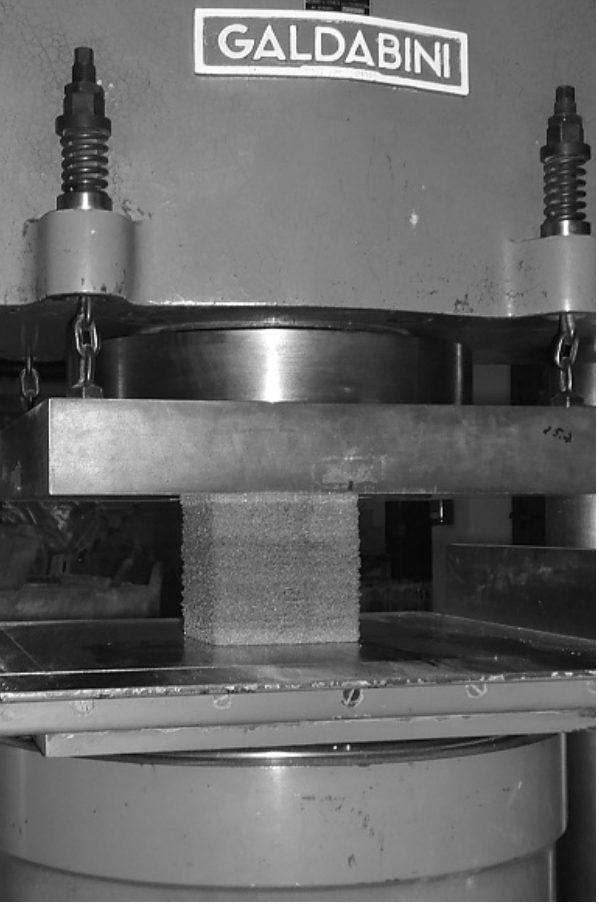
Si può dire che le caratteristiche di questo materiale si avvicinano molto a quelle dei calcestruzzi leggeri non strutturali. I quali vengono impiegati in edilizia per il riempimento di solai o come spessori isolanti.

Punti forti

- Buona resistenza a compressione
- Buona resistenza agli agenti atmosferici

Punti deboli

- Scarsa resistenza a flessione
- Costi elevati di stampa



Esempi di prove meccaniche su provini cubici.

Ambiti progettuali

Come detto, questa stampante fin dall'inizio è stata pensata con l'ambizione di costruire edifici architettonici. Essendo il macchinario ancora in fase di studio, rende ancora tutto questo molto costoso e non ancora affidabile per gli incarichi pensati.
Questa momentanea situazione ha fatto cambiato il business plan alla Dinitech, che ora come ora stampa prevalentemente sculture artistiche.
Questo però non ha mai precluso la volontà dell'azienda di sperimentare e mettere a disposizione il macchinario a terzi. Infatti fin ad ora solamente studi di architettura, di design e artisti hanno avuto la possibilità di stampare dei pezzi.

In questo paragrafo si vuole individuare gli ambiti progettuali già sperimentati e quelli da sperimentare, in modo da capire l'evoluzione progettuale dell'azienda e scoprire come i progettisti hanno reagito di fornte a questa nuova tecnologia.

Nelle immagini delle pagine seguenti si possono trovare diversi esempi progettuali, tra cui:

Arte: sculture e manufatti artistici di ogni dimensione.

Edilizia: realizzazione di elementi costruttivi - pezzi unici o macroblocchi assemblabili in cantiere - per scopo abitativo e non.

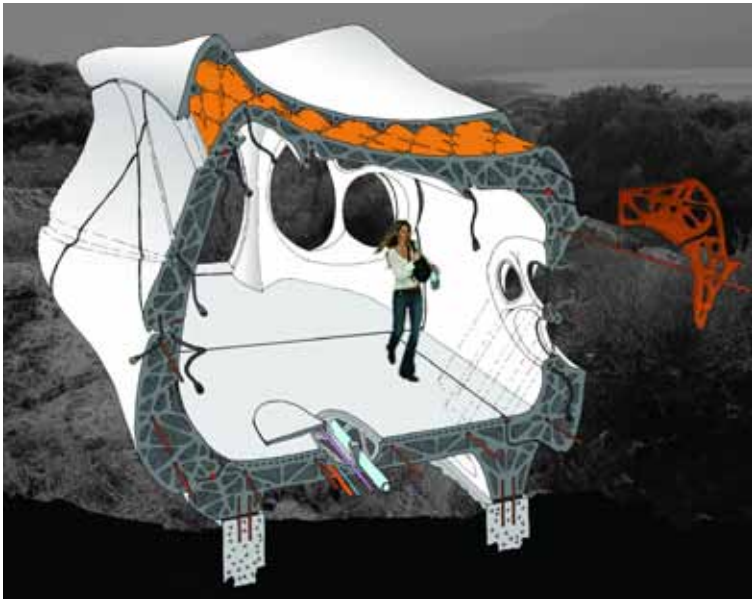
Arredo da esterni: panchine, sedili, chioschi, fontane, gazebi, arredi per piscine, vasie oggetti in roccia, piccoli ponti.

Interior design: tavoli, sedute, pavimenti, scale artistiche, arredo in roccia, lavabi, piani cucina.

A sinistra scultura Spiral holes sculptures - Rinus Roelofs (1,75x1,65x0,75) 3.000€.

A sinistra seduta da esterni
Era Glaciale - Modoloco
(composizione completa
1,65x3,80x0,90) 5.500€.

Sotto tavolo Trabeculae
- Shiro Studio
(1,10x1,30x0,80) 3.200€.



Punti deboli

"Penso che per un progettista sia molto importante avere un approccio critico. Con questo atteggiamento si può pensare di migliorare il progetto."

Enzo Mari, progetto e passione

La strumentazione della Dinitech è sicuramente un cosa mai vista prima. La possibilità di stampare oggetti di grandi dimensioni la rende unica al mondo. Ma non solo, con una buona progettazione si possono creare interi edifici dall'unione di tante "piccole strutture" stampate separatamente.
Ma ciò che rende ancora più rivoluzionario il progetto è il materiale. Infatti la miscela di sabbia e collante che miscelate induriscono è un primato che solamente questa azienda può vantare.

Nonostante queste uniche caratteristiche che la contraddistinguono; la stampante non è riuscita a trovare una vera posizione nel mercato. Un po' per necessità di essere ancora assistita quasi manualmente durante il processo di stampa (che influenzano inevitabilmente i costi di stampa), molto per l'impossibilità di cambiare l'estetica del materiale stampato.

Di fatto la sabbia con il quale fino ad ora si è stampato trasmette sensazioni dure e fredde, nonostante l'infinita plasticità che gli si può dare.
Qui a fianco sono state scritte delle parole chiavi abbinate a delle immagini di mood, per cogliere le sensazioni che la materia trasmette.

Di questo problema l'azienda ne è sempre stata consapevole, infatti in passato sono stati fatti dei tentativi di colorazione con l'utilizzo di pigmenti colorati.

Monocolore

Duro
Pesante

Freddo

Tentativo di colorazione

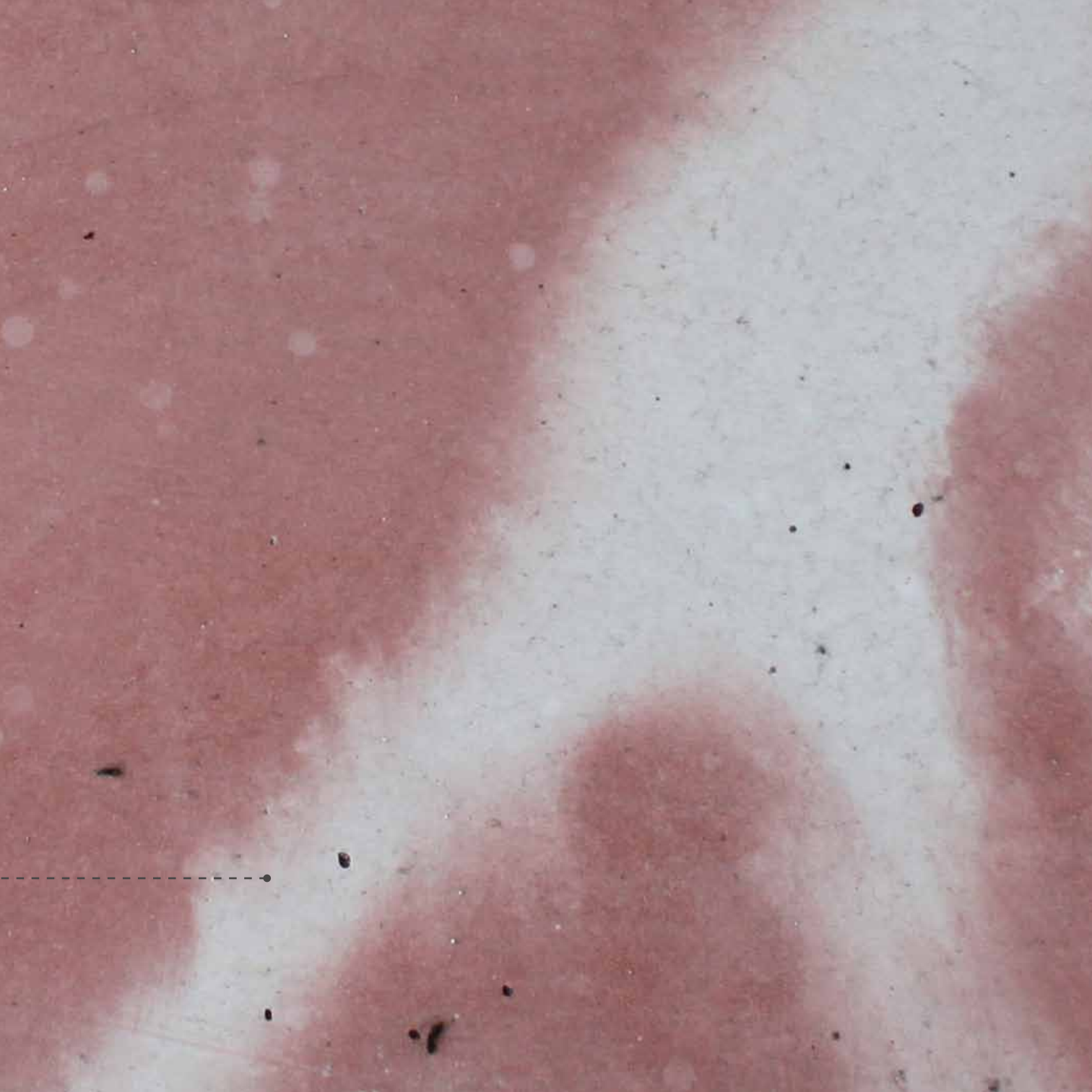
Già da anni alla Dinitech è avanzata la richiesta di realizzare pezzi che avessero delle colorazioni.
Nella sperimentazione qui a lato sono stati usati degli additivi nel tentativo di avere delle colorazioni superficiali. L'esperimento però non ha portato a risultati soddisfacenti.

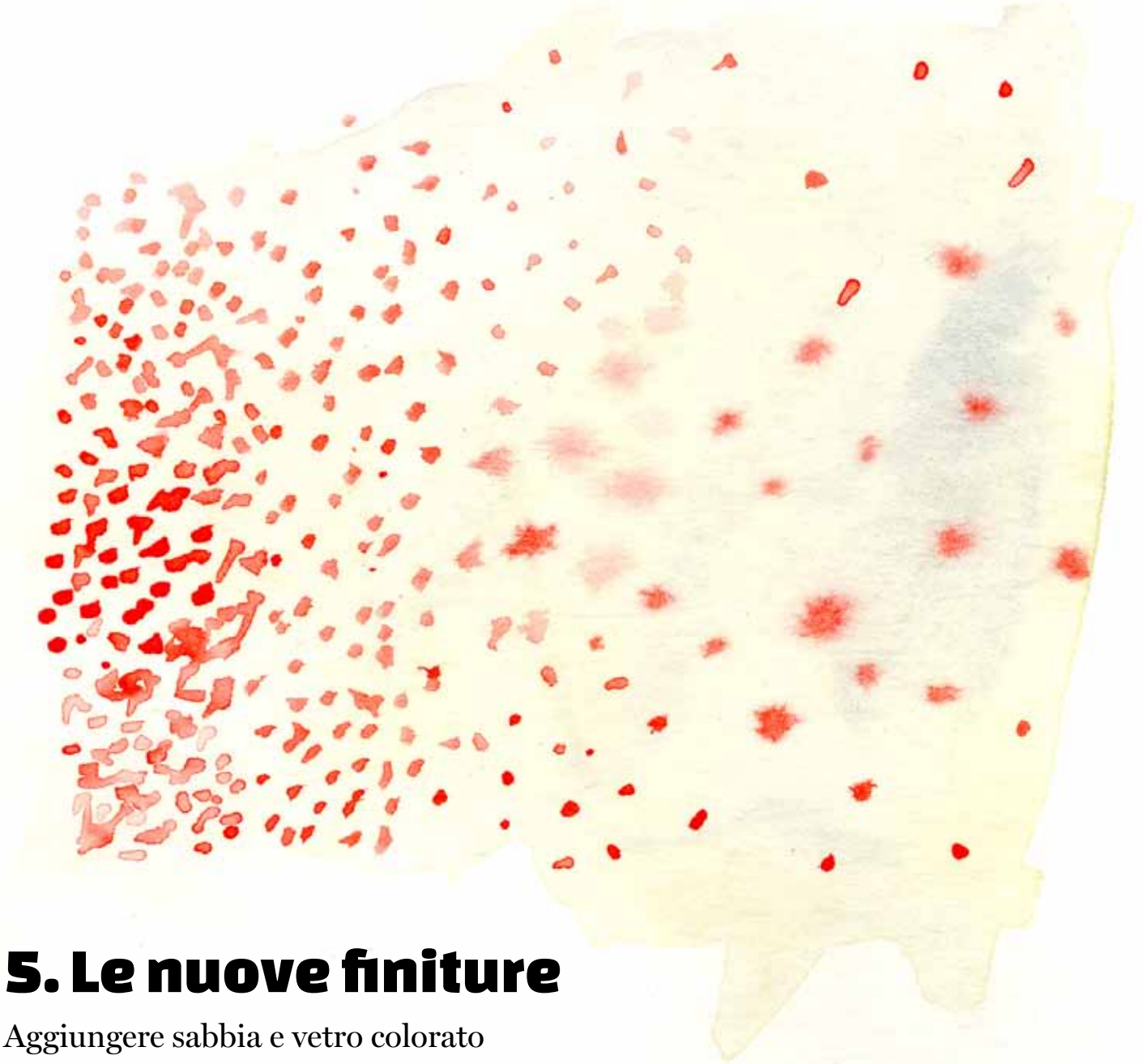
Infatti i pigmenti oltre ad essere molto costosi per la realizzazione di oggetti/strutture di grandi dimensioni non presentano dei risultati estetici gradevoli.

Se guardiamo le immagini della pagina successiva ci rendiamo conto che il colore non è distribuito in maniera omogenea sulla superficie. Questo problematica è dovuta al fatto che i pigmenti, mescolati con la sabbia, vengono bagnati eterogeneamente dal collante (lasciato dalla testa di stampa) creando un effetto colore/non colore indesiderato.
Un'altra problematica è dovuta all'intensità del colore. Il pigmento, mescolato con il collante liquido opaco, perde la sua vivacità e rende il materiale di un colore scuro, totalmente diverso dal risultato che ci si aspetta.

-Colorazione superficiale non omogenea

-Il colore perde di intensità quando mescolato con il collante liquido





5. Le nuove finiture

Aggiungere sabbia e vetro colorato

In questo capitolo si entra nel vivo del progetto. Per cui dopo aver analizzato le problematiche descritte nel capitolo seguente ci si pone l'obbiettivo di cambiare volto al materiale; rivalutandone le caratteristiche estetiche, quindi cercando di renderlo più vivace e significativo.
L'intuizione che centra l'obiettivo, propone di inserire del materiale colorato all'interno della mescola sabbiosa usata della Dinitech.
Allora si sono scelti dei materiali poco costosi che si potessero inserire nel processo di realizzazione, senza modificare le caratteristiche del materiale e della lavorazione. Sabbia e vetro colorato sono i materiali scelti, che mescolati con la sabbia di Zandobbio hanno dato vita ai diciassette provini realizzati nel laboratorio della Dinitech.

Le suggestioni

Prima di iniziare il progetto, sono stati fatti dei moodboard con delle immagini di suggestione per capire il risultato che si voleva raggiungere.

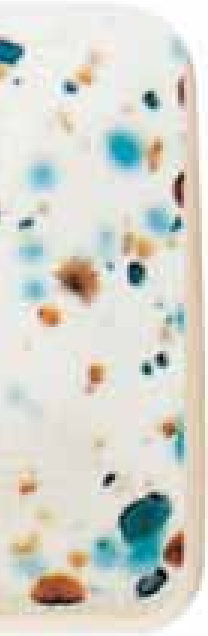
Dopo una breve riflessione si è subito capito che l'inserimento di sabbia e vetro colorato al posto della sabbia bianca normalmente utilizzata poteva essere una soluzione plausibile.
La sabbia, anche se cololorata, poteva essere la soluzione perfetta per la sua compatibilità con il materiale già presente.
Il vetro, anch'esso ideale perché materiale cristallino ha come valore aggiunto il fatto di essere colorato naturale e riciclabile.

