

Cilindro Piaggio 50cc

Modellazione CAD e simulazione di colata a
scopo didattico

Progetto TM A.A. 2017-2018

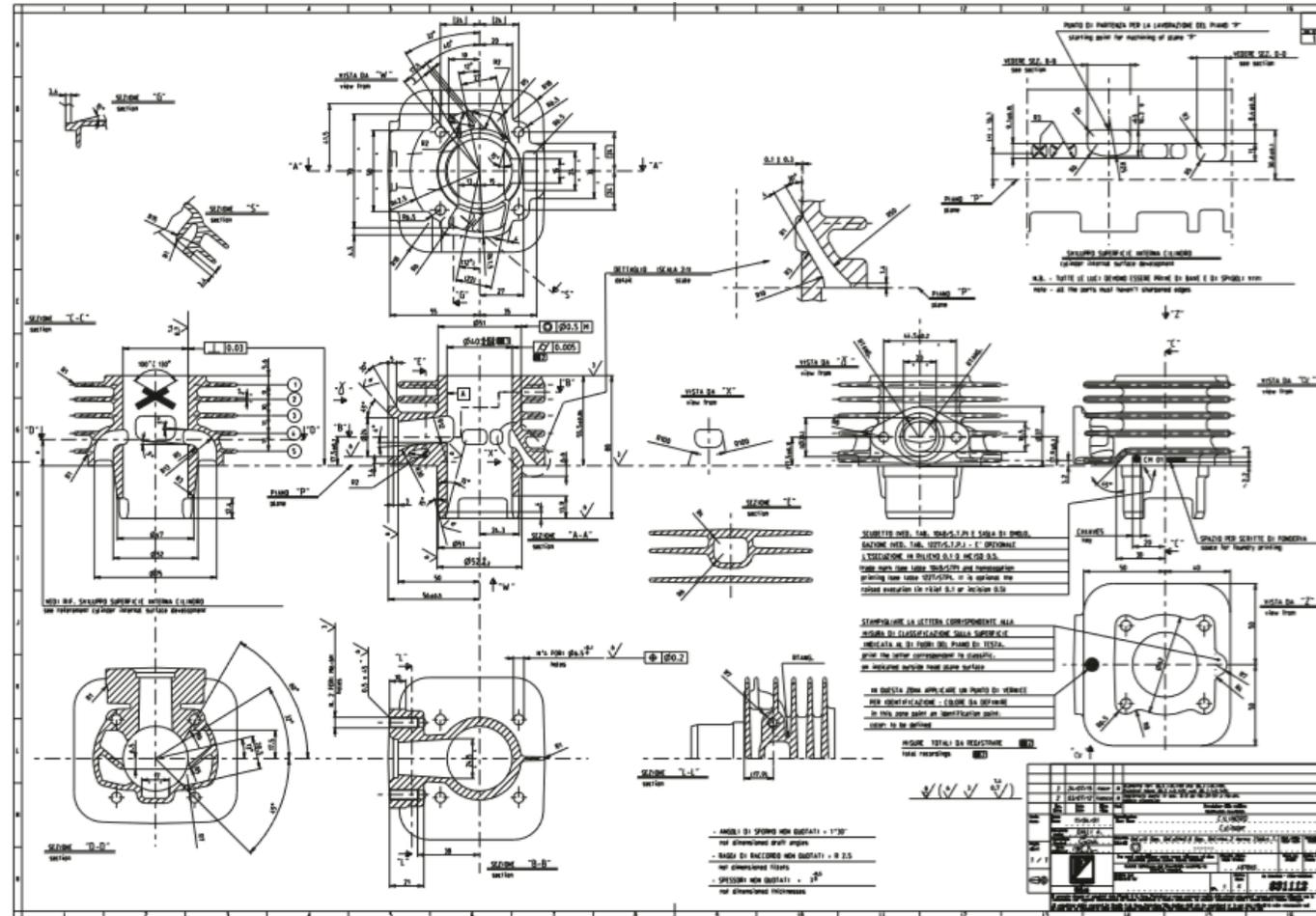
1. Introduzione

1. Introduzione

1.1 Cilindro preso in esame



1.2 Disegno di definizione



1.3 Materiale

Il materiale usato dal gruppo Piaggio è la **ghisa sferoidale** che, facendo riferimento alla norma EN 1563:1997, è denominata EN-GJS-500-7. Questa ghisa ha struttura perlitica – ferritica, raccomandata per

- Applicazioni in cui sia richiesta una minima frizione con altri materiali.
- Durezza varia a seconda delle dimensioni, raggiungendo un massimo di 230 HB.
- Buone proprietà di conduzione elettrica e termica, e presenta buona lavorabilità ed elasticità.

1.4 Scelta del processo di produzione

- Geometria del pezzo complessa.
- Produzione di serie da parte della Piaggio

Notevole quantità di materiale che andrebbe perduta con una lavorazione per asportazione di truciolo, la scelta del processo produttivo ricade sull'ottenimento del cilindro tramite **fusione**.



1.5 Scelta del tipo di formatura

1.5.1 Forma permanente VS transitoria

- Produzione di serie
- Geometria complessa

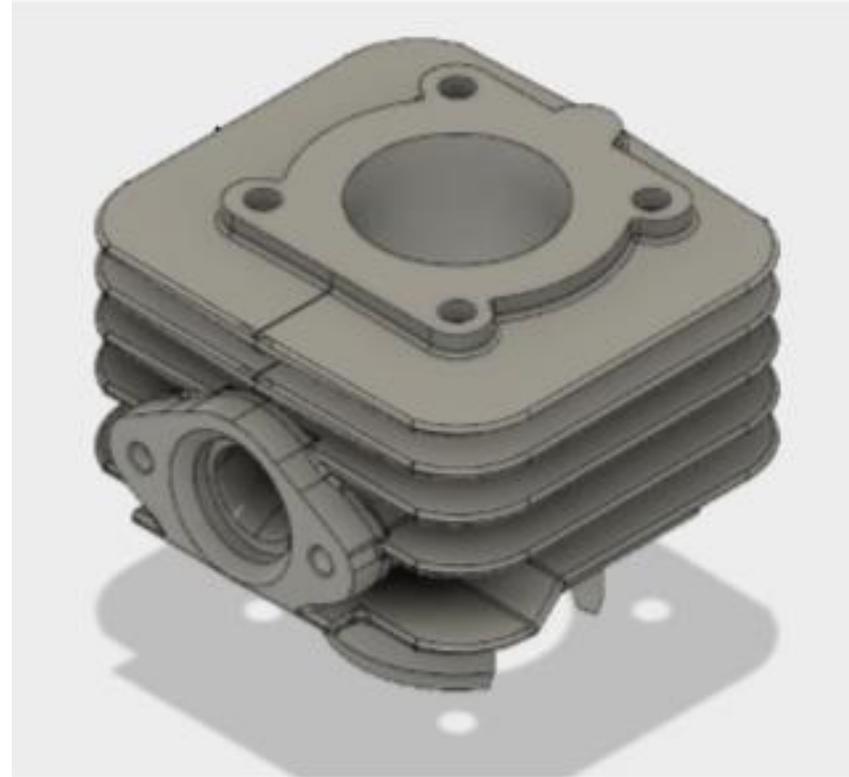
1.5.2 Formatura in terra VS shell moulding

La seconda è più complessa rispetto a quella in terra, ma offre vantaggi su

- Precisione del getto, permettendo di ridurre i sovrametalli e conseguenti sprechi di materiale. (pro forma permanente)
- Semi automazione del processo (pro forma permanente)
- Facilità estrazione (pro forma transitoria)

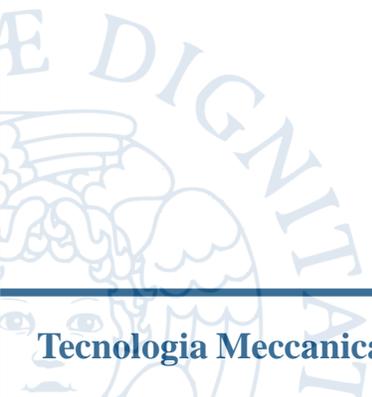
1.6 Dal disegno di definizione al modello di definizione*

- Luci di aspirazione e scarico, comando loft per generare delle geometrie complesse nello spazio.
- Attraverso numerose operazioni di somma e sottrazione tra solidi, si è ottenuto i corpi di riferimento.