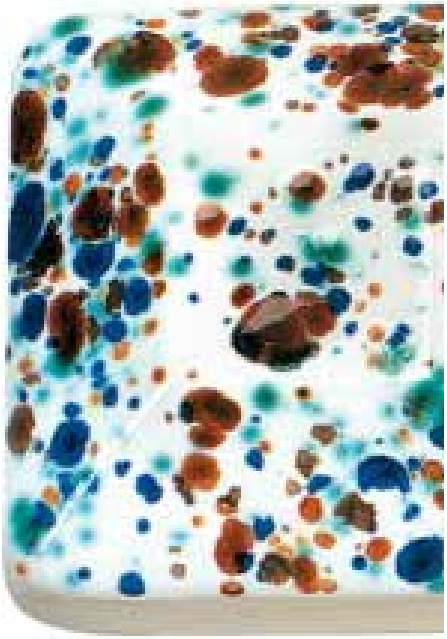
Come si può vedere dalle immagini qui a lato. La presenza di piccole scaglie colorate non uniformi, dona alla superficie carattere e significato, rendendola più giocosa e vivace.
Componendo e ricomponendo queste immagini.Giocando con acquerelli e costruendo patern con dei programmi informatici come Illustrator, non ho potuto fare a meno di notare delle similitudini tra i miei disegni e le opere contemporanee di Yayoi Kusama.

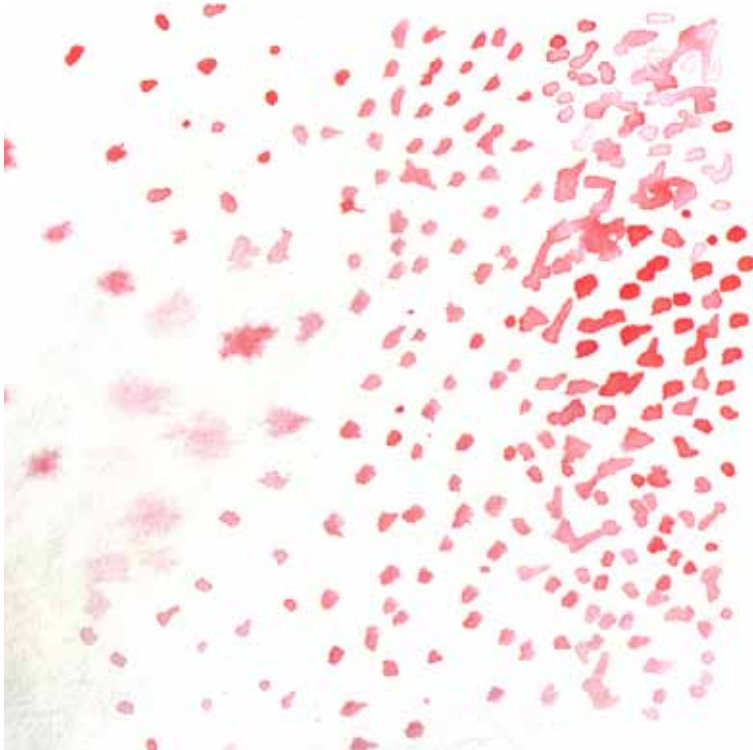
Yayoi Kusama
Artista conosciuta per i suoi dipinti e sculture riempite di pallini colorati, in cui lei cerca di spiegare il concetto di infinito.

La giapponese Kusama ha iniziato a produrre i suoi primi enormi dipinti "infinity"(nelle pagine sucessive) alla fine degli anni '50 a New York, dove si era trasferita da giovane. Ancora oggi compone i quadri come campi isotropi pieni di elementi uniformemente distribuiti, siano essi austere monocromie o vibranti contrasti a tinte psichedeliche, come lo spettacolare dipinto a cinque pannelli I Want to Live Forever (2008).

Nella scultura Kusama mostra un altro approccio alla visualizzazione dell'infinito attraverso il continuo uso di specchi. Questo sistema si ricorda nella scultura autoportante Passing Winter (2005) o nel complesso ambiente Aftermath of Obliteration of Eternity (2008), in cui utilizza un sistema di semplici ma ingegnosi strumenti ottici per creare un'interazione senza fine di luce riflessa. Le ultime sculture, chiamate Kusama Flowers that Bloom at Midnight, rappresentano dei monumentali fiori barocchi dai colori accesi, che misurano in altezza tra 1.5 e 5 metri.







Sabbia colorata

La sabbia colorata trovata in commercio e utilizzata per l'esperimento è quarzo bianco ricoperto da un sottile strato di colore.
Il quarzo è un silicato (biossido di silicio, SiO_2) che si puo' trovare in commercio in granulometrie differenti. Particolarmente sconsigliate sono le sabbie con granulometria inferiore a quella dei granelli di sale fine (assomigliano piu' a polvere che a sabbia) perché liberano troppe polveri potenzialmente nocive e rendono asfittico il substrato con cui vengono mischiate. La ghiaia di quarzo non è altro che sabbia con una granulometria maggiore.
Le sabbie possono essere utilizzati come materiale drenante (aggiunto oppure sostituito alla perlite) nei vasi di piante da giardinaggio.
E' importante scegliere bene la granulometria in base all'uso che se ne vuole fare: una sabbia di granulometria maggiore fa drenare più l'acqua e ossigenare il terreno sottostante al contrario una graniglia fine si compatta di più e tiene più umido il terreno.

Il quarzo è un materiale facilmente reperibili in: negozi di ferramenta, consorzi agrari, negozi di animali (la sabbia di quarzo viene usata anche in acquaristica) e talvolta garden center. E' venduta in sacchi di varie dimensioni , da piccoli a molto grandi. Per questi usi la sabbia che si trova sul mercato ha diverse colorazioni.

Per la colorazione, la sabbia viene fatta roteare su se stessa all'interno di un macchinario. Dopo di che, viene rilasciato del colore liquido, il quale va a ricoprire tutta la superficie di ogni singolo granulo.
Se un granello viene sezionato, si può vedere chiaramente che la parte interna è di colore diverso da quello della superficie del granello.

Per la sperimentazione sono state scelte sabbie di colore blu in tre differenti granulometrie: fine, media, grande; in modo da confrontare il risultato estetico finale.

Vetro colorato

Il vetro si forma in modo naturale a seguito di fenomeni terrestri che portarono ad innalzamenti repentini della temperatura ed alla fusione di sabbia, quarzo e rocce silicee. Si pensa che a scoprire questo materiale furono i Fenici, che accendendo fuochi sulle rive del fiume Belo in Siria e provocando la fusione per il calore di blocchi di nitrato, diedero origine a granuli di materiale duro e semitrasparente.
All'inizio è l' Oriente la culla dello sviluppo di questo materiale. Da Alessandria, centro iniziale di produzione e sviluppo di nuove tecniche, le conoscenze e i manufatti vengono esportati in Grecia e a Roma. Durante l'Impero Romano la produzione e l'utilizzo del vetro ha un forte sviluppo. L'Impero Romano con la sua intensa attività commerciale e la sua politica espansionistica contribuisce enormemente alla diffusione della tecnica vetraria. Sono i Romani che incominciano ad introdurre questo materiale nell'architettura e le più belle ville ed edifici pubblici sono abbelliti ed impreziositi dall'utilizzo di questo materiale ormai prodotto in diverse forme e colori.

Nel linguaggio comune, il termine vetro viene utilizzato riferendosi ai vetri costituiti prevalentemente da ossido di silicio (vetri silicei), impiegati come materiale da costruzione (soprattutto negli infissi), nella realizzazione di contenitori (ad esempio vasi e bicchieri) o nella manifattura di elementi decorativi (ad esempio oggettistica e lampadari).
La maggior parte degli utilizzi del vetro derivano dalla sua trasparenza, dalla sua inalterabilità chimica e dalla sua versatilità: infatti, grazie all'aggiunta di determinati elementi, è possibile creare vetri con differenti colorazioni e proprietà chimico-fisiche.
A differenza della sabbia, la sezione del granello è di colore omogeneo e discretamente traslucido.
Da evidenziare la possibilità di trovare questo materiale in forma riciclata. Questo comporta un riguardo maggiore per la sostenibilità.

Anche qui per confrontare il risultato estetico finale sono state scelte differenti granulometrie fine e media. A causa della poca disponibilità, non è stato possibile trovare la granulometria più grossa.

Il riciclaggio del vetro

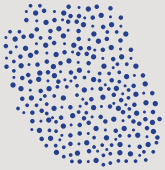
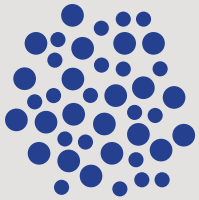
I rottami di vetro provenienti dalla raccolta differenziata vengono utilizzati per la maggior parte per ottenere vetro cavo. Per tale motivo, la raccolta differenziata del vetro è rivolta al riutilizzo di rottami di oggetti in vetro cavo (bottiglie, flaconi e barattoli in vetro), mentre i vetri per finestre e gli specchi (che vengono ottenuti tramite processo float) vanno stoccati separatamente.

Dopo la raccolta, i rottami di vetro vengono sottoposti ad alcuni trattamenti per allontanare impurezze di altri materiali (tra cui carta, plastica, ceramici e metalli); tali trattamenti includono:

- lavaggio con acqua
- separazione manuale
- vagliatura
- aspirazione con aria
- deferizzazione tramite dispositivi magnetici e metal detector.

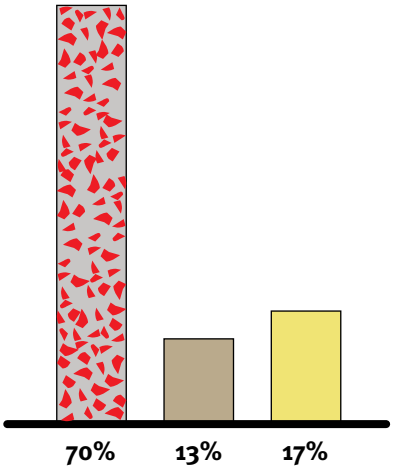
Risulta utile effettuare una raccolta differenziata del vetro per colore, in quanto vetri di colore uguale presentano in genere composizione e proprietà chimico-fisiche più simili.

Il vetro rispetto alla sabbia colorata è un materiale più sostenibile e pure meno costoso perché si può trovare facilmente già in granuli puliti in riciclaggio e vendita vetro.

	Fine	Media	Grossa	Sezione	Costo
Sabbia					1,80 €/kg
Vetro					3,30 €/kg

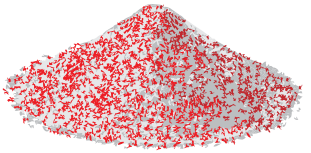
I provini

Raccolto tutto il materiale colorato, si è deciso di fare dei test. Per motivi di costo non si è potuto utilizzare il macchinario, per cui tutti i provini sono stati realizzati per colata. L'ingegnere Dini ha assicurato che il risultato finale non influenza in nessun modo l'estetica e le caratteristiche del materiale.
L'unica modifica riportata dalla soluzione tradizionale è l'aggiunta di materiale colorato, quindi la conseguente sottrazione della sabbia di Zandobbio.



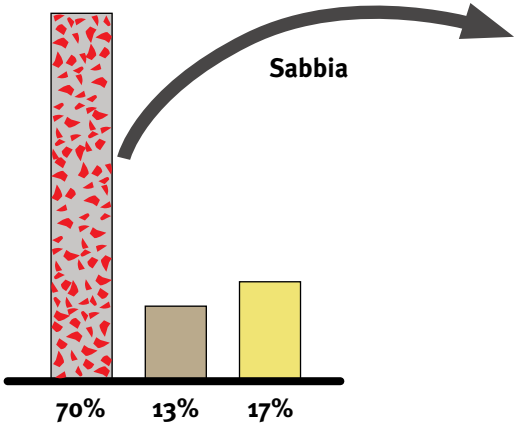
Collante liquido: a base di sali derivati dall'acqua di mare