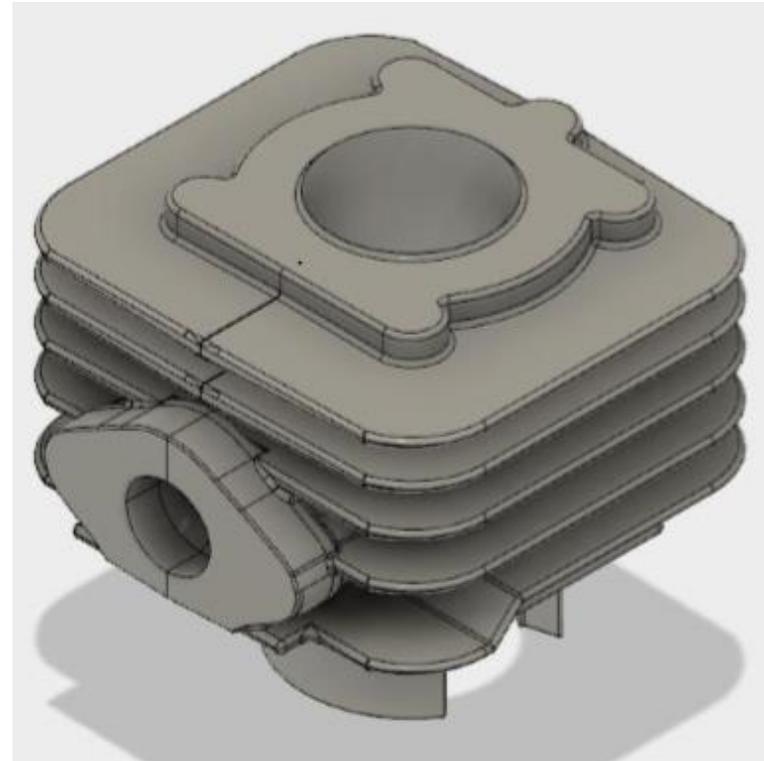
* scopo puramente didattico. Il disegno di definizione è l'ultimo output del processo progettuale. Inoltre In azienda si lavora in DFM avendo già grossa conoscenza sul processo di produzione che verrà adottato, compresi modelli 3D del greggio, considerazioni su anime e quant'altro.

2. Fonderia



2.1 Dal modello di definizione al modello del greggio (senza materozze e canali)

- Scelta del piano di divisione per ridurre al minimo i problemi di sottosquadro
- Sovradimensionamento del modello per ritiro materiale dell'1.4%
- Sovrametallo tra 1.5 e 0.5 mm
- Raggi di raccordo tra r0.5 e r1
- Angoli di sformo



2.2 Studio preliminare assistito da sw per individuare criticità (cavità di ritiro)

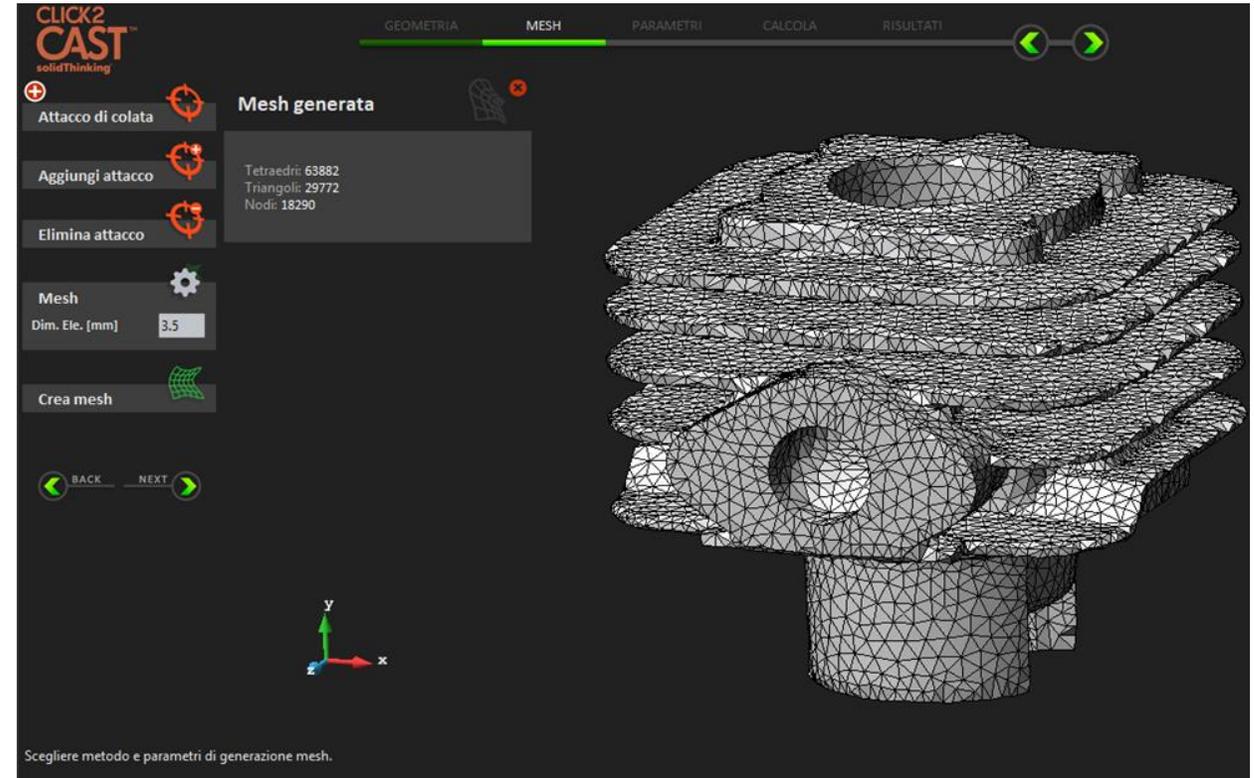
Fino a qualche decennio fa, per lo studio del processo di solidificazione direzionale ci si affidava unicamente agli studi effettuati da Chvorinov sui **moduli di raffreddamento** o ad alcune regole e metodi empirici come i **cerchi di Heuvers** ed il **diagramma di Caine**, oltre al know-how aziendale. Tali metodi sono utilizzati ancora oggi, ma principalmente come supporto agli ormai più efficaci ed efficienti software commerciali FEM.

- Importare il file **.STL** nel software di simulazione
- Scegliere la **mesh** con cui il programma andrà a lavorare
- Definire quelle che sono le **condizioni al contorno** che caratterizzano la situazione specifica.