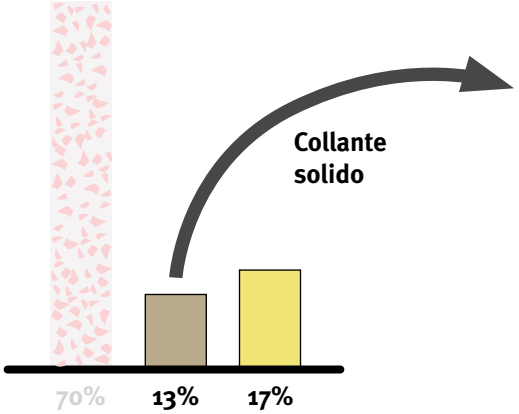
Collante solido: ossidi metallici

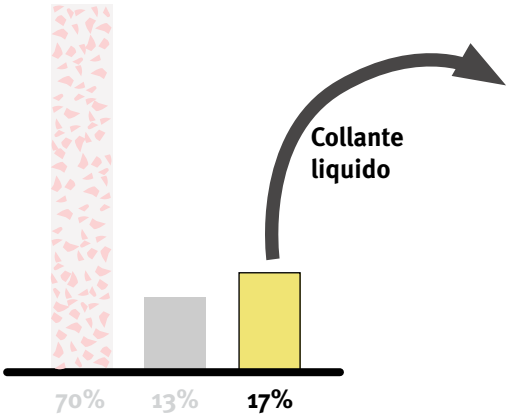


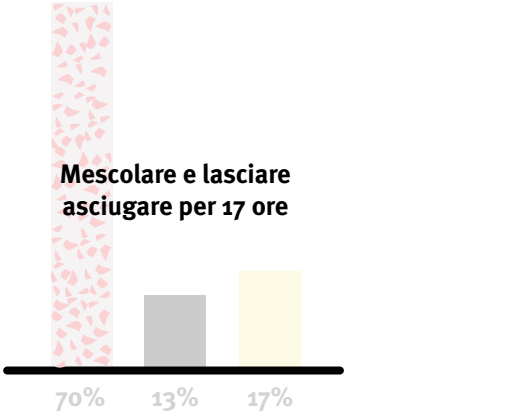
Sabbia di Zandobbio
+
Colore

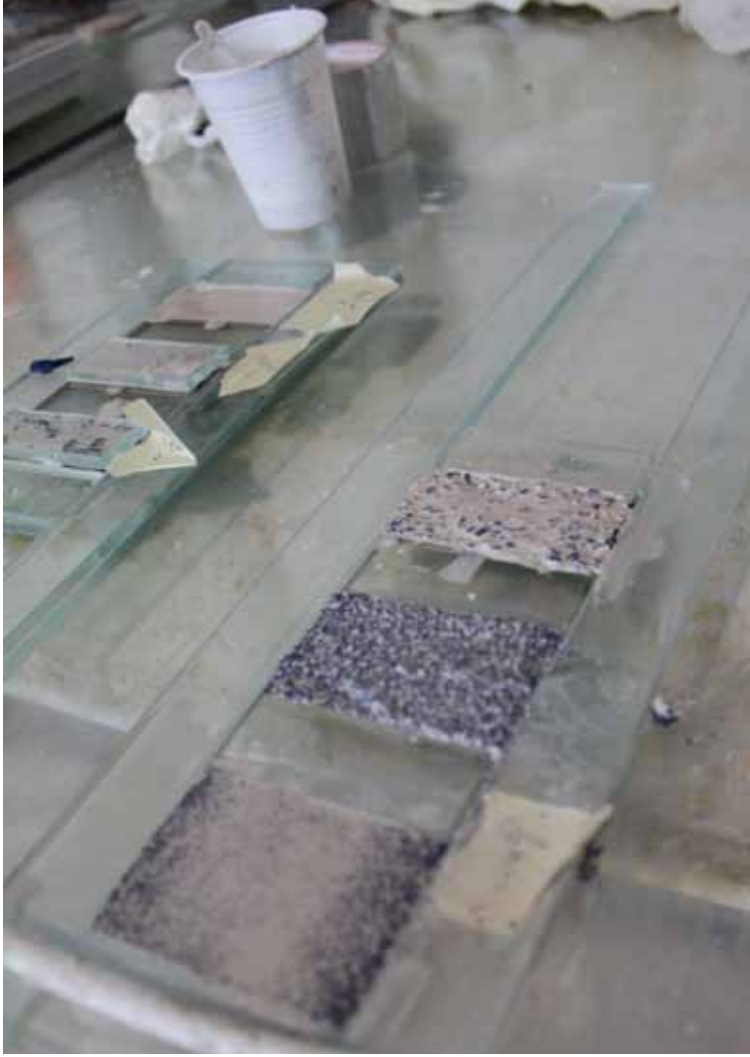
Preparazione



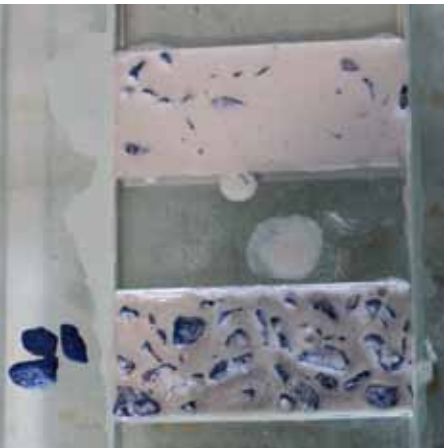



Collante
liquido
70%
13%
17%

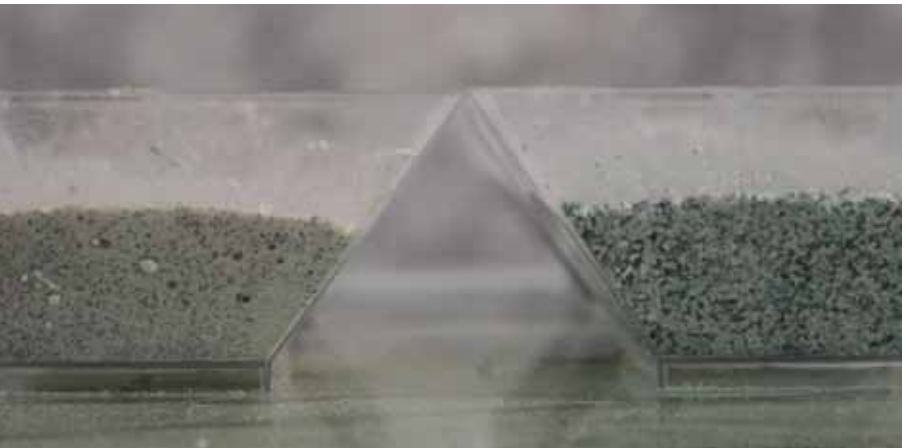

Mescolare e lasciare
asciugare per 17 ore
70%
13%
17%



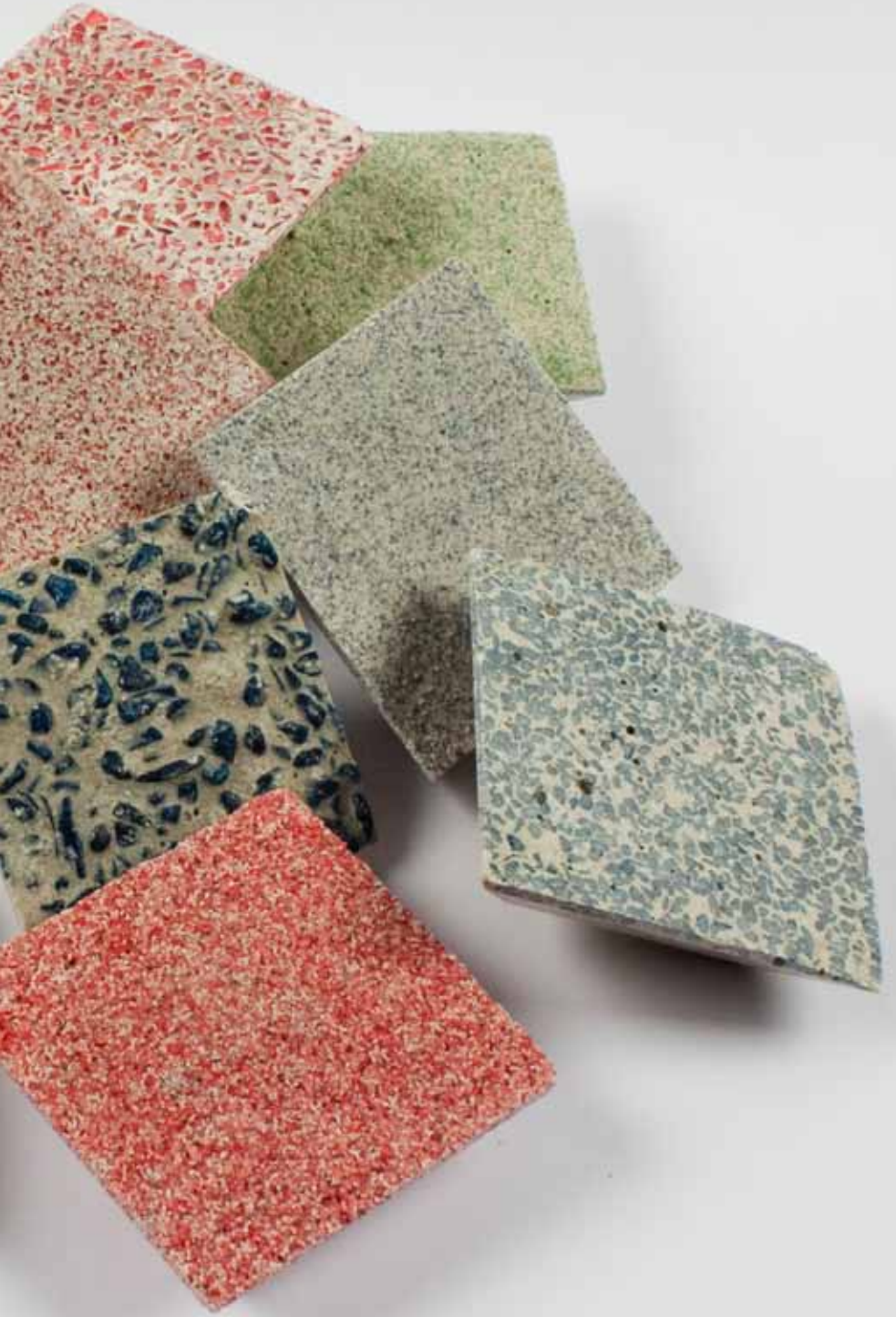
Le prime prove con sabbia blu su formato ridotto.

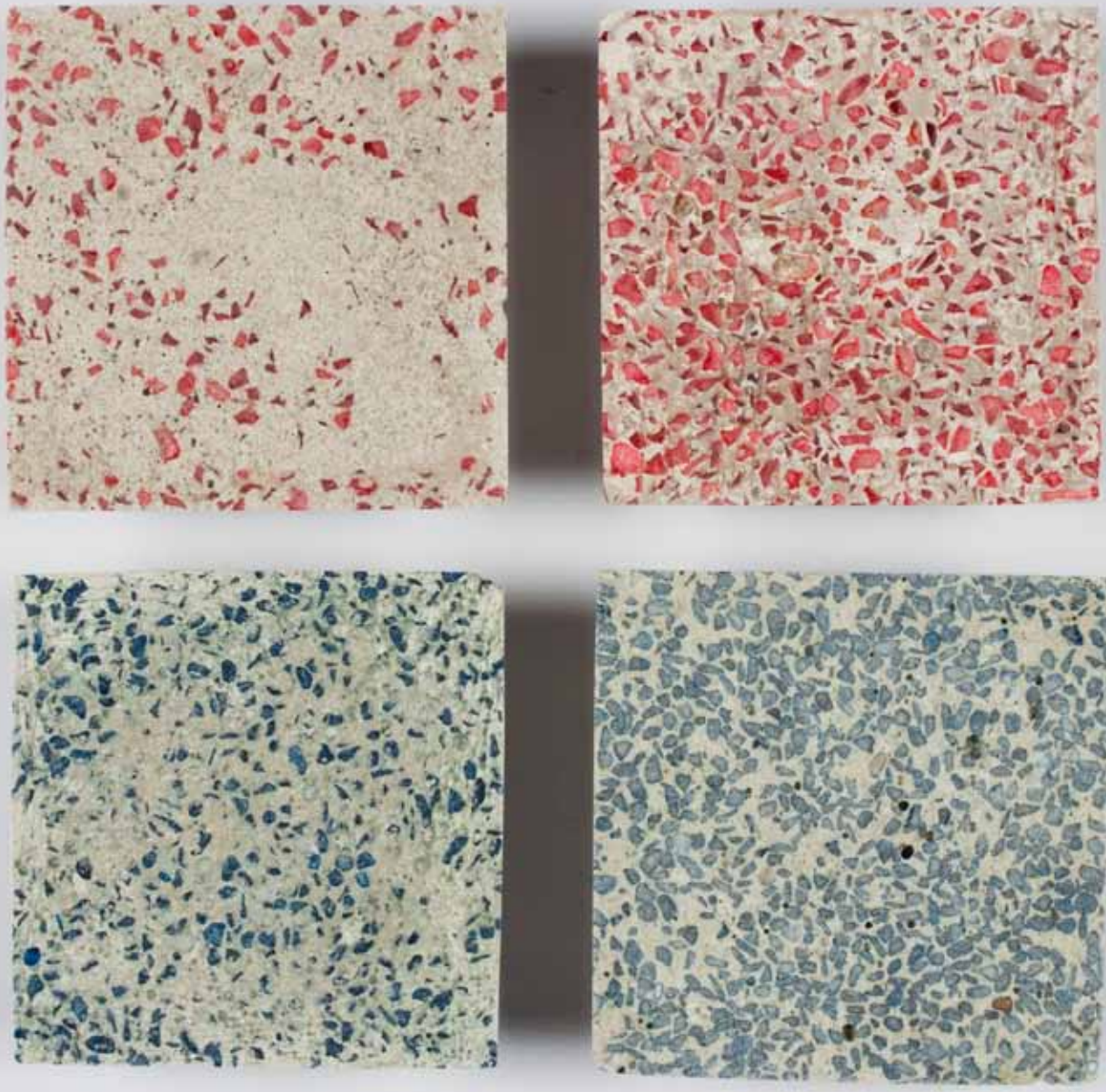


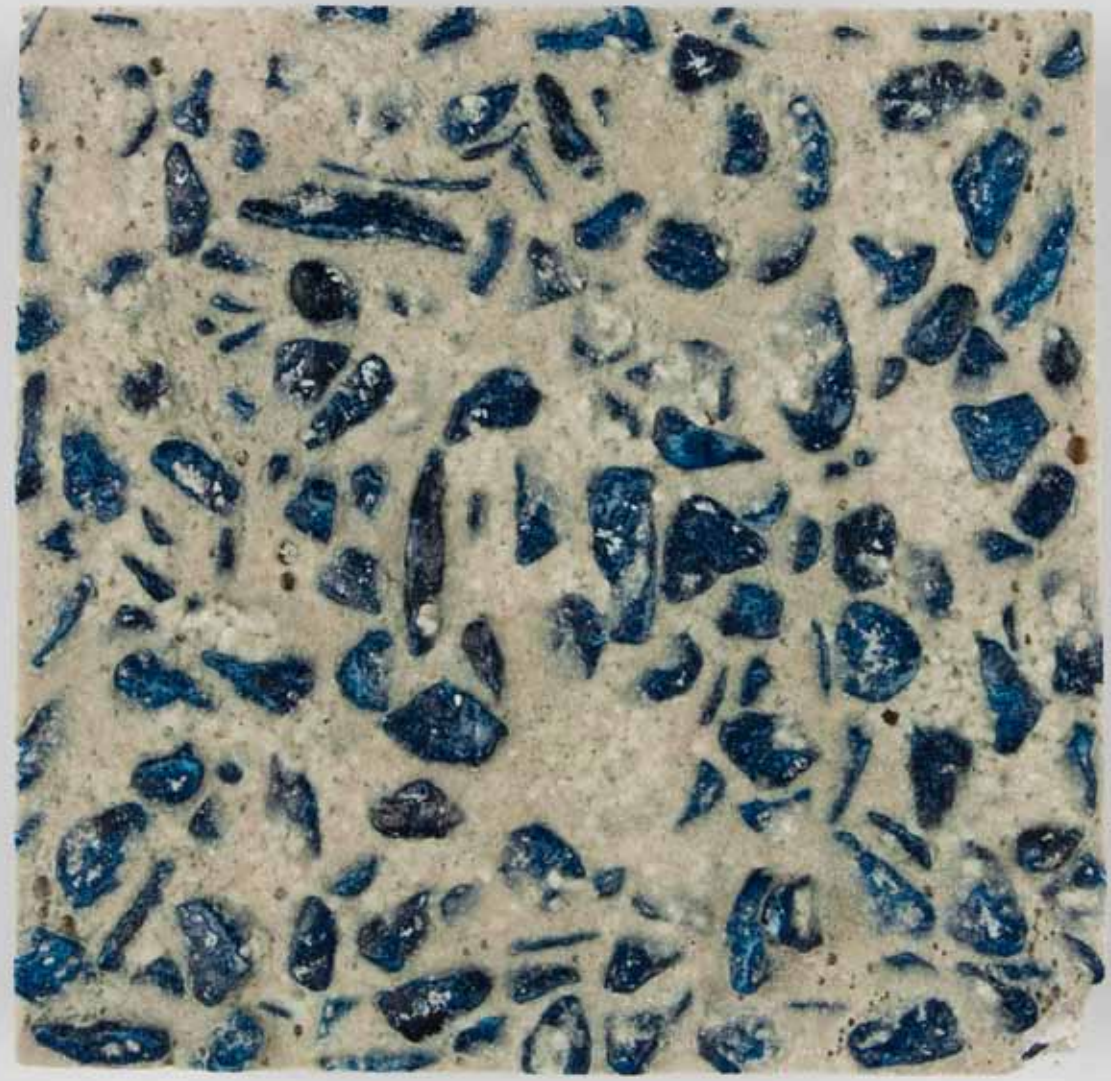
Preparazione dei provini definitivi, con diverse colorazioni e granulometrie.

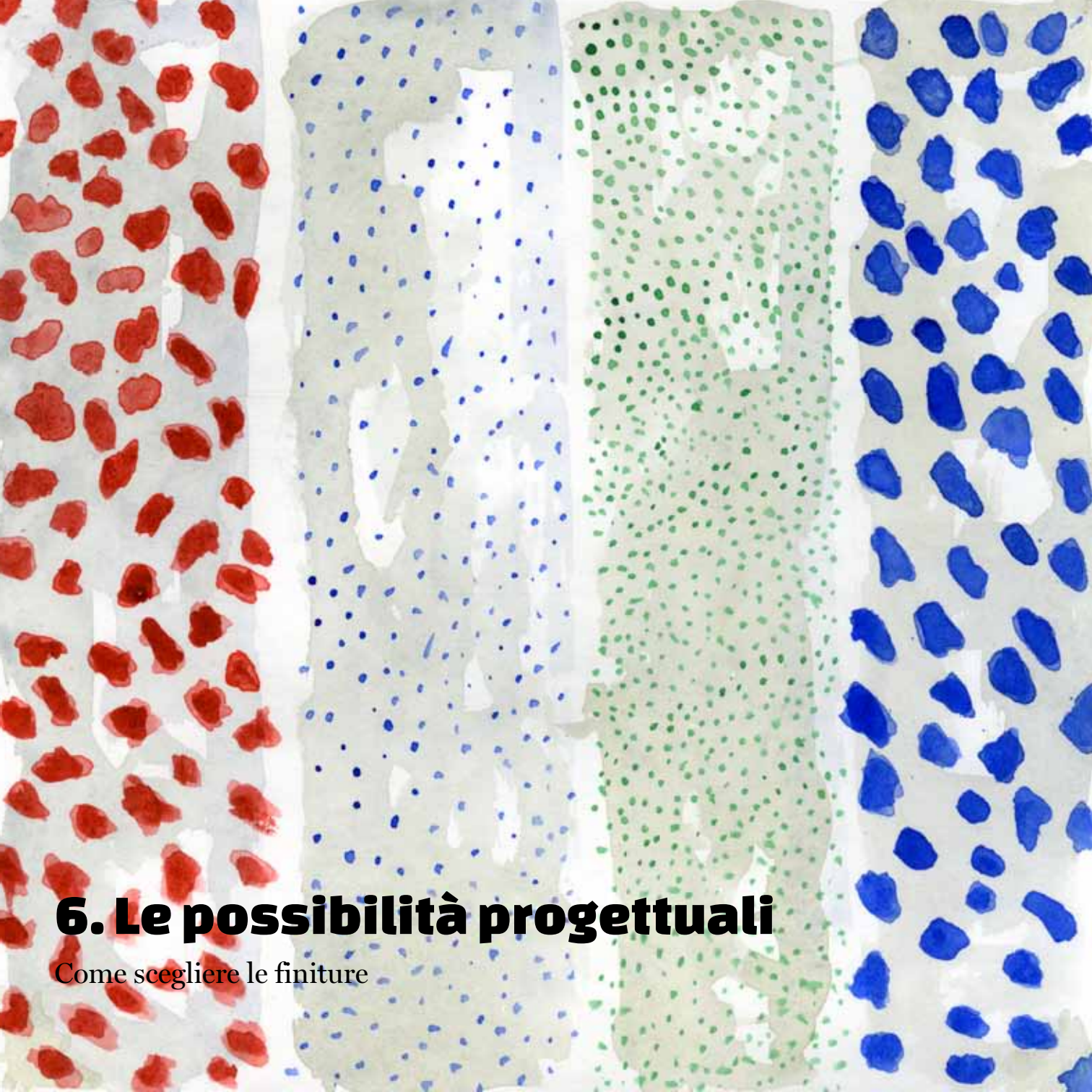


Composizioni finale,
fase di asciugatura.









6. Le possibilità progettuali

Come scegliere le finiture

Sembrava un po' limitativo fermarsi a questo punto dopo i risultati ottenuti. Per questo si è deciso di fare un'ultimo capitolo che riguardasse le possibilità progettuali delle finiture ottenute. Di conseguenza si è pensato di creare un metodo di rappresentazione grafico capace di agevolare l'utilizzo delle finiture in ambito progettuale.

In questo diagramma si sono riportati i parametri che caratterizzano l'estetica della finitura: la granulometira che rappresenta la dimensione delle materiale colorato. La rugosità della finitura che definisce la sua calpestabilità e la facilità di pulizia. Il rapporto tra sabbia di Zandobbio e sabbia/vetro colorato che bilancia la saturazione del colore.
E' stato introdotto inoltre un altro parametro che riguarda la percezione del materiale: con dei riferimenti alla prossemica questo fattore stabilisce le finiture che vanno utilizzate rispetto alle dimensioni del pezzo progettato.

La granulometria

Per granulometria si intende la proprietà dimensionale delle particelle (granelli) di un prodotto che ha subito un processo di macinazione. La dimensione si riferisce al singolo granello e più comunemente ad un gruppo con dimensioni all'interno di una tolleranza definita.

Le varie classi granulometriche sono stabilite dalla scala di Udden-Wentworth(nella pagina a lato), che distingue 4 differenti livelli granulometriche:

- granuli con diametro › 2 mm ricadono all'interno della granulometria ruditica (ciottoli, granuli, massi);
- tra 2 e 0,0625 mm si ricade invece nel campo arenitico (sabbie grossolane, medie o fini);
- tra 0,0625 e 0,0039 ricadono invece sedimenti a granulometria siltitica (silt o "limo");
- al di sotto (‹0,0039 mm) vi sono le argille (granulometria lutitica)

Macroscopicamente è impossibile distinguere i granuli siltitici da quelli argillosi e pertanto sono solitamente classificati assieme come sedimenti pelitici.

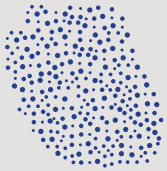
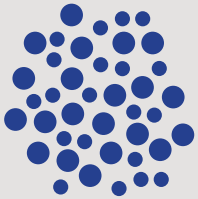
Le rocce terrigene seguono questa stessa classificazione, prendendo il nome dal tipo di clasti che le compongono:

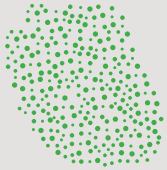
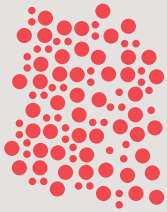
- Conglomerato/breccia: granulometria ruditica
- Arenaria: granulometria arenitico
- Siltite: granulometria siltitica
- Argillite: granulometria lutitica

Per identificare la classe granulometrica si possono utilizzare speciali setacci che, facendo colare l'acqua mista al sedimento, trattengono i clasti di una certa dimensione, lasciando passare sia l'acqua che i grani più fini, che però cadono nel setaccio inferiore, che ha maglie più strette e trattiene sedimenti ancora più minuti: in questo modo si possono separare efficacemente ghiaie da sabbie medie o fini e da silt, mentre l'argilla si accumula assieme all'acqua nell'ultimo contenitore.
Altrimenti una stima può essere effettuata mediante i comparatori visivi di Bocelle, utili anche per stimare le percentuali dei vari componenti.
Come ben sappiamo nel nostro caso non si parla solamente di granulometria della sabbia ma anche del vetro. Per questioni di comodità quindi è sottinteso che all'interno del gap di interesse si faccia riferimento anche alle materiale siliceo.

Bisogna inoltre ricordare che la dimensione della granolumetria va a influenzare la resistenza meccaniche della struttura.

Millimetri mm	Nomenclatura classi	
	Masso	
>256		
	Ciotolo grossolano	
64		
	Ciotolo medio	
8		Granulometria di interesse
	Ciotolo fine	
4		
	Granulo	
2,00		
	Sabbia grossolana	
0,50		
	Sabbia media	
0,25		
	Sabbia fine	
0,125		
	Sabbia fine	
0,062		
	Limo grossolano	
0,031		
	Limo medio	
0,016		
	Limo fine	
0,008		
	Limo finissimo	
0,004<		
	Argilla	

	Granulometria mm	Sezione	Costo	
Sabbia	 Fine 0,4-0,7		1,80 €/kg	
Sabbia	 Media 2-3		1,80 €/kg	
Sabbia	Grossa 5-8		1,80 €/kg	

	Costo	Sezione	Granulometria mm	
	1,80 €/kg		 Fine 0,4-0,7	Sabbia
	3,30 €/kg		 Fine 1-2	Vetro
	3,80 €/kg		Media 1-4	Vetro

Rugosità

La rugosità è costituita da una serie di solchi più o meno ordinati e regolari con profondità variabile disposti su una superficie.

Tutte le superfici lavorate sono caratterizzate da una rugosità superficiale che è, in sostanza, l'irregolarità della superficie rispetto alla superficie teorica.
Le irregolarità possono presentarsi in modo casuale, come per esempio nei pezzi ottenuti per fusione o sottoposti a sabbiatura, oppure avere un andamento regolare caratteristico della lavorazione ad asportazione di truciolo.

Nel nostro caso, a fine stampaggio, il materiale presenta un'alta rugosità che volendo può essere ridotta attraverso delle finiture superficiali ottenendo risultati estetici che fanno cambiare la percezione tattile, visiva del materiale. Si può dire che l'estetica del prodotto dipende dai seguenti tre fattori:

- **Granulometria**, quindi la dimensione dei granuli colorati che vengono mescolati con la sabbia di Zandobbio.

- **Tipo di materiale**, la percezione del colore è diversa tra sabbia e vetro.

- **Finitura superficiale**, fatta manualmente con un flessibile, determina il grado di rugosità del pezzo, che influenza la percezione del materiale. Essendo la sabbia di sezione bianca, nel momento della finitura si creano delle sfumature particolari.

La rugosità di una superficie può essere misurata mediante strumenti denominati rugosimetri. Il procedimento di misura della rugosità consiste nella registrazione del profilo della superficie ottenuto lungo una determinata linea di misura (o di scansione); tale profilo viene poi analizzato definendo un parametro numerico che costituisce la misura della rugosità. Parte fondamentale del processo di calcolo dei vari parametri di rugosità è l'operazione di filtraggio che consente di ottenere una misura della sola qualità della superficie, depurata dagli effetti che gli errori di geometria del pezzo hanno sul profilo misurato.

La misura della rugosità R_a, espressa in micron, è il valore medio aritmetico degli scostamenti (presi in valore assoluto) del profilo reale della superficie rispetto alla linea media. Tale misura è riferita ad una lunghezza di base l del profilo analizzato per evitare l'influenza di altri tipi di irregolarità.

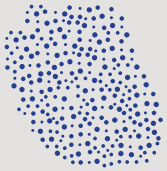
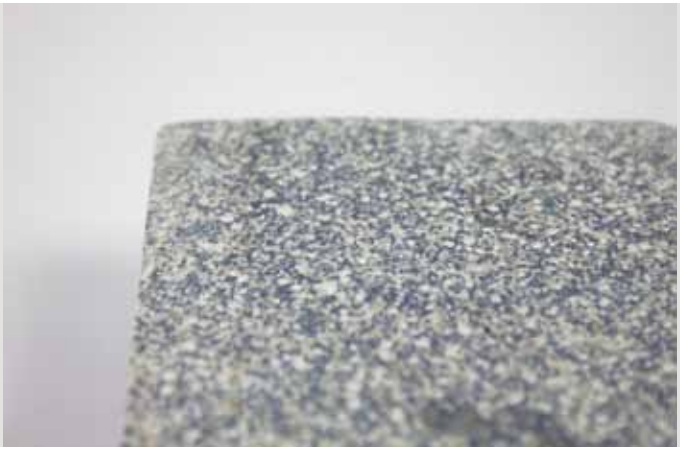
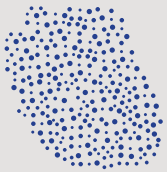
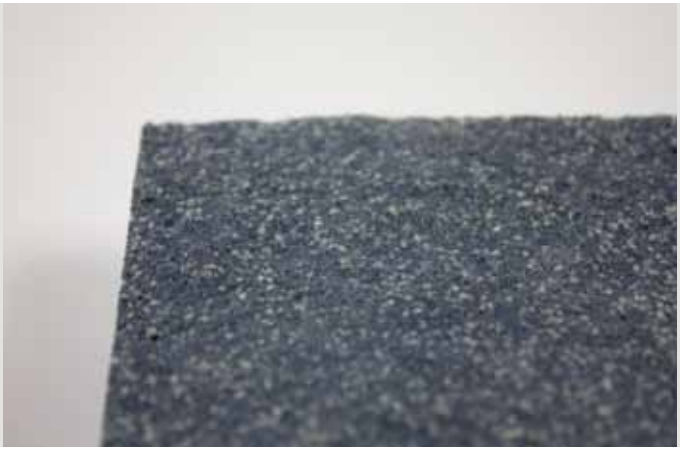
Il valore R_a non è però sufficiente per definire completamente le caratteristiche morfologiche della superficie, in quanto profili dagli andamenti differenti dallo stesso scostamento medio aritmetico presenteranno lo stesso valore di R_a; per tale motivo si sono introdotti altri parametri, come R_q, media quadratica degli scostamenti dei punti del profilo dalla linea media; tale parametro, essendo una media quadratica è più sensibile ai bruschi scostamenti del profilo da un andamento regolare ed è in generale maggiore rispetto al valore R_a.

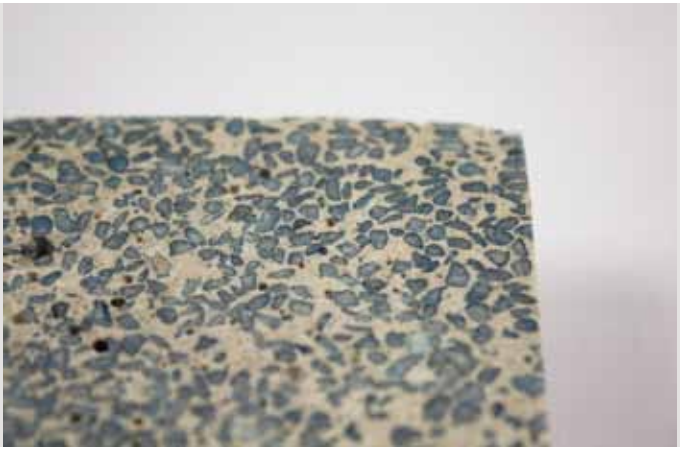
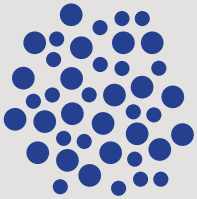
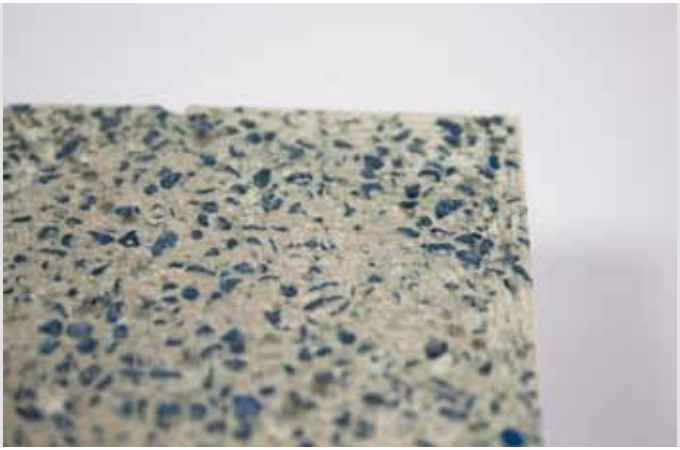
Nel nostro caso non essendo in possesso di strumenti specifici, e comunque non avendo la necessità di dati di alta precisione, ci si è limitati a definire due classi di superficie: liscia e rugosa.
Per rendere tutto di facile lettura, ad ogni classe si sono accostate le icone che vediamo a lato.

I fattori che vengono tenuti in considerazione sulla presenza o meno di rugosità sono la pulizia e la calpestabilità del pezzo.

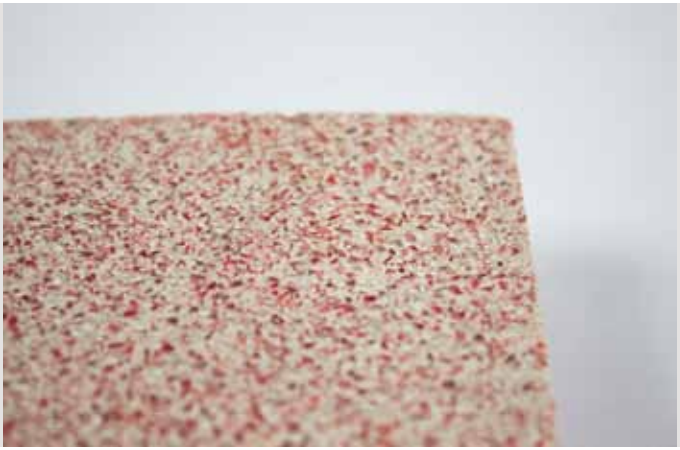
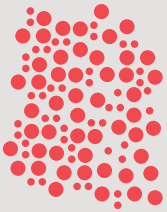
Liscia, è la superficie che ha subito un trattamento superficiale tale da rendere tutto completamente piano.

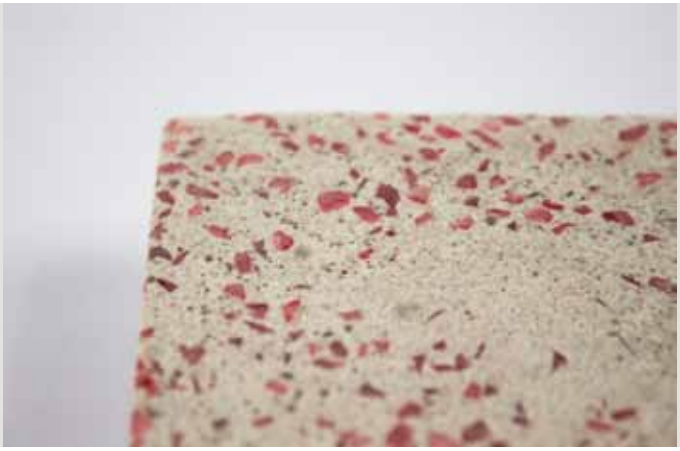
Rugosa, quando non vengono fatte finiture superficiali e la presenza di granulometria medio/grossa rende la texture molto pronunciata.

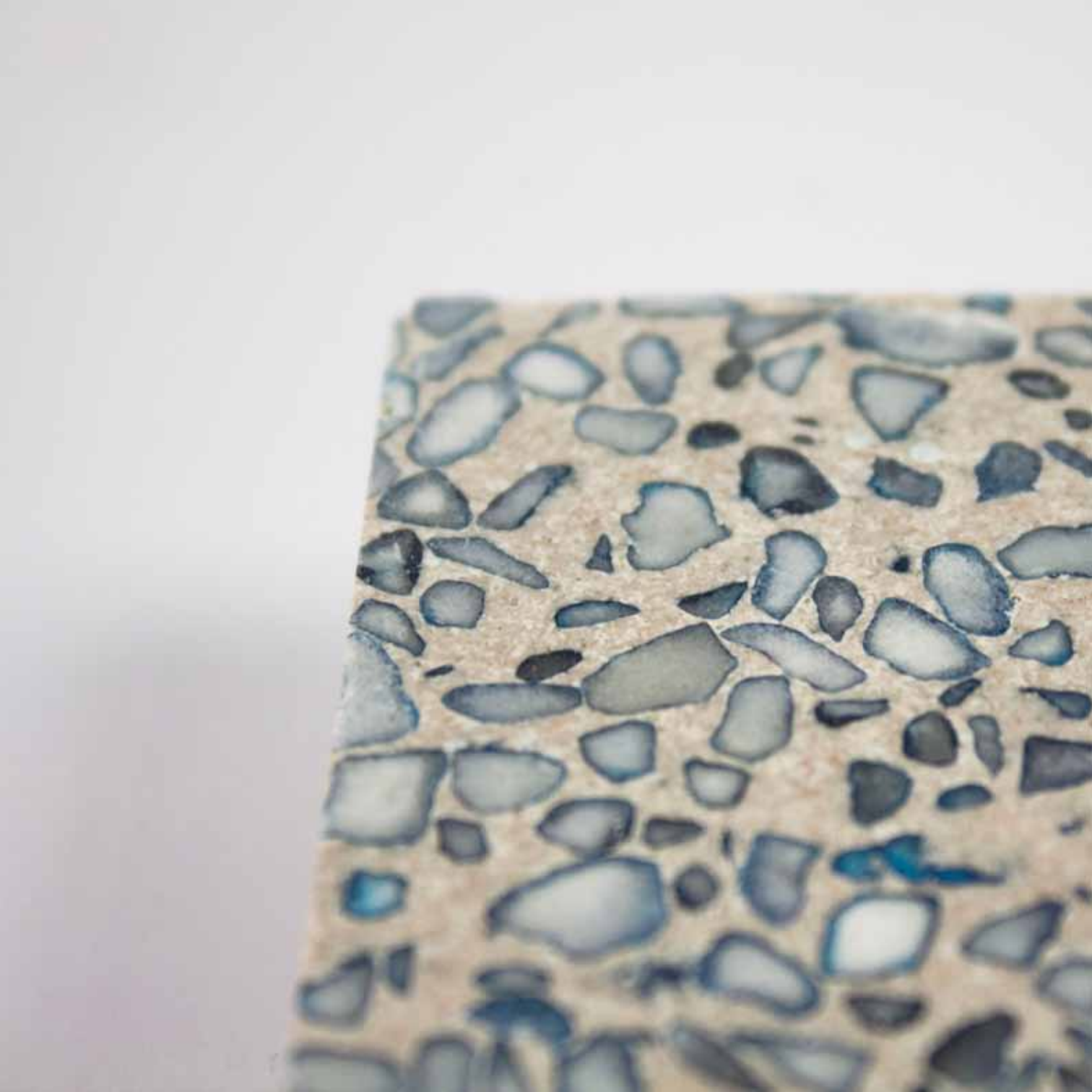
	Granulometria mm	Superficie	
Sabbia	 Fine 0,4-0,7		
Sabbia	 Fine 0,4-0,7		

	Superficie	Granulometria mm	
		 Media 2-3	Sabbia
		Media 2-3	Sabbia

	Granulometria mm	Superficie	
Sabbia	Grossa 5-8		
Sabbia	Grossa 5-8		

	Superficie	Granulometria mm	
		Fine 1-2	Vetro
		 Fine 1-2	Vetro

	Granulometria mm	Superficie	
Vetro	Media 1-4		
Vetro	Media 1-4		



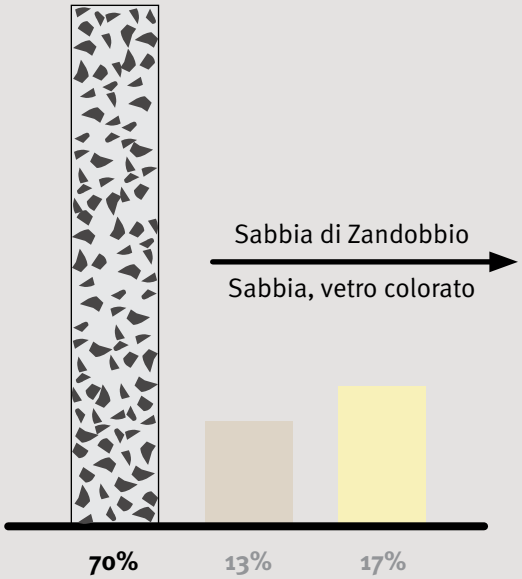
Rapporto sabbia, colore

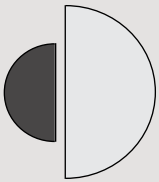
Fino ad ora abbiamo visto quanto granulometria e rugosità siano determinanti sulla percezione visiva tattile del materiale.
Ma non sono solo questi a definire il risultato estetico finale. Un'ultimo importate aspetto è il rapporto tra sabbia di Zandobbio e sabbia o vetro colorato.
Questo aspetto è stato studiato su diversi provini con l'inserimento del colore in diversa percentuale.
I risultati ottenuti sono notevoli. Infatti si è scoperto che con l'aumentare della percentuale di sabbia colorata la colorazione diventa più intensa. Modificando questo rapporto si possono ottenere sfumature diverse con lo stesso colore.