Come qualsiasi altro software FEM, i risultati sono molto sensibili alla variazione dei dati in ingresso, pertanto si consiglia di dare **molta importanza alla fase di inizializzazione**. Il software dispone di un database materiali abbastanza ampio in cui si possono trovare le più classiche leghe di colate. Inoltre è fornito un database anche per il materiale dello stampo.

parametri scelti per la prima simulazione:

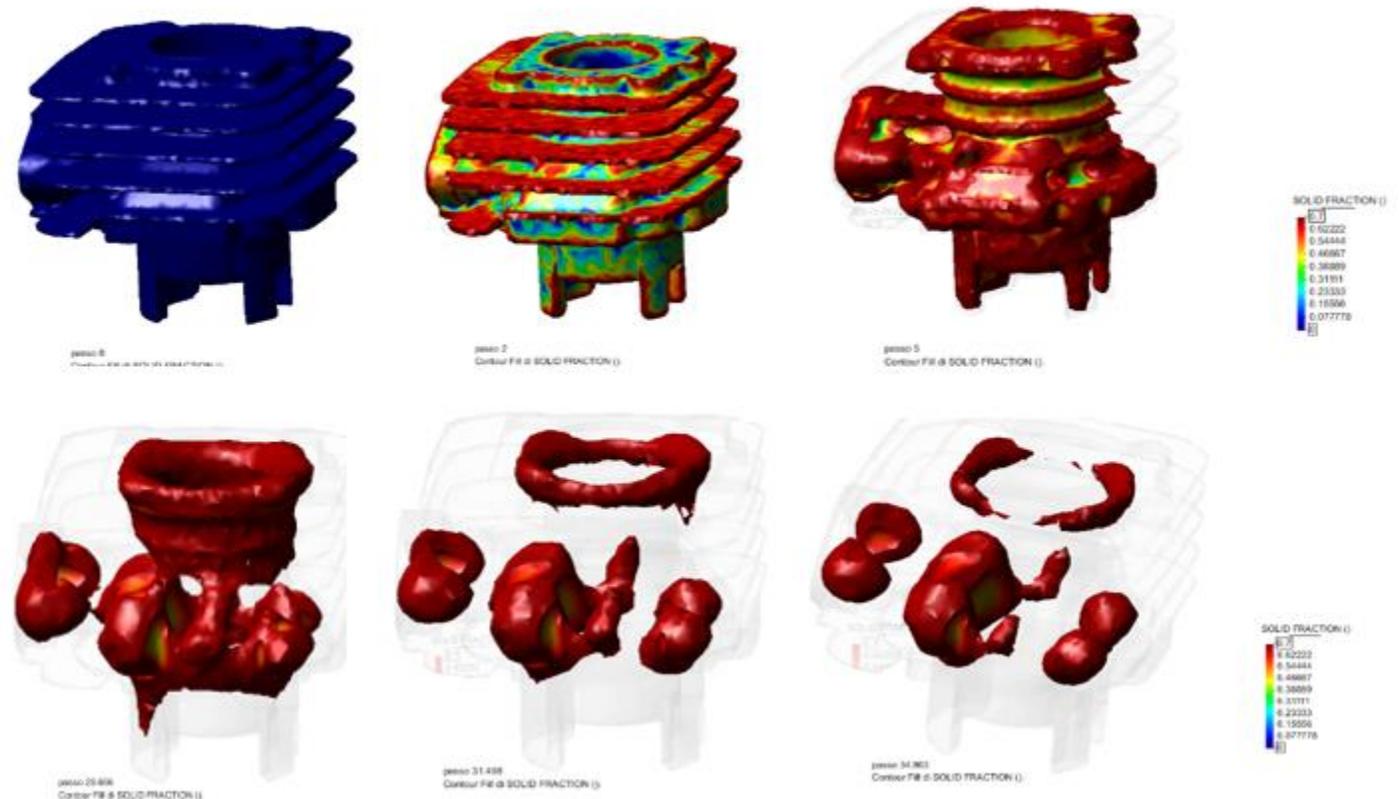
- **Tipo di processo:** Colata per gravità in shell moulding (direzione gravità -X)
- **Materiale colata:** Ghisa sferoidale per blocchi motore (Cast iron)
- **Mesh generata:** 3,5 mm (meno accurato a vantaggio di velocità di elaborazione)
- **Materiale forma:** Sabbia da formatura con additivo termoindurente (Shell sand)
- **Spessore medio guscio:** 2 cm
- **T0 guscio:** 25 °C
- **T0 lega:** 1300 °C



Solid Fraction

“ultime zone a solidificare in rosso, cavità di ritiro. Il valore del solid fraction è impostata al valore predefinito di 0.7 (valore in corrispondenza del quale il flusso del liquido si interrompe).

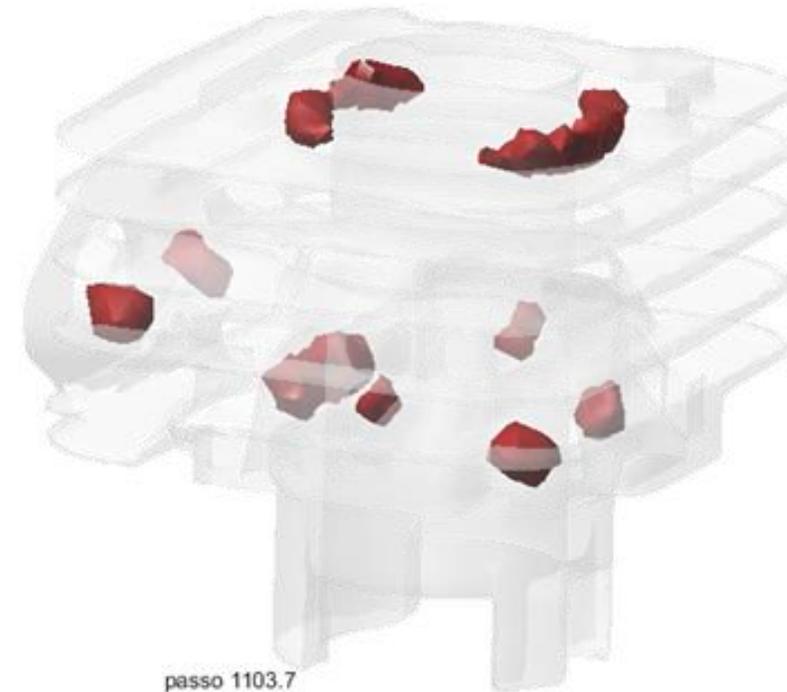
Nell'animazione il materiale solidificato (valori superiori a 0.7) è trasparente, mentre il materiale liquido (valori inferiori a 0.7) è colorato in rosso, giallo, verde e blu. La probabilità che si formino cavità di ritiro è maggiore nelle zone in **rosso ed isolate.**”



Porosity

“evidenzia le aree in cui il rapporto fra aria e materiale solido (a solidificazione ultimata) è maggiore o uguale del valore settato”