Dato che i provini sono piccoli, e la stampante è capace di stampare superfici grandi sei metri. Risultava difficile immaginare cosa sarebbe accaduto se la finitura fosse stata stampate su un oggetto di grandi dimensioni.

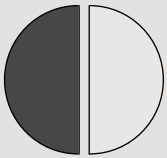
Per scoprire questo fatto, si è pensato di realizzare un patern di un mento per uno copiando ripetitivamente la finitura del provino.
L'esperimento ha avuto un grande successo, si è capito subito che aumentando la percentuale di colore all'interno della mescola la saturazione aumentava.
Mentre al contrario, se la percentuale di colore diminuiva la finitura, da distante, si avvicinava al bianco.

Per avere un confronto certo, per ogni granulometrie sono stati fatti tre provini con percentuali di colore diverse.
Come vedremo nelle pagine successive.

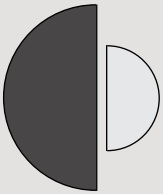




Sabbia di Zandobbio › Sabbia colorata



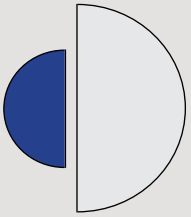
Sabbia di Zandobbio = Sabbia colorata



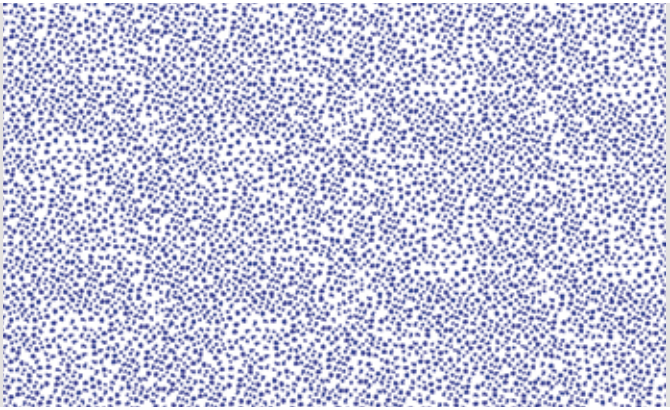
Sabbia di Zandobbio ‹ Sabbia colorata

Sabbia fine

20% Sabbia colorata

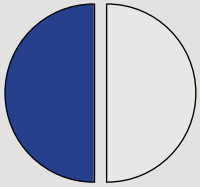


80% Sabbia di Zandobbio

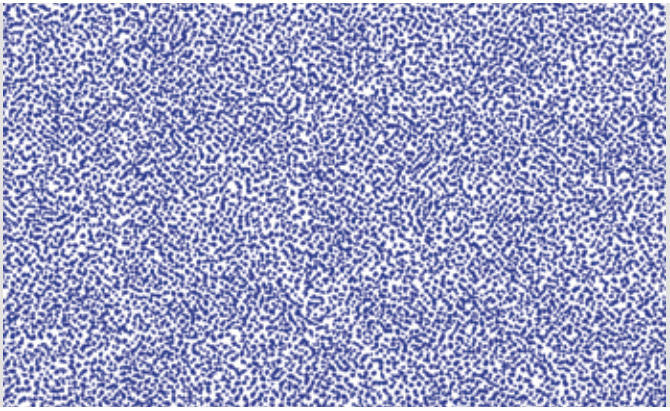


Sabbia fine

50% Sabbia colorata

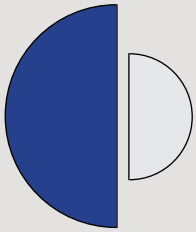


50% Sabbia di Zandobbio

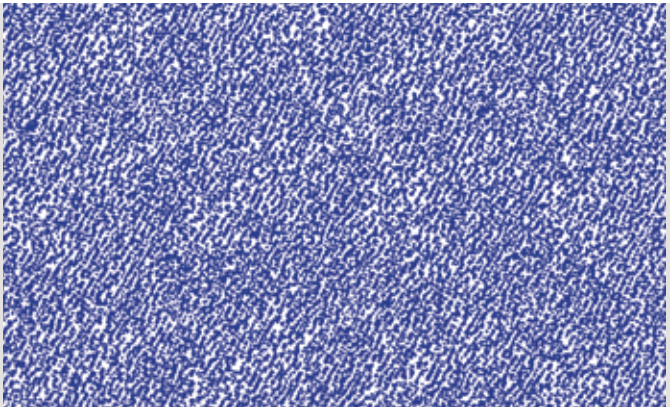


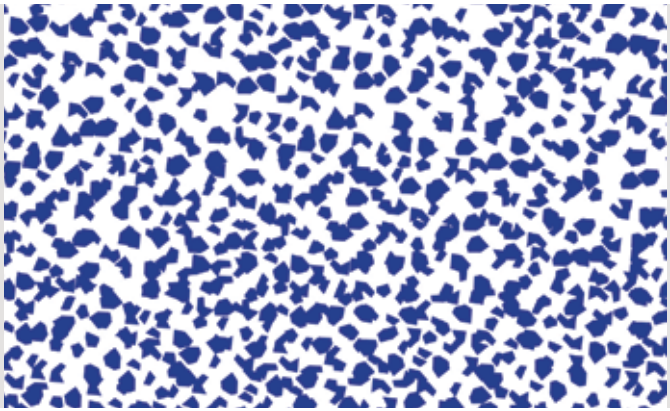
Sabbia fine

80% Sabbia colorata

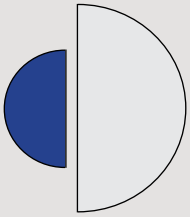


20% Sabbia di Zandobbio



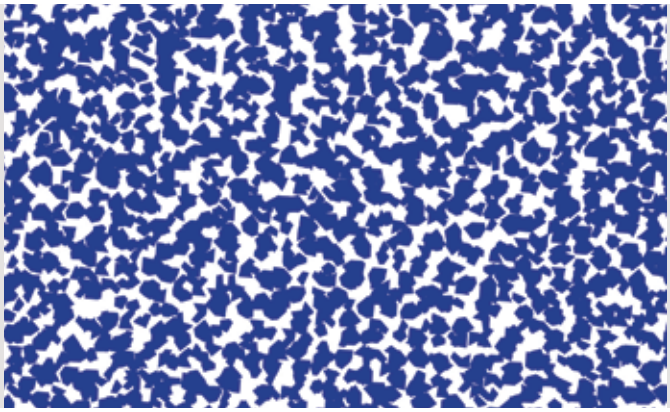


20%
Sabbia
colorata

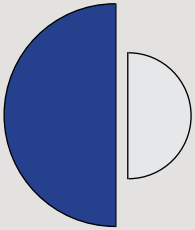


80%
Sabbia di
Zandobbio

Sabbia media

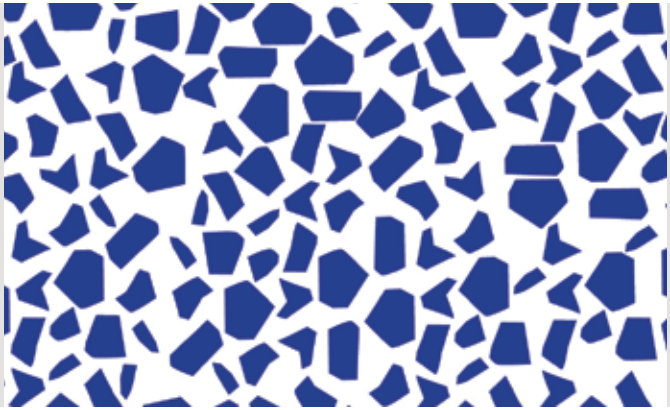


80%
Sabbia
colorata

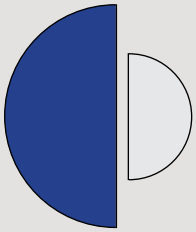


20%
Sabbia di
Zandobbio

Sabbia media



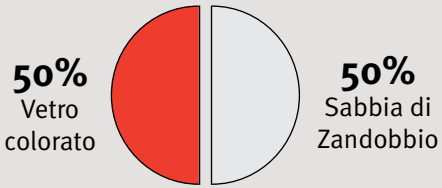
80%
Sabbia
colorata

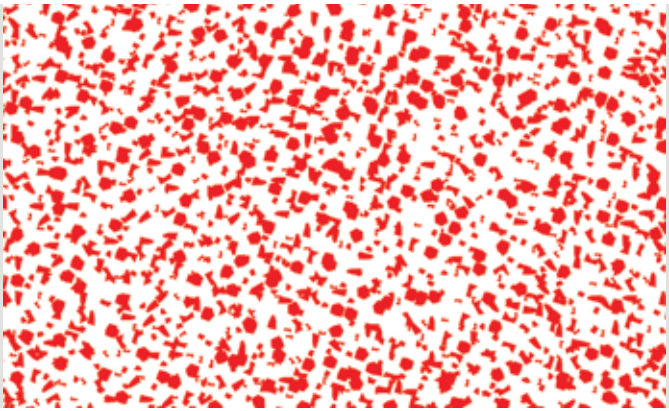


20%
Sabbia di
Zandobbio

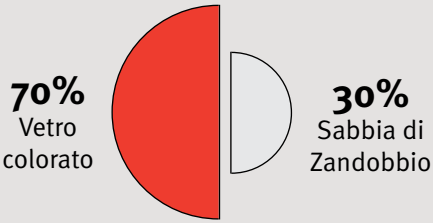
Sabbia grossa

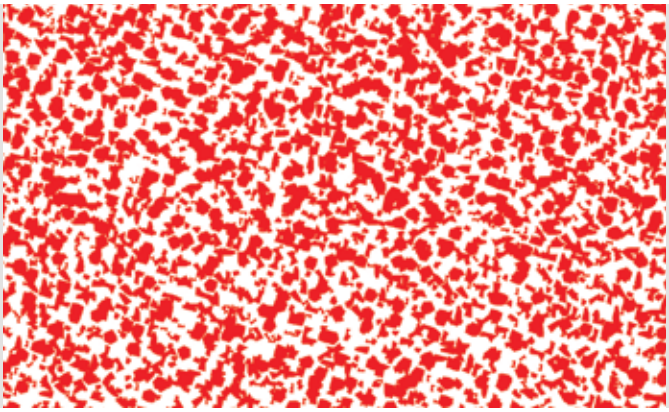
Vetro fine



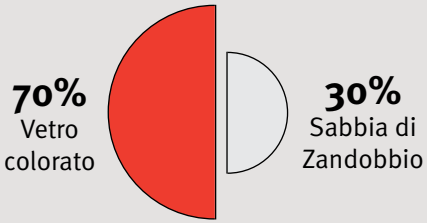


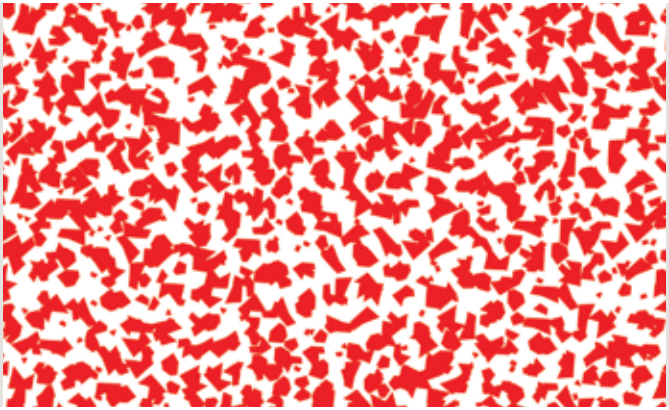
Vetro fine

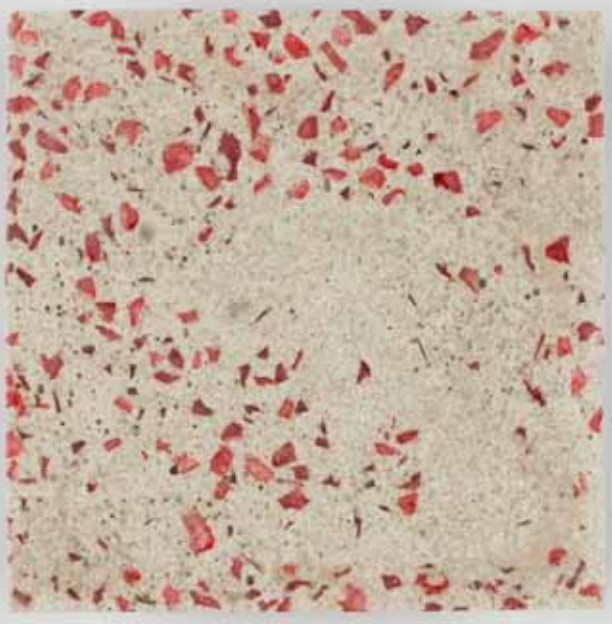




Vetro medio







Prossemica

Si definisce prossemica lo studio specializzato dei modi in cui «l'uomo struttura il microspazio, la distanza entro la quale gli uomini svolgono le loro transizioni quotidiane, l'organizzazione dello spazio nella casa e negli edifici e, infine, la struttura sapziale della città». Nelle intenzioni di Edward Hall, il fondatore della disciplina cui si deve la definizione qui riportata, la Prossemica si propone come studio unitario della relazione comportamento ambiente ossia come scienza capace di comprendere a un tempo gli aspetti di tipo naturalistico e quelli socio-culturali del rapporto detto.

Un riferimento per capire la prossemica è la discussione della ritrattistica fatta da Grosser. Secondo lui il ritratto si distingue da ogni altro genere di pittura, per una maggiore percezione psicologica. Nei riferimenti seguenti, Grosser descrive le percezioni del pittore rispetto la distanza tra lui e il soggetto durante la fase artistica.

Prima descrizione: artista ad una distanza pubblica.

"A più di quattro metri...ad una distanza che è più del doppio della nostra altezza normale, la figura umana è vista nella sua interezza: come un tutto a sé. A questo intervallo... ne notiamo soprattutto sagoma e proporzioni... la vediamo come se fosse ritagliata nel cartone... come qualcosa quasi privo di connessione con noi... E' soltanto per il senso di solidità e di profondità che cogliamo negli oggetti vicini, che proviamo un sentimento di partecipazione e simpateticità per le cose che guardiamo. A questa distanza invece la figura umana può essere vista in una volta sola, in una sola occhiata... viene compresa come un'unità, un tutto a sé... Qualunque significato o sensazione la figura ci possa trasmettere, non ha la sua nota dominante nell'espressione o nei tratti del viso, bensì nella positura delle membra del corpo... Il pittore può guardare il suo modello come fosse un albero in un paesaggio o una mela in una natura morta: il calore personale di chi posa davanti a lui non lo tocca."[1]

Seconda descrizione: artista ad una distanza sociale.

"La vera distanza del ritratto è invece compresa fra m 1,20 e m 2,40. Ora il pittore è abbastanza vicino da poter colgiere agevolmente la solidità e corporeità del modello, e insieme abbastanza lontano da non essere disturbato dall'incombere d'uno scorcio eccessivo. E' a questa distanza, che è poi quella normale della familiarità sociale e della pacata conversazione, che comincia a manifestarsi l'animo di chi è in posa... A meno di un metro, quando

1 Edward T. Hall. La dimensione nascosta: vicino e lontano: il significato delle distanze tra le persone. p.107

il modello è a portata di mano, la sua interiorità si offre troppo scopertamente per consentire una contemplazione disinteressata. Un metro è la distanza dello scultore che deve stare così vicino al suo modello da poterne sentire e stimare le forme anche con il tatto."[2]

Terza descrizione: artista ad una distanza intima, personale.

"Alla distanza propria del tatto, i problemi della raffigurazione dello scrocio prospettico diventano troppo ardui... Inoltre, ad una vicinanza così intima, la personalità di chi posa si impone con un risalto eccessivo: il modello influenza troppo fortemente il pittore, impedendo il necessario distacco dell'artista. La distanza propria del tatto non è adatta alla contemplazione visiva, ma a certe espressioni fiscio-motorie dei sentimenti: è la distanza della lotta e dell'amplesso."[3]

Hall prendendo spunto da queste descrizioni ha elaborato la sua teoria definendo quattro zone di distanza osservate dal comportamento umano:

- **La distanza intima**, 0-45 cm.
- **La distanza personale**, per l'interazione tra amici 45-120 cm.
- **La distanza sociale**, per la comunicazione tra conoscenti o il rapporto insegnante-allievo, 120-350 cm.
- **La distanza pubblica**, per le pubbliche relazioni, oltre i 350 cm.

E' importante confrontare le similitudini tra le descrizioni di Grosser e le teorie definite di Hall. Per avvicinaci all'argomento di laurea, nelle prossime pagine approfondiremo questo tema della distanza focalizzandoci sull'aparato visivo.

2 Edward T. Hall. La dimensione nascosta: vicino e lontano: il significato delle distanze tra le persone. p.108

3 Edward T. Hall. La dimensione nascosta: vicino e lontano: il significato delle distanze tra le persone. p.108

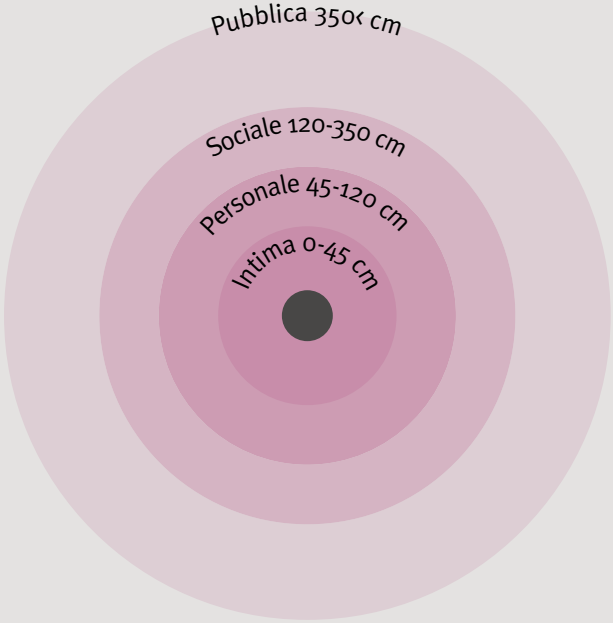
Come già accennato prima, la teoria di Hall sui comportamenti delle persone nello spazio parte da una base fisico sensoriale. L'antropologo sostiene che tutti i nostri comportamenti all'interno di uno spazio sono influenzati dai seguenti recettori: olfatto, vista, udito. Nel caso della tesi che stiamo trattando, sembra opportuno tenerne in considerazione solamente uno di questi. L'apparato visivo.

Come sappiamo la vista è stata l'ultimo dei sensi a svilupparsi, ed è di gran lunga il più compelsso. Gli occhi forniscono ai sistemi nervosi molte più notizie, e ad una volocità molto maggiore, del tatto e dell'udito. All'aperto, le informazioni che un cieco può raccolgiere non vanno più lontano di un cerchio del raggio variabile fra i sei e i trenta metri; mentre se avesse gli occhi, potrebbere ricevere messaggi sin dalle stelle.
Nell'uomo gli occhi compiono molte funzioni: gli consentono infatti di:
- Individuare a distanza i cibi, la presenza di amici, e lo stato fisico di molte sostanze.
- Dirigersi su ogni terreno immaginabile, evitando ostacoli e pericoli.
- Fabbricare utensili, curare sè e gli altri, valutare gli aspetti di persone e cose, e raccogliere informazioni sugli stati emotivi.

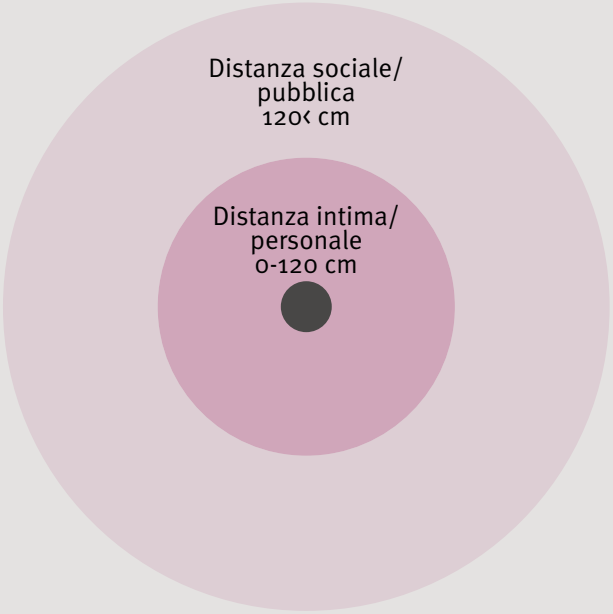
Dopo questo discorso teorico, è giusto definire il motivo per cui si vuole introdurre l'uso di queste distanze nel nostro progetto.
Sappiamo bene che la stampante D-shape è capace di stampare pezzi di piccole e grandi dimensioni: dal piccolo vaso alle pareti di un edificio. Di conseguenza si può dire che questi due prodotti di estreme dimensioni sono percepiti da distanze diverse.
Non si poteva tralasciare un grafico che stabilisse le migliori finiture da utilizzare a seconda delle dimensioni del pezzo progettato.

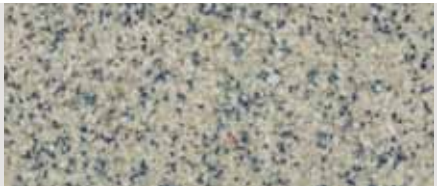
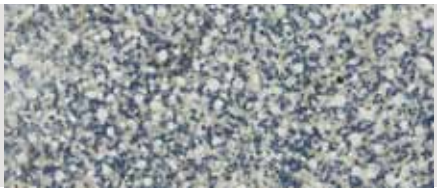
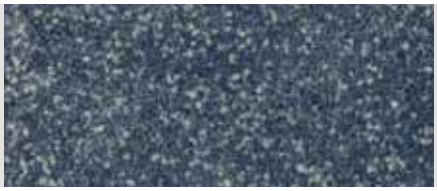
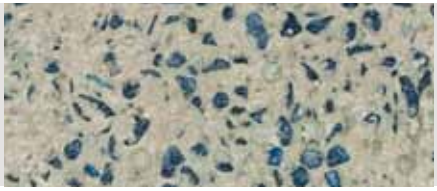
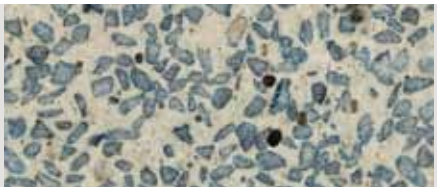
Nella pagina a lato sono rappresentati due grafici. Il primo sulla sinistra rappresenta le quattro zone di distanza di Hall. Il secondo, sulla destre, una sua semplificazione ci aiuta a capire per quale distanza la finitura è più adeguata.

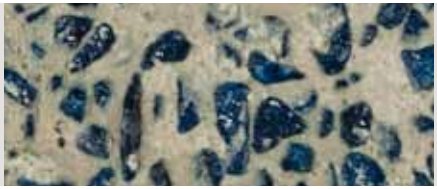
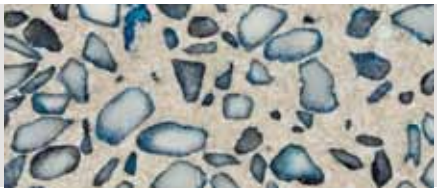
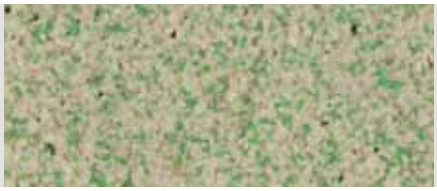
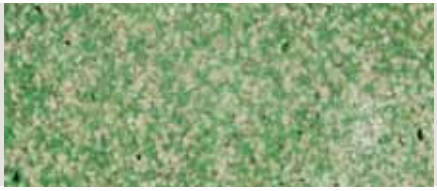
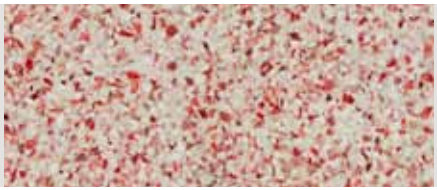
Distanze prossemiche visive

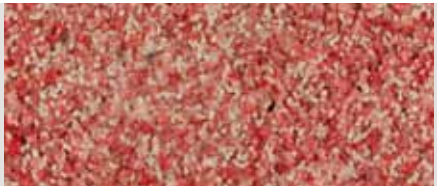
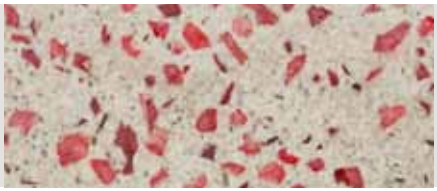
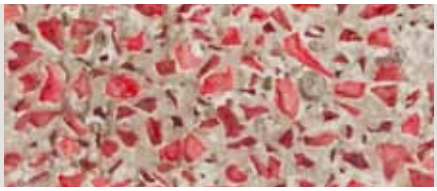


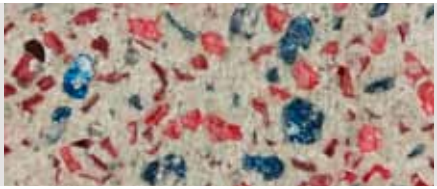
Distanze prossemiche visive considerate

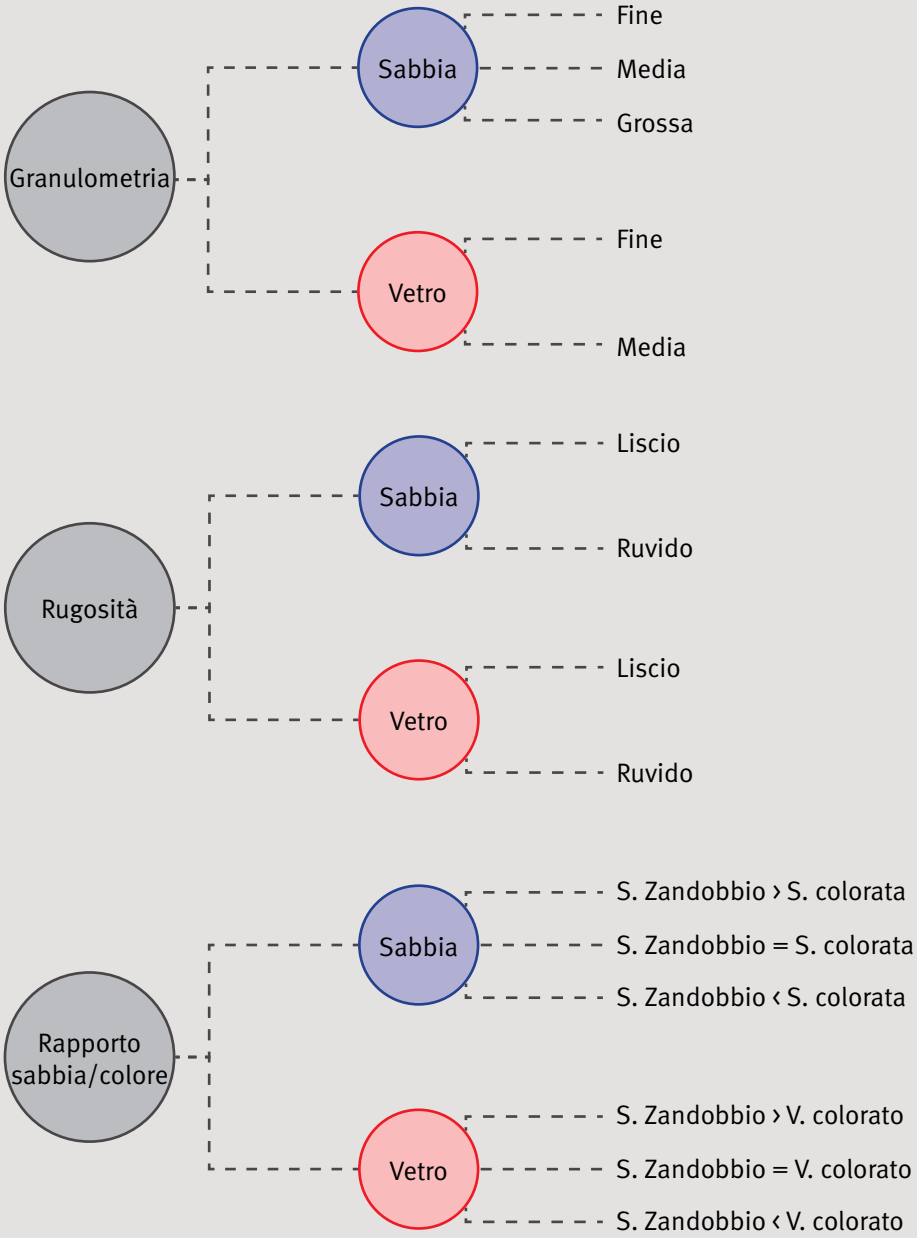


Materiale	Granulometria mm	Rapporto sabbia %	Rugosità	
Sabbia	0,4-0,7	80% / 20%		
Sabbia	0,4-0,7	50% / 50%		
Sabbia	0,4-0,7	80% / 20%		
Sabbia	2-3	50% / 50%		
Sabbia	2-3	80% / 20%		

Materiale	Granulometria mm	Rapporto sabbia %	Rugosità	
Sabbia	5-8	20% / 80%		
Sabbia	5-8	20% / 80%		
Sabbia	0,4-0,7	80% / 20%		
Sabbia	0,4-0,7	20% / 80%		
Vetro	1-2	50% / 50%		

Materiale	Granulometria mm	Rapporto sabbia %	Rugosità	
Vetro	1-2	30% / 70%		
Vetro	1-4	70% / 30%		
Vetro	1-4	30% / 70%		
Sabbia	0,4-0,7	50% / 50%		
Sabbia	0,4-0,7	50% / 50%		

Materiale	Granulometria mm	Rapporto sabbia %	Rugosità	
Vetro/sabbia	1-2/5-8	70% 30%		
Provino in vetro	1-4	70% 30%		


Granulometria
Sabbia
Fine
Media
Grossa
Vetro
Fine
Media
Rugosità
Sabbia
Liscio
Ruvido
Vetro
Liscio
Ruvido
Rapporto sabbia/colore
Sabbia
S. Zandobbio › S. colorata
S. Zandobbio = S. colorata
S. Zandobbio ‹ S. colorata
Vetro
S. Zandobbio › V. colorato
S. Zandobbio = V. colorato
S. Zandobbio ‹ V. colorato

Indicazioni progettuali

A questo punto, avendo una visione globale di come è composto il materiale e quali sono i parametri che modificano l'estetica finale. Si è pensato di dare delle linee guida sui campi di utilizzo delle finiture per capirne le possibilità progettuali.

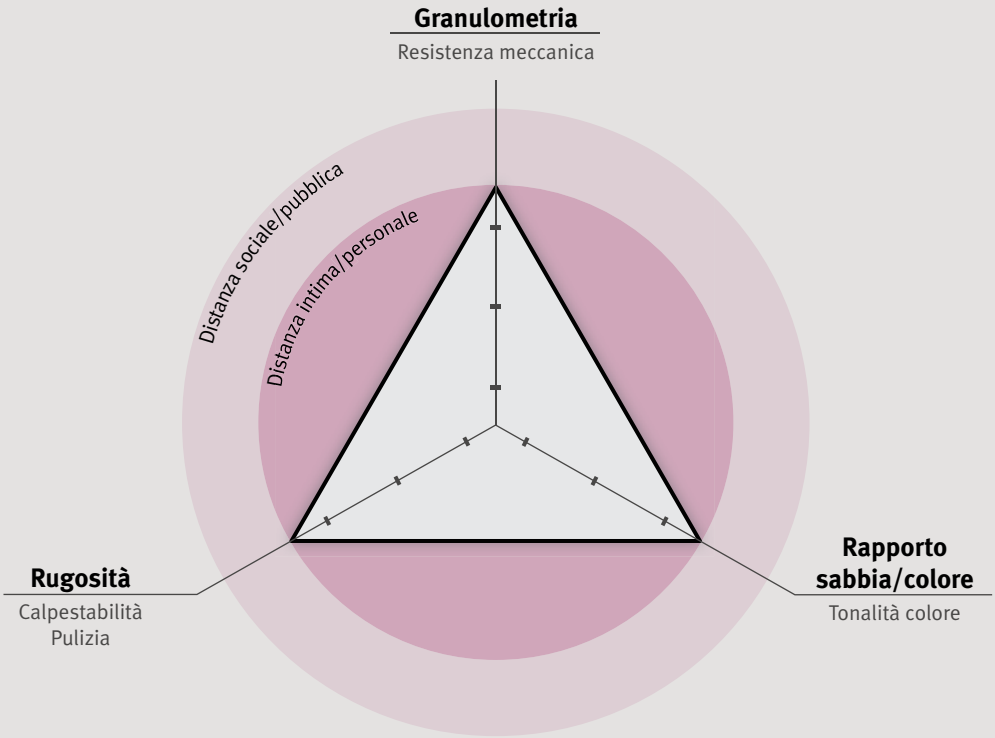
Riassumendo l'argomento visto nei paragrafi precedenti possiamo dire brevemente che l'estetica del prodotto è influenzata dalla granulometria, dalla rugosità e dal rapporto sabbia Zandobbio e sabbia/vetro colorato. E la sua percezione viene definita dalla distanza da cui si osserva l'oggetto.
Di conseguenza si è pensato di inserire i parametri di caratterizzazione all'interno di un grafico a tre assi, mentre si è rappresentato con dei cerchi la distanza per la quale l'oggetto dovrebbe esser percepito, brevemente questo paramento determina la dimensione del pezzo.