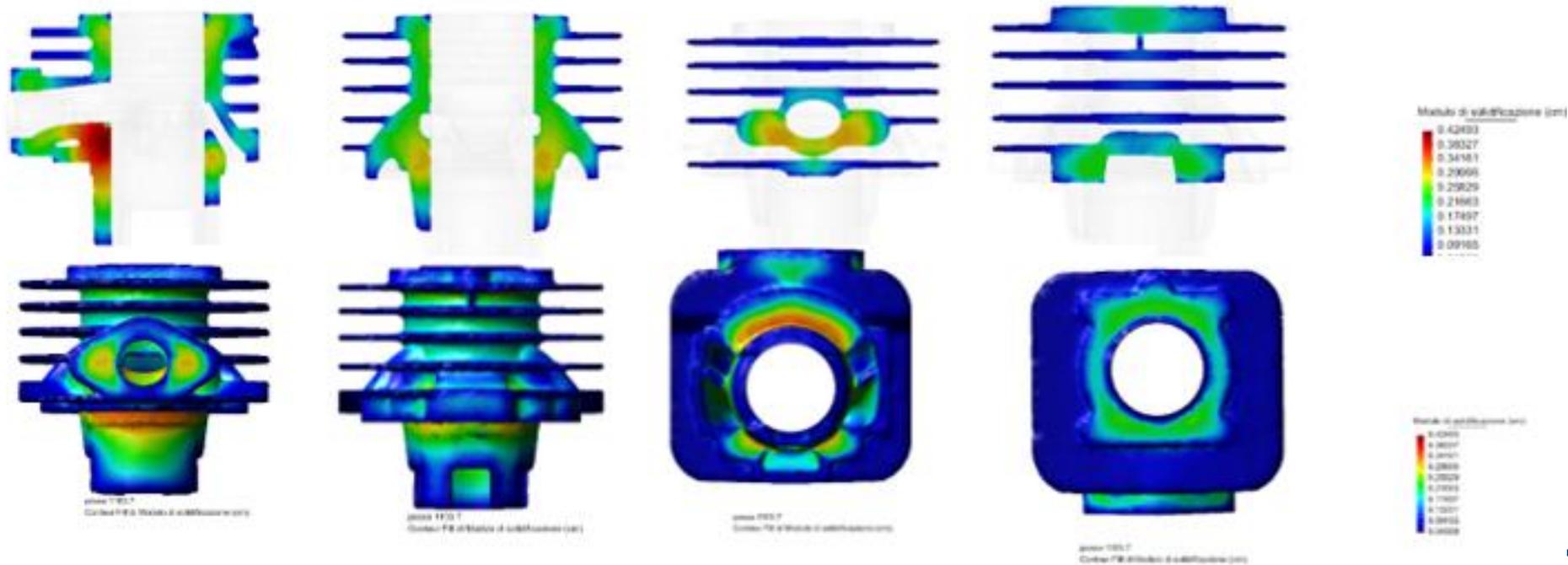
Nelle zone in rosso abbiamo una percentuale di vuoti maggiore o uguale al 3%,



passo 1103.7
Iso Surfaces di SHRINKAGE (Iso Surfaces di SHRINKAGE (%).

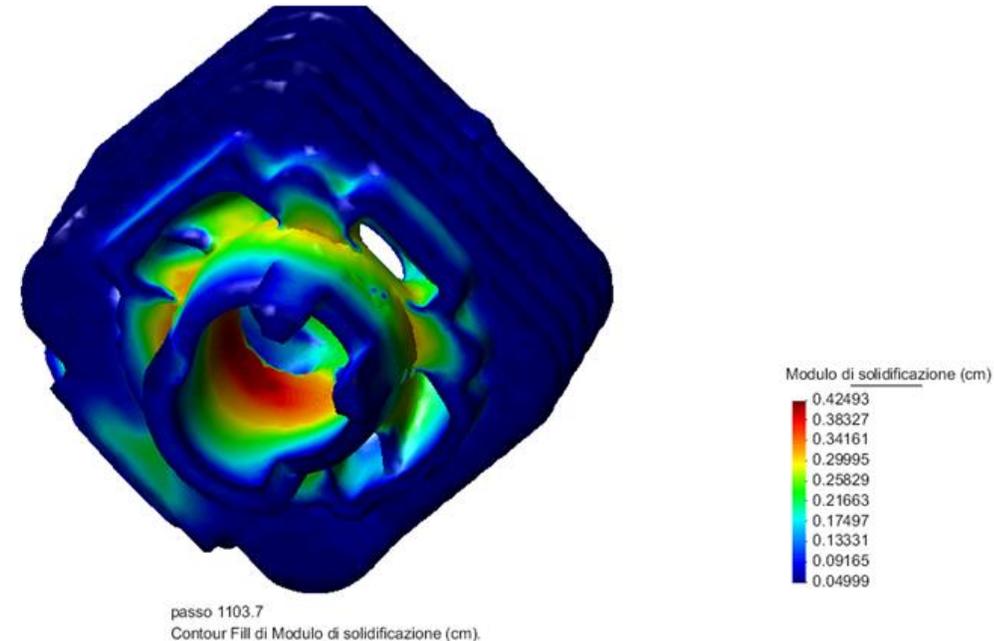
Solid Modulus

Il modulo di raffreddamento è calcolato suddividendo il pezzo in elementi finiti (in base alla mesh) e ricavando il modulo di ognuno di esso.



Risultati prima simulazione

- Modulo di raffreddamento molto basso sulle alette, con valori inferiori all'unità, aumentando poi verso la camicia del cilindro.
- Zona dello scarico conferma essere quella con modulo di gran lunga più elevato rispetto alle altre (valori di circa 5 mm).



2.3 Configurazione finale

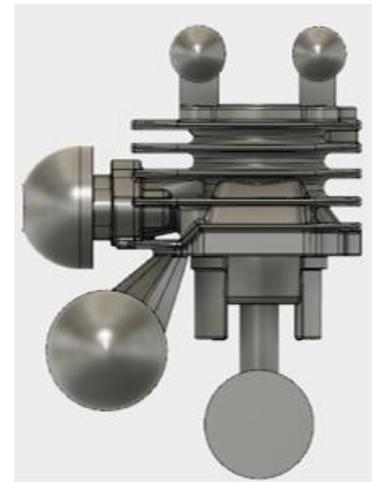
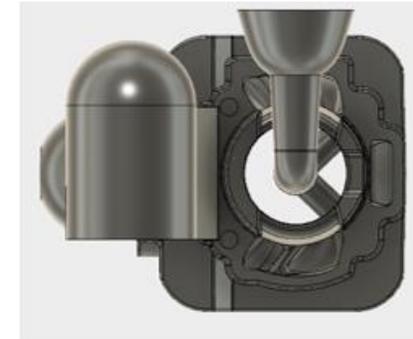
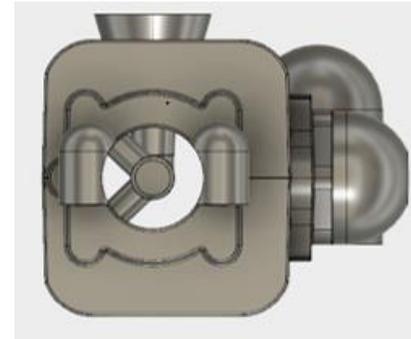
Principali problemi riguardo progettazione materozze e canale di colata

- Numero
- Localizzazione e dimensionamento
- Superfici per collari di attacco/imbocchi limitate
- Geometria del pezzo che obbliga a progettare soluzioni atipiche

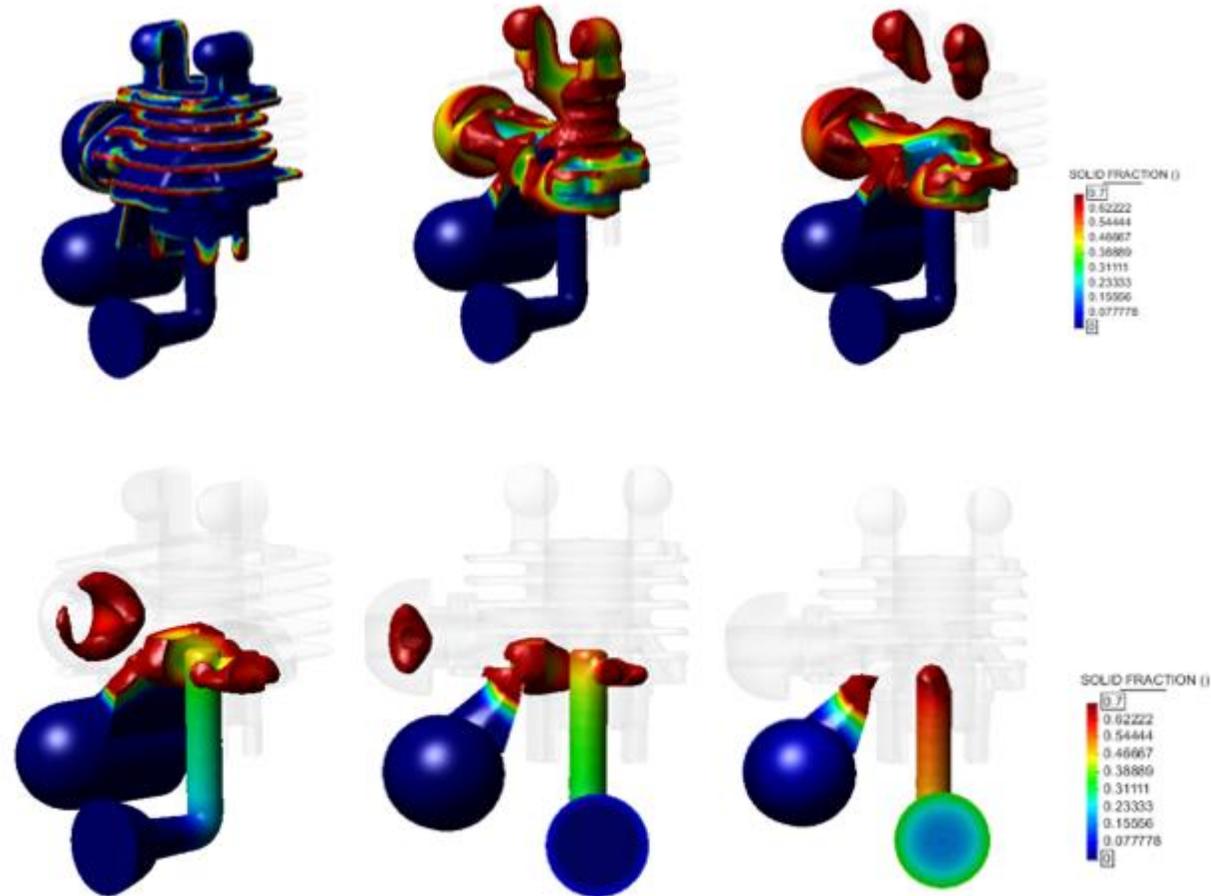


Dopo numerose simulazioni e una lunga progettazione:

- 4 materozze (di cui una cava sullo scarico a causa della presenza dell'anima)
- Canale di colata biforcuto, passante all'interno dell'anima centrale, che assolve anche il compito di materozza, permettendo una corretta solidificazione direzionale.