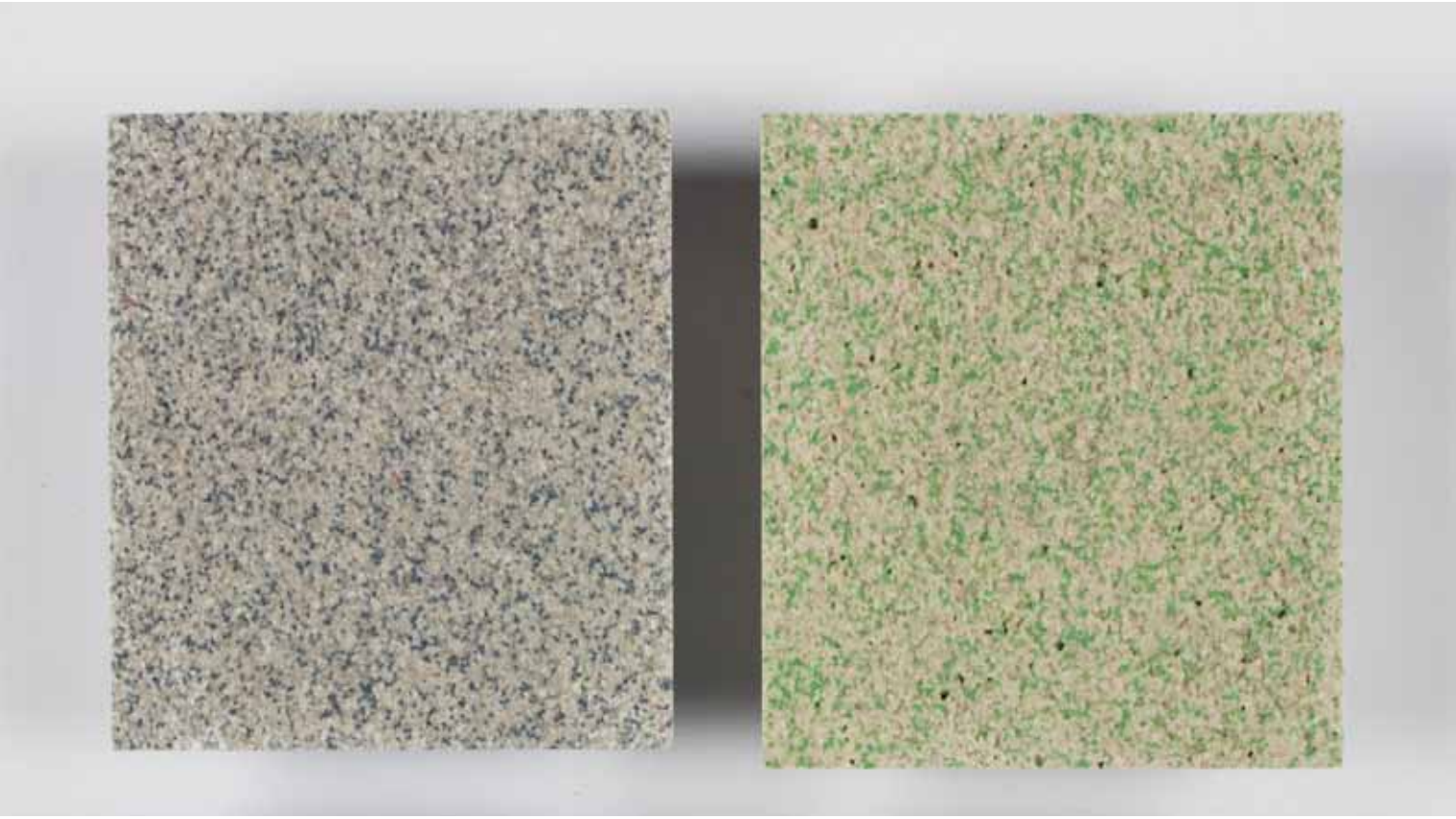
Affianco alla rappresentazione di ogni provino sono stati scritti dei punti di accompagnamento al grafico:

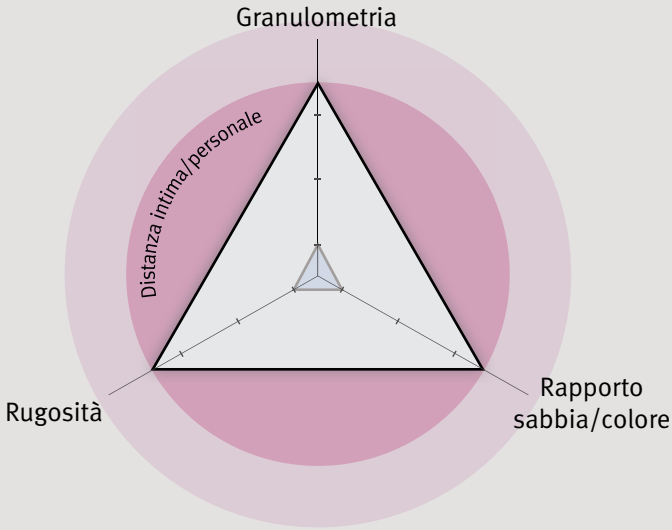
Le caratteristiche, sono strettamente legate ai parametri, determinano quale uso è più indicato per la finitura. In questo caso ci si riferisce: alle dimensioni del pezzo, la saturazione del colore, la texture che definisce la calpestabilità del materiale e la pulizia;

La descrizione, riassume l'estetica della finitura e motiva le caratteristiche attribuite;
Per concludere, **le linee guida** servono ad inderizzare le finiture verso una applicazione strategica nell'architettura e nel design.

Il grafico assieme alla descrizione, diversifica le destinazioni progettuali di ogni finitura. Questo combinazione si dimostra utile nel momento della scelta di una finitura in ambito progettuale.


Granulometria
Resistenza meccanica
Distanza sociale/pubblica
Distanza intima/personale
Rugosità
Calpestabilità
Pulizia
Rapporto
sabbia/colore
Tonalità colore





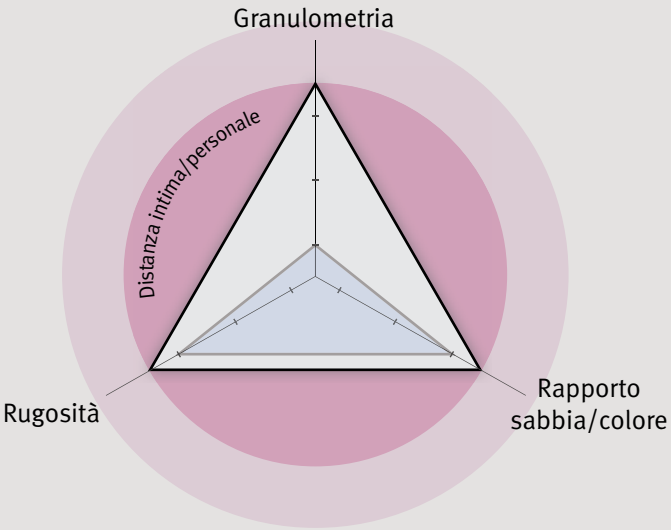
Caratteristiche:
- Oggetti di piccole, medie dimensioni

- Bassa saturazione

- Non calpestabile, difficile pulizia

Descrizione:
La presenza della granulometria sottile e il basso rapporto del colore rende la finitura elegante e fine. Ideale per stampare prodotti di piccole dimensioni.

Linee guida:
Vasi, piccoli componenti d'arredo per esterno.



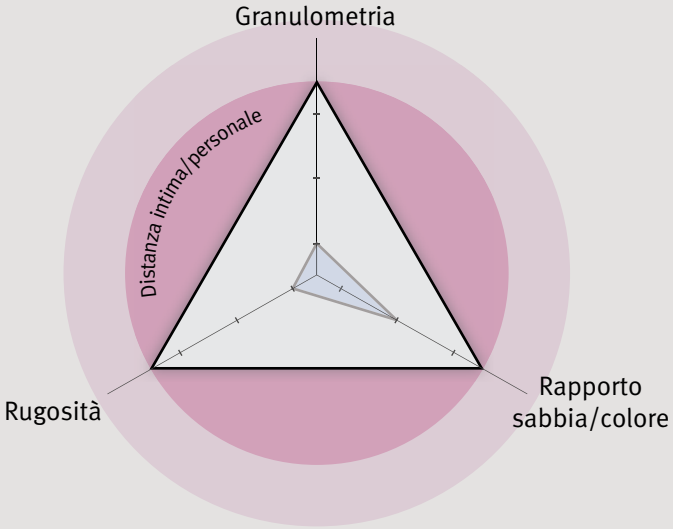
Caratteristiche:
- Oggetti di piccole dimensioni

- Alta saturazione

- Non calpestabile, difficile pulizia

Descrizione:
Simile all'esempio precedente, cambia solamente la percentuale di colore, che prevale sulla sabbia bianca. Questa caratteristica rende la finitura costosa per cui si consiglia l'utilizzo solamente su oggetti di piccola dimensione.

Linee guida:
Piccoli componenti d'arredo.



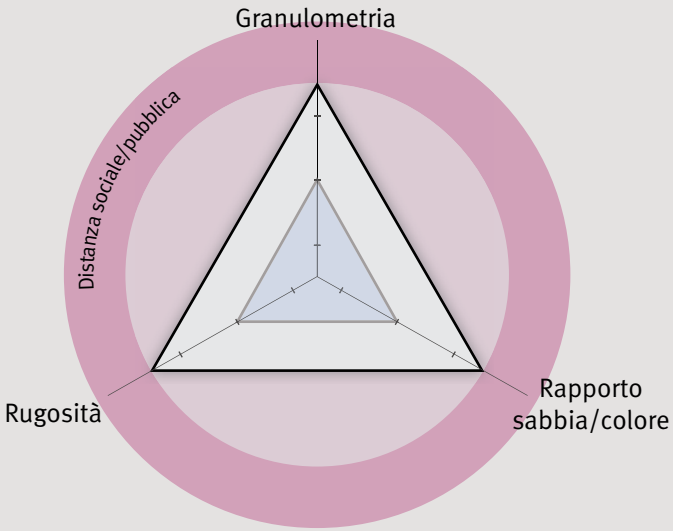
Caratteristiche:
- Oggetti di piccole dimensioni

- Media saturazione

- Calpestabile, facile pulizia

Descrizione:
Punto forte di questa finitura è la superficie liscia di facile pulizia che favorisce il contatto con la persona. Come detto però la lisciatura è un processo manuale che si può fare solamente su piccole superfici.

Linee guida:
Vasi per interni, componenti d'arredo come tavolini, sedie, sgabelli.



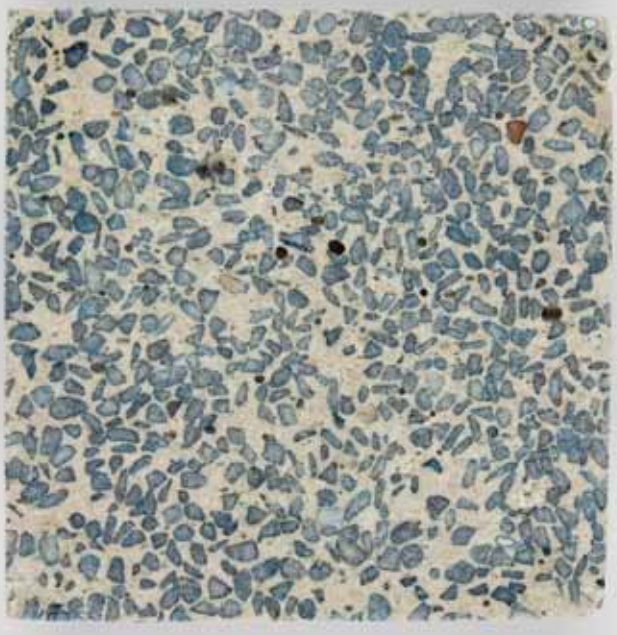
Caratteristiche:
- Architetture di grandi dimensioni; piccoli, medi oggetti

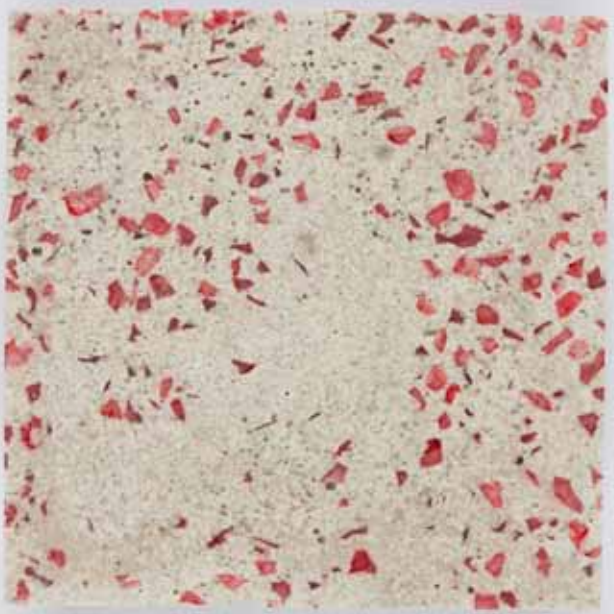
- Media saturazione

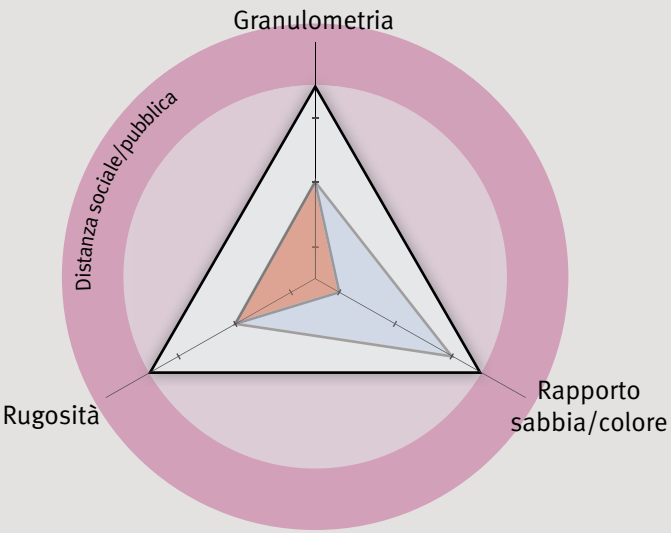
- Non calpestabile, difficile pulizia

Descrizione:
Con l'aumentare della granulometria si può pensare di utilizzare le finiture su architetture di grande scala. Ma non si escludono comunque i piccoli, medi oggetti.
La texture superficiale grezza non favorisce il contatto, per cui si esclude l'utilizzo su arredamenti funzionali.

Linee guida:
Muri architettonici, sculture, arredo decorativo per esterni.







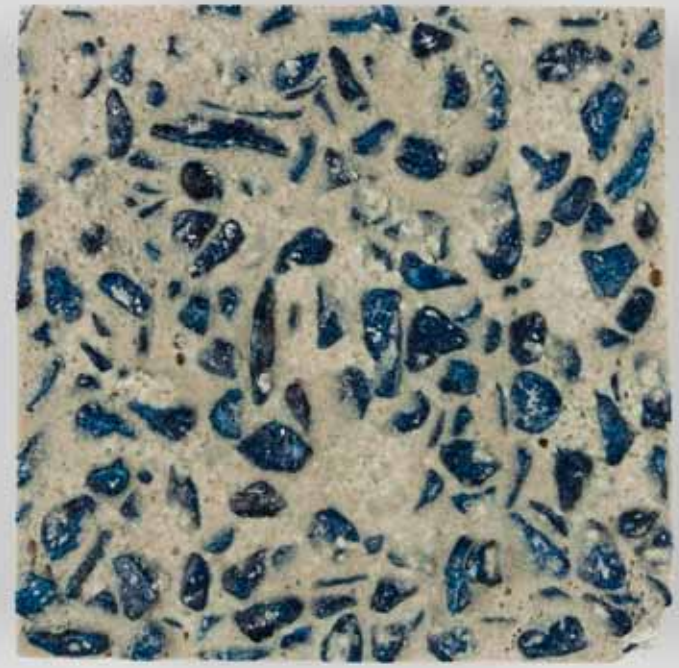
Caratteristiche:
- Piccoli, medi oggetti

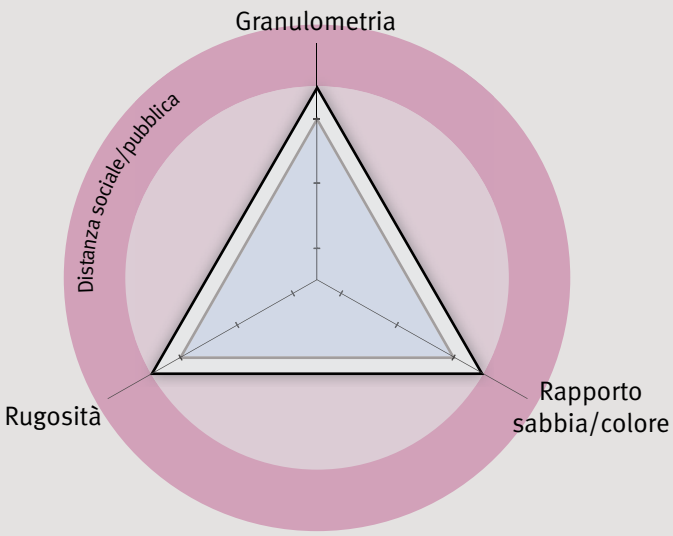
- Alta saturazione(provino 1)
  Bassa saturazione(provino 2)

- Calpestabile, facile pulizia

Descrizione:
Come detto la rifinitura manuale rende difficile avere una superficie liscia su strutture di grandi dimensioni. Per questo queste due tipologie sono più indicate per oggetti di media piccola dimensione.