Solid Fraction



Porosity

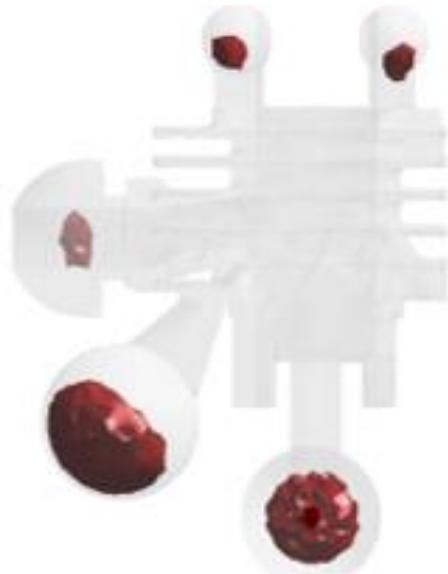


Figura 3.5: Porosità 0.001%

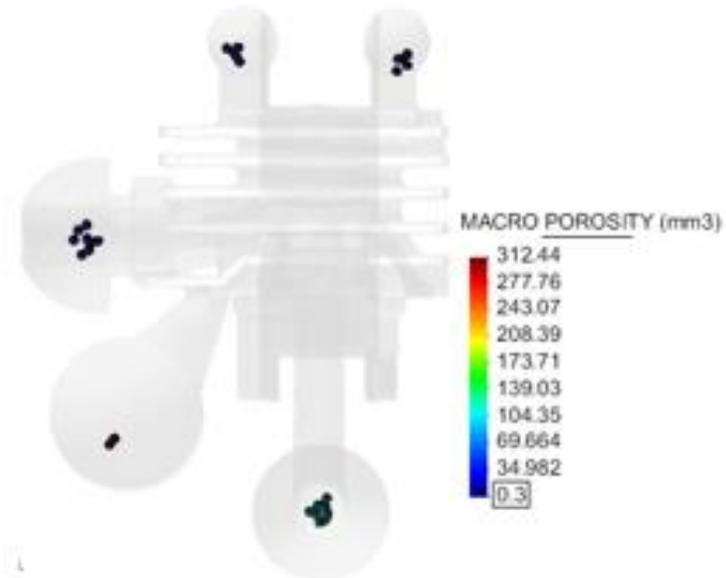
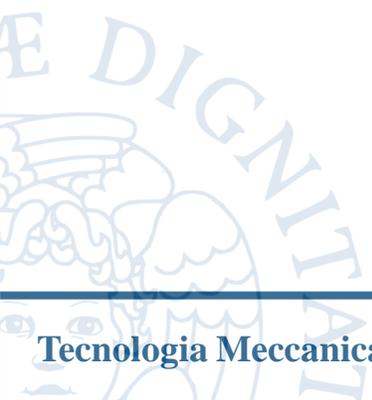
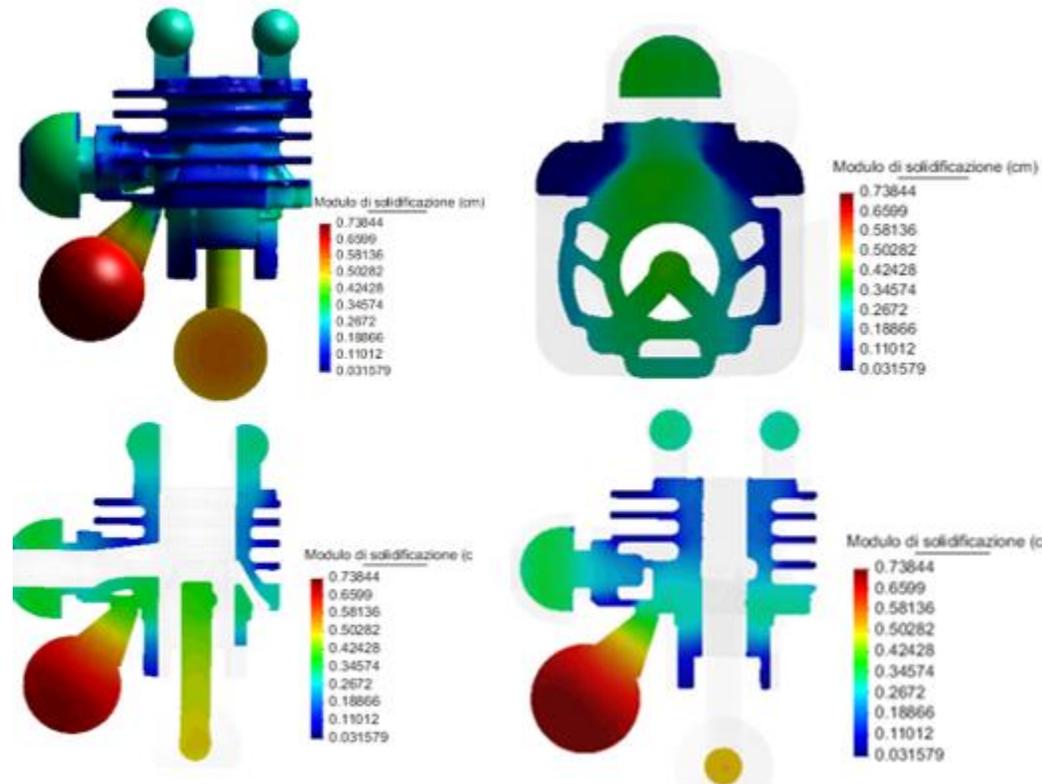
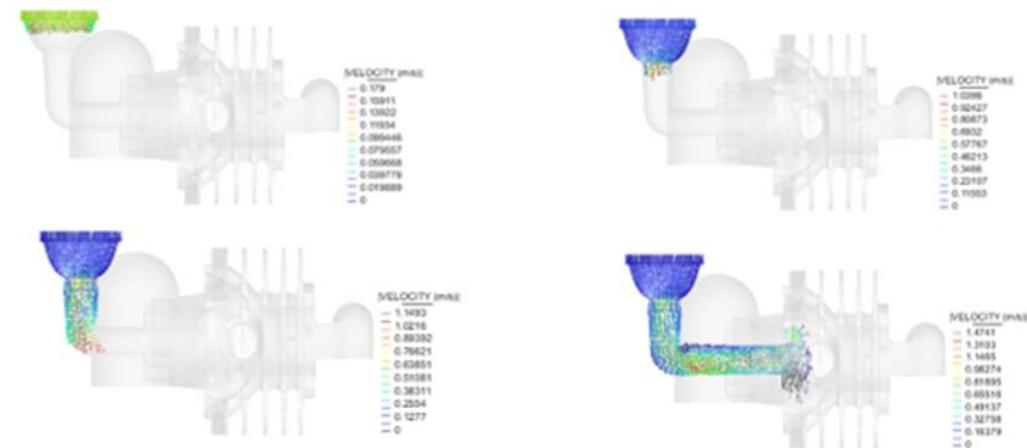
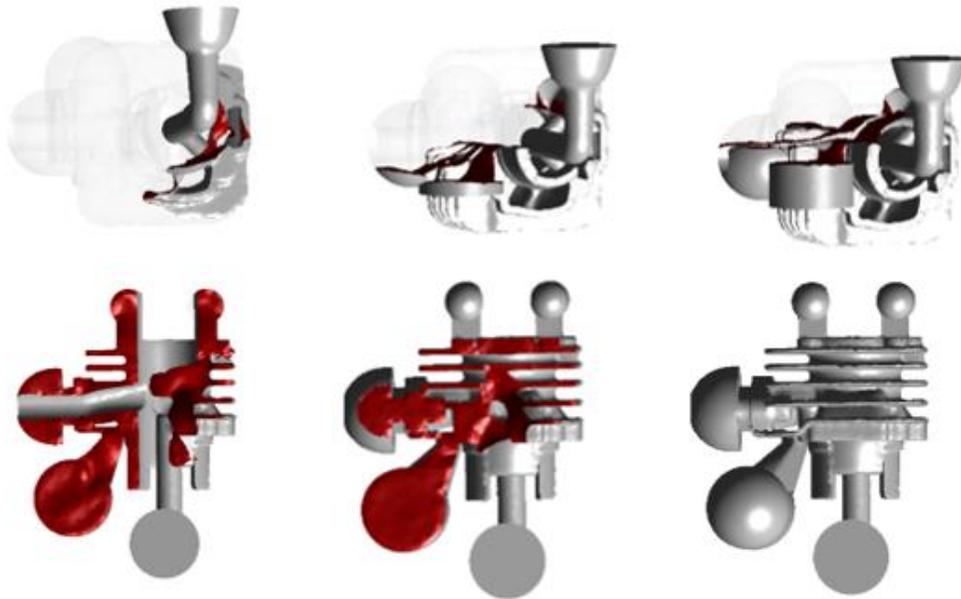


Figura 3.6: Macro porosità

Solid Modulus



Analisi della colata



2.4 conclusioni

Software di simulazione sono reputati una risorsa quasi imprescindibile nell'ambito della fonderia (vale lo stesso in numerosi altri settori) favorendo un notevole **risparmio di tempi e risorse consumate** prima nel processo di P&S e poi in quello produttivo.

Alcuni vantaggi

- Possibilità di apportare modifiche dei parametri dinamicamente
- Possibilità di implementarle e valutarne gli effetti, procedendo con un approccio trial and error “virtuale” anziché dover obbligatoriamente fare prove su campioni reali
- Analisi più accurate

3. Realizzazione greggio



3. Realizzazione greggio

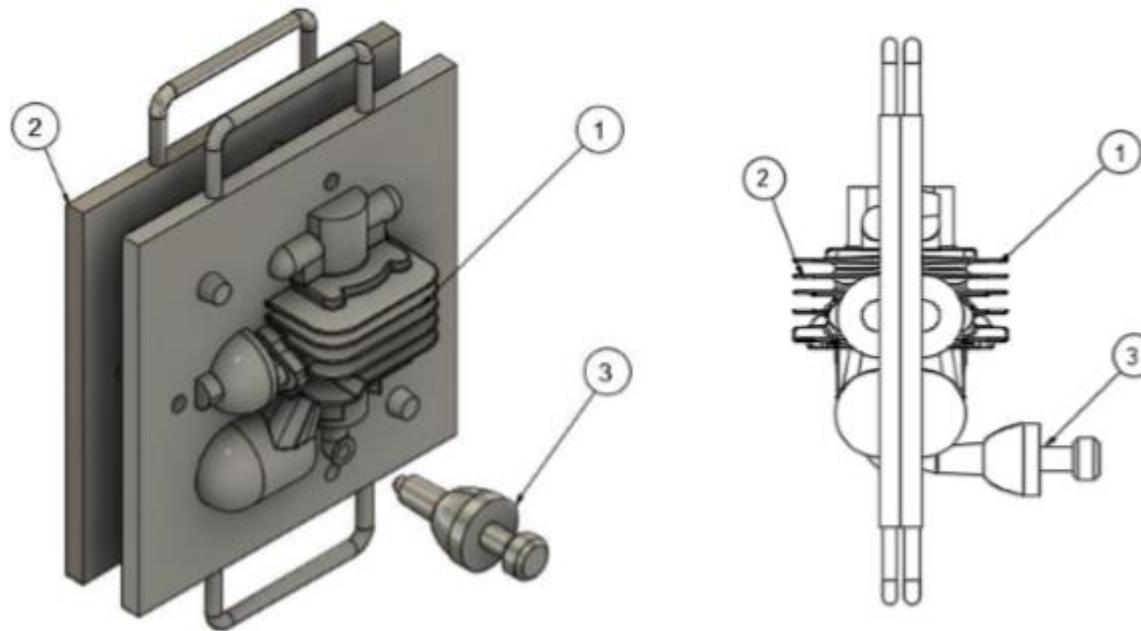
Arrivati alla configurazione ultimata del greggio comprensivo di materozze e canali di colata post simulazione, sono disponibili tutte le informazioni necessarie per procedere alla progettazione della forma per lo **Shell moulding**.

I 3 aspetti progettuali che verranno sviluppati riguardano la progettazione di:

- Placche modello per realizzare i gusci esterni
- Cassa d'anima per realizzare l'anima monolitica centrale
- Anime laterali realizzate con stampa 3d

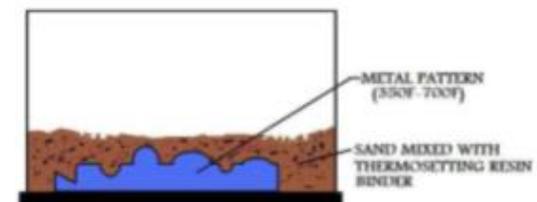
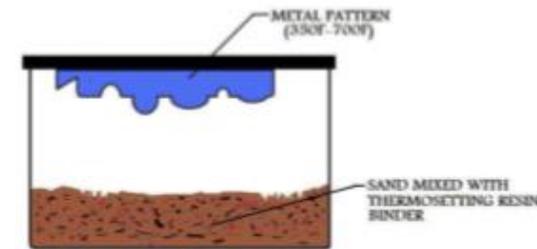
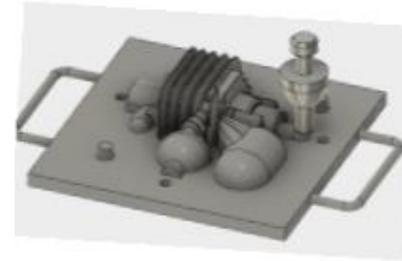
3. Realizzazione greggio

3.1 Placche Modello



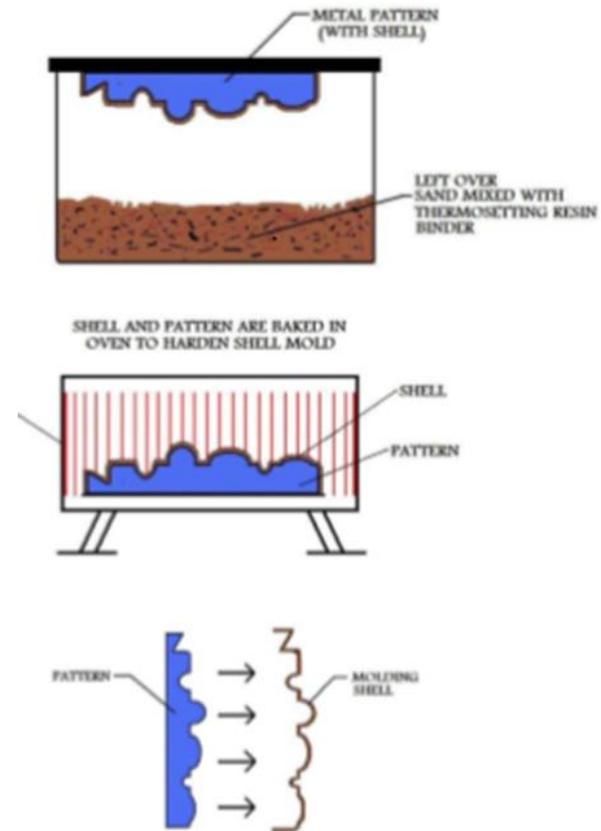
3. Realizzazione greggio

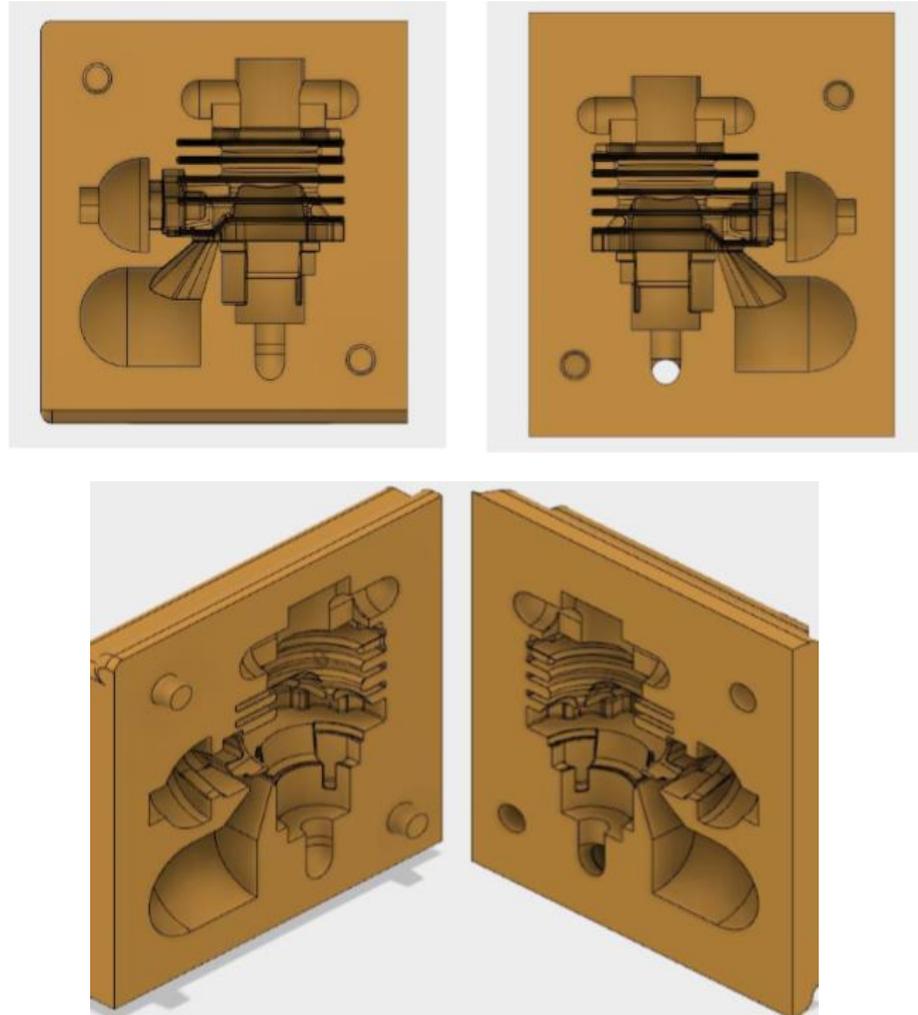
- **operazione 1.** Avvitare il canale di colata (3) alla placca modello superiore (1) come in immagine.
- **operazione 2.** Inserire placca in apposito macchinario per shell. (La placca sarà preventivamente cosparsa con una sostanza che faciliterà la successiva sformatura. Nel nostro caso agente siliconico. Inserire la sabbia e assicurarsi che il livello non superi il taccheggio sul canale. Selezionare la temperatura (1300 °c) e la durata della cottura (60 secondi).
- **operazione 3.** La macchina capovolgerà la placca che andrà in contatto con la sabbia termoindurente. L'additivo fenolitico farà sì che si formi un guscio intorno alla placca. Per tempi di contatto inferiori al minuto si ottiene gusci spessi tra 1 e 2 cm.