Linee guida:
Vasi per interni, componenti d'arredo come tavolini, sedie, sgabelli.





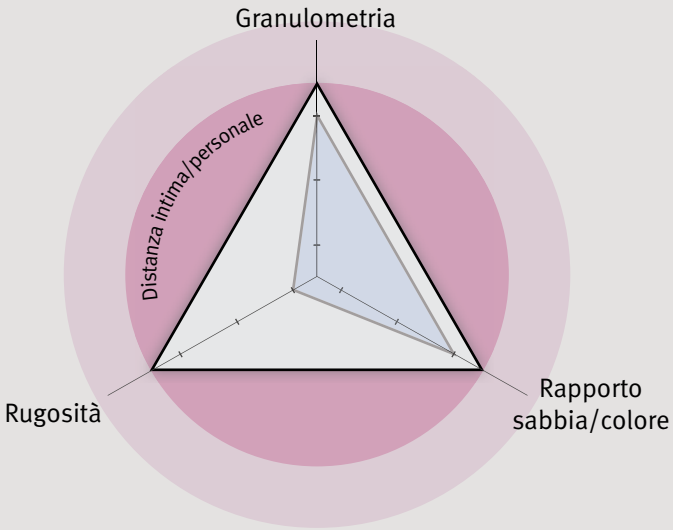
Caratteristiche:
- Grandi architetture; piccoli, medi oggetti

- Alta saturazione

- Non calpestabile, difficile pulizia

Descrizione:
Questo è l'unico esempio di provino non rifinito di granulometria grossa. Il risultato estetico è molto bello e può essere utilizzato benissimo per architetture di grandi dimensioni. Anche qui non si esclude l'uso su pezzi più piccoli, ma solo a scopi decorativi.

Linee guida:
Sculture, architetture per esterni, componenti d'arredo decorativi.



Caratteristiche:
- Piccoli, medi oggetti

- Alta saturazione

- Calpestabile, facile pulizia

Descrizione:
Le sfumature della sezione della sabbia rendono questa finitura molto particolare, molto simile ai graniti usati per le pavimentazioni. Il consiglio è di usare questa finitura per piccoli oggetti.

Linee guida:
Piccoli componenti d'arredo da interno.

Conclusioni

In questo lavoro ho cercato ti mettere in luce il grande miglioramento tecnologico che le stampanti tridimensionali hanno avuto, e continuano ad avere, in ogni loro aspetto: dalla risoluzione di stampa al funzionamento. Ho quindi sottolineato come i materiali stampabili non siano, ad oggi, all'altezza del progresso tecnico e come essi siano costantemente al centro dell'attenzione sia dei ricercatori che dei consumatori.

E' proprio da questa volontà di apportare dei miglioramenti estetici al materiale di stampa che nasce la decisione di concentrarsi in una sola tecnologia, nello specifico quella della stampante D-shape.

Questo macchinario, per la realizzazione del prodotto finale, utilizza una mescola composta principalmente da sabbia che, a contatto con del collante liquido, solidifica. L'abbondante presenza di questo materiale conferisce agli oggetti stampati un colore prettamente bianco, quindi freddo e povero. Per rendere i prodotti stampati più vivaci e piacevoli si è quindi deciso di aggiungere alla mescola originale sabbia e vetro colorati in quantità e granulometrie differenti. Il risultato di tale esperimento è stato fin da subito molto interessante sia da un punto di vista visivo sia da un punto di vista materiale: la variazione della quantità di sabbia, piuttosto che di quella del vetro, conferisce ai provini realizzati, risultati estetici molto differenti.

Dopo aver realizzato l'idea iniziale, difficile era capire e far capire, in quale ambito progettuale queste finiture potessero essere utilizzate. Per risolvere questo problema si è quindi deciso di costruire uno strumento valutativo per l'azienda, capace, attraverso un grafico e una descrizione, di guidare il design nella scelta della finitura in base agli usi progettuali del pezzo da stampare.

Infine, consapevoli che la grandezza dell'oggetto incide sulla scelta della finitura, si è deciso di inserire un parametro aggiuntivo che, in base al diagramma della prossemica di Hall identifica la granulometria più appropriata date le dimensioni e la natura del pezzo da stampare.

Per concludere, vorrei sintetizzare in quattro punti i miglioramenti che, a mio parere, questa tesi ha portato al materiale e dunque all'azienda:

- Ampliamento della scelta progettuale
Con le nuove finiture superficiali l'azienda avrà la possibilità di ampliare notevolmente le scelte da catalogo. Infinite, infatti, sono le combinazioni di colore e granolumetrie realizzabili e utilizzabili. Ciò darà all'azienda la possibilità di rispondere più efficacemente alle esigenze della clientela.

- Perdita di linearità
Se prima la scelta del materiale era univoca e permetteva quindi la realizzazione di prodotti esclusivamente bianchi, ora, grazie all'aggiunta dei nuovi materiali nella mescola, vi è la possibilità di scegliere la finitura più adatta all'oggetto che si vuole stampare. In particolare è

possibile scegliere la granulometria di sabbia e vetro, la tiratura superficiale e la saturazione del colore che meglio si adattano al progetto.

- Basso impatto visivo
I problemi riguardanti l'integrazione delle architetture con l'ambiente circostante sono noti ad architetti e designer. A tal proposito le strutture stampate con D-shape sono già state soggette a critiche proprio per la freddezza e durezza con cui esse si presentano.
La possibilità di modificare la loro colorazione permette di andare a migliorare il loro impatto paesaggistico.

- L'ambiente
L'attenzione alla sostenibilità è diventato ormai un obbligo per le aziende che vogliono garantire una responsabilità sociale. Fin dagli inizi la Dinitech ha appoggiato questa filosofia. La scelta di usare, come materiale di base, sabbie locali rende D-shape una tecnologia particolarmente attenta alla sostenibilità di un'economia delle costruzioni a chilometro zero.
Da qui nasce la scelta di utilizzo di sabbia e vetro colorati, materiali che, se da un lato apportano miglioramenti estetici ai prodotti realizzati, dall'altro rimangono coerenti con la filosofia della sostenibilità.

Bibliografia

Angela Vettese. Capire l'arte contemporanea: dal 1945 a oggi. Torino: U. Allemandi 2006.

Alessandro Biamonti, a cura di Andrea Branzi. Capire il design. Firenze: Giunti 2007.

A. Cigada, B. Del Curto, R. Frassine, G. Fumagalli, M. Levi, C. Marano, M. P. Pedeferri, M. Rink. Materiali per il design: introduzione ai materiali e alle loro proprietà. Milano: Epitesto 2006.

Chua Chee Kai Leong Kah Fai. Rapid prototyping: principles & applications in manufacturing. New York: John Wiley & sons 1997.

Edward T. Hall, introduzione di Umberto Eco. La dimensione nascosta: vicino e lontano: il significato delle distanze tra le persone. Milano: Tascabili Bompiani 2001.

Giulio Ceppi. Epigenesi del design. Aracne: 2010.

Ian Gibson. Advanced manufacturing technology for medical applications: reverse engineering, software conversion and rapid prototyping. Chichester: Wiley 2005.

Jorrit Tornquist. Colore e luce : teoria e pratica. Milano: Istituto del colore 1999.

Justin McGurik. Il salone che verrà. Domus 959 Giugno 2012. p.84-93

Marino Barovier. Carlo Scarpa Venini 1932-1947. Skira: 2012.

Loredana Mascheroni. Autoprogettazione robotica. Domus 957, Aprile 2012. p.50-53.

Paulo Jorge da Silva Bártolo. Innovative developments in design and manufacturing : advanced research in virtual and rapid prototyping. London : CRC 2010.

S. de Capitani di Vimercate. Il quarzo: sue proprieta e sue applicazioni. Milano: Istituto radiotecnico, sezione superiore. Tratto dalla tesi di laurea di Stefano Carboni; relatore: Sergio Pivato; correlatore: Sergio Ascari. Riciclare il vetro. Milano: S.l. 1995.

Tim Maude, Graham Willis. Rapid prototyping: the management of software risk. London: Pitman, 1991.

Valentina Rognoli, Marinella Levi. Materiali per il design: espressività e sensorialità. Milano: Polipress 2005.

Siti internet

http://3dhomemade.blogspot.it/
http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-12507034
http://i.materialise.com/materials
http://develop3d.com/profiles/the-man-who-prints-buildings
http://lospiritodeltempo.wordpress.com/2012/04/19/stampa-3d-di-intere-abitazioni-e-implicazioni-per-il-futuro/
http://www.societing.org/2012/06/stampanti-3d-un-ecosistema-di-peer-production-in-crescita/
http://surveys.peerproduction.net/2012/05/manufacturing-in-motion/
http://www.freedomofcreation.com/
http://www.oneoff.it/press
http://www.shapeways.com/
http://gadget.wired.it/news/mondo_computer/2012/05/10/next-berlin-sculpteo-stampa-3d-09876.html
http://www.focus.it/scienza/la-bistecca-che-si-stampa-in-cucina_C12.aspx
http://www.drooglab.com/projects/events/material-matters--a-future-furniture-fair/
http://www.domusweb.it/en/upcoming-event/salone-2012-domus-and-audi-present-the-future-in-the-making/
http://www.designboom.com/weblog/cat/8/view/20611/food-printer-by-gglab-deniz-manisali-at-milan-design-week-2012.html
http://www.ponoko.com/
http://www.dinitech.it/
http://www.directindustry.it/prod/3d-systems/stampanti-3d-a-colori-per-prototipizzazione-rapida-19418-382312.html
http://i.materialise.com/blog/entry/category/3d-printing
http://www.robaid.com/gadgets/3d-chocolate-printer-lets-you-get-creative-with-chocolate.htm
http://www.dezeen.com/2012/04/22/dezeen-studio-sunday-at-most/
http://www.digitalforming.com/case-studies.html
http://it.evidecor.ro/Evidecor-decoratiuni.html
http://www.ghisiwalter.it/contatti.aspx
http://www.bbc.com/news/technology-12069495

http://www.bombardieri.com/
http://gadget.wired.it/news/mondo_computer/2012/05/11/cube-la-stampante-3d-da-casa-45577.html

Video di riferimento
http://www.youtube.com/watch?v=HBxx8XTpDZ4
http://www.youtube.com/watch?v=HjZDcDwNKng
http://www.youtube.com/watch?v=SC7vrwbksrw
http://www.youtube.com/watch?v=FauBDaJRyMQ
http://www.youtube.com/watch?v=K5ib65Z4_dA
https://www.youtube.com/watch?v=RYaRUVTwIVc
http://www.youtube.com/watch?v=OzErSh_44ng

Riferimenti iconografici

Fig. 1: disegno aquerello autoprodotto
Fig. 2: disegno acquerello autoprodotto ---------- 10
Fig. 3: http://i.materialise.com/
Fig. 4: fonte: Rapid prototyping: principles & applications in manufacturing
Fig. 5: http://www.zcorp.com/
Fig. 6: fonte: Rapid prototyping: principles & applications in manufacturing
Fig. 7: http://www.euromold.com/
Fig. 8: Macchinario del designer olandese Dirk KooiFig
Fig. 9: fonte: Rapid prototyping: principles & applications in manufacturing
Fig. 10: fonte: Rapid prototyping: principles & applications in manufacturing
Fig. 11: http://www.zcorp.com/en/home.aspx ---------- 27
Fig. 12: grafico sulla diffusione delle stampanti
Fig. 13: grafico sullo scopo di miglioramento
Fig. 14: grafico sui materiali utilizzati
Fig. 15: grafico sui miglioramenti voluti dagli utenti
Fig. 16: disegno acquerello autoprodotto
Fig. 17: grafico sulle proprietà dei polimeri
Fig. 18: http://www.zcorp.com/en/home.aspx
Fig. 19: http://i.materialise.com/
Fig. 20: http://i.materialise.com/ particolare ---------- 37
Fig. 21: grafico sulla proprietà dei metalli
Fig. 22, 23, 24: http://i.materialise.com/
Fig. 25: grafico sulle proprietà di alti materiali
Fig. 26, 27: http://i.materialise.com/
Fig. 28: foto autoprodotta
Fig. 29, 30: http://i.materialise.com/
Fig. 31: disegno acquerello autoprodotto
Fig. 32: pelle artificiale http://www.lettera43.it/
Fig. 33: cioccolato stampato http://www.flamingoshanghai.com/ ---------- 49

Fig. 34: opera dell'artista Eyal Gever
Fig. 35: abito della stilista Iris Van Herpen ---------- 53
Fig. 36: http://www.freedomofcreation.com/
Fig. 37, 38, 39: http://i.materialise.com/
Fig. 40, 41: Arredamento del designer olandese Dirk KooiFig
Fig. 42, 43: foto autoprodotta Tom Dixon Palazzo Clerci
Fig. 44: http://www.digitalforming.com/
Fig. 45: foto dell'archivio Dinitech
Fig. 46: disegno acquerello autoprodotto
Fig. 47: grafico del progresso dell'azienda
Fig. 48: foto dell'archivio Dinitech ---------- 66
Fig. 49,50,51,52,53,54,55,56: foto dell'archivio Dinitech
Fig. 50: illustrazioni autoprodotte
Fig. 57: foto dell'archivio Dinitech
Fig. 58: grafico autoprodotto sulla risoluzione
Fig. 59, 60, 61: caratteristiche meccaniche, foto dell'archivio Dinitech
Fig. 62, 63, 64, 65: sculture, foto dell'archivio Dinitech
Fig. 66, 67, 68, 69: prodotti, foto dell'archivio Dinitech
Fig. 70, 71, 72, 73: architettura/design, foto dell'archivio Dinitech
Fig. 74, 75, 76: progetto casa in Sardegna, foto dell'archivio Dinitech ---------- 80
Fig. 77, 78, 79: progetto parco acquatico, foto dell'archivio Dinitech
Fig. 80: http://www.texturepalace.com/
Fig. 81: http://www.westcoastpeaks.com/
Fig. 82: http://www.viaggiaresempre.it/
Fig. 83: tavolino, foto autoprodotta
Fig. 84: foto autoprodotta
Fig. 85: disegno acquerello autoprodotto
Fig. 86: http://www.gerstaecker.ch/
Fig. 87: http://www.bizoo.ro/ ---------- 89

Fig. 88: http://www.crama.it/
Fig. 89: disegno acquerello autoprodotto ---------- 89
Fig. 90, 91, 92, 93: infinity, Yayoi Kusama
Fig. 94: http://www.heirloomhourglass.com/
Fig. 95: http://gallery.spacebar.org/
Fig. 96: grafico autoprodotto granolumetria
Fig. 97: ilustrazioni autoprodotte
Fig. 98: foto autoprodotta
Fig. 99, 100, 101, 102: foto autoprodotta
Fig. 103: foto autoprodotta campioni
Fig. 104, 105, 106: foto autoprodotte campioni ---------- 105
Fig. 106, 107, 108: foto autoprodotte provini
Fig. 109, 110: foto autoprodotte provini
Fig. 111: foto autoprodotta
Fig. 112: foto autoprodotta
Fig. 113: foto autoprodotta
Fig. 114: foto autoprodotta
Fig. 115: foto autoprodotta
Fig. 116: foto autoprodotta
Fig. 117: disegno acquerello autoprodotto ---------- 114
Fig. 118: grafico Udden-Wentworth
Fig. 119: schedario autoprodotto granolumetria
Fig. 200: schedario autoprodotto rugosità
Fig. 201: foto autoprodotta
Fig. 202: collage foto autoprodotta
Fig. 203: illustrazione autoprodotta
Fig. 204: schedario autoprodotto saturazione
Fig. 205: foto autoprodotta
Fig. 206: foto autoprodotta ---------- 136

Fig. 207: foto autoprodotta
Fig. 208: Illustrazione grafico Edward Hall ---------- 141
Fig. 209: illustrazione autoprodotta
Fig. 210: schedario complessivo autoprodotto
Fig. 211: grafico autoprodotto
Fig. 212: foto autoprodotta
Fig. 213: grafico autoprodotto
Fig. 214: foto autoprodotta
Fig. 215: grafico autoprodotto
Fig. 216: foto autoprodotta
Fig. 217: grafico autoprodotto ---------- 153
Fig. 218: foto autoprodotta
Fig. 219: grafico autoprodotto
Fig. 220: foto autoprodotta
Fig. 221: grafico autoprodotto
Fig. 222: foto autoprodotta
Fig. 221: grafico autoprodotto
Fig. 222: foto autoprodotta
Fig. 221: grafico autoprodotto
Fig. 222: diagramma conclusico ---------- 162