3. Realizzazione greggio

- operazione 4.** Dopo i secondi impostati sulla macchina, avremo un secondo capovolgimento che permetterà di ottenere lo spessore desiderato.
- operazione 5.** Come penultima fase viene automaticamente espulsa la sabbia in eccesso e viene cotta la parte esterna del guscio. Dopo qualche secondo l'operatore dovrà aprire la macchina e svitare il corpo (3) manualmente.
- operazione 6.** In ultima istanza, la shell moulding machine, tramite pistoncini idraulici azionerà gli estrattori per distaccare il guscio dalla placca modello.



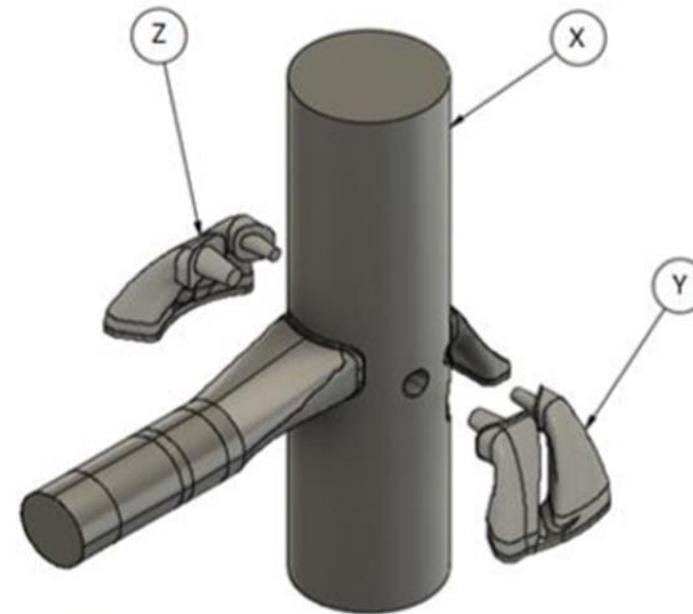


3. Realizzazione greggio

3.2 Anime

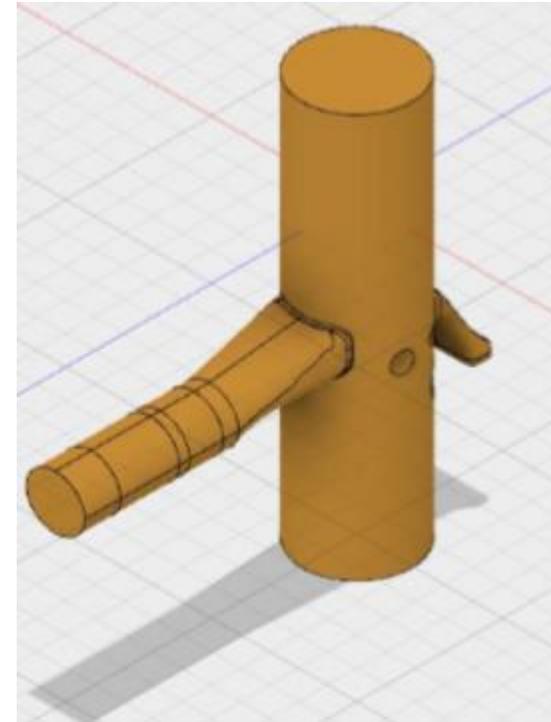
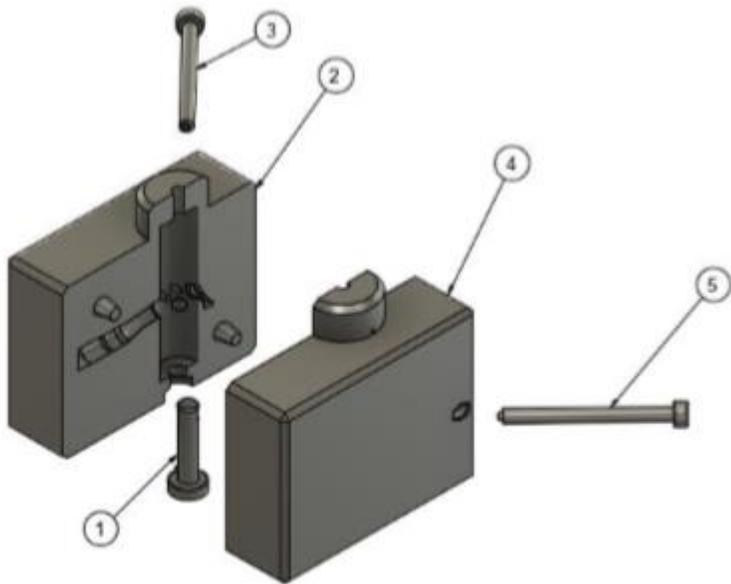
Nel software di modellazione come primo passo, attraverso la sottrazione di solidi, abbiamo identificato i negativi del pezzo, ovvero l'anima monolitica, ed estruso le superfici rispetto cui si è deciso di ottenere portate d'anima.

In un secondo momento si è scomposto l'anima in 3 componenti per motivi legati alla realizzazione della stessa (sottosquadri).



3. Realizzazione greggio

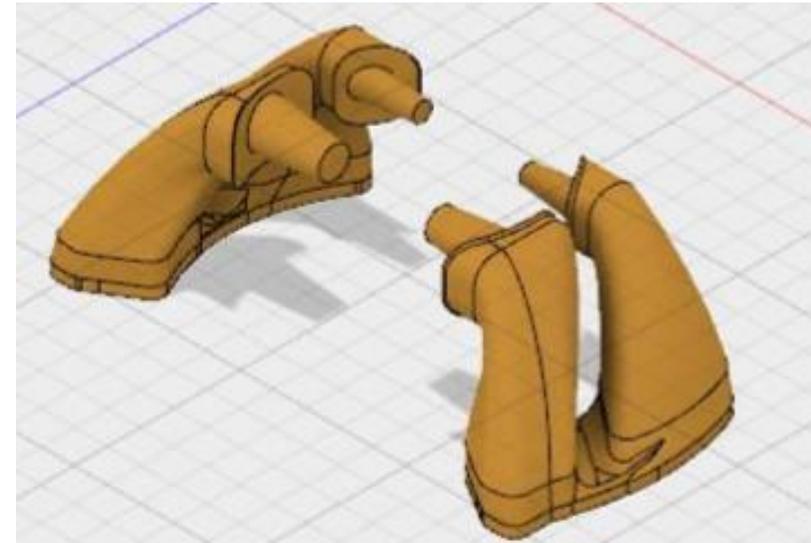
3.2.1 Cassa d'anima per il blocco centrale (corpo X)



3. Realizzazione greggio

3.2.2 Stampante 3d per anime laterali (corpi Y e Z)

- Intrinseca complessità delle luci di aspirazione laterali che mutano nello spazio in più direzioni
- La stampante 3d permette di svincolarci rispetto ai problemi di sottosquadro; ottenendo una totale libertà nella progettazione delle anime
- Stampante 3d apparentemente inappropriata ad una produzione di serie, immaginando una produttività non sufficiente. Prendendo questa sezione come un semplice spunto di ricerca didattica.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Mail: francesco.lupi@phd.unipi.it

